UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

ANÁLISE DA ESTRUTURA FLORESTAL E AVALIAÇÃO DO MESO E MACROLIXOS NOS MANGUEZAIS DO SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR CANANEIA-IGUAPE, LITORAL SUL DE SÃO PAULO

FLAVIA BIANCHINI

SÃO VICENTE – SP

2025

Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista
Praça Infante D. Henrique s/nº - CEP 11330-900 - São Vicente (SP) - Brasil
Tel. (13) 3569-7100 – email diretor.clp@unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

ANÁLISE DA ESTRUTURA FLORESTAL E AVALIAÇÃO DO MESO E MACROLIXOS NOS MANGUEZAIS DO SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR CANANEIA-IGUAPE, LITORAL SUL DE SÃO PAULO

Mestranda: Flavia Bianchini

Orientadora: Marília Cunha-Lignon

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

SÃO VICENTE - SP

2025

B577a

Bianchini, Flavia

Análise da estrutura florestal e avaliação do meso e macrolixos nos manguezais do sistema estuarino lagunar Cananeia-Iguape, litoral sul de São Paulo / Flavia Bianchini. -- São Vicente, 2025

101 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientadora: Marília Cunha-Lignon

1. Estrutura florestal.. 2. Lixo no mangue.. 3. Parâmetros de amostragem de lixo no manguezal.. 4. Lixo no mar.. 5. DPSIR.. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus do Litoral Paulista

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE FLAVIA BIANCHINI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA.

Aos 29 dias do mês de agosto do ano de 2025, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de FLAVIA BIANCHINI, intitulada **Análise e Avaliação do meso e macrolixos nos manguezais do Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape, Litoral Sul de São Paulo**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. MARÍLIA CUNHA LIGNON (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Depto de Recursos Pesqueiros e Aquicultura / UNESP Registro, Profa. Dra. DÉBORA MARTINS DE FREITAS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais / IB/CLP - UNESP, Dra. MAYRA JANKOWSKY (Participação Virtual) do(a) Instituto de Pesca. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. MARÍLIA CUNHA LIGNON

gov.br Documento assinado digitalmente
MARILIA CUNHA LIGNON
Data: 29/08/2025 17:27:44-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio de pessoas incríveis que compartilham comigo o amor pelos manguezais. Grata a cada uma de vocês.

Agradeço especialmente à minha orientadora, Profa. Dra. Marília Cunha-Lignon, por acreditar na minha pesquisa sobre um dos problemas mais urgentes do mundo: o lixo. Sua dedicação, paciência e orientação foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

À UNESP – Instituto de Biociências do Câmpus do Litoral Paulista e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros, pelo suporte acadêmico e estrutura. Meus agradecimentos também aos professores que contribuíram para minha formação.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Débora Martins de Freitas e Profa. Dra. Mayra Jankowsky, pelas valiosas contribuições.

Ao Grupo de pesquisa Monitoramento Integrado de Manguezais (MIM), em especial a Profa. Dra. Marília Cunha-Lignon, Letícia N. Chiquetto, Ricardo C. Mendes, Francisco J. R. Sanchéz, Lorena R. W. Lopes e Beatriz E. Kitagami, pelo apoio em campo, enfrentando lama, marés e sol com bom humor.

Aos colegas e amigos que me acompanharam nesse percurso, especialmente Maria Carolina S. Destito, Letícia Stela B. Silva, Francisco J.R. Sánchez, Letícia T. Cordeiro, Beatriz E. Kitagami, pelo apoio acadêmico, pelas análises e discussões enriquecedoras.

Ao IO-USP (Cananeia), pelo suporte logístico e infraestrutura.

Por fim, à minha família, amigos e companheiro, pelo apoio emocional nos momentos mais desafiadores.

EPÍGRAFE

"Fui no mangue catar lixo, pegar caranguejo, conversar com urubu"

(Chico Science)

RESUMO

Florestas de mangue apresentam relevância ecológica associada a provisão de serviços ecossistêmico, como a regulação do clima, proteção da linha de costa e fornecimento de alimento. Além disso, a complexa estrutura vegetal pode ampliar a capacidade de retenção de lixo proveniente de diferentes fontes. Assim, o presente estudo analisou a estrutura florestal do manguezal e o meso e macrolixos em quatro áreas no Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape, sendo duas próximas (até 1,0 km) e duas distantes (a partir de 2,0 km) a núcleos urbanos, nos municípios de Cananeia e Ilha Comprida, Litoral Sul do estado de São Paulo. Para a caracterização da estrutura florestal e do meso e macrolixos em cada subárea utilizou-se as metodologias Schaeffer-Novelli et al. (2015); UNEP (2009) e GESAMP (2019) e a abordagem DPSIR (*Drives – Pressures – State – Impact – Responses*) para avaliação das conexões causais. As florestas de mangue demonstraram-se conservadas e com alto desenvolvimento estrutural, mesmo sob influências negativas natural e antrópica. No entanto, os manguezais próximos a núcleos urbanos apresentaram susceptibilidade significativamente maior à entrada, retenção e acúmulo de lixo, concentrando até oito vezes mais lixo (152 kg) do que os manguezais distantes (18 kg). A categoria de material em abundância foi a madeira proveniente de estruturas náuticas (55%), seguidos do plástico (23%) e do petrecho de pesca (22%), com maior ocorrência de macrolixo (com tamanhos entre 2,5 cm e 1 m), de fonte de origem marinho (64%), retidos na superfície do solo do manguezal (76%). Apesar do maior acúmulo de lixo no verão de 2024, a sazonalidade não teve efeito significativo, de acordo com teste de Pearson. A abordagem DPSIR revelou que pesca, turismo náutico e proximidade urbana são os principais vetores de poluição por lixo no mangue, afetando potencialmente sua estrutura vegetal e serviços ecossistêmicos (provisão, regulação e cultural). Os resultados poderão subsidiar medidas de gestão integrada e políticas públicas para mitigar e prevenir esses impactos antrópicos, direcionando prioridades e estratégias eficazes para auxiliar o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil (ProManguezal) na conservação de manguezais frente ao desafio do lixo no mangue. A divulgação dos resultados da pesquisa em redes sociais promoveu o engajamento público, com linguagem acessível, oferecendo informações para auxiliar na promoção da conservação de manguezais.

Palavras-chave: Estrutura florestal; Lixo no mangue; Parâmetros de amostragem de lixo no manguezal; Lixo no mar; Fonte de poluição; DPSIR.

ABSTRACT

Mangrove forests have ecological relevance associated with the provision of ecosystem services, such as climate regulation, coastline protection, and food supply. Furthermore, their complex vegetation structure can enhance the retention capacity of litter from different sources. Thus, this study analyzed the forest structure and meso and macrolitter in four areas mangrove areas in the Cananeia-Iguape Lagoon Estuarine System, with two sites located near (up to 1,0 km) and two far (from 2,0 km) from urban centers, in the municipalities of Cananeia and Ilha Comprida, on the southern coast of São Paulo state. The characterization of forest structure and meso and macrolitter in each subarea was conducted using the methodologies of Schaeffer-Novelli et al. (2015), UNEP (2009), and GESAMP (2019), along with the DPSIR (Drivers – Pressures – State – Impacts – Responses) framework to assess causal connections. The mangrove forests were found to be conserved and with high structural development, even under negative natural and anthropogenic influence. However, mangroves near urban centers showed significantly greater susceptibility to the input, retention, and accumulation of litter, concentrating up to eight times more litter (152 kg) than distant mangroves (18 kg). The most abundant material category was wood from nautical structures (55%), followed by plastic (23%) and fishing gear (22%), with a higher occurrence of macrolitter (sizes between 2,5 cm and 1 m), from marine sources (64%), retained on the mangrove soil surface (76%). Despite greater litter accumulation in the summer of 2024, seasonality had no significant effect, according to the Pearson test. The DPSIR approach revealed that artisanal fishing, nautical tourism, and urban proximity are the main vectors of litter pollution in mangroves, potentially affecting their vegetation structure and ecosystem services (provisioning, regulating and cultural). The results may support integrated management measures and public policies to mitigate and prevent these anthropogenic impacts, guiding priorities and effective strategies to assist the National Program for the Conservation and Sustainable Use of Mangroves in Brazil – ProManguezal – in conserving mangroves against the challenge of litter pollution. The dissemination of research results on social media promoted public engagement through accessible language, providing information to help promote mangrove conservation.

Keywords: Forest structure; Mangrove litter; Mangrove litter sampling parameters; Marine debris; Pollution source; DPSIR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Potencial dispersão e acúmulo de lixo no ecossistema manguezal e de marisma. .16

Figura 2 – Localização da área de estudo, com destaque para as quatro subáreas: Baguaçu, Nóbrega, Sítio Grande e Porto Cubatão. 21

Figura 3 – Baguaçu, com destaque para as quatro parcelas em florestas de mangue: BAPC, BAPD, BAPE e BAP5. 23

Figura 4 – Sítio Grande, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: SGPA e SGP5. 23

Figura 5 – Nóbrega, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: NOP1 e NOP4. 24

Figura 6 – Bairro Porto Cubatão, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: PCP1 e PCP2. 25

Figura 7 – Principais compartimentos ambientais do manguezal envolvidos na retenção de resíduos. 29

Figura 8 – Estrutura DPSIR modificada de Kristensen (2004). 34

Figura 9 – Fluxograma metodológico do delineamento experimental. 36

Figura 10 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas BAPC, BAPD, BAPE e BAP5. 37

Figura 11 – Dominância em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas BAPC, BAPD, BAPE e BAP5. 38

Figura 12 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas SGPA e SGP5. 39

Figura 13 – Dominância relativa em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas SGPA e SGP5. 40

Figura 14 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas NOP1 e NOP4. 41

Figura 15 – Dominância relativa em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas NOP1 e NOP4. 41

Figura 16 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos nas florestas estudadas nas parcelas PCP1 e PCP2. 42

Figura 17 – Dominância em área basal por espécie nas florestas estudadas nas parcelas PCP1 e PCP2. 43

Figura 18 – Subárea Porto Cubatão: Rancho dos pescadores (A); Proximidade do rancho com a parcela PCP2 (B). 47

Figura 19 – Relação entre o peso (kg) de lixo no mangue, coletados em duas estações de inverno e verão, em subáreas distantes a núcleos urbanos (DNU) e próximas a núcleos urbanos (PNU). 59

Figura 20 – Relação entre o peso total de lixo (kg) acumulado na franja e no interior das florestas de mangue em quatro subáreas (BA, SG, NO e PC). 60

Figura 21 – Percentual (%) do peso, em kg, de lixo no mangue por Categorias - Subárea distante a núcleos urbanos – Baguaçu (BA) – Períodos – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão 2025. 62

Figura 22 – Percentual (%) do peso, em kg, de lixo no mangue por Categorias - Subáreas próximas a núcleos urbanos – Nobrega (NO) e Porto Cubatão (PC) – Períodos – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/2025. 63

Figura 23 – Estofado de embarcação disposto no manguezal em parcela próxima ao núcleo urbano: Nóbrega (NOP4). Período de verão 2024 (A); verão 2025 (B)..... 64

Figura 24 – Quantidade de lixo por compartimento ambiental do manguezal – inverno/2023, verão e inverno 2024 e verão 2025. 66

Figura 25 – Coleta do material de categoria petrecho de pesca (rede de arrasto) abrangendo compartimentos ambientais do manguezal: raízes e pneumatóforos. 68

Figura 26 – Categoria de lixo em abundância por compartimento ambiental do manguezal – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/2025. 68

Figura 27 – Percentual total de lixo coletado por compartimento nas subáreas BG, SG, NO e PCPC no período do inverno 2023, verão e inverno/2024 e verão 2025. 69

Figura 28 – Petrecho de Pesca: Redinhas de armadilha de caranguejo-uçá instalada, abandonada e em confecção coletada no manguezal em parcelas próximas e distantes a núcleos urbanos. 71

Figura 29 – Delimitação do perímetro de instalação de redinhas de armadilha de caranguejo-uçá em parcela próxima a núcleos urbanos. 72

Figura 30 – Petrecho de Pesca: Fragmentos de cerco-fixo constituído de mourão, bambu, plástico e tecido coletado no manguezal em parcelas próximas e distantes a núcleos urbanos. 73

Figura 31 – Percentual total de fonte de origem do lixo no mangue para as três estações de coleta - inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/ 2025. 77

Figura 32 – Mapa esquemático da hidrodinâmica estuarina e fluxo de lixo no SELCI. 82

Figura 33 – Estrutura DPSIR sobre o lixo no mangue no Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (SELCI). 83

Figura 34 – Participantes da Oficina de Planejamento do ProManguezal – novembro/2024. . 89

Figura 35 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM - Retrospectiva 2023. .. 90

Figura 36 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM – Glossário e Termo Lixo no Mangue. 91

Figura 37 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM – Lixo no Mangue em Áreas com diferentes graus de urbanização nas regiões do litoral norte e sul do estado de São Paulo. 92

Figura 38 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM - *Plastic Free July*. 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade das correntes de maré de superfície - SELCI. 20

Tabela 2 – Parâmetros de amostragem de lixo no mangue. 28

Tabela 3 – Campo de coleta amostral de lixo no mangue nas subáreas de estudo nos municípios de Cananeia e Ilha Comprida. 30

Tabela 4 – Localização e detalhamento das parcelas de florestas de mangue, para coleta amostral de lixo, no litoral sul de São Paulo. 30

Tabela 5 – Categorias de tamanho de lixo. 32

Tabela 6 – Resumo dos dados de estrutura vegetal das florestas de mangue de estudos pretéritos nas subáreas Baguaçu, Sítio Grande, Nóbrega, e estudada na subárea Porto Cubatão. 45

Tabela 7 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2023. 48

Tabela 8 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2024. 51

Tabela 9 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas aos núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2024. 54

Tabela 10 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2025. 57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
2. OBJETIVOS 18
2.1 OBJETIVO GERAL 18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
3. MATERIAL E MÉTODOS 18
3.1 ÁREAS DE ESTUDO 18
3.1.1 Bacias Hidrográficas confluentes ao SELCI 19
3.1.2 Dinâmica estuarina do Sistema Lagunar Cananeia-Iguape 19
3.1.3 Subáreas de Manguezal Amostradas 20
3.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE FLORESTA DE MANGUE 25
3.3 COLETA AMOSTRAL DE LIXO NO MANGUE 27
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA 33
3.5 ESTRUTURA DPSIR 33
3.6 DIVULGAÇÃO 35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 37
4.1 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE FLORESTA DE MANGUE 37
4.1.1 Baguaçu 37
4.1.2 Sítio Grande 39
4.1.3 Nóbrega 40
4.1.4 Porto Cubatão 42
4.2 LIXO NO MANGUE 46
4.2.1 Peso de Lixo Coletado 46
4.2.2 Quantitativo Percentual por Categoria 61
4.2.3 Compartimento Ambiental 65
4.2.4 Lixo no Mangue: Categoria Petrecho De Pesca 70
4.3 ANÁLISE ESTATISTICA 76
4.4 FONTE DE ORIGEM DO LIXO NO MANGUE 76
4.5 HIDRODINÂMICA ESTUARINA E ACÚMULO DE LIXO NO MANGUE 79
4.6 ESTRUTURA DPISIR 83

4.6.1 Fator (*D*) Pesca, Turismo Náutico e Proximidade das florestas de mangue de núcleos urbanos 84

4.6.2 Fator (*P*) Poluição de lixo no mangue 84

4.6.3 Fator (*S*) Dispersão, retenção e acúmulo de macrolixos nos compartimentos ambientais do manguezal 86

4.6.4 Fator (*I*) Mudança na qualidade ambiental e nos serviços ecossistêmicos 86

4.6.5 Fator (*R*) Às mudanças das florestas de mangue do SELCI 87

4.7 DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS 88

4.7.1 Dados para subsídio de políticas públicas 88

4.7.2 Divulgação nas redes sociais 90

5. CONCLUSÕES 95

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 98

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros que se encontram na interface dos ambientes terrestre e marinho de regiões tropicais e subtropicais, sendo influenciados pela oscilação das marés, com desenvolvimento em deltas, lagoas, costas abrigadas e principalmente em estuários (ICMBio, 2018; Spalding et al., 2022). Em 2020, a extensão global correspondia a 145.068 km², com área total na América do Sul de 22.288 km² (Jia et al., 2023). No Brasil, essa distribuição é de 14.000 km², abrigando 240 km² no estado de São Paulo (ICMBio, 2018; Diniz et al., 2019).

As florestas de mangue possuem estrutura arbórea que se desenvolve sob influência de águas salgadas ou salobras, substrato lodoso e/ou sedimento arenoso e ou pneumatóforos, que crescem em direção oposta à gravidade. As raízes garantem as trocas gasosas e atuam como substrato para algas, além de proporcionarem abrigo, proteção e alimento para várias espécies vegetais e animais com adaptações convergentes, incluindo espécies residentes e visitantes, que se desenvolvem em determinado período neste habitat. A biodiversidade vegetal e animal está adaptada às variações de salinidade, a períodos de inundação e dissecação, às baixas concentrações de oxigênio do solo e à acidez do substrato (ICMBio, 2018; Cunha-Lignon et al., 2021; Schaeffer-Novelli et al., 2024).

Os manguezais possuem alta relevância ecológica e econômica devido à provisão de serviços ecossistêmicos concernentes à regulação e suporte climático, proteção às zonas costeiras contra tempestades e processos erosivos, fornecimento de bens e serviços essenciais às comunidades costeiras e ribeirinhas, contribuindo expressivamente para os meios de subsistência, bem-estar e segurança. No entanto, permanecem como um dos ecossistemas mais ameaçados e negligenciados do planeta (UNEP, 2014; ICMBio, 2018; Spalding et al., 2022).

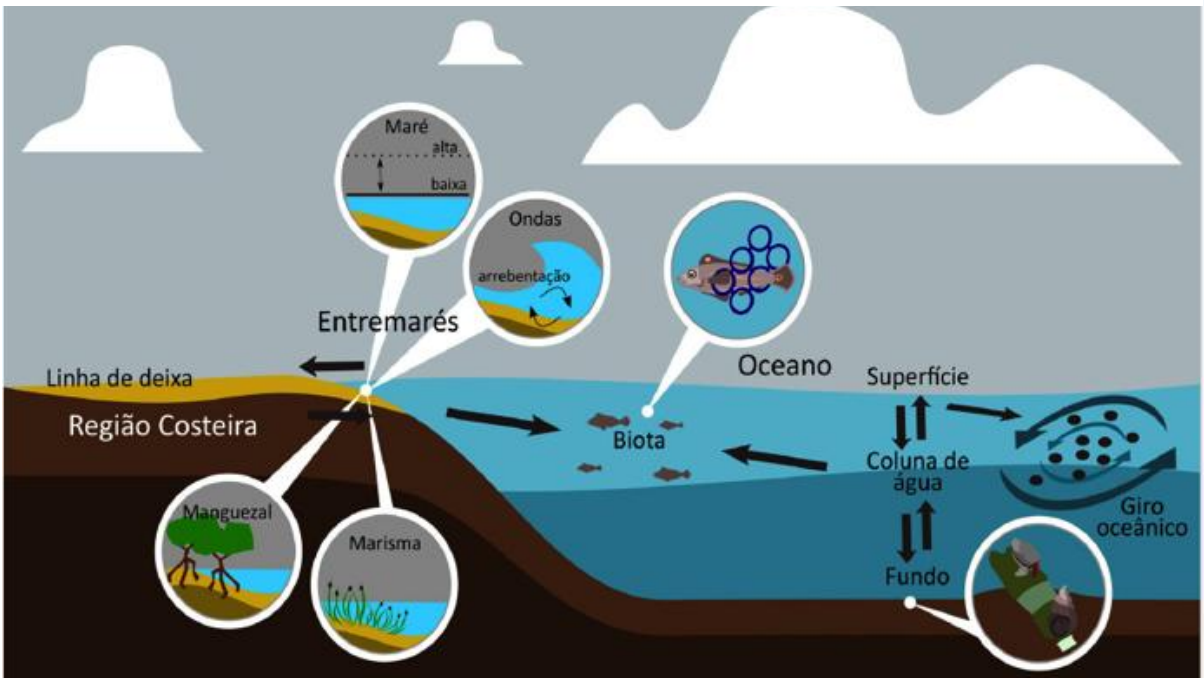
Estima-se que 80% dos resíduos sólidos encontrados no ambiente marinho-costeiro sejam oriundos de fontes terrestres, enquanto 20% correspondem a atividades realizadas no mar (GESAMP, 1990), sendo 85% do total dos resíduos compostos por plástico (Jambeck et al., 2015; Turra et al., 2020; UNEP, 2021). Os efeitos deletérios que o lixo no mar poderá ocasionar incluem impactos na saúde do manguezal, devido ao impedimento de trocas gasosas, lixiviação de substâncias químicas, introdução de espécies exóticas, bioacumulação e sufocamento dos habitats — fatores que potencializam riscos aos serviços ecossistêmicos e à saúde humana (PEMALM, 2021; UNEP, 2021).

O complexo sistema radicular e os troncos do mangue retêm sedimentos, que também conseguem capturar detritos e plásticos provenientes de fontes terrestres, ribeirinhas e águas

costeiras (UNEP, 2021), tornando-os suscetíveis a diversas ameaças antropogênicas (ICMBio, 2018), a exemplo dos detritos no manguezal, ainda pouco estudados (Luo et al., 2021).

Embora o lixo no mar e a contaminação por plástico tenham uma dinâmica de dispersão e acúmulo em diversos ecossistemas marinho-costeiros (Figura 1), os estudos se concentram principalmente em praias arenosas, de maneira que existe um hiato no que concerne ao ecossistema de manguezal (Ivar do Sul et al., 2014; Turra et al., 2020; Luo et al., 2021; Cavalcante et al., 2024). O arcabouço legal brasileiro no âmbito dos resíduos sólidos, amparado pela Lei Federal nº 12.305/2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e dispõe sobre princípios, objetivos, instrumentos, bem como sobre as diretrizes respectivas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis" (Brasil, 2010).

Figura 1 – Potencial dispersão e acúmulo de lixo no ecossistema manguezal e de marisma.



Fonte: Turra (2020).

No estado de São Paulo, a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) é anterior à PNRS e foi instituída pela Lei Estadual nº 12.300/2006, a qual propôs, entre os instrumentos, a elaboração de planos regionais e estadual de resíduos sólidos. Publicado em 2014, o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo aborda a problemática do lixo no mar a partir dos

petrechos de pesca abandonados, perdidos e descartados (PP-APD) nas Unidades de Conservação (UCs) (São Paulo, 2020; PEMALM, 2021).

O Governo brasileiro, por meio do Ministério do Meio Ambiente (MMA), publicou, em 2019, o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (PNCLM), estabelecido pelo Decreto nº 10.544/2020, que aprova o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), o qual, entre as diretrizes prioritárias, destaca a implementação do PNCLM. Assim, reafirma o compromisso voluntário assumido, em 2017, na Conferência dos Oceanos, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) (Brasil, 2019; PEMALM, 2021). O PNCLM propõe o "Desenvolvimento de uma estratégia nacional para combate ao lixo no mar", sendo composto por diagnóstico do lixo no mar, valores referenciais, situações desejadas, modelo de governança, eixos para a implementação, diretrizes, indicadores e plano de ação, de maneira a subsidiar a elaboração dos planos regionais e nacionais (Brasil, 2019; PEMALM, 2021).

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (PERS) foi revisado e publicado em 2020, sendo acrescido do capítulo 7 (Lixo no Mar), com abordagem ampliada, em acordo com as orientações do GESAMP (1990). Para tanto, foi elaborado previamente a revisão do PERS o Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar (PEMALM) do Estado de São Paulo, sendo publicado posterior a revisão do PERS, em 2021. O PERS revisado estimula a elaboração de planos municipais de combate ao lixo no mar, sejam eles costeiros ou não, e em alinhamento ao PNCLM e à PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010) (São Paulo, 2020).

Apesar da resiliência dos manguezais perante as pressões antrópicas e às mudanças climáticas, o aprimoramento das ferramentas de análise e avaliação do meso e macrolixos é crucial para o balizamento de prioridades e medidas estratégicas eficazes, que, associadas à interdependência dos ecossistemas marinho-costeiros, poderão contribuir para o desempenho de uma gestão sistêmica, holística e integrada, fortalecendo sua capacidade de resiliência (UNEP, 2014; Brasil, 2019; Spalding, 2022). Os resultados, além de auxiliarem na compreensão de potenciais efeitos estressores ao ecossistema, poderão subsidiar o balizamento de prioridades e medidas estratégicas eficazes para a gestão e conservação do ecossistema manguezal do município de Cananeia, bem como servir de base para outros municípios com presença de manguezais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo avaliar a presença do meso e macrolixos em manguezais próximos e distantes a núcleos urbanos, localizados nos manguezais do Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape, no Litoral Sul de São Paulo, entre duas estações de inverno e verão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a estrutura vegetal de florestas de mangue localizadas em subáreas distantes e próximas a núcleos urbanos;
- Caracterizar e analisar o lixo detectado nos manguezais distantes e próximos a núcleos urbanos;
- Avaliar as conexões causais do lixo nos manguezais, por meio da abordagem DPSIR (*Drives – Pressures – State – Impact – Responses*);
- Fornecer subsídios aos órgãos competentes para auxiliar em propostas de diretrizes estratégicas de políticas públicas de conservação dos manguezais; e
- Divulgar informações obtidas ao público em geral pelas redes sociais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no município de Cananeia e na porção sul do município de Ilha Comprida, Litoral Sul do estado de São Paulo. De acordo com o IBGE (2022), os municípios de Cananeia e Ilha Comprida apresentam áreas territoriais de 1.237,354 km² e 196,567 km², respectivamente. Esses municípios abrigam floresta atlântica, manguezais, restingas, rios, estuários, alagadiços e praias, com população estimada em 12.289 e 13.419 habitantes (Cunha-Lignon et al., 2015; IBGE, 2022), respectivamente. Estes municípios são classificados como estâncias turísticas e atraem visitantes em busca de lazer, ecoturismo, turismo educacional e científico (Fundação Florestal, 2021).

Devido à alta diversidade biológica, ecológica e à importância histórico-cultural, marcada pela presença de populações tradicionais caiçaras, indígenas e quilombolas, esta região possui designações internacionais e nacionais, reconhecidas pela UNESCO como Sítio do Patrimônio Mundial Natural, Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Sítio Ramsar, além de abranger diversas Unidades de Conservação (UCs), de distintas categorias de manejo, integrantes do Mosaico de Áreas Protegidas do Lagamar (Cunha-Lignon et al., 2015).

3.1.1 Bacias Hidrográficas confluentes ao SELCI

O Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (SELCI), delimitado pelas coordenadas 24º40'S e 25º05'S de latitude e 47º25'W e 48º10'W de longitude, possui extensão total aproximada de 70 km, é composto por ilhas (Comprida, Cardoso e Cananeia) e separadas entre si por um complexo sistema de canais lagunares e rios interconectados: Rio Ribera de Iguape, Mar Pequeno, Mar de Cananeia, Mar de Cubatão, Baía do Trapandé e Canal do Ararapira (Tessler & Souza, 1998; Cunha-Lignon, M. 2001; Cunha-Lignon et al.; 2015; Hymans; 2022).

Ao norte do SELCI, encontram-se os rios Cordeiro, Subaúma e o Ribeira de Iguape, que é o principal responsável pelo aporte de água doce no sistema, enquanto no sul pequenas bacias hidrográficas compostas pelos rios Taquari, Mandira, das Minas, Itapitangui e Iririaia-Açu que deságuam nos mares de Cubatão e Itapitangui. Na Ilha Comprida o principal curso d'água é o rio Candapuí, que percorre de N-S ao longo de sua extensão. O Rio Ribeira de Iguape destaca-se como o único que mantém influência continental até as proximidades de sua foz, caracterizando-se como um elemento hidrológico dominante na dinâmica regional (Campos, 2013; Carlos, 2015; Hymans, 2022). A complexa rede hidrológica do SELCI favorece a poluição em UCs costeiras por fontes externas (transporte hídrico) e locais (resíduos de turismo e comunidades) (Abessa et al., 2018; Navi et al., 2023).

3.1.2 Dinâmica estuarina do Sistema Lagunar Cananeia-Iguape

O Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (SELCI) apresenta uma hidrodinâmica complexa, influenciada pela interação entre marés astronômicas e a descarga fluvial do Rio Ribeira de Iguape. Essa dinâmica foi significativamente alterada após a abertura do Valo Grande no século XIX, que conectou o rio ao Mar Pequeno, modificando processos estuarinos como a intensidade das correntes, a circulação de marés e o equilíbrio morfodinâmico (Tessler & Souza, 1998; Hymans, 2022).

A circulação do sistema é predominantemente condicionada pela maré astronômica, que adentra através das Barras de Icapara e Cananeia e pelas descargas de água doce dos rios (Tessler & Souza, 1998; Hymans, 2022, Nascimento, 2024). O sistema possui um regime de micromarés inferior a 2 m, com maré do tipo mista com predominância semi-diurna e amplitude média de 0,26 m na quadratura, com nível médio de 0,81m e 1,2 m (sizígia) (Miyao e Harari, 1989; Cunha-Lignon et al., 2015; Hymans, 2022; Nascimento, 2024).

No SELCI, durante a maré de enchente a água adentra por Cananeia (sul), bifurcando-se: (1) norte (Mar de Cananeia) e (2) oeste (Baía de Trapandé – Mar de Cubatão). Ao norte da Ilha de Cananeia o fluxo divide-se novamente: sul (Mar de Cubatão) e norte (Mar de Iguape). Esses fluxos recombinam-se em direção a Iguape. Paralelamente, a maré de Icapara propaga-se para o sul, confluindo com o fluxo oposto no Mar Pequeno e formando o "tombo das águas". Na vazante, o processo inicia-se nas desembocaduras com resposta imediata no "tombo" (Tessler & Souza, 1998; Hymans, 2022).

A velocidade das correntes de maré na superfície do SELCI varia distintamente entre as fases de enchente e vazante, estabelecendo regimes de circulação característicos em cada mar do sistema (Tabela 1).

Tabela 1 – Velocidade das correntes de maré de superfície - SELCI.

Corpo d'água	Maré	Velocidade das correntes de superfície (m/s)
Mar Pequeno	Enchente	0,7
	Vazante	0,8
Mar de Cananeia	Enchente	0,7
	Vazante	1,2
Mar de Cubatão	Enchente	0,6
	Vazante	0,7

Fonte: Tessler & Souza (1998).

3.1.3 Subáreas de Manguezal Amostradas

Os manguezais do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SELCI) apresentam florestas compostas por angiospermas pertencentes a três espécies de mangue: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Avicennia schaueriana* (mangue preto) (ICMBio, 2016; Cunha-Lignon et al., 2015).

As quatro subáreas de florestas de mangue do Litoral Sul do estado de São Paulo estão distribuídas ao longo do SELCI, sendo duas áreas próximas (até 1,0 km) a núcleos urbanos, correspondentes a Porto Cubatão e Nóbrega, e duas áreas distantes (a partir de 2,0 km) a núcleos urbanos (Fundação Florestal, 2023), correspondentes ao Baguaçu e Sítio Grande (Figura 3). Assim como estudos elaborados nos manguezais da Índia com diferentes graus de influência urbana (De et al., 2023).

Figura 2 – Localização da área de estudo, com destaque para as quatro subáreas: Baguaçu, Nóbrega, Sítio Grande e Porto Cubatão.

Fonte: Elaboração própria (2025).
Legenda: Áreas distantes a núcleos urbanos: Baguaçu (Ilha Comprida) e Sítio Grande (Parque Estadual da Ilha do Cardoso). Áreas próximas a núcleos urbanos: Porto Cubatão (Cananeia) e Nóbrega (Ilha Comprida).

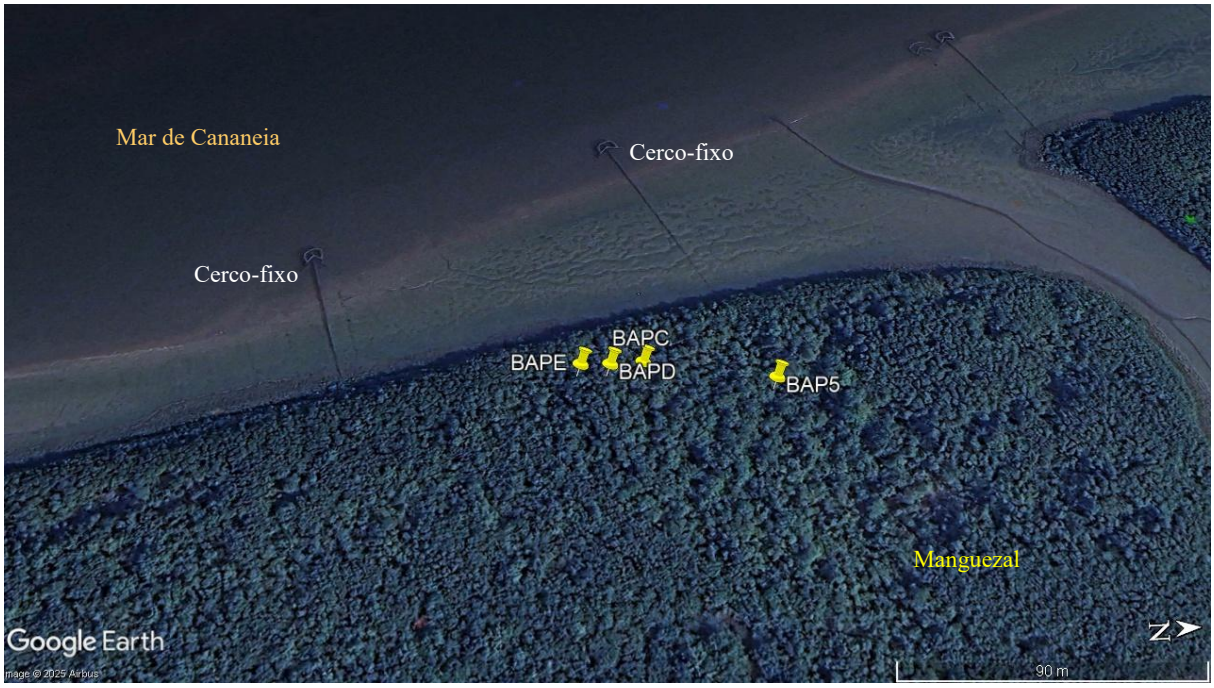
Nóbrega e Porto Cubatão, subáreas próximas ao núcleo urbano apresentam características urbanísticas distintas em suas áreas adjacentes. O Nóbrega, localizado no Boqueirão Sul (Ilha Comprida) abriga o atracadouro da balsa (*ferry boat*), principal conexão com Cananeia via Av. Intermares, não pavimentada. Em seu entorno há infraestrutura de edificações de comércios turísticos, residências e infraestrutura básica (educação, saúde, transporte público, energia, saneamento, coleta de resíduos e coleta seletiva), mas depende dos serviços urbanos de Cananeia (Campos, 2013; Araújo, 2015). Já a subárea de Porto Cubatão, localizada na região continental (Cananeia) possui proximidade com a ETE (Sabesp), rancho de pescadores, marinas e clube náutico. A via de acesso Rua Paulo Hermenegildo é

pavimentada, possui edificações residenciais e comerciais, há infraestrutura básica com oferta de educação, energia, saneamento, coleta de resíduos e coleta seletiva. A conexão com a Ilha de Cananeia ocorre por ponte ou balsa (*ferry boat*). Os resíduos urbanos de Ilha Comprida e Cananeia são destinados a aterros sanitários distintos, sendo Caieiras-SP e Pariquera-Açu, respectivamente (CETESB, 2024).

As subáreas de florestas de mangue do Baguaçu (BA), Sítio Grande (SG) e Nobrega (NO) foram delimitadas e caracterizadas em estudos pretéritos (Cunha-Lignon, 2001; Cunha-Lignon 2005). Assim, foram selecionadas quatro parcelas no Baguaçu BAPC, BAPD, BAPE e BAP5 e duas parcelas em cada uma das demais subáreas: Sítio Grande SGPA e SGP5, Nóbrega NOP1 e NOP4 e Porto Cubatão PCP1 e PCP2. O critério de escolha para as subáreas de Baguaçu e Sítio Grande foi a distância de núcleos urbanos, enquanto para o Nóbrega e Porto Cubatão considerou-se a proximidade.

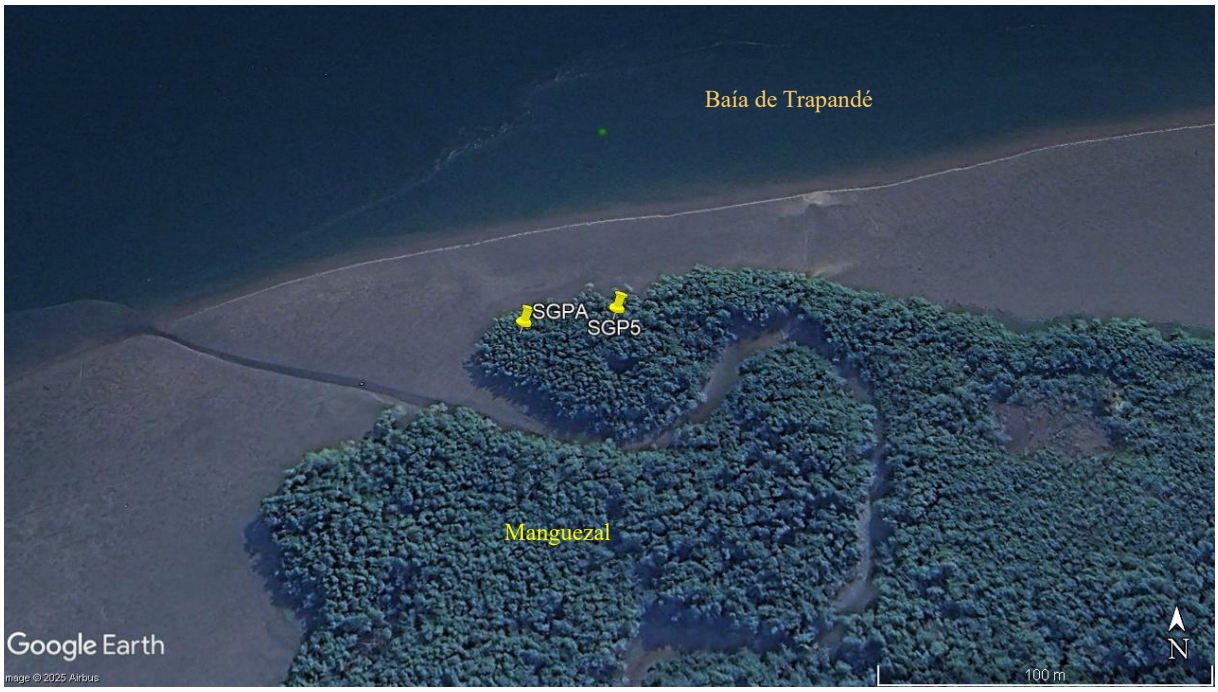
As subáreas do Baguaçu (BA) e Sítio Grande (SG), situadas distantes aproximadamente 4,0 km e 7,0 km de núcleos urbanos, respectivamente, possuem características semelhantes. Estão localizadas paralelamente ao estuário e são compostas por florestas em diferentes níveis de desenvolvimento estrutural ao longo do gradiente de deposição sedimentar. No Baguaçu (BA), foram selecionadas três parcelas: BAPC, BAPD e BAPE, devido ao pequeno tamanho dessas áreas e ao fato de serem florestas com menor desenvolvimento estrutural. Já a parcela BAP5 apresenta floresta mais desenvolvidas ao longo do gradiente de deposição sedimentar (Figura 4). Em Sítio Grande (SG), foi selecionada a parcela SGPA com menor desenvolvimento estrutural, e a SGP5, mais desenvolvida ao longo do gradiente (Figura 5).

Figura 3 – Baguaçu, com destaque para as quatro parcelas em florestas de mangue: BAPC, BAPD, BAPE e BAP5.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 4 – Sítio Grande, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: SGPA e SGP5.

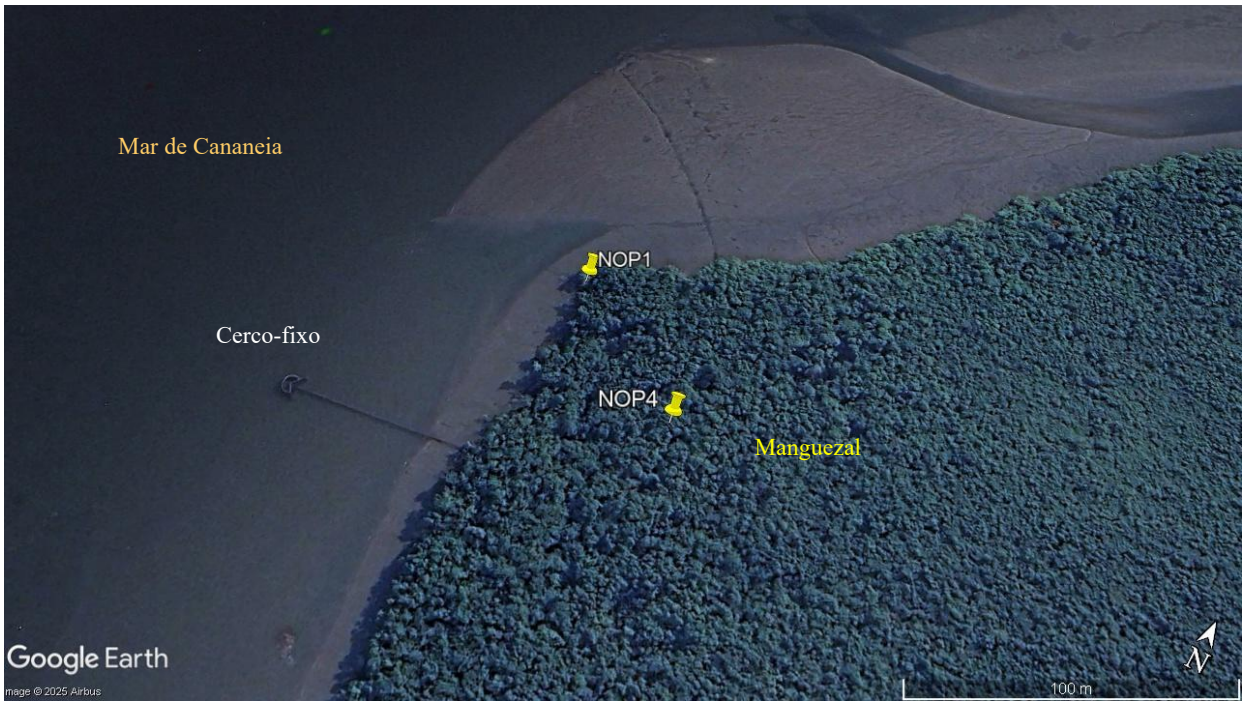


Fonte: Elaboração própria (2025).

As subáreas do Nóbrega (NO) e Porto Cubatão (PC), situadas próximas 750 m e 50 m de núcleos urbanos, respectivamente, apresentam características semelhantes, sendo as

subáreas localizadas na área de franja e transição. Para o Nóbrega (NO), foram selecionadas as parcelas NOP1, localizada na franja com maior inundação pelas marés e NOP4, no interior, com menor frequência de inundação (Figura 6). Em Porto Cubatão (PC), foram selecionadas as parcelas PCP1, localizada na franja com maior inundação pelas marés e PCP2, no interior, com menor frequência de inundação (Figura 7).

Figura 5 – Nóbrega, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: NOP1 e NOP4.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 6 – Bairro Porto Cubatão, com destaque para as duas parcelas em florestas de mangue: PCP1 e PCP2.

Fonte: Elaboração própria (2025).

3.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE FLORESTA DE MANGUE

A caracterização da estrutura vegetal seguiu a metodologia de Schaeffer-Novelli et al. (2015). Para tanto, foram delimitadas áreas de tamanhos variáveis, compreendendo de 20 a 30 indivíduos por parcela, conforme a densidade da floresta. As parcelas foram selecionadas prioritariamente nas zonas de franja, com maior influência da maré e na zona de transição, com menor frequência de inundação.

As medidas de diâmetro à altura do peito (DAP) foram obtidas a 1,30 m do solo, utilizando-se trena graduada em unidades de π (3,14159). Para indivíduos com altura inferior a 10 m utilizou-se trena graduada (*Forestry Suppliers* 283D), enquanto para indivíduos com altura superior a 10 m foi utilizado um telêmetro digital (*Ranger Finder* 600 m). Também foi realizada a identificação das espécies arbóreas típicas.

As variáveis que caracterizam a estrutura vegetal foram calculadas com base na área basal (AB), conforme a fórmula:

$$AB = 0{,}00007854\ (DAP)^2$$

AB = Área basal (m²)

DAP = Diâmetro à altura do peito (cm)

Corresponde à soma de todas as áreas basais dos troncos medidos por unidade de área e indica o grau de desenvolvimento da floresta de mangue, ao expressar o volume de madeira e a biomassa da vegetação (Cunha-Lignon, 2001).

O diâmetro médio de uma floresta é o diâmetro da árvore de área basal média e permite comparações entre diferentes florestas e a correlação de valores estruturais. O cálculo da área basal média por árvore é utilizado para esse fim, conforme descrito a seguir:

$$DAP = \frac{(AB)\ (12732{,}39)}{n}$$

AB = Área basal
n = Mínimo de indivíduos por hectare

A contribuição do número de espécies na floresta de mangue, permite descrever a comunidade em termos de densidade:

$$Densidade\ relativa = \frac{Número\ de\ indivíduos\ de\ uma\ espécie}{Número\ total\ de\ indivíduos} \times 100$$

$$Dominância\ relativa = \frac{Dominância\ de\ uma\ espécie}{Dominância\ total\ (AB)} \times 100$$

Entre as quatro áreas de manguezais selecionadas para o estudo, três (Baguaçu, Nóbrega e Sítio Grande) já possuíam a estrutura de vegetação caracterizada, com informações sistematizadas em banco de dados desde 2001, sendo utilizado os dados da estrutura das florestas de mangue do ano de 2022. Dessa forma, apenas a caracterização da estrutura vegetal da floresta de Porto Cubatão foi realizada.

A coleta de dados de estrutura vegetal foi realizada no dia 7 de setembro de 2023, em duas parcelas de floresta de mangue selecionadas (Figura 7). Sendo o critério de seleção a proximidade com a área próxima ao núcleo urbano. A parcela PCP1 (Porto Cubatão Parcela 1) de 7 m x 7 m foi delimitada em área próxima ao corpo d'água, com maior inundação pelas

marés, enquanto PCP2 (Porto Cubatão Parcela 2) de 3 m x 3 m, foi delimitada mais distante do corpo d'agua. A localização das parcelas, foram indicadas pelas coordenadas geográficas, obtidas com a utilização do GPS Garmin, Map modelo 78S. onde a PCP1 está situada a 24°58'43.62"S, 47°56'54.07"W e PCP2 a 24°58'42.76"S, 47°56'52.78"W.

Como complemento metodológico foi realizada a mensuração da salinidade intersticial no manguezal em ambas as parcelas, sendo coletado o sedimento em área adjacente de cada parcela, por meio de amostrador de 1 m de comprimento por 60 mm de diâmetro interno e paredes biseladas. Com uso de refratômetro óptico faz-se a leitura da salinidade do sedimento a 10 cm de profundidade.

Nas subáreas de estudos pretéritos (Cunha-Lignon, 2001; Cunha-Lignon 2005), foram selecionadas quatro parcelas no Baguaçu: BAPC, BAPD, BAPE e BAP5 (Figura 4), e nas demais subáreas duas parcelas em cada floresta de mangue correspondentes ao Sítio Grande: SGPA e SGP5 (Figura 5) e Nóbrega: NOP1 e NOP4 (Figura 6)

3.3 COLETA AMOSTRAL DE LIXO NO MANGUE

Em relação aos resíduos sólidos dispostos no ambiente marinho, foi adotado o termo lixo no mar, com o objetivo de padronizar a linguagem utilizada em estudos e políticas públicas. Essa definição, proposta pela UNEP/IOC (2009) e traduzida do inglês *marine litter* ou *marine debris*, abrange todo e qualquer resíduo ou material sólido, persistente e de origem antrópica, que é descartado, abandonado ou perdido – intencionalmente ou não – nos ecossistemas marinhos e costeiros (GESAMP, 2019; Turra et al., 2020; PEMALM, 2021).

O termo lixo no mangue é uma definição mais recente, proposta pelo grupo de pesquisa Monitoramento Integrado de Manguezais (MIM). Essa terminologia tem sido adotada para designar os resíduos sólidos encontrados especificamente no ecossistema manguezal, utilizando a palavra "mangue" por ser de fácil compreensão para o público em geral, em vez do termo técnico "manguezal". O lixo no mangue compreende todo resíduo sólido, persistente, processado ou manufaturado, de origem antrópica, descartado ou perdido – independentemente de sua procedência – que ingressa no ecossistema manguezal (Destito, 2024).

Para o estabelecimento de diretrizes padronizadas de coleta amostral de lixo no mangue, foram necessárias adaptações metodológicas. Para isso, adotou-se a abordagem recomendada pelas *Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean* (GESAMP, 2019) e definiram-se os parâmetros de amostragem de meso e macrolixos no manguezal. Esse protocolo é considerado adaptável e factível para o ecossistema marinho-costeiro manguezal,

uma vez que, além de gerar dados, seus resultados propiciam subsídios para a definição de diretrizes mínimas aceitáveis. Tais diretrizes visam estabelecer padrões de dados sincrônicos, integrados e colaborativos à gestão e conservação do ecossistema manguezal (Spalding et al., 2022) perante ao problema do lixo no mangue.

Tendo em vista a consolidação dos estudos envolvendo praias arenosas que consideram a dinâmica de dispersão e acúmulo do lixo no mar em quatro compartimentos ambientais principais (linha de costas, superfície/ coluna d´água, fundo do mar e biota), foi necessário adaptar essa premissa ao estudo proposto. Para nortear o desenvolvimento do protocolo de coleta amostral de lixo no manguezal, definiram-se inicialmente os compartimentos ambientais característicos desse ecossistema. Em seguida, elucidaram-se outros parâmetros que abrangessem suas peculiaridades e complexidade, como a definição de parcelas amostrais e áreas de estratificação (franja e interior). Tais adaptações visam à obtenção de dados comparáveis entre diferentes estudos sobre o lixo no mangue (GESAMP, 2019; Luo et al., 2021).

A caracterização do lixo coletado considerou os seguintes parâmetros de amostragem que permitiu estabelecer: (i) estações do ano; (ii) localização do lixo coletado nas subáreas; (iii) compartimentos ambientais do manguezal abrangido na coleta do lixo (galhos/troncos e raízes/pneumatóforos/substrato e superfície); sendo o (iv) tamanho do material determinante para a identificação deste, sendo levantados dados quantitativos respectivos à categoria de tamanho de lixo meso (entre 0,5 e 2,5 cm) e macro-lixo (entre 2,5 cm e 1m); (v) pesagem com utilização de balança digital Tomate®; (vi) contagem; (vii) abundância; (viii) tipo de categoria (vidro, plásticos, tipo de plástico duro e mole, etc.), (ix) tipo de material (sacolas, garrafas PET, etc.), (x) país de origem (rótulo ou código de barra), e (xi) fonte de origem (terrestre ou marinho) (Tabela 2) (UNEP, 2009; GESAMP, 2019; PEMALM, 2021; Luo et al., 2021).

Tabela 2 – Parâmetros de amostragem de lixo no mangue.

	Parâmetros
I	Estações do ano
II	Localização do lixo coletado nas subáreas
III	Compartimento ambiental do manguezal (galhos/troncos e raízes/pneumatóforos/ substrato e superfície)
IV	Tamanho meso (entre 0,5 e 2,5 cm) e macrolixos (entre 2,5 cm e 1 m)
V	Pesagem
VI	Contagem
VII	Abundância

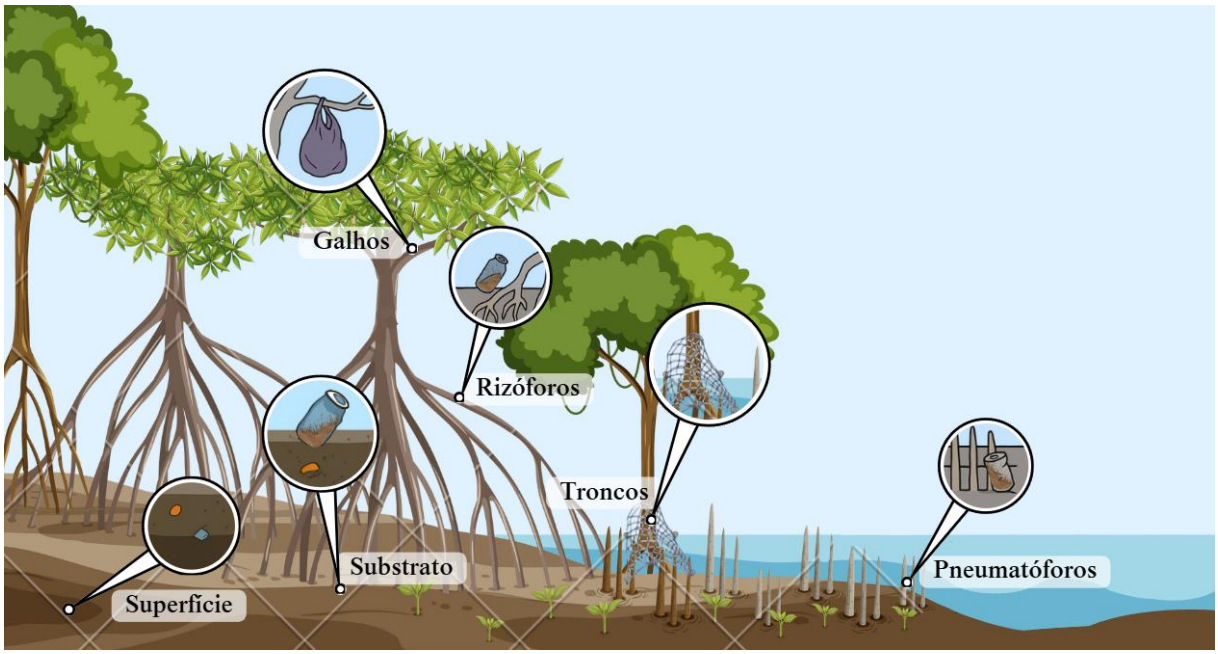
VIII	Tipo de categoria (vidro, plásticos, tipo de plástico duro e mole, petrechos de pesca, etc.)
IX	Tipo de material (sacolas, garrafas PET, etc.)
X	País de origem (rótulo ou código de barra)
XI	Fonte de origem (terrestre ou marinho)

Fonte: Elaboração própria (2025).

Devido às peculiaridades socioambientais locais, que abrangem este ecossistema marinho-costeiro, o petrecho de pesca foi considerado no enquadramento de categoria de lixo, dada a gama de materiais que os compõe. Assim, como realizado em estudos nas florestas de mangue do Quênia (Okuku et al., 2023).

Em relação aos compartimentos ambientais, estes foram estabelecidos como diretrizes à ocupação do lixo em diversos espaços da complexa estrutura das florestas de mangue, sendo esses: galhos; troncos (rizóforos) e raízes; pneumatóforos, substrato (enterrado na lama e coletado com pá) e superfície (da lama, coletado sem auxílio de instrumento (Figura 8).

Figura 7 – Principais compartimentos ambientais do manguezal envolvidos na retenção de resíduos.



Elaborado por Kitagami & Bianchini (20/05/2025).

Entre os parâmetros de amostragem de lixo no mangue estabelecidos, para nortear o levantamento dos dados obtidos em campo foi definido o período de duas estações do ano, estes planejados e executados em dois verões e dois invernos. As coletas de dados amostrais foram realizadas nos períodos de inverno/2023, verão/2024, inverno/2024 e verão/2025 (Tabela 3).

Tabela 3 – Campo de coleta amostral de lixo no mangue nas subáreas de estudo nos municípios de Cananeia e Ilha Comprida.

Área	Subárea	Período			
		2023	2024		2025
		Inverno	Verão	Inverno	Verão
Distantes a núcleos urbanos	Baguaçu	06/09/2023	18/03/2024	20/09/2024	07/03/2025
	Sítio Grande	06/09/2023	18/03/2024	20/09/2024	07/03/2025
Próximos a núcleo urbano	Nóbrega	06/09/2023	18/03/2024	20/09/2024	07/03/2025
	Porto Cubatão	07/09/2023	17/03/2024	03/08/2024	08/03/2025

Fonte: Elaboração própria (2025).

A metodologia para a coleta do lixo no mangue, abrangeu quatro parcelas na subárea BA e duas parcelas em SG, essas distante do núcleo urbano e duas parcelas em cada subárea NO e PC próxima ao núcleo urbano, com tamanhos variáveis em função da densidade da floresta (Schaeffer-Novelli et al., 2015), totalizando quatro subáreas e dez parcelas de floresta de mangue. As coordenadas geográficas foram registradas dentro das parcelas (Tabela 4).

Tabela 4 – Localização e detalhamento das parcelas de florestas de mangue, para coleta amostral de lixo, no litoral sul de São Paulo.

Áreas	Município	Subáreas	Parcelas	Área da Parcela (m²)	Localização	Coordenadas Geográficas
Distantes a núcleos urbanos	Ilha Comprida	Baguaçu	BAPC,	2,5 x 2,5	Florestas menos desenvolvidas ao longo do gradiente de deposição sedimentar	24°58'42.16"S - 47°53'51.73"W
			BAPD,	2,0 x 2,0		
			BAPE	1,5 x 1,5		
			BAP5	5,0 x 5,0	Florestas mais desenvolvidas ao longo do gradiente de deposição sedimentar	24°58'41.12"S - 47°53'51.58"W
	Cananeia	Sítio Grande	SGPA	5,0 x 7,0	Florestas menos desenvolvidas ao longo do gradiente de deposição sedimentar	25°00'58.38"S - 47°55'05.10"W

			SGP5	9,0 x 5,0	Florestas mais desenvolvidas ao longo do gradiente de deposição sedimentar	25°04'45.61"S - 47°56'57.26"W
Próximos a núcleos urbanos	Ilha Comprida	Nóbrega	NOP1	3,0 x 3,0	Franja com maior inundação pelas marés	25°00'57.01"S - 47°55'07.14"W
			NOP4	10,0 x 5,0	Interior com menor frequência de inundação	25°00'58.38"S - 47°55'05.10"W
	Cananeia	Porto Cubatão	PCP1	7,0 x 7,0	Franja com maior inundação pelas marés	24°58’43.62"S - 47°56'54.07"W
			PCP1	3,0 x 3,0	Interior com menor frequência de inundação	24°58'42.76"S - 47°56'52.78"W

Fonte: Elaboração própria (2025).

Foram considerados fatores para a coleta *in situ* como: disponibilidade de agenda para deslocamento de equipe, condições meteorológicas, baixa-mar conforme tábua de maré, coleta no raio de 50 m das parcelas delimitadas, tempo de coleta nas parcelas de até 30 minutos, e número máximo de quatro pessoas (Quadro 1).

Quadro 1 – Registro fotográfico da coleta de lixo no mangue em parcelas de áreas próximas e distantes a núcleos urbanos.

BAPC_BAPD_BAPE	BAP5	SGPA	SGP5
NOP1	**NOP4**	**PCP1**	**PCP2**

Fonte: Elaboração própria (2025).

Em todas as subáreas o lixo no mangue foi coletado, lavado, triado e pesado molhado[1], conforme o tamanho (Tabela 5) e categoria para posterior caracterização deste em acordo aos parâmetros estabelecidos para o método de amostragem para meso e macrolixos no ecossistema manguezal.

Tabela 5 – Categorias de tamanho de lixo.

Classificação	Tamanho relativo	Medida (cm)
Macro	Grande	2,5 – 100
Meso	Médio	0,5 – 2,5

Fonte: GESAMP (2019) e PEMALM (2021).

[1] Peso alterado por retenção de água e silte do sedimento do manguezal

Após a separação do lixo, foram identificadas as seguintes informações: (viii) tipo de categorias (vidro, plástico, e tipo de plástico duro e mole, etc.); (ix) tipo de material, de acordo com a sua origem funcional (lata de alumínio, petrechos de pesca, sacolas plásticas, etc.); (x) país de origem (quando possuir rotulagem ou código de barra) e (xi) potencial fonte de origem entre ambiente terrestre ou marinho (UNEP 2009; GESAMP, 2019; De et al., 2023). Para apoio aos levantamentos amostrais *in situ*, foram utilizadas planilhas de campo física e registros fotográficos para posterior tabulação e cruzamento dos dados em Excel.

A origem do lixo coletado foi definida em acordo a potencial fonte de origem determinada entre o ambiente terrestre e marinho, sendo a fonte terrestre os que são advindos de atividades humanas em terra e de fonte marinho incluem as atividades de transporte e navegação, pesca (petrechos de pesca) e objetos associados (caixas plásticas, isopor, equipamento de embarcações, etc.), aquicultura e despejo offshore (UNEP 2009; GESAMP, 2019; De et al., 2023; Okuku, et al., 2023).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Além da estatística descritiva, análises inferenciais foram realizadas utilizando o software R Studio 4.2.2. Testamos se a quantidade de lixo no mangue coletado está relacionada à sazonalidade e/ou as subáreas amostradas. Para isso, foi aplicada uma Análise de Variância com Alinhamento por Ranking (ANOVA-ART), que se pode utilizar em amostras com alta variabilidade e baixa quantidade de dados (Luepsen, 2017; Elkin et al., 2021). Assim mesmo, foi realizado um teste de Pearson para determinar em cada uma das subáreas a correlação entre a densidade de troncos e o peso de lixo encontrado nelas.

Para comparar a quantidade total de lixo acumulado entre a franja e interior das subáreas empregou-se o teste de Wilcoxon (não paramétrico, para dados pareados não normais), complementado pela classificação da magnitude de efeito (Kassambara, 2023; Cohen, 1988).

3.5 ESTRUTURA DPSIR

Após o levantamento e análise dos dados foi aplicado a estrutura conceitual denominada DPSIR (sigla em inglês) para *Drives – Pressures – State – Impact – Responses*, compreendidas como Forças Motrizes – Pressões – Estado – Impacto – Respostas. Proposta pela Agência Ambiental Européia (1999) como diretriz estratégica para Avaliação Ambiental Integrada

(Smeets & Weterings, 1999; Kristensen, 2004). Esta estrutura conceitual (Figura 9), é amplamente utilizada na gestão dos ambientes marinhos e costeiros. Suas definições, correspondem à:

Forças Motrizes – Necessidades humanas, e os acontecimentos sociais, demográficos, e econômicos, ex.: alimentos, água, abrigo, saúde e segurança;

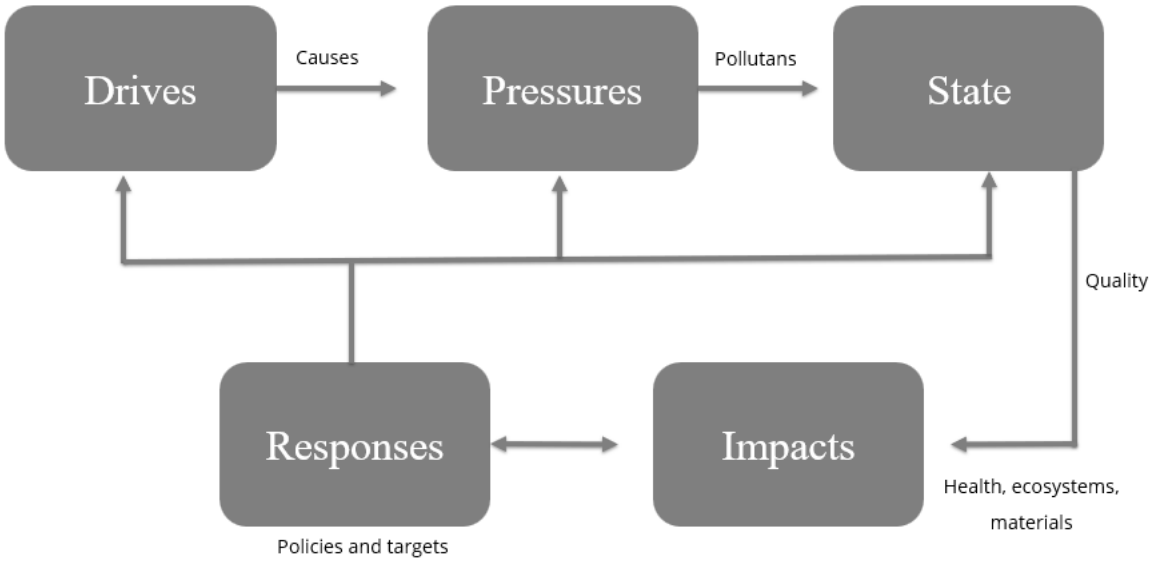
Pressões – Atividades humanas, que podem exercer pressões sobre o meio ambiente, ex.: consumo de recursos naturais, mudanças de uso do solo, liberação de substâncias contaminantes (ar, água e solo), etc;

Estado – Alterações das condições ecossistêmicas, que ocasionam as variações químicas, físicas e biológicas, nos meios abióticos e bióticos;

Impacto – Mudanças na qualidade do funcionamento do ecossistema resulta em impacto no bem-estar humano, por meio da provisão dos serviços ecossistêmicos; e

Respostas – Ações e decisões empreendidas por grupos, ou indivíduos de nossa sociedade, ou pelo governo para: mitigar, prevenir, e compensar os impactos indesejados.

Figura 8 – Estrutura DPSIR modificada de Kristensen (2004).



Fonte: Elaboração própria (2025).

A abordagem do DPSIR desencadeia as conexões causais provocadas pelas Forças Motrizes (necessidades humanas), por meio das Pressões (atividades humanas) que afetam o Estado (meios físico, químico e biológicos), e provocam os Impactos, determinados pelas mudanças na qualidade e no funcionamento dos ecossistemas e saúde humana. E por fim, propiciam eventuais respostas respectivas às medidas de gestão para prevenir, mitigar, compensar ou adaptar-se as mudanças no ambiente (Kristensen, 2004; Patrício et al., 2016).

Este conceito permite analisar e descrever problemas ambientais complexos, de maneira holística, sistêmica, lógica e simplificada (Pinto et al.; 2013; Patrício et al., 2016; Quevedo et al., 2023).

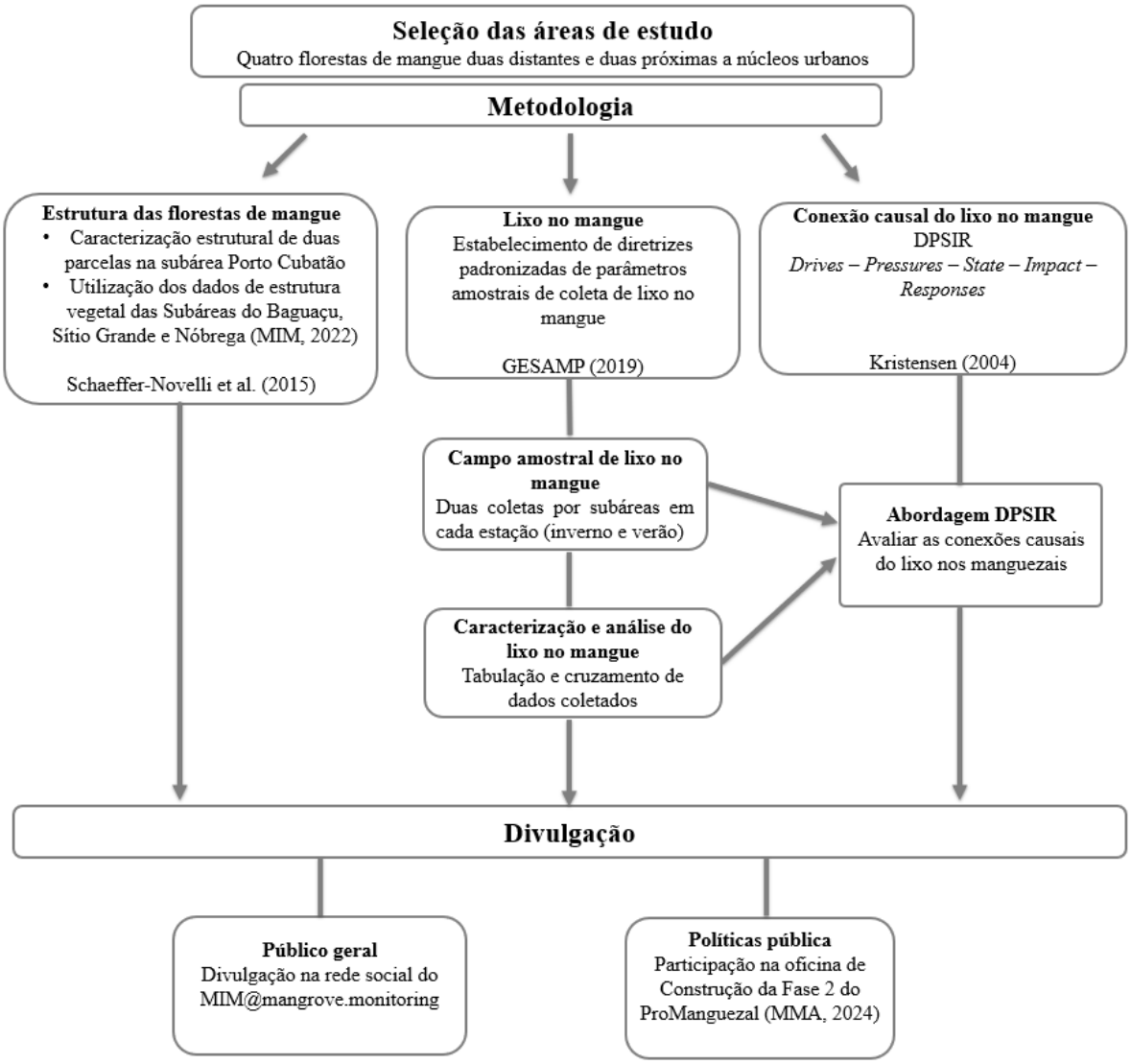
3.6 DIVULGAÇÃO

Os dados e informações obtidos no presente poderão fornecer subsídios, de maneira a corroborar com o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal (Decreto n° 12.045/2024) e o Programa de Gestão Integrada de Manguezais (Portaria Normativa FF/DE 445/2024), além de contribui com outros estudos semelhantes e instituições do terceiro setor.

A divulgação dos dados para o público geral foi adaptada em linguagem acessível e de fácil compreensão, sendo essas veiculadas nas redes sociais do perfil do grupo de pesquisa Monitoramento Integrado de Manguezais (@mangrove.monitoring), de modo a fortalecer o engajamento do MIM à crise global de poluição no ecossistema marinho-costeiro. Também foram realizadas apresentações dos resultados em eventos científicos.

A pesquisa foi estruturada a partir de um conjunto de etapas metodológicas integradas, envolvendo a seleção das áreas de estudo, caracterização estrutural da vegetação de mangue e análise estrutural da vegetação de estudos pretéritos, coleta, caracterização e análise de lixo no mangue, e aplicação de ferramentas de análise como a estrutura DPSIR. O fluxograma abaixo resume a sequência dessas etapas, indicando também os desdobramentos em termos de divulgação científica e subsídios para políticas públicas (Figura 9).

Figura 9 – Fluxograma metodológico do delineamento experimental.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE FLORESTA DE MANGUE

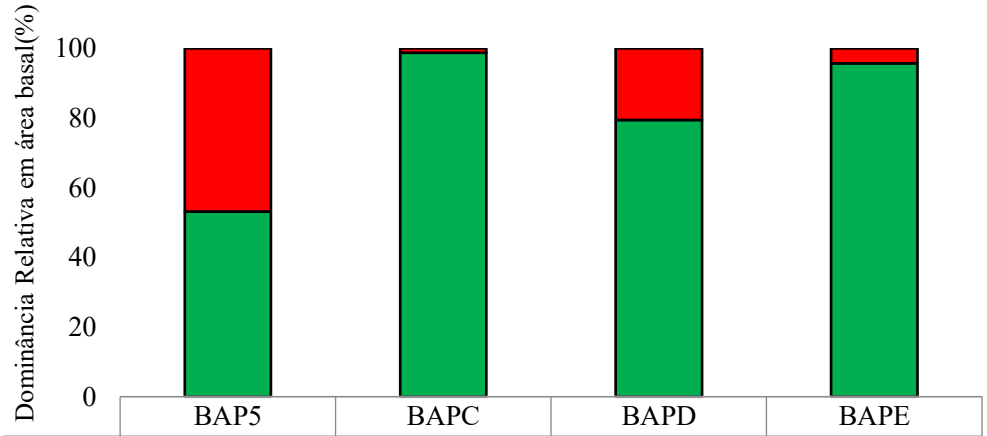
A análise da estrutura vegetal das quatro florestas de mangue localizadas em áreas distantes do núcleo urbano Baguaçu (BA) e Sítio Grande (SG) e próximas ao núcleo urbano Nóbrega (NO) e Porto Cubatão (PC) auxiliaram na avaliação da qualidade ambiental destas, bem como na detecção de fatores antrópicos e naturais.

O presente estudo considerou como floresta de mangue conservada, assim como sugerido por Cunha-Lignon et al. (2015), que indicaram que florestas de mangue com valores de percentual de dominância de área basal de indivíduos mortos menores que 20%, sendo considerada uma floresta conservada na região de Cananeia.

4.1.1 Baguaçu

Na subárea do Baguaçu (distante do núcleo urbano), as quatro parcelas de floresta mangue BAPC, BAPD, BAPE e BAP5, possuem características distintas quanto a Área Basal Morta, com BAPC e BAPE apresentando baixa proporção de Área Basal Morta 1% e 4%, respectivamente, sendo considerada uma floresta de mangue conservada. Enquanto, BAPD e BAP5 registrou alto percentual de Área Basal Morta 21% e 47% respectivamente, demonstrando que as florestas não conservadas (Figura 10).

Figura 10 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas BAPC, BAPD, BAPE e BAP5.



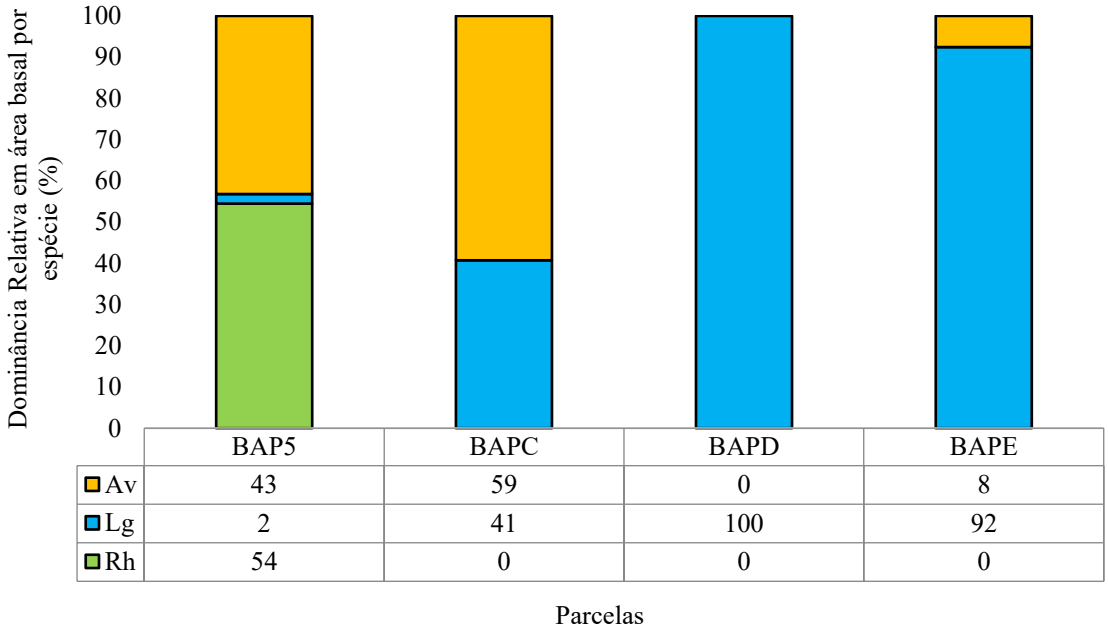
Fonte: MIM (2022).

O elevado valor de troncos mortos em BAPD e BAP5 indicam processos de alteração estrutural, potencialmente associados a fatores naturais.

No verão de 2025, observou-se a queda de indivíduos arbóreos e a ocorrência de torção de troncos em BAPC, BAPD e BAPE, evidenciando a ação de ventos fortes e precipitações atípicas na região. Tais distúrbios podem comprometer a integridade ambiental do ecossistema, destacando a importância de monitoramento contínuo para avaliação dos impactos cumulativos.

Em relação às espécies de mangue, *A. schaueriana* (mangue preto) domina na BAPC (59%), mas também com presença de *L. racemosa* (mangue branco) (41%). Já *L. racemosa*. domina as parcelas BAPD (100%) e BAPE (92%). Enquanto, *R. mangle* (mangue vermelho) domina na BAP5 (54%), mas com presença de *A. schaueriana* (43%) (Figura 11).

Figura 11 – Dominância em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas BAPC, BAPD, BAPE e BAP5.



	BAP5	BAPC	BAPD	BAPE
Av	43	59	0	8
Lg	2	41	100	92
Rh	54	0	0	0

Fonte: MIM (2022).

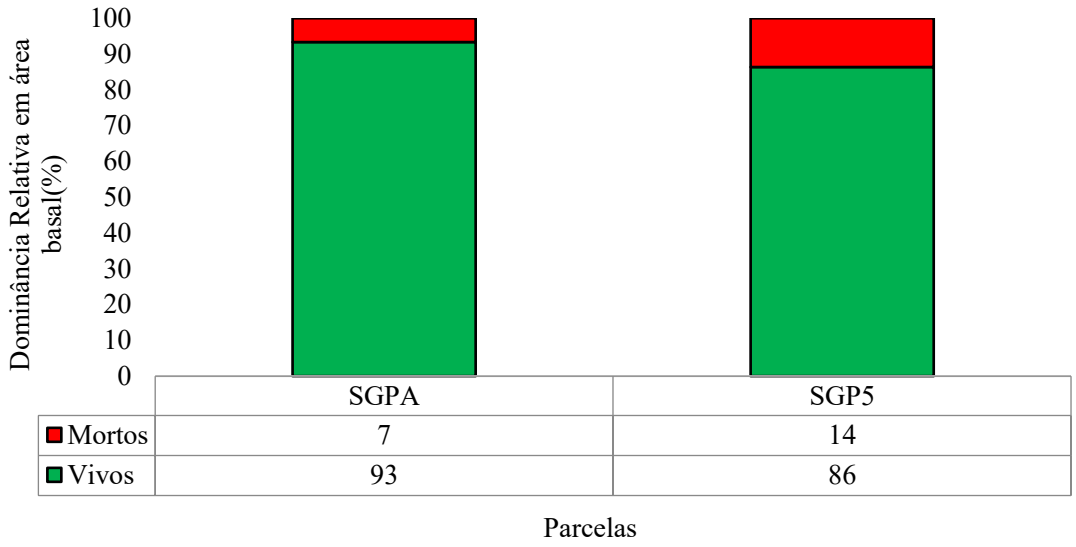
Os resultados indicaram variações no desenvolvimento estrutural entre as parcelas, BAPC apresentou um DAP médio de 8,63 cm, altura média de 6,95 m e densidade relativa de troncos vivos de 89% indicando alto desenvolvimento estrutural. Já a BAPD apresentou um DAP médio de 9,21 cm, altura média de 9,70 m e menor densidade relativa de troncos vivos de 50% refletindo um desenvolvimento estrutural intermediário. A BAPE apresentou um DAP médio de 4,03 cm, altura média de 5,26 m e densidade relativa de troncos vivos de 77%, demonstrando desenvolvimento estrutural médio. Por fim, a BAP5 apresentou um DAP médio

de 4,95 cm, altura média de 4,47 m e densidade relativa de troncos vivos de 79%, também indicando desenvolvimento estrutural médio (Tabela 6).

4.1.2 Sítio Grande

Na subárea de floresta de mangue do Sítio Grande (distante do núcleo urbano), a parcela SGPA apresenta baixa proporção de Área Basal Morta (7%), enquanto SGP5 registrou o dobro desse valor (14%) (Figura 12). Embora as florestas de mangue desta subárea estejam conservadas, observam-se processos naturais distintos em cada parcela: SGPA apresenta processos de erosão marginal, enquanto SGP5 apresenta sedimentação por deposição de areia.

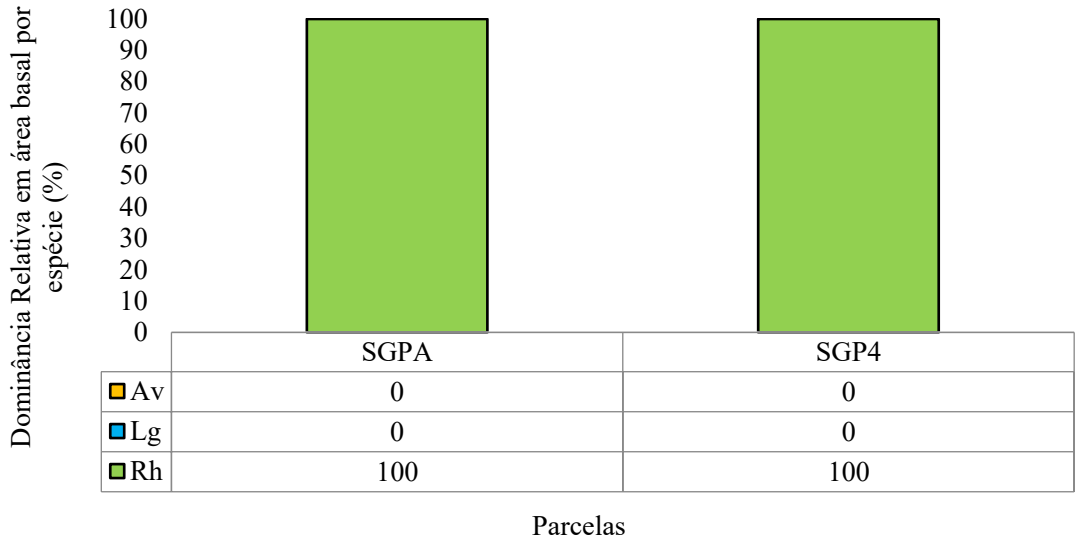
Figura 12 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas SGPA e SGP5.



Fonte: MIM (2022).

Em relação às espécies de mangue, *R. mangle* domina em ambas as parcelas SGPA e SGP5 (100%) (Figura 13).

Figura 13 – Dominância relativa em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas SGPA e SGP5.



	SGPA	SGP4
Av	0	0
Lg	0	0
Rh	100	100

Fonte: MIM (2022).

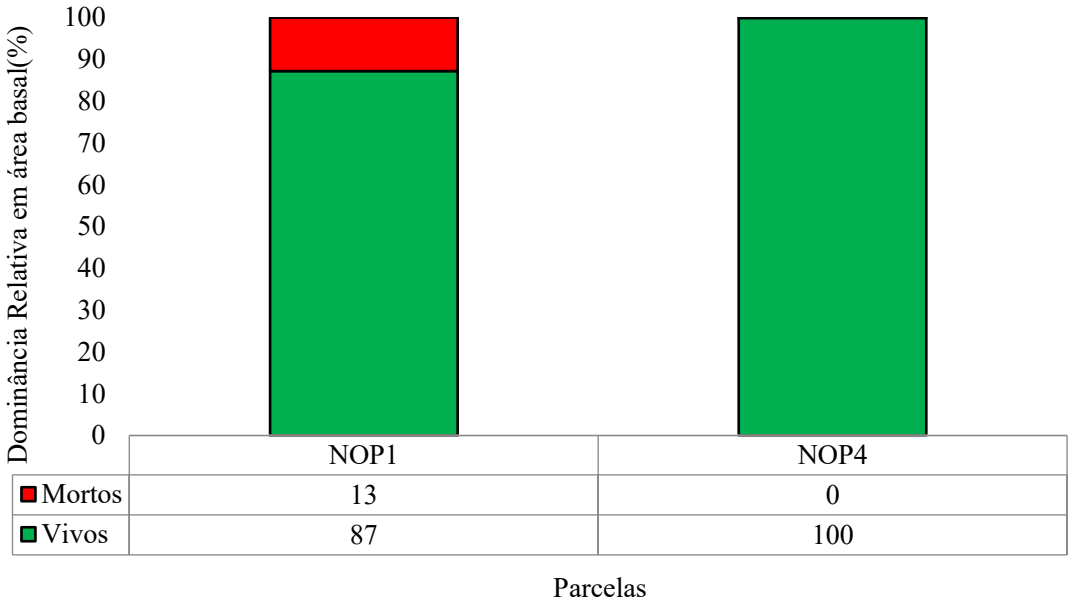
Na parcela SGPA, foi apresentado DAP médio de 7,22 cm, altura média de 8,20 m e densidade relativa de troncos vivos de 85% indicando desenvolvimento estrutural intermediário. Já a parcela SGP5, apresentou um DAP médio superior 8,72 cm, altura média menor de 4,98 m e maior densidade relativa de troncos vivos (92%), demonstrando desenvolvimento estrutural alto (Tabela 6).

As subáreas de floresta de mangue distante do núcleo urbano do Baguaçu (BA) e Sítio Grande (SG), sofrem interferências de fatores naturais, como processos de dinâmica superficial, sedimentação por areia, e ações climatológicas que fazem parte da dinâmica deste ecossistema. Entretanto, em SG o desenvolvimento estrutural é maior, do que em BG, embora ambas as subáreas sejam consideradas conservada.

4.1.3 Nóbrega

Na subárea do Nóbrega (próximo do núcleo urbano), a parcela de floresta de mangue NOP1 apresenta baixa proporção de Área Basal Morta (13%), enquanto NOP4 não registra Área Basal Morta. Embora as florestas de mangue desta subárea estejam conservadas, observa-se em NOP1 processos erosivos natural avançado, o que provavelmente influencia o percentual de Área Basal Morta (Figura 14).

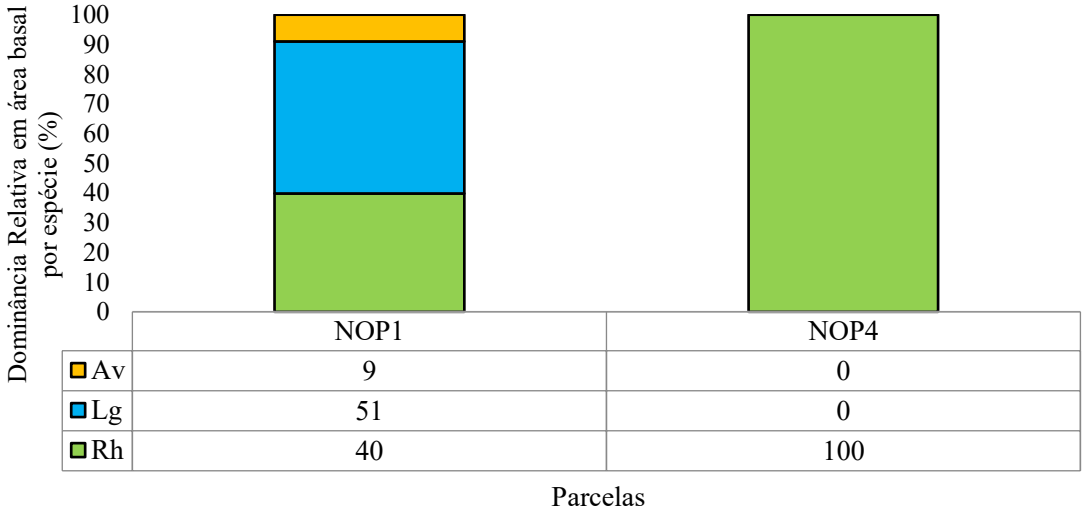
Figura 14 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos das florestas de estudos pretéritos nas parcelas NOP1 e NOP4.



Fonte: MIM (2022).

Em relação às espécies de mangue, *L. racemosa* domina em NOP1 (51%), mas também com *R. mangle* (40%) e menor presença de *A. schaueriana* (9%). Já NOP4 é dominada por *R. mangle* (100%) (Figura 15).

Figura 15 – Dominância relativa em área basal por espécie nas florestas de estudos pretéritos nas parcelas NOP1 e NOP4.



Fonte: MIM (2022).

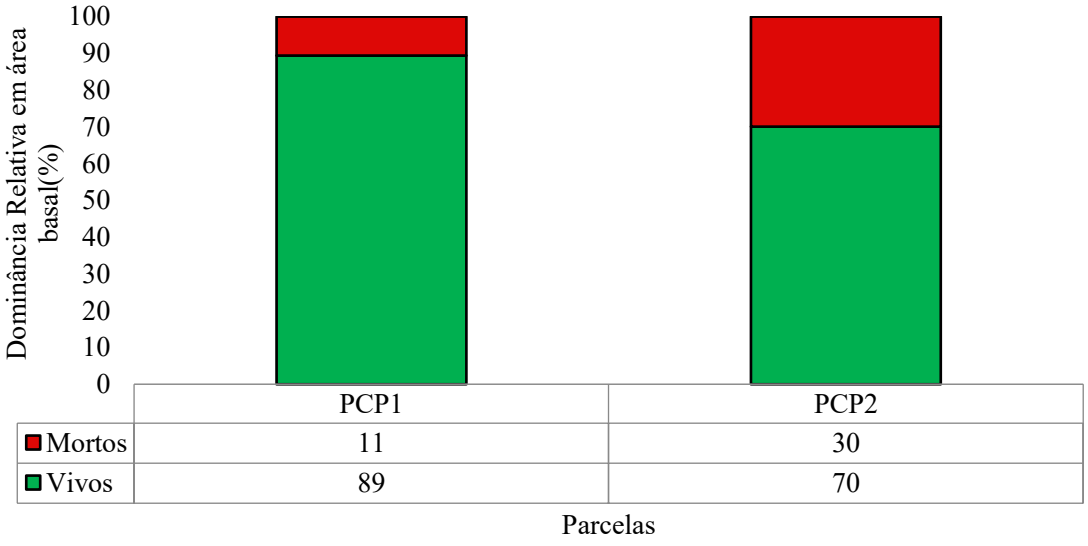
Na parcela NOP1, foi apresentado DAP médio de 4,26 cm, altura média 3,38 m e densidade relativa de troncos vivos (86%) indicando desenvolvimento estrutural intermediário. Por outro lado, na NOP4, as médias foram significativamente maiores, sendo o DAP de 9,82 cm, altura 5,55 m, e densidade relativa de troncos vivos (93%) demonstrando desenvolvimento estrutural intermediário a alto (Tabela 6).

4.1.4 Porto Cubatão

Na subárea de Porto Cubatão (próximo ao núcleo urbano), as duas parcelas de florestas de mangue estudadas possuem características distintas, com PCP1 apresentando baixa proporção de Área Basal Morta (11%), sendo considerada uma floresta de mangue conservada. Enquanto, PCP2 registra alto percentual de Área Basal Morta (30%), demonstrando que a floresta não está conservada (Figura 16).

A floresta de mangue em PCP2, apresenta alterações associadas a pressões antrópicas decorrentes de sua proximidade com as atividades humanas diretamente relacionada ao contexto socioeconômico do bairro Porto Cubatão, cuja dinâmica econômica é baseada no turismo náutico, pesca esportiva e artesanal, além do rancho dos pescadores instalado nas adjacências da transição da floresta.

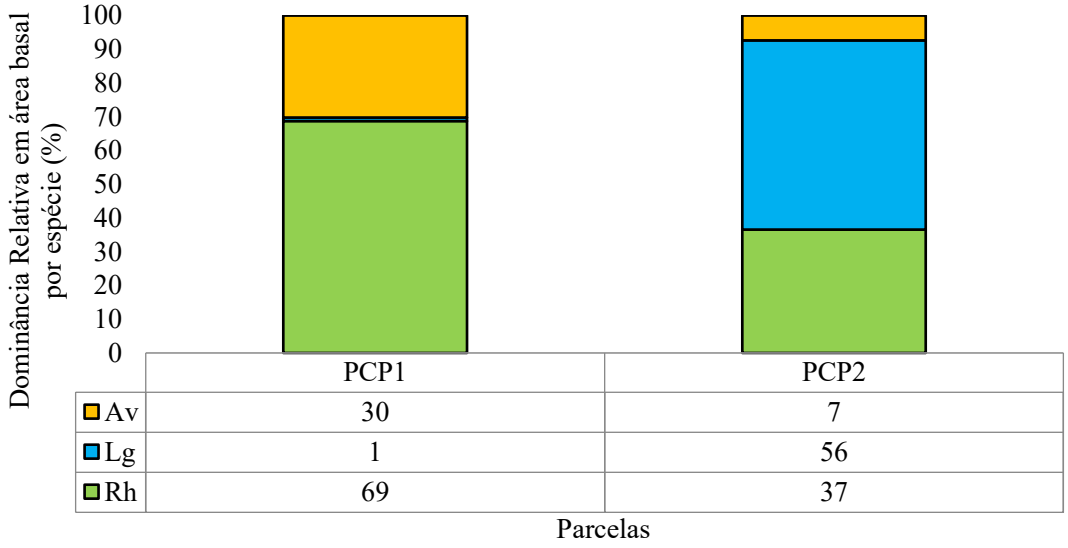
Figura 16 – Dominância relativa em área basal de troncos vivos e mortos nas florestas estudadas nas parcelas PCP1 e PCP2.



Fonte: MIM (2023).

Em relação às espécies de mangue, *R. mangle* domina na PCP1 (69%), mas também com presença e *A. schaueriana* (30%). Já PCP2 é dominada por *L. racemosa* (56%), com presença de *R. mangle* (37%) e com pouca presença *A. schaueriana* (7%) (Figura 17).

Figura 17 – Dominância em área basal por espécie nas florestas estudadas nas parcelas PCP1 e PCP2.



Fonte: MIM (2023).

O DAP médio calculado em PCP1 foi de 7,95 cm, a altura média foi de 5,98 m e densidade relativa de troncos vivos (91%), indicando alto desenvolvimento estrutural. Por outro lado, em PCP2 as médias foram significativamente menores, sendo o DAP de 2,02 cm, a altura de 2,37 m e densidade relativa de troncos vivos (71%), indicando baixo desenvolvimento estrutural (Tabela 6).

Os valores de salinidade intersticial coletados a 10 cm de profundidade no manguezal de Porto Cubatão indicaram resultados de 26 ppm e 22 ppm, para PCP1 e PCP2, respectivamente. O maior valor de salinidade na PCP1 deve-se à localização da parcela na franja da floresta, que apresenta maior frequência de inundação em relação à PCP2.

A variabilidade do meio físico no interior do estuário determina o desenvolvimento das florestas de mangue e a distribuição de suas espécies (Duke et al., 1998), sendo a salinidade um dos principais fatores de influência no estabelecimento e desenvolvimento inicial dos manguezais (Joshi et al., 2003; Krauss et al., 2008).

Na parcela PCP1, foi registrada a dominância de indivíduos adultos de *R. mangle*, uma espécie menos tolerante a elevada salinidade e que predomina em sedimento lodoso. Já na PCP2, a salinidade registrada foi de menor valor, condição associada a menor frequência de

inundação e dominada por *L. racemosa*, espécie com maior tolerância à salinidade (Krauss et al., 2008). Os valores obtidos corroboram com os estudos das parcelas permanentes de Cananeia (SG, BA, NO), em monitoramento contínuo desde 2010, dado o padrão semelhante dos valores de salinidade intersticial das florestas de mangue (Cunha-Lignon et al., 2015), que variam entre 21 e 28 ppm.

Tabela 6 – Resumo dos dados de estrutura vegetal das florestas de mangue de estudos pretéritos nas subáreas Baguaçu, Sítio Grande, Nóbrega, e estudada na subárea Porto Cubatão.

Subárea		Parcela	DAP médio (cm)	Altura média (m)	Densidade Relativa (%)		Dominância em Área Basal por espécie de vivos e mortos (%)					
					Trocos vivos	Troncos mortos	Rh viva	Lg viva	Av viva	Rh morta	Lg morta	Av morta
Distante a núcleos urbanos	Baguaçu	BAPC	8,63	6,95	89	11	0	41	59	0	0	1
		BAPD	9,21	9,70	50	50	0	100	0	0	21	0
		BAPE	4,03	5,26	77	23	0	92	8	0	0	4
		BAP5	4,95	4,47	79	21	54	2	43	46	0	0
	Sítio Grande	SGPA	7,22	8,20	85	15	93	0	0	7	0	0
		SGP5	8,72	4,98	92	8	86	0	0	14	0	0
Próximos a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	4,26	3,38	86	14	40	38	9	0	13	0
		NOP4	9,82	5,55	93	7	100	0	0	0	0	0
	Porto Cubatão	PCP1	7,95	5,98	92	8	58	1	30	11	0	0
		PCP2	2,02	2,73	71	29	35	29	5	0	30	2

Fonte: MIM (2022, 2023). Adaptado por Flavia Bianchini.

Legenda: Rh = *Rhizophora mangle*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Av = *Avicennia schaueriana*.

Os resultados demonstram, que os manguezais distantes de núcleos urbanos mantêm maior integridade ecológica, demonstrando resiliência aos distúrbios naturais (Schaeffer-Novelli et al., 2000). Em contraste, áreas adjacentes à urbanização apresentam gradientes de degradação (Silva & Bernini, 2020) diretamente relacionados à intensidade das pressões antrópicas, como evidenciado em Porto Cubatão resultando em alterações estruturais significativas.

4.2 LIXO NO MANGUE

Os resultados obtidos do lixo coletado apresentaram uma diversidade em sua composição ao que compete a categoria, material, compartimento ambiental do manguezal, fonte de origem e peso. Em relação ao tamanho, todos foram classificados como macrolixos, ou seja, entre 2,5 cm e 1 m (Tabelas 7-10). Não foi identificado lixo no mangue de classificação internacional (país de origem), bem como a alta exposição deste as intempéries e ao ambiente salobro, impossibilitou a caracterização.

Em relação aos materiais coletados nas quatro subáreas de florestas de mangue, foram registradas amostras de embalagens de produtos alimentícios: biscoito, rótulos, fragmentos de embalagens, copos, garrafa pet, garrafas; sacolas, calçados, luva, tampa de vaso sanitário, vassouras, banco de bicicleta, têxteis, material de construção, madeira, e materiais referentes à atividade pesqueira e náutica: rede, madeira, corda, redinha de ráfia, saco de ráfia, e cerco-fixo (plástico, mourão e bambu), tecelagem de embarcação, isopor, e tapete (Tabelas 7-10).

4.2.1 Peso de Lixo Coletado

As oito parcelas de floresta de mangue apresentaram peso total de lixo no mangue de aproximadamente 170 kg, composto por 422 itens referente as quatro estações coletadas (inverno/2023, verão e inverno/2024, e verão/2025), sendo o período do verão/2024 com peso mais expressivo (92,08 kg). Em relação à abundância do lixo no mangue, a categoria de material madeira se destacou em ambas as subáreas distantes e próximas do núcleo urbano.

A classificação da abundância por categoria de material referente as quatro estações de coleta correspondem a madeira (55%), seguido do plástico (23%) e petrecho de pesca (22%). Nos manguezais distantes do núcleo urbano, as parcelas do Baguaçu (BAPC, BAPD, BAPE e BAP5) apresentaram peso total de aproximadamente 15 kg de lixo. Em Sítio Grande (SGPA e SGP5), o peso total foi de 3 kg, o que totalizou 18 kg de lixo no mangue (Tabelas 7-10).

Nas parcelas próximas ao núcleo urbano, correspondentes às florestas de mangue do Nóbrega (NOP1 e NOP4) o peso total de lixo no mangue foi de aproximadamente 82 kg. Em Porto Cubatão (PCP1 e PCP2), o peso total de lixo foi de aproximadamente 70 kg, que totalizam 152 kg de lixo no mangue coletado nas parcelas mais urbanizadas (Tabelas 7-10).

O Nobrega registrou o maior peso, 11 kg superior a Porto Cubatão. O resultado indica que parcelas de florestas de mangue localizadas no interior, com menor frequência de inundação tendem a reter mais lixo. Essa dinâmica está associada à topografia elevada, que forma uma "linha do deixa" das marés, a qual combinada com a capacidade de retenção do lixo nos compartimentos ambientais do manguezal, favorece seu acúmulo (Coelho Jr, 2003; UNEP, 2021).

Em Porto Cubatão, a significativa quantidade de lixo na floresta de mangue resulta tanto da proximidade da área de transição com o núcleo urbano, quanto da presença de um rancho de pescadores nesta área (Figura 18), como constatado por Menghini et al. (2008) em estudos desenvolvidos em florestas de mangue em Santos (SP).

Figura 18 – Subárea Porto Cubatão: Rancho dos pescadores (A); Proximidade do rancho com a parcela PCP2 (B).

Fonte: Elaboração própria (2025).

A área de transição da floresta de mangue também pode ser um indicador de interferência, devida a proximidade da vegetação de transição (menos inundada) com as áreas mais urbanizadas, em comparação a área da franja (mais inundada) da floresta (Cunha-Lignon et al., 2009; Menghini, 2008).

Tabela 7 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2023.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Distantes a núcleos urbanos	Baguaçu	BAPC, BAPD, BAPE	Plástico	Copo	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,32	0,35
			Plástico	Fragmento de isopor	Superfície	Macro	3	Marinho	0,03	
		BAP5	Plástico	Fragmento de sacolas	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,22	3,56
			Plástico	Embalagem de biscoito	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Petrecho de pesca	Redinha de Ráfia	Galho	Macro	4	Marinho	0,32	
			Madeira	Embarcação	Superfície	Macro	2	Marinho	3,02	
	Sítio Grande	SGPA	Petrecho de pesca	Corda	Raiz	Macro	1	Marinho	0,21	0,31
			Petrecho de pesca	Rede	Substrato	Macro	1	Marinho	0,10	
		SGP5	Petrecho de pesca	Corda	Raiz	Macro	1	Marinho	0,63	2,45
			Petrecho de pesca	Rede	Substrato	Macro	2	Marinho	1,82	
			Petrecho de pesca	Rede	Tronco	Macro	1	Marinho		
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Plástico	Copo	Superfície	Macro	5	Terrestre	0,80	3,35
			Plástico	Embalagem alimentícia	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,21	
			Plástico	Rótulo refrigerante	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Petrecho de pesca	Rede	Substrato	Macro	1	Marinho	0,46	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 7 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2023.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Petrecho de pesca	Rede	Raiz/ Pneumatóforos /	Macro	1	Marinho	0,81	3,35
			Madeira	Embarcação	Superfície	Macro	2	Terrestre	1,07	
		NOP4	Plástico	Embalagem	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,55	
			Plástico	Fragmentos de embalagens	Superfície	Macro		Terrestre	0,44	
			Plástico	Caixa	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Plástico	Pote	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Plástico	Tampa	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	3	Terrestre	0,13	
			Plástico	Caixa de Isopor	Superfície	Macro	3	Marinho	0,18	
			Petrecho de pesca	Redinha de ráfia	Superfície	Macro	53	Marinho	4,24	
			Borracha	Tapete	Superfície	Macro	1	Marinho	0,79	
			Madeira	Embarcação	Superfície	Macro	7	Marinho	6,94	
	Porto Cubatão	PCP1	Plástico	Sacolas	Substrato	Macro	4	Terrestre		
			Plástico	Embalagens	Substrato	Macro	1	Terrestre	0,55	0,55
			Plástico	Rótulo	Substrato	Macro	1	Terrestre		
		PCP2	Plástico	Embalagens alimentícias e Fragmento de sacos	Superfície	Macro	8	Terrestre	1,94	11,87
			Plástico	Saco	Superfície	Macro	1	Terrestre		

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 7 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2023.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Porto Cubatão	PCP2	Plástico	Saco de ráfia	Substrato	Macro	1	Terrestre	0,24	11,87
			Plástico	Tampa de vaso sanitário	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,82	
			Plástico	Garrafa PET	Substrato	Macro	11	Terrestre	0,66	
			Plástico	Fundo de garrafa PET	Superfície	Macro	1	Marinho	0,03	
			Vidro	Garrafa	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,45	
			Vidro	Pote	Superfície	Macro	1	Terrestre		
			Têxteis + Sapatos	Luva	Substrato	Macro	1	Terrestre	0,13	
				Tecelagem de embarcação	Substrato	Macro	2	Marinho	0,41	
				Sapato	Superfície	Macro	3	Terrestre	2,40	
			Petrecho de pesca	Redinha de ráfia	Substrato	Macro	25	Marinho	2,06	
			Madeira	Embarcações	Superfície	Macro	4	Marinho	2,64	
			Outros	Pincel	Substrato	Macro	1	Terrestre	0,09	
Total geral							167			35,71

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 8 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Distantes a núcleos urbanos	Baguaçu	BAPC, BAPD, BAPE	Plástico	Sacos	Superfície	Macro	4	Terrestre	0,05	4,22
			Plástico	Bombona	Superfície	Macro	1	Marinho	3,88	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	0,29	
		BAP5	Plástico	Fragmento de embalagem alimentícia	Superfície	Macro	1	Marinho	0,12	3,52
			Plástico	Fragmento de plástico	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,04	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Terrestre	3,36	
	Sítio Grande	SGPA	Petrecho de pesca	Tira de plástico	Superfície	Macro	1	Marinho	0,04	0,04
		SGP5	Petrecho de pesca	Tira de plástico	Superfície	Macro	1	Marinho	0,23	0,23
			Papel	Embalagem Bis	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,27	
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Plástico	Garrafa PET	Substrato	Macro	1	Terrestre	0,03	12,80
			Petrecho de Pesca	Tira de Plásticos	Superfície	Macro	2	Marinho	0,06	
			Petrecho de Pesca	Corda	Substrato	Macro	1	Marinho	2,35	
			Petrecho de Pesca	Rede	Raiz	Macro	1	Marinho	1,42	
			Petrecho de Pesca	Rede	Raiz	Macro	2	Marinho	1,40	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 8 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Petrecho de Pesca	Rede	Raiz	Macro	3	Marinho	1,71	37,29
			Petrecho de Pesca	Rede	Raiz	Macro	4	Marinho	1,60	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Marinho	2,66	
			Outros	Tapete	Superfície	Macro	1	Marinho	1,57	
		NOP4	Plástico	Sacolas	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,21	
			Plástico	Embalagens	Superfície	Macro	4	Terrestre	0,75	
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,17	
			Plástico	Isopor	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,49	
			Plástico	Espuma	Superfície	Macro	1	Marinho	2,16	
			Plástico	Espuma	Superfície	Macro	3	Marinho	2,03	
			Vidro	Garrafa	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,56	
			Têxteis + sapatos	Sola de tênis	Superfície	Macro	1	Marinho	0,06	
			Petrecho de pesca	Redinha	Superfície	Macro	1	Marinho	0,08	
			Outros	Borracha	Superfície	Macro	1	Marinho	0,21	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	5,52	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	6,17	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	2,01	
			Outros	Madeira	Substrato	Macro	1	Marinho	2,47	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	9,38	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	2,98	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	2,04	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 8 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Porto Cubatão	PCP1	Plástico	Fragmento de Sacolas	Superfície	Macro	3	Terrestre	0,30	4,98
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,06	
			Plástico	Espuma	Superfície	Macro	1	Marinho	2,17	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	3	Marinho	2,45	
		PCP2	Plástico	Fragmento de sacolas	Superfície	Macro		Terrestre	1,52	29,00
			Plástico	Embalagens alimentícias	Superfície	Macro	6	Terrestre	0,07	
			Plástico	Balde	Superfície	Macro	1	Marinho	2,63	
			Plástico	Caixa	Superfície	Macro	1	Terrestre	4,23	
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	5	Terrestre	1,69	
			Plástico	Caixa de Isopor	Superfície	Macro	1	Marinho	0,12	
			Vidro	Garrafa e potes alimentícios	Superfície	Macro	4	Terrestre	1,62	
			Têxteis + sapatos	Meia e roupa	Superfície	Macro	1	Terrestre	1,12	
			Petrecho de Pesca	Redinha	Substrato	Macro	25		2,20	
			Petrecho de Pesca	Corda	Superfície	Macro	1	Marinho	0,14	
			Outros	Banco de bicicleta	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,77	
			Outros	Vassoura	Superfície	Macro	3	Terrestre	0,91	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Marinho	2,53	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	3	Marinho	3,75	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 8 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleo urbano (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Porto Cubatão	PCP2	Outros	Madeira	Superfície	Macro	3	Marinho	3,90	29,00
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Marinho	1,54	
			Material de Construção	Azulejo	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,26	
Total geral							121			92,08

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 9 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas aos núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Distantes a núcleos urbanos	Baguaçu	BAPC, BAPD, BAPE	Plástico	Embalagem	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,04	0,21
			Plástico	Moldura de espelho	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,03	
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,06	
			Petrecho de pesca	Redinha	Superfície		1	Marinho	0,08	
		BAP5	Plástico	Embalagem de ração	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,08	0,28
			Plástico	Copo	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,16	
			Petrecho de pesca	Tira de plástico - cerco	Superfície	Macro	1	Marinho	0,04	
	Nóbrega	NOP1	Plástico	Tampa de embalagem	Superfície	Macro	1	Marinho	0,30	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 9 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Plástico	Isopor	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,81	2,25
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,08	
			Petrecho de Pesca	Corda	Substrato / Raiz	Macro	1	Marinho	0,13	
			Petrecho de Pesca	Corda	Substrato / Raiz	Macro	1	Marinho	0,08	
			Petrecho de Pesca	Corda	Substrato / Raiz	Macro	2	Marinho	0,82	
			Outros	Isqueiro	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,03	
		NOP4	Plástico	Alça de Balde	Superfície	Macro	1	Marinho	0,10	7,36
			Plástico	Isopor	Superfície	Macro	3	Marinho	0,09	
			Plástico	Isopor	Superfície	Macro	3	Marinho	0,51	
			Metal	Latinha	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,14	
			Têxteis + sapatos	Sola de tênis	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,26	
			Petrecho de pesca	Plástico cerco	Superfície	Macro	1	Marinho	0,05	
			Petrecho de pesca	Cerco Inteiro (bambu+tecido)	Superfície	Macro	1	Marinho	1,17	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Marinho	2,14	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	2,90	
	Porto Cubatão	PCP1	Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Marinho	0,06	1,29
			Metal	Lata de bebida	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,14	
			Petrecho de pesca	Bambu	Superfície	Macro	1	Marinho	1,09	

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 9 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), inverno de 2024.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleos urbanos	Porto Cubatão	PCP2	Plástico	Sacola	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,22	19,10
			Plástico	Sacolas	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,76	
			Plástico	Embalagem salgadinho + tampa de pote	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,06	
			Plástico	Galão	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,19	
			Plástico	Bombona	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,76	
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,06	
			Vidro	Garrafa	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,85	
			Petrecho de Pesca	Madeira cerco-fixo - plástico	Superfície	Macro	1	Marinho	1,03	
			Petrecho de Pesca	Redinha	Superfície	Macro	27	Marinho	2,16	
			Petrecho de Pesca	Ráfia	Substrato	Macro	1	Marinho	0,73	
			Material de Construção	Tijolo	Superfície	Macro	1	Terrestre	1,46	
			Outros	Vassoura	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,45	
			Outros	Tampa de privada	Superfície	Macro	1	Terrestre	1,09	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Marinho	1,04	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	3	Marinho	2,02	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	1,62	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	4,02	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	1	Marinho	0,58	
Total geral							84			30,49

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 10 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximas a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2025.

Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Distantes a núcleos urbanos	Baguaçu	BAPC, BAPD, BAPE	Plástico	Copos	Superfície	Macro	2	Terrestre	0,32	3,07
			Plástico	Fragmento de sacolas	Superfície	Macro	2	Marinho	0,12	
			Petrecho de Pesca	Redinha	Superfície	Macro	2	Marinho	0,17	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	4	Marinho	2,46	
Próximas a núcleos urbanos	Nóbrega	NOP1	Plástico	Copo	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,03	3,03
			Plástico	Embalagem alimentícias	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,07	
			Plástico	Espuma	Superfície	Macro	1	Marinho	0,11	
			Têxteis + sapatos	Corda	Superfície	Macro	3	Marinho	0,28	
			Petrecho de Pesca	Rede	Superfície	Macro	1	Marinho	0,10	
			Petrecho de Pesca	Corda	Superfície	Macro	1	Marinho	0,22	
			Petrecho de Pesca	Tiras de plástico	Substrato	Macro	3	Marinho	0,46	
			Material de construção	Telha	Superfície	Macro	1	Marinho	0,42	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	4	Marinho	1,31	
			Outros	Isqueiro	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,03	
		NOP4	Petrecho de pesca	Redinha	Superfície	Macro	4	Marinho	0,32	2,70
			Petrecho de Pesca	Bambu de cerco fixo	Superfície	Macro	3	Marinho	2,38	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 10 – Caracterização geral do lixo no mangue coletado nas parcelas: Áreas distantes a núcleos urbanos (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5; SGPA SGP5) e próximos a núcleos urbanos (NOP1, NOP4; PCP1, PCP2), verão de 2025.

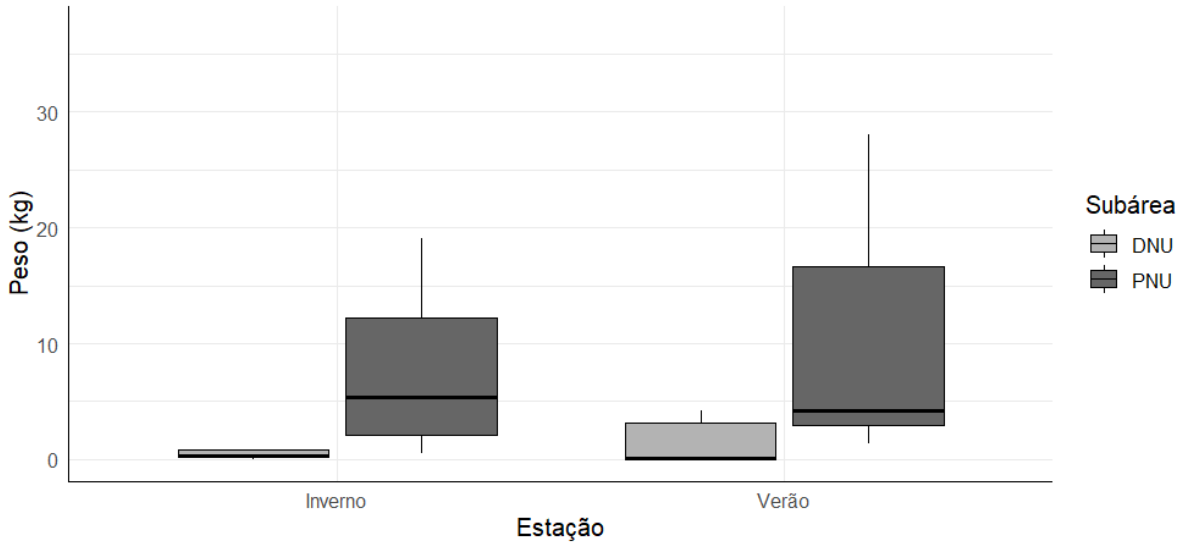
Áreas	Subáreas	Parcelas	Categoria	Material	Compartimento	Tamanho	Quantidade	Fonte de Origem	Peso (kg)	Peso total (kg)
Próximas a núcleo urbano	Porto Cubatão	PCP1	Plástico	Fragmento de Sacolas	Superfície	Macro	3	Terrestre	0,08	1,37
			Metal	Lata de cerveja	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,03	
			Petrecho de Pesca	Saco de ráfia fragmentado	Superfície	Macro	1	Terrestre	0,16	
			Petrecho de Pesca	Corda	Superfície	Macro	1	Marinho	0,25	
			Outros	Madeira	Substrato	Macro	1	Marinho	0,85	
		PCP2	Plástico	Fragmento de sacola +pratinho descartável+ tampinha	Superfície	Macro	3	Terrestre	0,16	3,44
			Plástico	Garrafa PET	Superfície	Macro	1	Marinho	0,04	
			Plástico	Espuma	Superfície	Macro	1	Marinho	0,25	
			Petrecho de Pesca	Saco de Ráfia	Superfície	Macro	1	Marinho	0,35	
			Petrecho de Pesca	Bambu - Cerco	Superfície	Macro	1	Marinho	0,95	
			Outros	Madeira	Superfície	Macro	2	Terrestre	1,69	
Total geral							50			13,61

Fonte: Elaboração própria (2025).

A ANOVA-ART revelou uma diferença significativa do peso (kg) de lixo observando nas duas subáreas (F = 15.37, p = 0.00052). Esse resultado reforça a tese de que o peso de lixo difere entre as subáreas amostradas próximas a núcleos urbanos (PNU) das distantes a núcleos urbanos (DNU), sendo visivelmente maior nas subáreas próximas a núcleos urbanos (PNU). Por outro lado, os efeitos da estação (verão vs. inverno) (F = 0.58279, p = 0.4516) e da interação subáreas/estação (F= 0.11287, p = 0.7394) não foram estatisticamente significativos. Isso sugere, que a variação sazonal não influencia significativamente o peso do lixo, e que a diferença entre as áreas se mantém constante ao longo das estações.

As subáreas próximas a núcleos urbanos (PNU) apresentaram peso médio de lixo no mangue sendo significativamente maior do que as subáreas distantes (DNU) em ambas as estações, indicando que a proximidade a núcleos urbanos influencia diretamente a quantidade de lixo acumulado. Por outro lado, a sazonalidade demonstrou variações reduzidas, evidenciando que as estações do ano não exercem efeito relevante sobre o peso (kg) do lixo no mangue, tampouco influenciam a distribuição entre as subáreas (Figura 19).

Figura 19 – Relação entre o peso (kg) de lixo no mangue, coletados em duas estações de inverno e verão, em subáreas distantes a núcleos urbanos (DNU) e próximas a núcleos urbanos (PNU).



Fonte: Elaboração própria (2025).

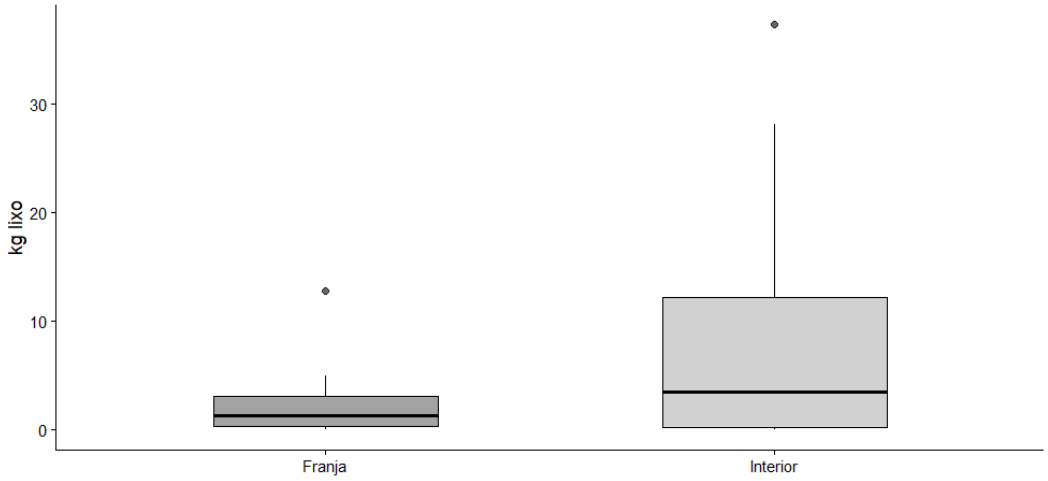
Os resultados descritivos revelam uma tendência de acúmulo mais elevado de lixo no mangue (kg) no período de verão. Embora a amostragem seja limitada, constata-se variação significativa entre as estações (inverno vs. verão), sugerindo influência sazonal na geração do lixo. No entanto, inferências mais robustas exigiriam uma ampliação do esforço amostral, uma

vez que a baixa representatividade dos dados pode enviesar a interpretação dos padrões observados.

O teste de Wilcoxon revelou diferenças estatisticamente significativas (W=14; p=0,017; α=0.05) no acúmulo de lixo entre a franja e interior das florestas de mangue, com um efeito de magnitude grande (r=0,602), conforme critérios Cohen (1988).

Esse resultado sugere, que fatores hidrodinâmicos e antrópicos influenciam diretamente a dispersão do lixo. Como evidenciado na Figura 20, os maiores acúmulos ocorrem no interior das florestas, possivelmente associados à "linha do deixa" das marés, à área de transição e à capacidade de retenção do lixo pelos compartimentos ambientais do manguezal (Coelho Jr, 2003; Menghini, 2008; Unep, 2021). Por outro lado, a franja apresentou menor retenção de lixo, padrão recorrente em todas as subáreas, está associada à sua maior susceptibilidade às inundações periódicas (Destito, 2024) facilitando o transporte do lixo para áreas adjacentes do SELCI.

Figura 20 – Relação entre o peso total de lixo (kg) acumulado na franja e no interior das florestas de mangue em quatro subáreas (BA, SG, NO e PC).



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para Debrot et al. (2013), itens respectivos ao macrolixos tendem a ficar retidos nas áreas com maior frequência de inundação, enquanto o mesolixo penetra mais profundamente nas florestas de mangue, sendo a tendência oposta observada nas subáreas BA, SG, NO e PC.

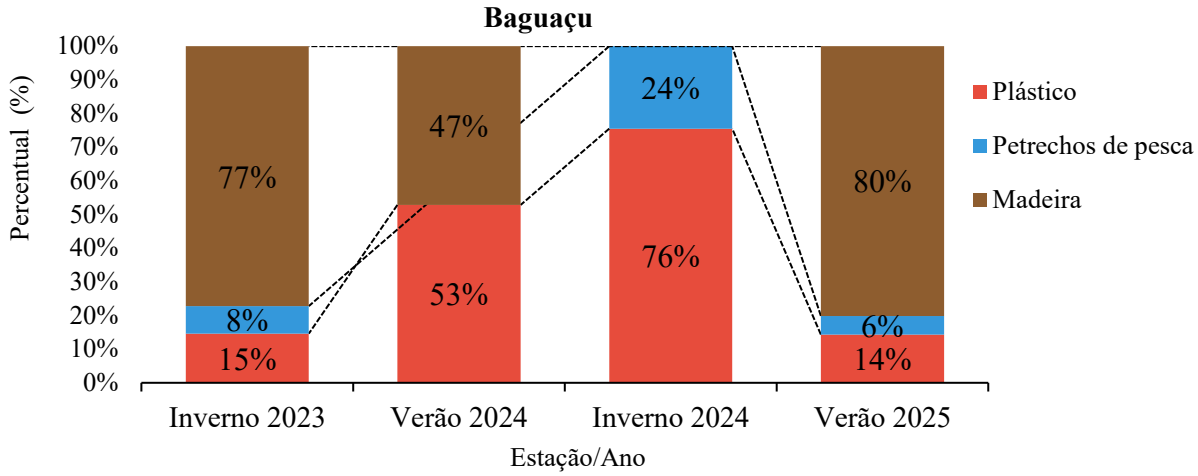
4.2.2 Quantitativo Percentual por Categoria

A caracterização geral do lixo no mangue permitiu comparar o peso entre as parcelas das florestas de mangue, assim como elencar as categorias de lixo coletado nas quatro subáreas de florestas de mangue.

Nas subáreas distantes a núcleos urbanos, a categoria de material em maior abundância por quilograma coletado nas florestas de mangue foi a madeira, seguidos do plástico e petrecho de pesca. A abundância das categorias madeira e plástico foi relatada em estudos de áreas de florestas de mangue no Brasil, Índia, Quênia, Arábia Saudita (Martin et al., 2019; Okuku et al., 2023; De et al., 2023; Cavalcante et al., 2024; Destito et al., 2024). As parcelas de florestas de mangue do Baguaçu apresentaram maior quantitativo percentual de peso para a categoria madeira (80%) no verão/2025, seguidos do plástico (76%) e petrecho de pesca (24%) no inverno/2024 (Figura 21). A composição dos materiais entre as estações mudou significativamente. No inverno de 2023, a madeira foi a categoria mais expressiva (77%), enquanto plástico e petrechos de pesca somaram apenas 23%. No verão de 2024, houve uma inversão nesta tendência a madeira diminuiu para 47%, o plástico aumentou para 53% e nenhum petrecho de pesca foi registrado. Essa mudança foi ainda mais acentuada no inverno de 2024, quando o plástico atingiu seu pico (76%) e os petrechos de pesca representaram 24%. Por fim, no verão de 2025, a composição retornou a um padrão similar ao do inverno de 2023, com a madeira novamente sendo a categoria mais expressiva (80%), seguida por plástico e petrechos de pesca, que somaram 20% (Figura 21). Essa oscilação demonstram que não há padrão entre as estações e sugere uma mudança nas atividades impactantes ou na dinâmica local entre as estações monitoradas.

As parcelas do Sítio Grande apresentaram o maior percentual de lixo na categoria petrecho de pesca (100%), nas estações inverno/2023 e verão/2024. Contudo, nos períodos subsequentes de inverno/2024 e verão/2025 não foi registrada a presença de lixo no mangue nas parcelas.

Figura 21 – Percentual (%) do peso, em kg, de lixo no mangue por Categorias - Subárea distante a núcleos urbanos – Baguaçu (BA) – Períodos – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão 2025.



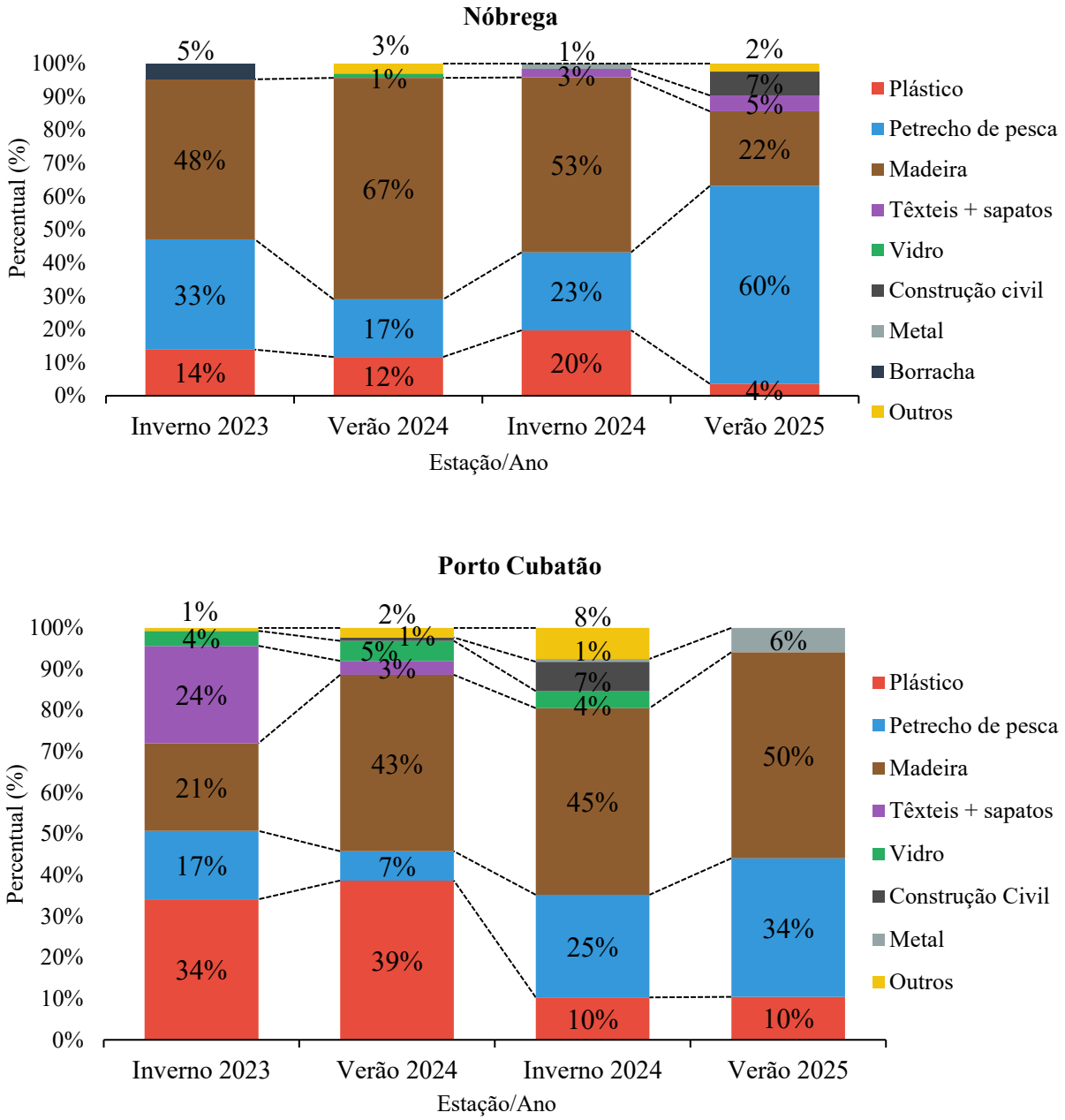
Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas subáreas próximas a núcleos urbanos, a categoria de material em maior abundância por quilograma coletada foi a madeira, seguidos do petrecho de pesca e plástico. As parcelas de florestas de mangue do Nóbrega apresentaram maior quantitativo percentual para a categoria madeira (67%) no verão/2024, seguidos do petrecho de pesca (60 %) no verão/2025 e do plástico (20%) no inverno/2024 (Figura 22).

Foram constatadas a ocorrência em menor quantitativo total percentual, de categorias como construção civil (7%), têxteis e sapatos (5%), borracha (5%), outros (2%) (tapete de embarcação e isqueiro), vidro (3%), metal (1%) correspondentes aos períodos de inverno/2023, inverno e verão/2024 e verão 2025 (Figura 24).

As parcelas de florestas de mangue do Porto Cubatão apresentaram maior quantitativo percentual de peso para a categoria de madeira (50%) no verão/2025, seguidos do plástico (39%) no verão/24 e do petrecho de pesca (34%) no verão/2025 (Figura 22).

Figura 22 – Percentual (%) do peso, em kg, de lixo no mangue por Categorias - Subáreas próximas a núcleos urbanos – Nobrega (NO) e Porto Cubatão (PC) – Períodos – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

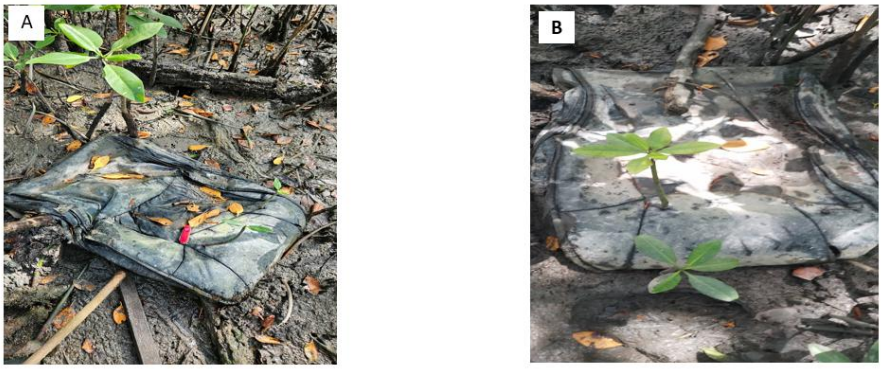
Por fim, ocorreram em menor quantitativo total percentual, categorias como têxteis e sapatos (24%), outros (8%) (tapete de embarcação, isqueiro, pincel, e banco de bicicleta), construção civil (7%), metal (6%) e vidro (4%), correspondentes aos períodos de inverno/2023, inverno e verão/2024 e verão/2025 (Figura 22).

Observou-se que a composição do lixo nos manguezais varia conforme a proximidade a núcleos urbanos. Nas áreas distantes a núcleos urbanos os resíduos foram majoritariamente

homogêneos, compostos por plástico, madeira e petrechos de pesca. Já nos manguezais próximos à núcleos urbanos, foi registrada maior diversidade de materiais, que indica uma correlação direta entre as atividades urbanas e a poluição local. Contudo, evidencia-se a ocorrência de mais lixo no mangue nas subáreas próximas ao núcleo urbano.

Cabe destacar que, para a categoria "Outros", foi observado material correspondente a um estofado de embarcação contendo uma plântula em desenvolvimento através deste (Figura 23). Porém, o tamanho do material corresponde a megalixo (maior que 1 m) não incluído na caracterização e análise, dado o não enquadramento dos parâmetros de tamanho estabelecido no estudo.

Figura 23 – Estofado de embarcação disposto no manguezal em parcela próxima ao núcleo urbano: Nóbrega (NOP4). Período de verão 2024 (A); verão 2025 (B).



Fonte: Elaboração própria (2025).

A complexidade estrutural da vegetação de mangue amplia a capacidade de captura de lixo proveniente de fontes terrestres, ribeirinhas e águas costeiras (UNEP, 2021), de maneira que o macrolixos da categoria plástico retidos por pneumatóforos, raízes, ou plântulas de mangue, impedem as trocas gasosas, propiciam o sufocamento e reduzem a qualidade da água devida à liberação de substâncias químicas nocivas do plástico, potencializando a inibição do desenvolvimento natural e os esforços de restauração (Okuku et al., 2023; Gorman, 2018; Cole et al., 2011; Cordeiro et al, 2010).

O plástico apresenta atributos respectivos à leveza, durabilidade e flutuabilidade, que fragmentados, facilitam sua dispersão devido à influência de correntes, ventos e conectividade hidrológica dentro do sistema estuarino (De-La-Torre et al., 2023).

Quanto a madeira processada, essa incorpora materiais tratados e manufaturada (com tinta anti-crustante e pregos) incluindo itens de fragmentos e estruturas utilizadas para reparação de embarcações de atividades pesqueiras e náuticas. Também, constatada como

categoria em abundância encontrada em florestas de mangue no Caribe (Debrot et al., 2013), Quênia (Okuku et al., 2023) e Brasil (Cavalcante et al., 2024).

A categoria madeira associada ao petrecho de pesca agrava a problemática oriunda às atividades pesqueiras e náutica desenvolvidas no SELCI. Para uma gestão eficiente do resíduo da madeira, é necessária a corresponsabilidade entre governo, pescadores e empreendedores náuticos com a implementação de áreas públicas de manutenção náutica.

Além disso, os polímeros derivados de redes de pesca, como o polietileno (PE) e o polipropileno (PP), oriundos de redes abandonadas ou perdidas (Wang et al., 2023), compõem a categoria “plástico” e apresentaram peso expressivo neste estudo.

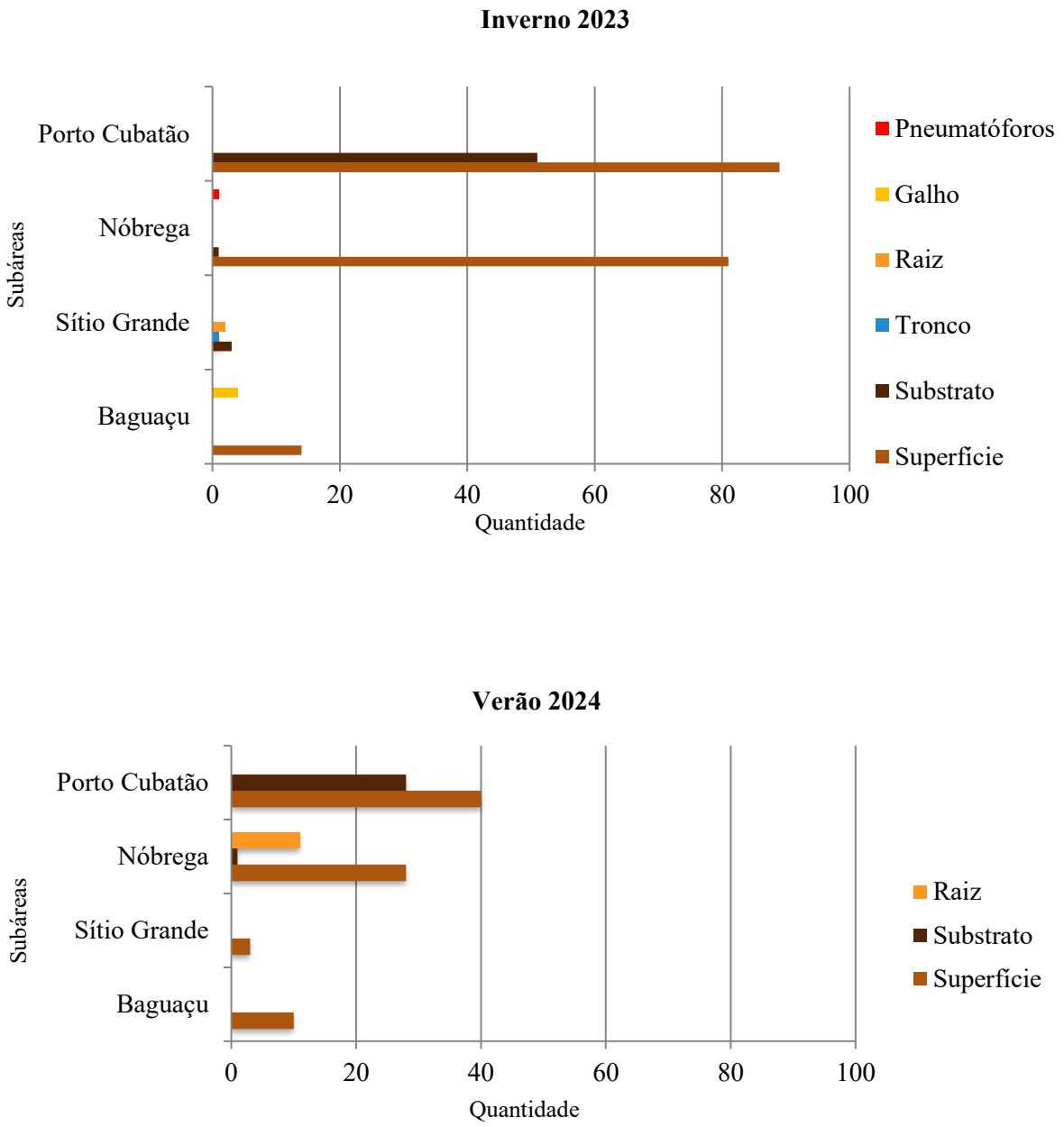
4.2.3 Compartimento Ambiental

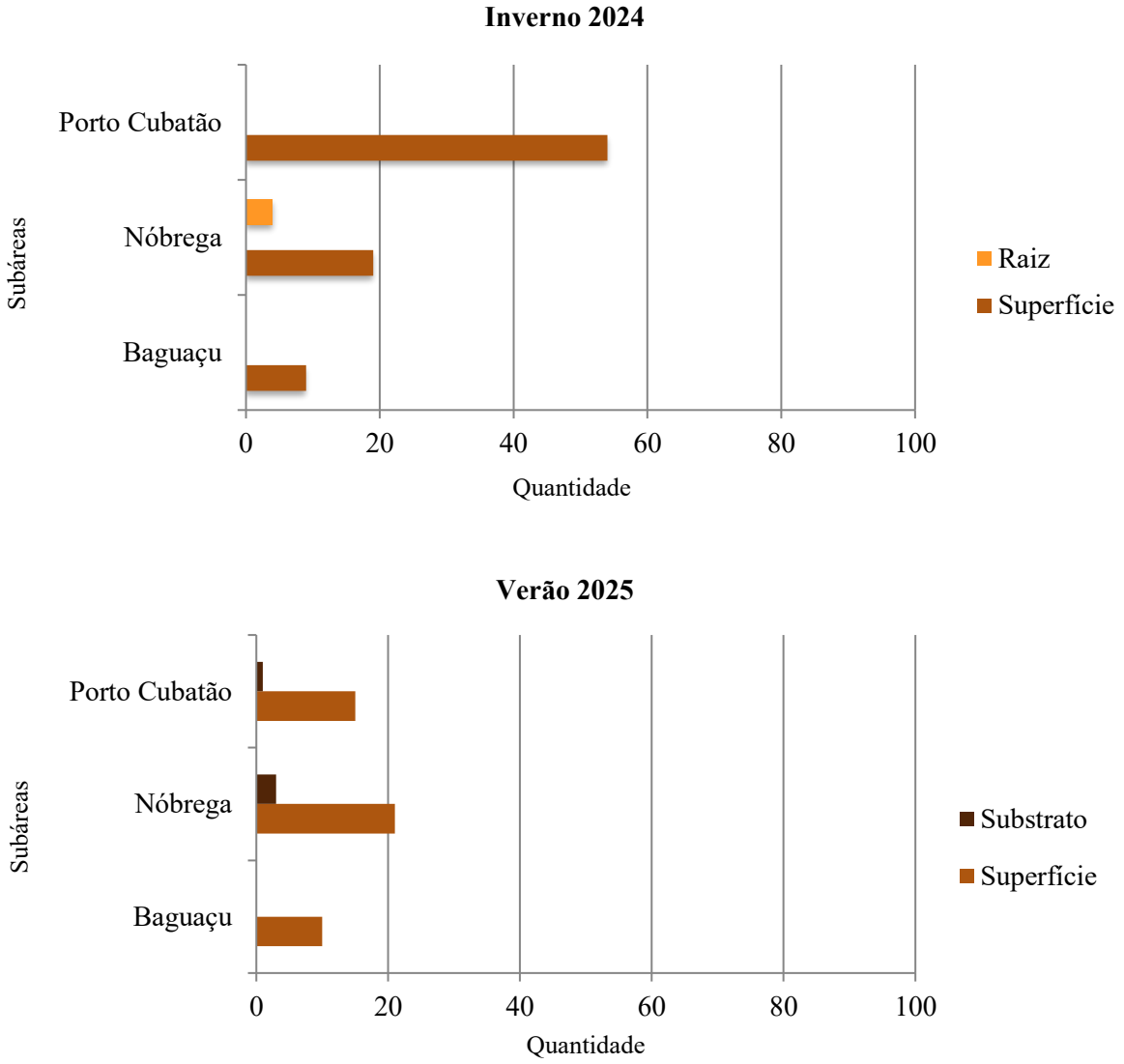
O compartimento ambiental do manguezal que apresentou maior deposição de lixo nas parcelas distantes a núcleos urbanos foi a superfície, com 14 itens no inverno/2023, 13 no verão/2024, 7 no inverno/2024 e 10 no verão/2025. Em seguida, destacou-se o substrato com 3 itens no inverno/2023; o tronco com 1 item no mesmo período; a raiz com 2 itens e o galho com 1 item. A maior ocupação deposicional de itens foi respectivo ao inverno/2023 (Figura 26).

Nas parcelas de floresta de mangue próximas a núcleos urbanos, o compartimento da superfície apresentou a maior deposição de lixo, com 102 itens no inverno/2023, 68 itens no verão/2024, 72 itens no inverno/2024 e 36 itens no verão/2025. Em seguida, destacou-se o substrato com 46 itens no inverno/2023, 30 itens no verão/2024, 1 item no inverno/2024 e 4 itens no verão/2025 e as raízes com 1 item no inverno/2023, 10 itens no verão/2024 e 4 itens no inverno/2024 (Figura 24). A maior deposição ocorreu no inverno/2023.

O maior acúmulo de itens nos compartimentos ambientais do manguezal foi registrado no inverno de 2023. Este resultado da primeira coleta amostral sugere uma tendência de acumulação progressiva temporal. A diminuição quantitativa observada nos períodos subsequentes está provavelmente associada ao intervalo entre as coletas, o qual pode ter sido insuficiente para que fosse possível mensurar a real magnitude da sobrecarga deposicional de lixo no mangue.

Figura 24 – Quantidade de lixo por compartimento ambiental do manguezal – inverno/2023, verão e inverno 2024 e verão 2025.





Fonte: Elaboração própria (2025).

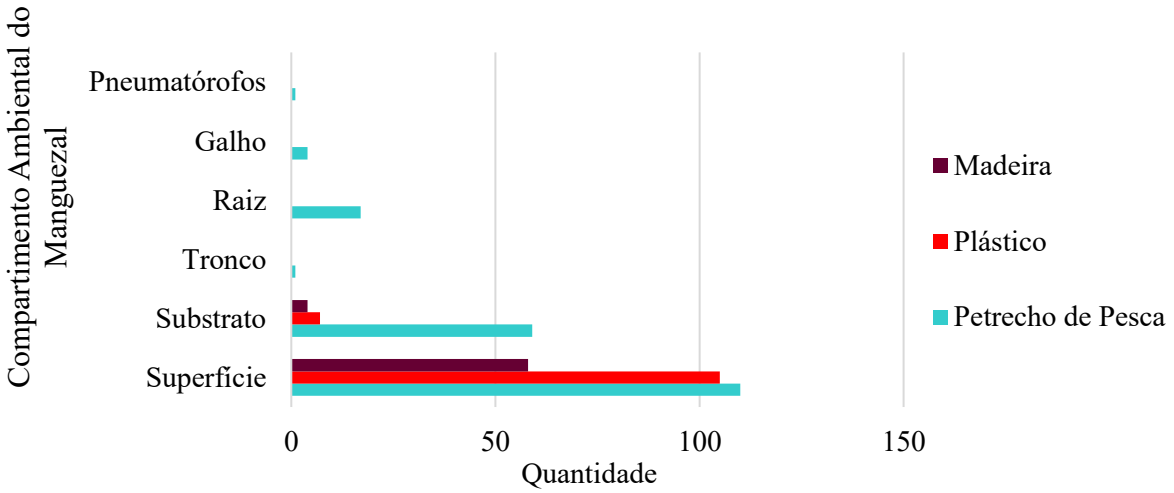
Foi constatado, durante a coleta, uma rede de arrasto para camarão que o estava distribuída em dois distintos compartimentos ambientais do manguezal. A deposição desse material cobriu raízes e pneumatóforos e consequentemente, prendeu três plântulas uma das quais em processo de esmagamento. Isso demonstra que um único objeto/item tem o potencial de abranger múltiplos compartimentos ambientais, de modo a inibir o desenvolvimento estrutural natural da floresta de mangue (Figura 25).

Figura 25 – Coleta do material de categoria petrecho de pesca (rede de arrasto) abrangendo compartimentos ambientais do manguezal: raízes e pneumatóforos.

Fonte: Elaboração própria (2025).
Legenda: Subárea da floresta de mangue do Nóbrega (Ilha Comprida) – Parcela NOP1 – Inverno/2023.

A categoria de material de lixo mais abundante por compartimento ambiental foi o petrecho de pesca distribuído em 110 itens na superfície, 59 no substrato, 17 nas raízes, um no tronco, quatro no galho e um nos pneumatóforos, seguido pelo plástico, com 105 itens na superfície, sete no substrato e pela madeira, com 58 itens na superfície e quatro no substrato (Figura 26).

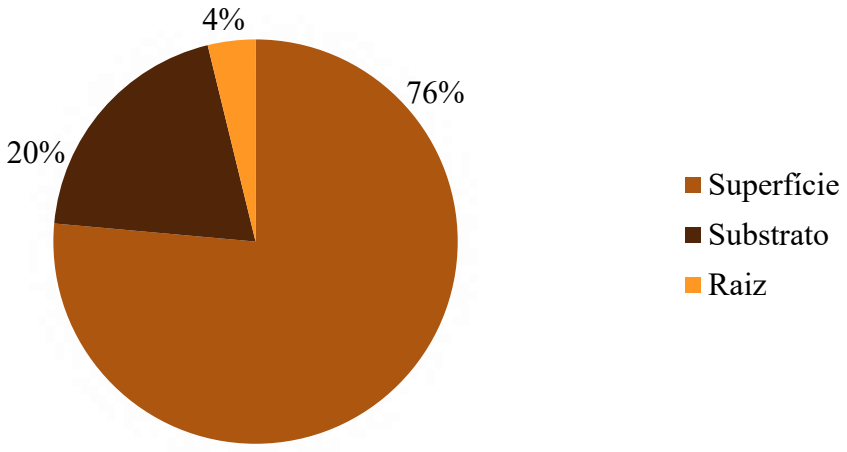
Figura 26 – Categoria de lixo em abundância por compartimento ambiental do manguezal – inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O percentual total de lixo coletado no manguezal por compartimento ambiental indica que 76% foram retirados da superfície, 20% do substrato e 4% das raízes (Figura 27), sendo a superfície o compartimento com maior deposição de lixo, seguido pelo substrato e pelas raízes.

Figura 27 – Percentual total de lixo coletado por compartimento nas subáreas BG, SG, NO e PCPC no período do inverno 2023, verão e inverno/2024 e verão 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O levantamento de dados amostrais referentes aos compartimentos ambientais do manguezal surge da necessidade de obter uma maior compreensão sobre a natureza deposicional do lixo no mangue. Para a maioria dos levantamentos de serapilheira, independentemente do tipo, há uma falta de ênfase nas medições relacionadas a essa natureza deposicional nos manguezais. Existe, portanto, uma dificuldade considerável em realizar comparações entre locais de estudo, pois fontes potenciais de variabilidade não são incluídas (GESAMP, 2019).

Aprofundar e aprimorar os estudos sobre o parâmetro amostral dos compartimentos ambientais permitirá elucidar a necessidade de inserção desses parâmetros em relação aos demais compartimentos. O lixo encontrado em cada compartimento possui particularidades e demanda esforços distintos para ser coletado, caracterizado e analisado (PEMALM, 2021; GESAMP, 2019).

4.2.4 Lixo no Mangue: Categoria Petrecho De Pesca

A pesca artesanal é uma atividade importante na região do SELCI, representando fonte de sustento para diversas famílias, com significativa relevância econômica e principalmente social, sendo que o estuário dessa região constitui o principal ambiente de trabalho da pesca artesanal (Machado & Mendonça, 2007; Mendonça & Jankowsky, 2017; Cunha-Lignon et al., 2021).

No presente estudo, do total de 170 kg de lixo no mangue coletado aproximadamente 35 kg corresponde ao tipo de categoria petrecho de pesca, distribuídos por tipos de materiais como cordas e redes (14,40 kg), redinha de ráfia (12,55 kg) e fragmentos da estrutura do cerco-fixo (7,67 kg).

Os petrechos de pesca coletados nas florestas de mangue estão relacionados às espécies-alvo de captura e aos principais aparelhos/métodos de pesca (Peralta, 2020). Na região do SELCI, o cerco-fixo é utilizado principalmente para a captura de *Mugil liza* (tainha), sobretudo na safra de inverno (junho a setembro) (Machado & Mendonça, 2007). Já a redinha é o principal método de extração de *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá) na região, ambas atividades pesqueiras de relevante impacto econômico (Machado & Mendonça, 2007; Jankowsky, 2007), importância comercial, para subsistência e segurança alimentar na região (Fundação Florestal, 2021; Jankowsky, 2007).

O método de extração de caranguejo-uçá conhecido como redinha consiste em uma armadilha instalada ao lado das entradas das tocas dos caranguejos, de modo que o animal, ao sair das galerias fique emaranhado (Jankowsky, 2007; Duarte et al., 2014; Mendonça & Jankowsky, 2017; Harkot et al., 2017; Cunha-Lignon et al., 2021). O saco de ráfia desfiado é utilizado como material para confeccionar essas armadilhas.

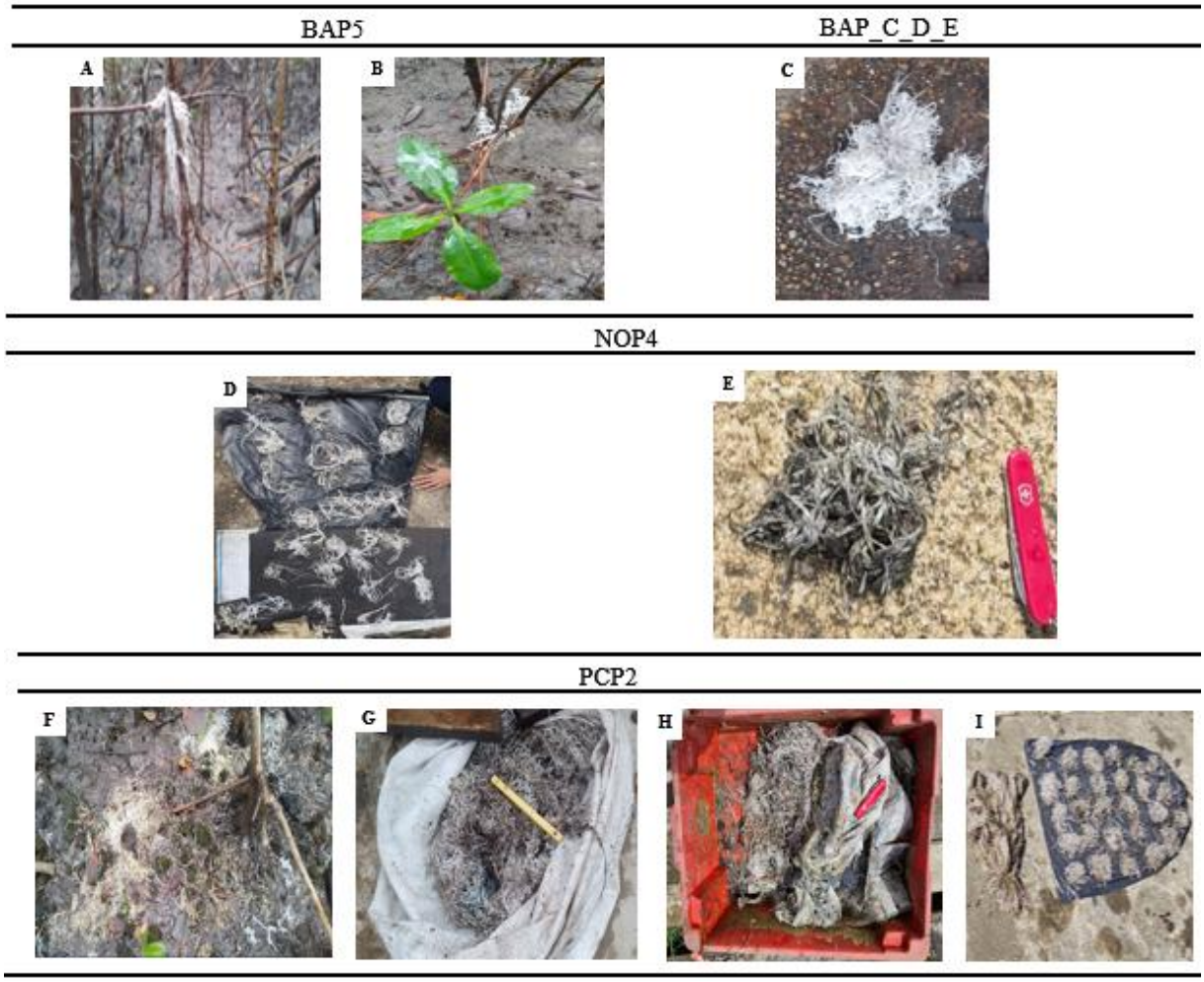
A redinha foi encontrada e coletada nas subáreas distantes a núcleos urbanos, no Baguaçu (BA), na parcela BAP5, tanto armada quanto caída e abandonada na superfície no inverno de 2023 (Figura 28 – A-B) e nas parcelas BAPC, BAPD e BAPE caída e abandonada na superfície no verão de 2025 (Figura 28 – C), totalizando 0,59 kg de redinhas retiradas das florestas de mangue distantes a núcleos urbanos.

Nas subáreas próximas a núcleos urbanos Nóbrega (NO) e Porto Cubatão (PC), a presença e dinâmica das redinhas apresentaram realidades distintas para cada subárea, sendo coletado na parcela NOP4 o total de 4,64 kg e em PCP2 7,66 kg, totalizando 12,30 kg de redinhas retiradas das florestas de mangue próximas a núcleos urbanos.

Na floresta de mangue do Nóbrega, a ocorrência das redinhas foi na parcela NOP4 essas encontradas armadas na superfície do manguezal com algumas caídas e abandonadas,

inverno/2023 (Figura 28 – D-E). Em Porto Cubatão, na parcela PCP2 o cenário com as redinhas foi outro, a ráfia estava sendo manipulada pelos pescadores de caranguejo-uçá para confecção das armadilhas, de modo que o material fica todo espalhado na superfície, inverno/2023, misturado no substrato, verão/2024, e caído na superfície, inverno/2024, com alto potencial de tornar-se microplástico (Figura 28 – F-I).

Figura 28 – Petrecho de Pesca: Redinhas de armadilha de caranguejo-uçá instalada, abandonada e em confecção coletada no manguezal em parcelas próximas e distantes a núcleos urbanos.

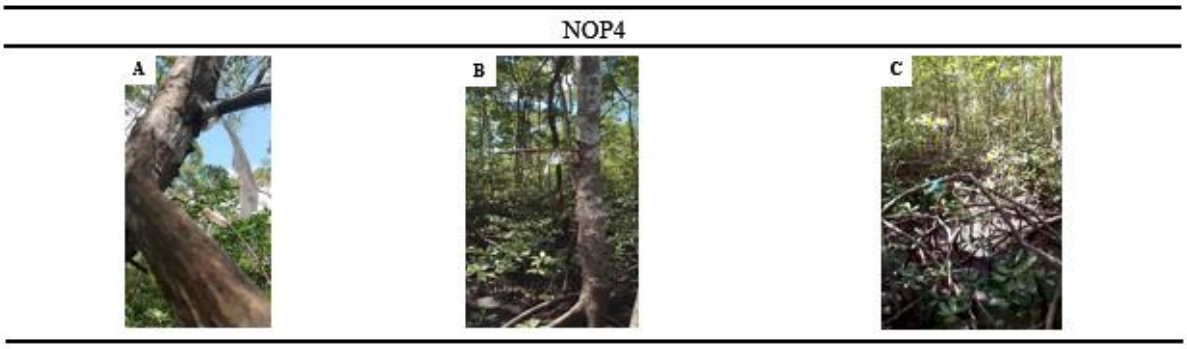


Fonte: Elaboração própria (2025).
Legenda: Parcelas distantes a núcleos urbanos – Armada e tombada no Baguaçu (BAP5), período inverno 2023 (A-B); caída na Superfície na BAPC_D_E, período verão 2025 (C). Parcelas próximas a núcleos urbanos – abandonadas no Nóbrega (NOP4), período de inverno 2023 (D-E); e redinhas em confecção no Porto Cubatão (PCP2), período inverno 2023 (F-G), verão 2024 (H), inverno 2024 (I).

No verão/2025, foi identificada na parcela NOP4 (Nóbrega) a prática de demarcação da área de trabalho por parte de caranguejeiros, utilizando garrafas PET e fragmentos de

sacolas plásticas afixados em árvores de mangue para delimitar o perímetro de instalação de redinhas de captura de caranguejos (Figura 29 – A-C).

Figura 29 – Delimitação do perímetro de instalação de redinhas de armadilha de caranguejo-uçá em parcela próxima a núcleos urbanos.



Fonte: Elaboração própria (2025).
Legenda: Parcela distante a núcleos urbanos – Nóbrega (NOP4), marcação nas árvores de mangue com plástico e em galhos com garrafa PET no perímetro de instalação das redinhas armadas, período verão 2025 (A-C).

Este método evidencia a onipresença do plástico de descarte único no cotidiano laboral dessa comunidade, incorporados principalmente devido à sua acessibilidade e custo marginal nulo. Embora não caracterizem um descarte deliberado no ambiente, tais materiais constituem um potencial de poluição por resíduo plástico e contaminação do ecossistema manguezal. Consequentemente, os resultados indicam a premência de estabelecer processos participativos com os catadores de caranguejo para codesenvolver e implementar normativas socioambientais adequadas. Esta abordagem deve ser adaptativa (Mendonça & Machado, 2007; Jankowsky, 2007), reconhecendo e integrando as condições socioeconômicas e as estratégias materiais preexistentes no cotidiano dos trabalhadores.

Contudo, evidencia-se que o método de extração do caranguejo por meio da redinha, representa expressiva poluição nas florestas de mangue, devido ao abandono dessas no ambiente (Pinheiro & Fiscarelli, 2001; Jankowsky, 2007; Mendonça & Lucena, 2009; Nascimento et al., 2011; Santa Fé & Araújo, 2013; Duarte et al., 2014; Peralta, 2020). A esse problema soma-se o potencial de geração de resíduos provenientes dos materiais plásticos utilizados para a demarcar o perímetro de trabalho. Em conjunto, esses fatores potencializam ameaças e impactos à qualidade e conservação do ecossistema manguezal.

O cerco-fixo é geralmente confeccionado com taquara-mirim, mourões de madeira e arame galvanizado. Sua estrutura pode contar com uma ou mais casas de peixe, construídas

com bambus inteiros e filetes. As amarrações são feitas com arame galvanizado, cordas e outros materiais (Mendonça et al., 2011).

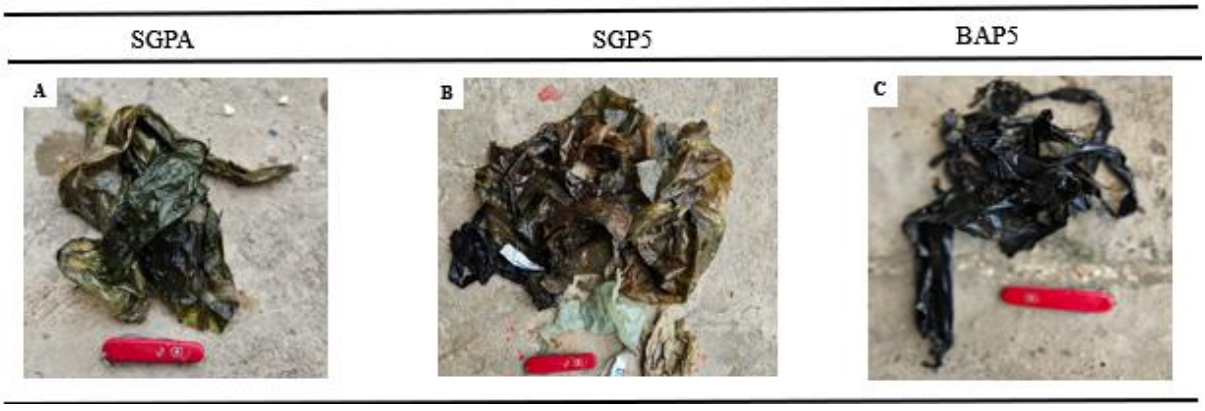
A durabilidade das estruturas do cerco-fixo, reflete o tipo de material utilizado em sua confecção, de modo que algumas técnicas são empregadas para aumentar a resistência desses e diminuir os custos de manutenção. O bambu tem duração de aproximadamente três meses e a tela galvanizada (casa de peixe) pode alcançar dois anos. Contudo, bambus e mourões passaram a ser revestidos com filmes plásticos de modo aumentar a durabilidade do material e a vida útil da estrutura do cerco-fixo (Mendonça et al, 2011; Ramos et al., 1980).

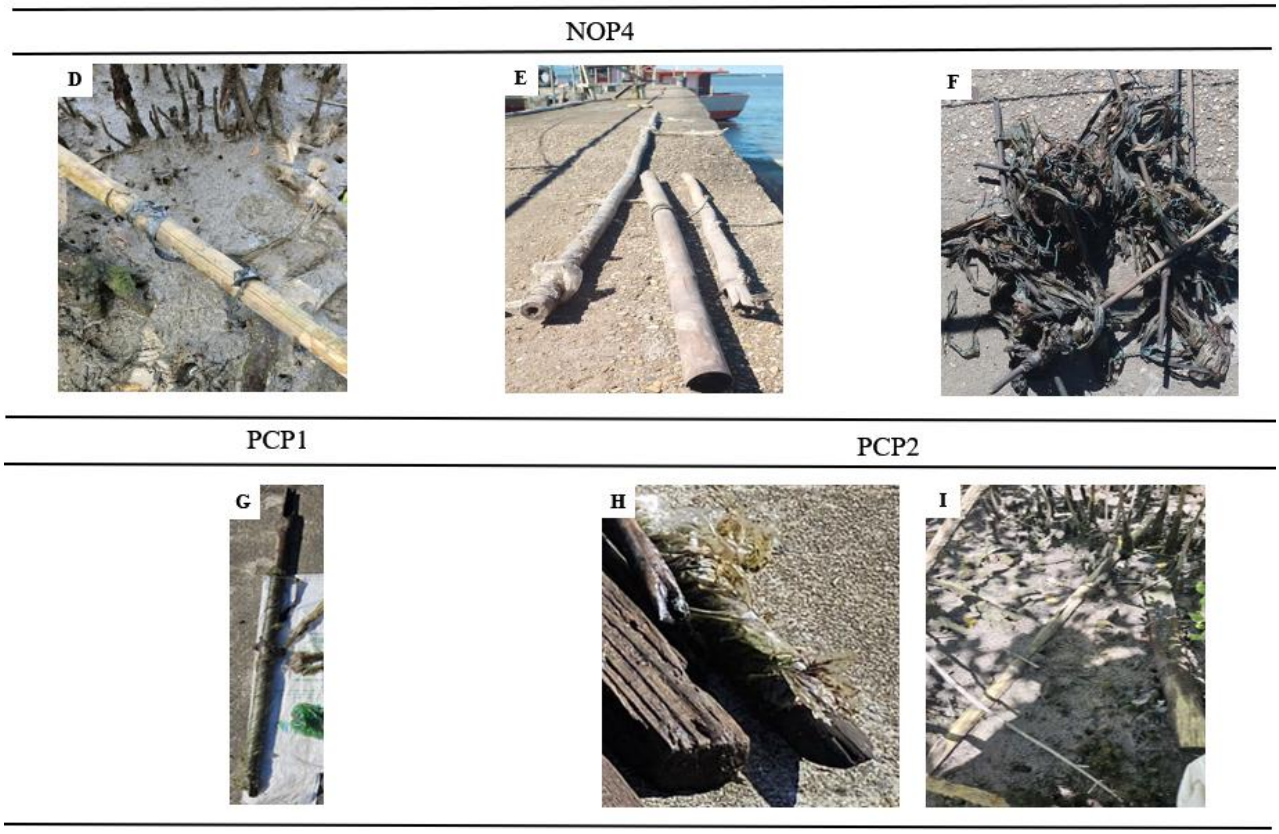
Os fragmentos das estruturas dos cercos fixos foram encontrados e coletados na subárea distantes a núcleos urbanos, no Sítio Grande (SG) nas parcelas SGPA e SGP5, tira de plástico na superfície no verão/2024 (Figura 30 – A-B). Em Baguaçu (BA) na parcela BAP5, tira de plástico na superfície inverno/2024 (Figura 30 – C) totalizando 0,31 kg de fragmentos do cerco-fixo retirados das florestas de mangue distantes a núcleos urbanos.

Nas subáreas próximas a núcleos urbanos, os fragmentos das estruturas dos cercos fixos foram encontrados e coletados nas subáreas do Nóbrega (NO) nas parcelas NOP1 e NOP4 e totalizou 3,55 kg. Em Porto Cubatão (PC), o peso total das coletas nas parcelas PCP1 e PCP2, foi de 3,07 kg, que totalizam 6,62 kg de fragmentos do cerco-fixo retirados das florestas de mangue próximas a núcleos urbanos.

Na floresta de mangue do Nóbrega, a ocorrência dos fragmentos do cerco-fixo foi na NOP4, bambu com tecido inverno/2024 e no verão/2025 foi coletado bambu com plástico e arame (Figura 30 – D-F). Já em Porto Cubatão, foi coletado na parcela PCP1, bambu com plástico e na PCP2, madeira no inverno/2024 (Figura 30 – G-I) e no verão/2025 coletado na PCP2, bambu (Figura 30 – H).

Figura 30 – Petrecho de Pesca: Fragmentos de cerco-fixo constituído de mourão, bambu, plástico e tecido coletado no manguezal em parcelas próximas e distantes a núcleos urbanos.





Fonte: Elaboração própria (2025).
Legenda: Parcelas distantes a núcleos urbanos – Sítio Grande (SGPA e SGP5), período de verão 2024 (A-B); Baguaçu (BAP5), período do inverno 2024 (C). Parcelas próximas a núcleos urbanos: Nóbrega (NOP4), período de inverno 2024 (D) e verão 2025 (E-F); Porto Cubatão (PCP1 e PCP2), períodos inverno 2024 (G-H) e verão 2025 (I).

No entanto, foi constatado neste estudo que o uso do plástico para aumento da durabilidade da estrutura do cerco-fixo pelos pescadores desta arte de pesca, associado as estruturas abandonadas ao longo do estuário do SELCI ocasiona a poluição por plástico, mourão e bambu nas florestas de mangue. Assim, como observado por Mendonça et al. (2011) o problema ambiental referente ao abandono do cerco-fixo e a potencial geração de resíduos plásticos.

No âmbito legal a utilização do cerco-fixo é regulamentada pela Portaria Interministerial MPA/MMA nº04/2015 (Brasil, 2015). No entanto, não há obrigatoriedade da desinstalação do cerco-fixo. Já a utilização da redinha é um método proibido por lei, Portaria IBAMA nº 52/03 (Brasil, 2003), porém, praticado ao longo do ano no Litoral Sul do estado de São Paulo (Duarte et al., 2014; Mendonça & Jankowsky, 2017; Cunha-Lignon et al., 2021), bem como também ocorre em diversas regiões do país (Peralta, 2020) tornando-se um problema ambiental crônico.

As legislações em tela, necessitam de revisão ao que compete a abordagem da poluição provocada pelos materiais empregados nos métodos e aparelhos da pesca de cerco-fixo e

extrativismo do caranguejo-uçá, por meio de processos participativo e adaptativos junto aos pescadores locais, via conselho deliberativo, em articulação com a sociedade civil e instâncias governamentais (Mendonça & Machado, 2007; Jankowsky, 2007; Peralta, 2020).

Em relação ao cerco-fixo, se faz necessária inserção de medidas normativas adicionais referente ao emprego de materiais sustentáveis na composição das estruturas, em substituição ao plástico e tecido identificados neste estudo, para além, da inserção da obrigatoriedade à desinstalação dos cercos inoperantes.

No caso das redinhas, há a urgente necessidade de revisão em relação a proibição do uso desta, dado que o abandono destas é intrínseco à legislação pois trata-se de risco ao caranguejeiro, pelo crime imputado à prática, no entanto, não deixa de existir.

Entretanto, é factível a adoção de um tipo material sustentável para a confecção das redinhas, bem como a obrigatoriedade de recolher as armadilhas e realizar o descarte adequado do material em terra. Assim, como sugerido por Duarte et al. (2014) a utilização de materiais biodegradáveis para a confecção das redinhas, de modo a manter a sustentabilidade da atividade.

Contudo, espera-se dirimir o descompasso entre o rigor das legislações e a realidade da pesca artesanal (Jankowsky et al., 2024), assim, promove-se a eficácia das regulamentações de maneira atender os aspectos socioambientais, fomentar a gestão pesqueira participativa e corroborar com a conservação dos manguezais inseridos em UCs.

Para tanto, é imperativo que a eficácia dessas regulamentações pesqueiras esteja intrinsecamente vinculada à política municipal de gestão de resíduos sólidos. A estrutura de coleta pública tradicional concebida para resíduos urbanos, mostra-se ineficiente para o manejo de resíduos de atividades pesqueiras. Superar essa lacuna exige que a revisão do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) abranja explicitamente as diretrizes para o lixo marinho-costeiro, alinhando-se à Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS). Dessa forma, será possível o manejo não apenas dos resíduos da pesca, mas também do megalixo nos manguezais transformando em um serviço permanente que supere a dependência de ações pontuais, como mutirões de limpeza. Portanto, a instituição de mecanismos operacionais integrados, que promovam a convergência dessas políticas é fundamental para fechar o ciclo de gestão dos resíduos e assegurar a aplicabilidade efetiva das normativas.

4.3 ANÁLISE ESTATISTICA

A análise de Pearson entre a densidade de área basal das subáreas distantes do núcleo urbano (DNU) e o peso (kg) total de lixo destas, (T), resultou em uma correlação amostral, positiva fraca (r = 0,2572), porém não estatisticamente significativa (p-value = 0,3361, α=0.05). Ainda nas subáreas próximas ao núcleo urbano (PNU) (p-value = 0.1403). A correlação foi moderada entre as variáveis (r = 0.39), mas também não teve uma significância estatística.

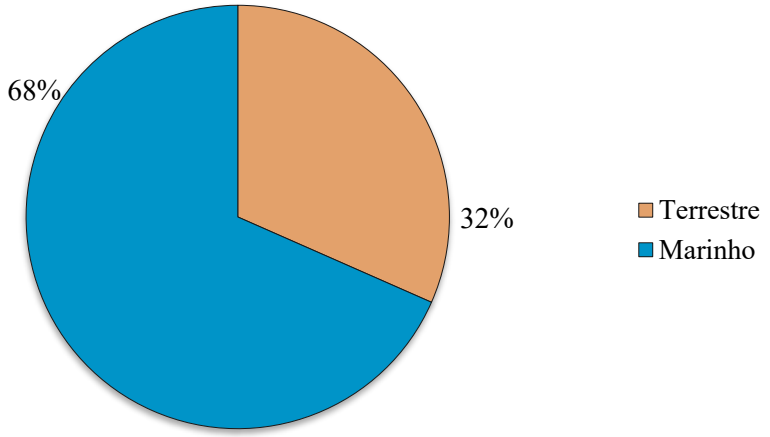
Os resultados não identificaram correlações estatisticamente significativas entre a densidade da área basal das subáreas (DNU e PNU) e o peso (kg) de lixo nestas coletado. Entretanto, observou-se que a densidade da área basal das subáreas PNU apresentou uma tendência positiva moderada, indicando que, à medida que a densidade da área basal aumenta, o peso (kg) de lixo também tende a aumentar, ainda que de forma não expressiva e sem significância estatística.

Contudo, os resultados indicam que outros fatores podem influenciar mais significativamente a dinâmica da geração de lixo no mangue. Uma ampliação do esforço amostral, com períodos mais extensos e maior número de parcelas permitiria conclusões mais robustas, aumentando a representatividade dos dados de modo a detectar correlação estatisticamente significativas.

4.4 FONTE DE ORIGEM DO LIXO NO MANGUE

Em relação às prováveis fontes do lixo no mangue, 68% destes estão relacionados às atividades marinho e 32% às atividades em terra (Figura 31).

Figura 31 – Percentual total de fonte de origem do lixo no mangue para as três estações de coleta - inverno/2023, verão e inverno/2024 e verão/ 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A alta exposição dos manguezais ao lixo antropogênico decorre de prováveis fontes de origem terrestre e marinha (Cordeiro et al., 2010; Martin et al., 2019; Luo et al., 2021; De et al., 2023) e incorpora o ecossistema manguezal na crise global de enfrentamento à poluição no ecossistema marinho-costeiro.

A indústria da obsolência programada, padrões de consumo, má gestão dos resíduos sólidos, as baixas taxas de reciclagem (PNCLM, 2019) e ausência de consciência ambiental e sustentável populacional, constituem a situação atual da problemática da poluição por lixo no manguezal.

Os Quadros 2 e 3 apresentam os registros fotográficos do lixo amostral coletado nas florestas de mangue nas áreas distantes e próximas a núcleos urbanos, indicadas por parcelas e estações do ano.

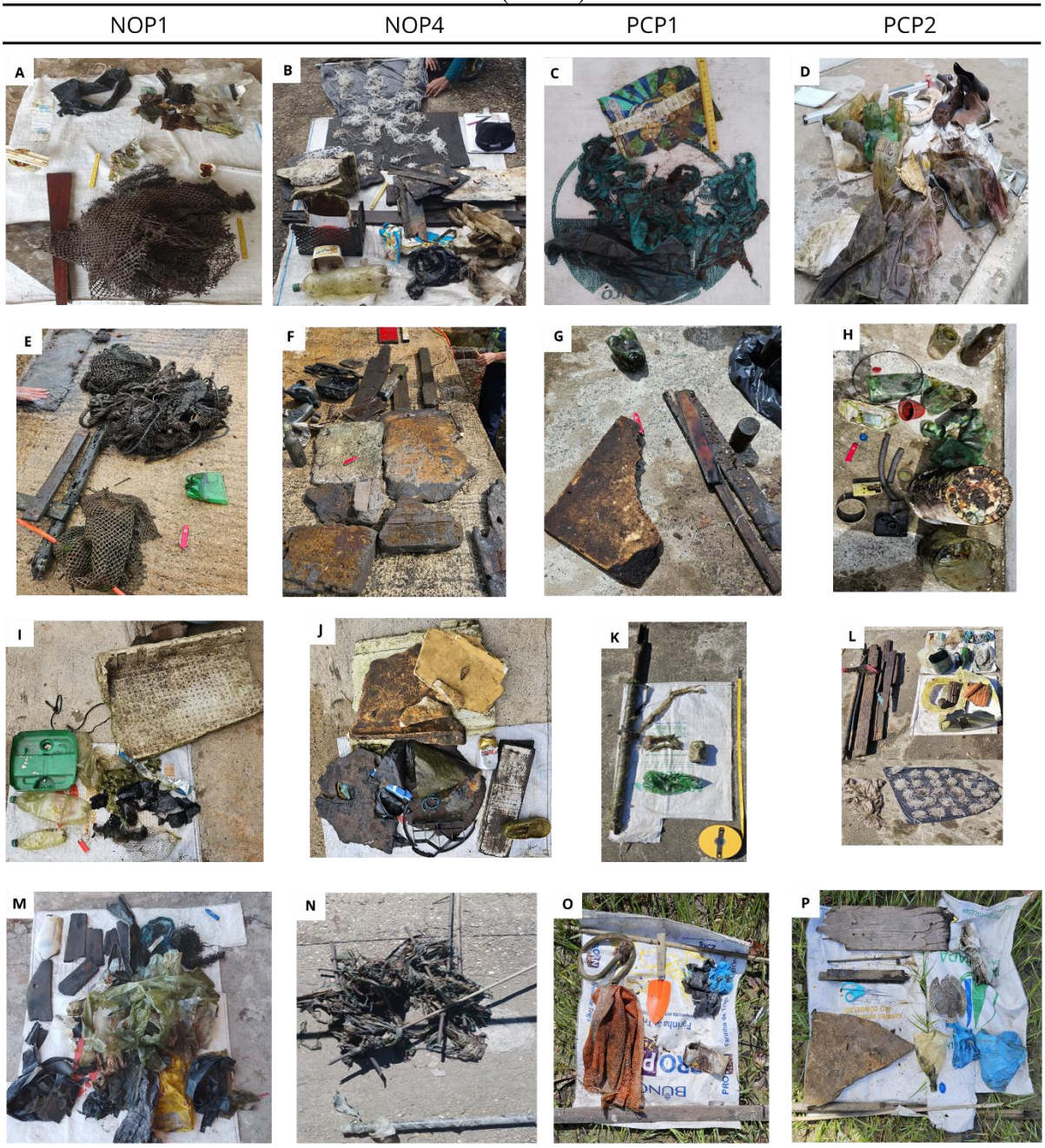
Quadro 2 – Registro fotográfico do lixo no mangue das florestas distantes a núcleos urbanos: Parcelas do Baguaçu (BAPC, BAPD, BAPE, BAP5) e parcelas do Sítio Grande

(SGPA SGP5). Estações do ano: 2023 (A – D); verão 2024 (E-H); inverno 2024 (I – J); e verão 2025 (K).

Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 3 – Registro fotográfico do lixo no mangue das florestas próximas a núcleos urbanos: Parcelas do: Nobrega (NOP1, NOP4) e parcelas de Porto Cubatão (PCP1, PCP2).

Estações do ano: inverno 2023 (A – D); verão 2024 (E-H); inverno 2024 (I – L); e verão 2025 (M – P).



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.5 HIDRODINÂMICA ESTUARINA E ACÚMULO DE LIXO NO MANGUE

A hidrodinâmica estuarina, condicionada por fatores como topografia, interação entre rios e oceano, e o regime de marés (Coelho Jr, 2003), influencia a distribuição de lixos nos manguezais (Destito, 2024). As subáreas estudadas no SELCI mostram padrões variados de acúmulo de lixo, resultantes da interação entre processos hidrodinâmicos e pressões antropogênicas.

As subáreas de florestas de mangue do Baguaçu e Nóbrega estão sujeitas à mesma influência hidrodinâmica estuarina do Mar de Cananeia, com velocidade de 0,7 m/s na superfície durante a enchente e 1,2 m/s na vazante (Tessler & Souza, 1998) (Figura 32). No entanto, suas localizações distintas resultam em diferenças deposicional do lixo no mangue ao longo do estuário.

A subárea do Baguaçu, embora distante (4,0 km) da área urbanizada densa, de acordo a com a base de dados cartográficos do IBGE (2019, 2024), está adjacente ao loteamento Agrossolar de baixa densidade urbana. Nessa área, não foram identificados lixos domésticos (como embalagens alimentícias, têxteis ou calçados, etc) sugerindo a adequada coleta pública de resíduos sólidos e coleta seletiva local.

Contudo, ambas as subáreas (BA e NO) apresentaram abundância respectiva ao tipo de material madeira. Esse material, proveniente principalmente da manutenção de embarcações, constitui um problema crônico no estuário.

A flutuabilidade da madeira, combinada com as correntes de enchente (0,7 m/s), favoreceu seu transporte em direção aos manguezais. O lixo atingiu primeiro a floresta do Nóbrega (NO), enquanto os demais foram carreados para áreas mais distantes como o Baguaçu (BA), sendo durante a vazante (1,2 m/s) (Tessler & Souza, 1998) retidos nos compartimentos ambientais do manguezal (Figura 32). Padrão semelhante foi observado para os resíduos plásticos (De et al., 2023; Destito, 2024).

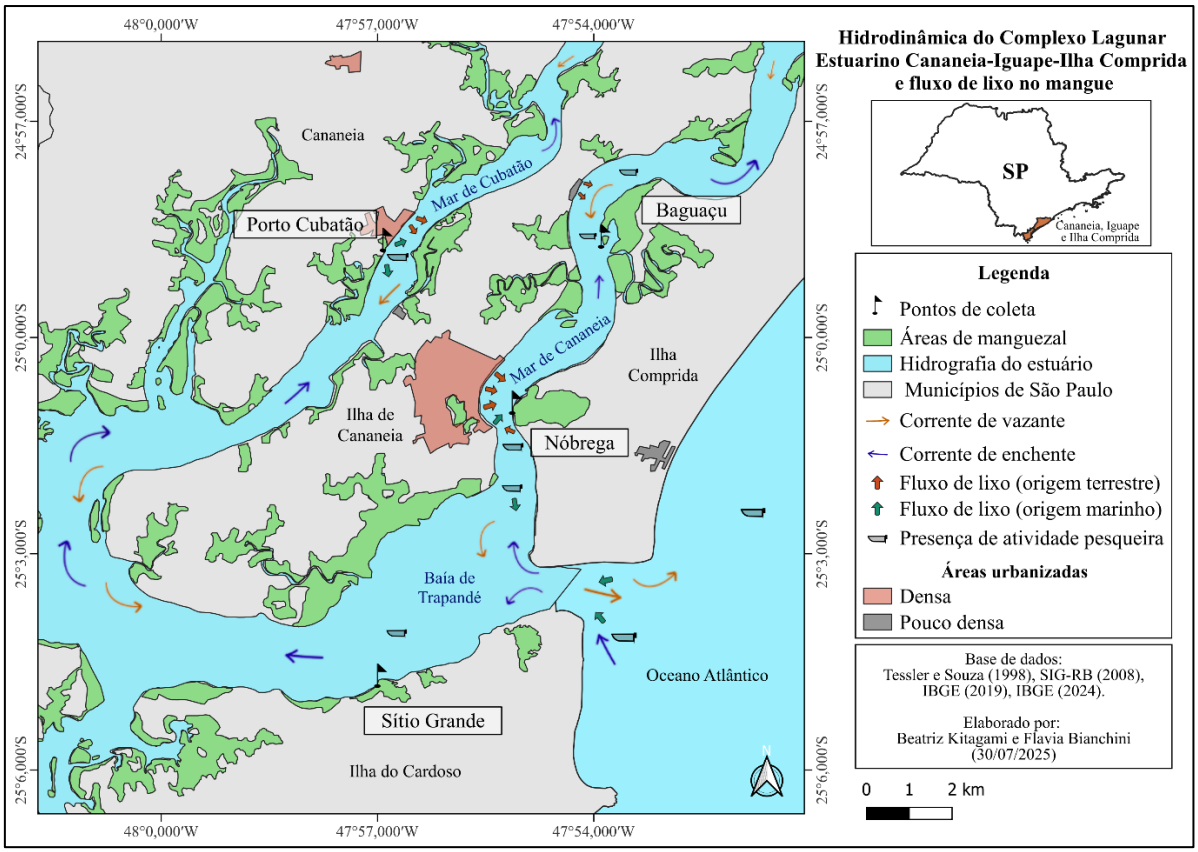
Além da madeira e plásticos, a floresta de mangue do Nóbrega apresentou quantidades significativas de petrechos de pesca, incluindo cordas e redes (franja), redinhas (interior) e fragmentos de cercos-fixo (franja e interior). As cordas e redes de arrasto são transportadas pelas correntes de enchente, com provável origem oceânica – lixo do mar (Barra de Cananeia) sendo retidas nos compartimentos do manguezal durante a vazante (Figura 32).

As redinhas, quando instaladas no interior do manguezal durante a baixa-mar e posteriormente abandonadas (Jankowsky, 2007), sofrem redistribuição pelas oscilações de marés. Esse processo pode resultar em soterramento no sedimento ou flutuação em direção à franja, onde se enroscam em elementos do manguezal como as plântulas. Quanto aos cercos-fixos inoperantes no estuário, estes sofrem deterioração progressiva liberando componentes estruturais como mourão, bambu, fragmentos de plásticos, arames e cordas (Mendonça et al., 2011). Esses materiais são subsequentemente retrabalhados pela ação das marés, sendo transportados para as florestas de mangue durante a enchente e retidos durante a vazante (Figura 32).

A subárea do Sítio Grande (PEIC), localizada distante das áreas densamente urbanizadas, de acordo a com a base de dados cartográficos do IBGE (2019, 2024), registrou a menor quantidade de lixo no mangue entre todas às subáreas amostradas restrita às duas primeiras campanhas amostrais (inverno/2023 e verão/2024). A categoria de material em abundância foi o petrecho de pesca, cordas e redes. Esses materiais foram encontrados predominantemente no interior da floresta de mangue, mas também dispostos na franja, o que sugere influência hidrodinâmica combinada proveniente da barra de Cananeia e o do Mar de Cubatão. Essa hipótese é reforçada pelo tipo de material identificado, associado à atividade pesqueira marinha. Os resultados indicam ainda que o aporte fluvial dos rios Taquarí, das Minas e Itapitangui aparentemente não exerce influência significativa na deposição de lixo no mangue (Figura 32).

A subárea de floresta de mangue em Porto Cubatão, situada próxima a área densamente urbanizada, de acordo a com a base de dados cartográficos do IBGE (2019, 2024), está submetida à hidrodinâmica estuarina do Mar de Cubatão, com velocidades superficiais de corrente de 0,6 m/s na maré enchente e 0,7 m/s na maré vazante (Tessler & Souza, 1998). Na área de transição do manguezal, foi registrada abundância do material de madeira proveniente principalmente da manutenção de embarcações. Esse acúmulo está diretamente relacionado à proximidade da área urbanizada densa e à presença de um rancho de pescadores, cuja atividades contribuem para o descarte inadequado de resíduos sólidos na transição da floresta (Menghini, 2008). Por outro lado, a franja da floresta apresentou abundância do material plástico, transportado pela maré enchente e retido durante a vazante nos compartimentos do manguezal. A baixa quantidade de lixo na área sugere que os corpos hídricos adjacentes (a montante e a jusante) não representam vias significativas de entrada de lixo para o ecossistema.

Figura 32 – Mapa esquemático da hidrodinâmica estuarina e fluxo de lixo no SELCI.



Elaborado por Kitagami & Bianchini (30/07/2025).

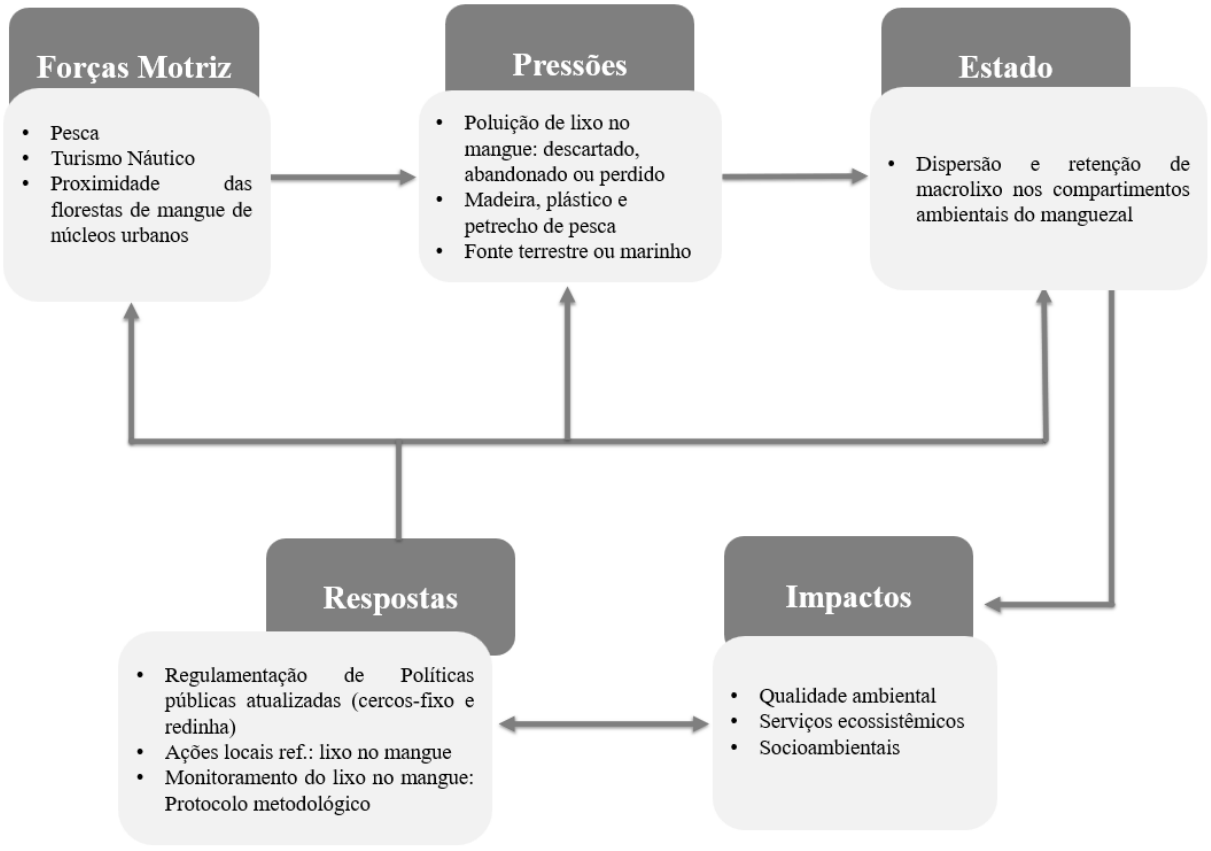
A hidrodinâmica estuarina desempenha um papel fundamental na dispersão de nutrientes e sedimentos(Carlos, 2015; Nascimento, 2024), mas também atua como condutor de poluentes, direcionando lixo para os manguezais.

A dispersão de lixo no estuário reflete sua dinâmica hidrológica complexa, onde fluxos continentais e marinhos convergem (Gorman, 2018), promovendo o transporte de detritos (Luo et al., 2021; Destito, 2024) terrestres e marinhos. Nesse contexto, os manguezais funcionam como barreiras naturais (Spalding et al., 2022), retendo parte do lixo (Luz & Teixeira, 2019) antes que alcancem o oceano — um serviço ecossistêmico crítico para a proteção costeira. Contudo, ao reterem o lixo os manguezais estão sujeitos à sua acumulação progressiva, o que pode degradar outros serviços ecossistêmicos, a ponto de reduzir ou até mesmo suprimir funções vitais, como a de berçário para recursos pesqueiros e outros organismos marinhos que dependem deste ecossistema.

4.6 ESTRUTURA DPISIR

Para mostrar o nexo causal entre os componentes do DPSIR, diferentes fatores foram identificados para cada componente (Ahmed et al., 2021). Para tanto foram considerados, como sendo as necessidades humanas (Forças Motrizes), a pesca, o turismo náutico e a proximidade das subáreas de florestas de mangue com os núcleos urbanos, as influências das atividades humanas (Pressões), poluição de lixo no mangue, que resultam em alterações (Estado) das condições atuais do ecossistema, por meio de dispersão, retenção e acúmulo de macrolixos nos compartimentos ambientais do manguezal. Tais alterações podem levar a mudanças potenciais (Impactos) na qualidade do funcionamento ecossistêmico, com efeitos associados ao bem-estar humano, como a perda ou redução da qualidade ambiental, dos serviços ecossistêmicos e dos aspectos socioambientais. Por fim, medidas de gestão ambiental (Respostas) tais como regulamentação de políticas públicas atualizada, ações locais, e monitoramento do lixo no mangue, que poderão orientar gestores e tomadores de decisões, perante o desafio do lixo no mangue(Figura 33).

Figura 33 – Estrutura DPSIR sobre o lixo no mangue no Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (SELCI).



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.6.1 Fator (*D*) Pesca, Turismo Náutico e Proximidade das florestas de mangue de núcleos urbanos

A pesca constitui uma das principais atividades econômicas da região, com ênfase no setor artesanal, que utiliza distintas artes de pesca em função da diversidade de ambientes e recursos explorados (Mendonça e Katsuragawa, 2001; Machado e Mendonça, 2007). Dentre essas técnicas, destacam-se o cerco-fixo, empregado principalmente na captura de *Mugil liza* (tainha), e a redinha, método predominante na extração de *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá), ambas de expressivo impacto socioeconômico na região (Machado & Mendonça, 2007; Jankowsky, 2007).

O turismo na região está intimamente associado às atividades náuticas no estuário, com destaque para passeios e pesca amadora, que representam uma parcela relevante da renda local. Nas últimas décadas, a consolidação da área como destino preferencial de pescadores amadores deve-se, sobretudo, à abundância de *Centropomus* spp. (robalos) nos manguezais e no entorno estuarino (Barcellini et al.,2013; Motta et al., 2016). A pesca amadora possui dimensão a expressiva na cadeia de negócios e empregos envolvidos neste segmento (Cooke e Cowx, 2006; Arlinghaus et al., 2019; FAO, 2020; Motta et al., 2025), como marinas, criadores de iscas, barqueiros, guias de pesca que geralmente são pescadores artesanais experientes, que obtém renda alternativa com o turismo pesqueiro (Barcellini et al., 2013).

A proximidade entre as subáreas de florestas de mangue e os núcleos urbanos na região estuarina configura uma relação dual característica. Por um lado, essa interface potencializa o desenvolvimento socioeconômico local e por outro lado, intensifica as pressões antrópicas sobre o manguezal (Clough, 2013). Essa dinâmica se manifesta por meio de vetores permanentes de pressão ambiental, destacando-se: a concentração de infraestruturas comerciais (restaurantes e bares) adjacente ao *ferry-boat* (Nóbrega); a presença de marinas, clubes náuticos e rancho de pesca em Porto Cubatão. Tais elementos urbanos facilitam o descarte irregular de resíduos sólidos, amplificado por flutuação sazonal da população - especialmente durante períodos de maior atividade turística e pesqueira.

4.6.2 Fator (*P*) Poluição de lixo no mangue

As atividades humanas exercem influência direta sobre o ecossistema manguezal, gerando pressões associadas a atividades econômicas dependentes do estuário e ao descarte inadequado de resíduos sólidos. A poluição por lixo no mangue seja descartado, abandonado ou perdido analisado nas subáreas de florestas de mangue do SELCI, apresenta fontes de origem distintas, sendo 68% marinho e 32% terrestre.

Quanto à fonte de origem marinho, o principal poluente identificado foi o material de petrecho de pesca, destacando-se redinhas de ráfia (12,55 kg), abandonadas após a captura do caranguejo-uçá (Jankowsky, 2007; Duarte et al, 2014), e fragmentos da estrutura do cerco-fixo (7,67 kg), compostos por bambu, mourões, plásticos e arames galvanizados (Ramos et al., 1980; Mendonça et al., 2011). Esses materiais foram coletados em maior quantidade no interior das subáreas de florestas próximas ao núcleo urbano (NO e PC). Cordas e redes de pesca também foram registradas totalizando (14,40 kg) com maior retenção na franja das florestas de mangue durante o inverno (2023 e 2024).

O lixo no mangue de fonte terrestre apresentou abundância para a categoria madeira, oriunda de manutenção das embarcações, que representam 50% do total do lixo coletado nas florestas de mangue, indicando que embora a atividade seja exercida em terra, o descarte ou escape ocorre no estuário. A abundância do plástico também foi significativa 23%, assim como constatado em estudos de florestas de mangue no Brasil, em São Sebastião (Destito, 2024) e São Vicente (Cavalcante et al., 2024).

Em relação à dinâmica sazonal e à distribuição espacial, os dados do inverno (2023 e 2024) demonstraram uma baixa variação no peso total de resíduos coletados nas florestas de mangue, com valores estáveis entre 35,71 kg e 30,49 kg. Essa estabilidade foi observada tanto em florestas de mangue próximas quanto distantes a núcleos urbanos.

Em contrapartida, os períodos de verão (2024 e 2025) exibiram uma extrema variação com pesos oscilando entre 92,08 kg e 13,61 kg. O verão de 2024 registrou o pico de lixo entre todos os períodos amostrados, enquanto o verão de 2025 apresentou a menor quantidade. Essa queda drástica foi verificada de forma homogênea, tanto em florestas de mangue próximas quanto distantes.

Apesar do resultado do verão de 2025 ser extremamente positivo para a conservação do ecossistema, sua alta variabilidade em relação ao verão anterior (2024) levanta questões sobre os fatores determinantes. As hipóteses para essa drástica redução, mesmo considerando que a coleta foi realizada após a temporada de verão e o feriado de Carnaval (períodos de alta pressão antrópica), são as seguintes:(i) menor intensidade turística: redução significativa da atividade humana na região; (ii) fatores climáticos: as fortes chuvas que atingiram a região em fevereiro de 2024 podem ter alterado a hidrodinâmica local, aumentando o fluxo hídrico do estuário e carreando o lixo para outras áreas do SELCI; (iii) temporalidade da amostragem: as coletas amostrais anteriores podem ter efetuado uma remoção significativa de lixo, e o intervalo entre as campanhas não foi suficiente para a recarga da área.

4.6.3 Fator (*S*) Dispersão, retenção e acúmulo de macrolixos nos compartimentos ambientais do manguezal

O indicador de alteração da condição e saúde das subáreas de florestas de mangue do SELCI revela perturbações significativas e tendências preocupantes em seu estado ambiental, devido à dispersão, retenção e acúmulo de macrolixos nos compartimentos ambientais estruturais.

Os resultados do estudo indicam que o lixo no mangue se acumula de forma heterogênea, variando em quantidade de itens conforme o compartimento analisado. A superfície foi o compartimento com maior retenção de lixo (273 itens), seguido do substrato (70 itens), raiz (17 itens), galho (4 itens), plântula (3 itens), propágulo (2 itens), pneumatóforos (1 item) e tronco (1 item).

Quanto à composição material, o petrecho de pesca foi a categoria mais abundante (51% do total de itens), seguida por plástico (31%) e madeira (17%). Em relação à distribuição espacial, a superfície concentrou a maior parte do lixo retido (76%), enquanto o substrato e as raízes apresentaram proporções significativamente menores (20% e 4%) respectivamente. Assim, a ordem decrescente de deposição foi superfície, substrato e raízes.

Essa distribuição é influenciada pela complexidade da estrutura vegetal, que atua como barreira física, capturando e retendo lixo transportado por correntes, ventos e marés (UNEP, 2021; Luo et al., 2021; De et al., 2023). A superfície, principal compartimento ambiental de acúmulo de lixo, apresenta maior interferência nas subáreas de florestas de mangue próximas a núcleos urbanos (Nóbrega e Porto Cubatão).

4.6.4 Fator (*I*) Mudança na qualidade ambiental e nos serviços ecossistêmicos

A presença do lixo no mangue desencadeia uma série de impactos negativos que comprometem a integridade do ecossistema. O acúmulo de lixo nos compartimentos ambientais como pneumatóforos e rizóforos prejudica as trocas gasosas (Okuku et al., 2023), enquanto materiais plásticos sofrem fragmentação progressiva (de macro a nanopartículas), contaminando o sedimento (substrato e superfície) componente fundamental desse ecossistema (Van Bijsterveldt et al., 2021; Rosa & Sobral, 2008).

Essa poluição promove mudanças na estrutura vegetal, com aumento da dominância de *L.racemosa* em detrimento de *R. mangle*, padrão reconhecido como indicador de estresse ambiental, assim, como constatado em estudos nos manguezais de São Sebastião por Destito (2024). Os microplásticos atuam como vetores de patógenos (Hossain et al., 2024), afetando a fauna associada e por bioacumulação, colocando em risco a segurança alimentar das

comunidades que dependem dos recursos pesqueiros. Essas alterações comprometem significativamente os serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais, desde a proteção costeira até o suporte à biodiversidade.

Impactos potenciais do lixo no manguezal resultam em prejuízos socioeconômicos para a pesca e turismo náutico. A presença de plásticos, madeira tratada e petrechos de pesca agrava a poluição, e no caso específico dos petrechos, favorece a pesca fantasma que continua ocorrendo mesmo após o seu descarte (Wilcox et al., 2016). Além disso, espécies comercialmente relevantes na região, como o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) e a tainha (*Mugil liza*) (Jankowsky, 2007; Mendonça et al., 2011; Duarte et al., 2014), podem ser afetadas pela possível contaminação por microplásticos, o que comprometeria a sustentabilidade econômica das comunidades que dependem desses recursos (Duarte et al., 2014), bem como a segurança alimentar.

Paralelamente, o turismo náutico pode enfrentar custos operacionais mais elevados, devido a danos em motores e hélices de embarcações causados pela pesca fantasma (Wilcox et al., 2016) e lixo submerso no estuário, o que reduz a rentabilidade (Posada et al., 2021).

4.6.5 Fator (*R*) Às mudanças das florestas de mangue do SELCI

A gestão do lixo nos manguezais demanda uma abordagem integrada, combinando políticas públicas, ações locais, educação ambiental e monitoramento contínuo do lixo para mitigar impactos existentes, prevenir degradação futura e garantir a conservação ecossistêmica e a sustentabilidade socioeconômica.

Os impactos ambientais identificados demonstram a premência de revisar e atualizar as Portarias Interministeriais vigentes - MPA/MMA nº 04/2015 (Brasil, 2015) e IBAMA nº 52/2003 (Brasil, 2003), com três objetivos principais: (i) adequar as regulamentações sobre a remoção obrigatória de cercos-fixos inoperantes; (ii) submeter as restrições à redinha a processo de reavaliação técnica para eventual revisão regulatória; (iii) fomentar e implementar Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) de materiais sustentáveis para substituição progressiva dos componentes das artes de pesca, culminando na obrigatoriedade de materiais biodegradáveis.

Em relação as ações locais, em 2023, a Fundação Florestal implementou o Programa Mar Sem Lixo (Portaria Normativa FF 401/2023), baseado no Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), destinado a pescadores artesanais de arrasto de camarão (cadastrados). O programa remunera mensalmente os pescadores pelo lixo no mar capturado acidentalmente, convertendo a quantidade (kg) em créditos em cartão-alimentação (Fundação Florestal, 2023).

Em 2024, durante o defeso do camarão, as ações foram expandidas para a coleta de lixo nos manguezais de Cananeia, utilizando-se outra metodologia de coleta de lixo no mangue. Além disso, são realizadas ações de educação ambiental e mutirões de limpeza de manguezais (Fundação Florestal, 2024).

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) do município de Cananeia encontra-se em revisão. No entanto, a inclusão dos capítulos sobre o lixo no mangue e no mar é crucial para avanço da gestão eficaz destes. O município de Ilha Comprida não possui o PMGIRS. Os resultados, também indicam a urgência de implementação de áreas públicas de manutenção náutica, combinando reparo sustentável de embarcações (com infraestrutura para o adequado descarte e reaproveitamento de resíduos) e corresponsabilização entre os *stakeholders* (governo, pescadores e empreendedores náuticos).

O monitoramento contínuo de lixo no mangue, configura-se como uma ferramenta essencial para a gestão sustentável desse ecossistema. No entanto, para que os dados obtidos apresentem consistência científica e sejam passíveis de replicação, é fundamental a implementação de protocolo metodológico padronizado. Tais procedimentos asseguram não apenas a robustez das informações coletadas, mas também permitem a comparabilidade entre diferentes estudos (GESAMP, 2019; Luo et al., 2021). Nesse contexto, o presente trabalho adaptou as diretrizes do *Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean* (GESAMP, 2019), o que possibilitou: (i) a análise de tendências sazonais e (ii) o subsídio a estratégias de conservação dos manguezais perante o lixo no mangue.

O estudo, utilizando a estrutura DPSIR, identificou a pesca artesanal, o turismo náutico e a proximidade de áreas urbanas como os principais vetores antrópicos de poluição por lixo (madeira, plásticos e petrechos de pesca) no manguezal do SELCI, impactando sua estrutura e serviços ecossistêmicos. Diante disso, recomenda-se a adoção de políticas públicas integradas, como atualização de regulamentações, gestão de lixo no mangue baseada em PSA, educação ambiental e monitoramento (protocolo metodológico) contínuo, visando equilibrar a conservação do ecossistema com o desenvolvimento socioeconômico sustentável.

4.7 DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

4.7.1 Dados para subsídio de políticas públicas

Em relação ao fornecimento de subsídios aos órgãos competentes para definição de diretrizes estratégicas e aprimoramento de políticas públicas de gestão e conservação dos manguezais. Em novembro de 2024, a autora deste estudo participou da “Oficina de

Construção da Fase 2 do Plano de Ação" do Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal (Figura 34), sob responsabilidade do Departamento de Oceano e Gestão Costeira da Secretaria de Mudanças do Clima do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama), representando a UNESP Campus do Litoral Paulista (CLP) e o grupo de pesquisa MIM, de maneira a contribuir com o diagnóstico dos principais problemas e pressões que abrangem o ecossistema manguezal de forma sistêmica, e prognóstico destes, por meio de proposição de novas metas, definição de temas prioritários para incorporar as próximas oficinas de construção do Programa ProManguezal, bem como apontamento dos estudos em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa MIM, associados às diretrizes, eixos de implementação e instrumentos relacionados do ProManguezal. E por fim, a recomendação da academia como membro da Câmara Técnica do ProManguezal na Comissão Nacional da Biodiversidade, a qual o integra como convidado.

Figura 34 – Participantes da Oficina de Planejamento do ProManguezal – novembro/2024.

Fonte: Oficina ProManguezal, 26/11/2024.

Em abril de 2025, foi instaurado o Processo Digital nº 000000004411/2025 junto ao Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo (SEMIL), respectivo ao Cadastro e Gestão de Pesquisa, dada a região do estudo abranger as Unidades de Conservação (UCs) da Área de Proteção

Ambiental de Ilha Cumprida, e o Parque Estadual Ilha do Cardoso (PEIC). Assim, obtidas ambas as Cartas de Aprovação das UCs, e o Termo de Compromisso firmado junto ao Conselho Científico do IPA, sendo solicitada a devolutiva do estudo ao Conselho Gestor das UCs por meio de apresentação, se possível, bem como cópia da dissertação e outras formas de publicações às UCs, e juntada do Relatório final aos autos.

4.7.2 Divulgação nas redes sociais

A divulgação de produção de conteúdo científico por meio das redes sociais é essencial para disseminar informações baseadas em evidências científicas (Dias et al., 2025; Souza et al., 2021), aproximando a ciência do cotidiano público, promove a sensibilização e conscientização ambiental e responsabilidade social acadêmica.

A primeira postagem foi realizada em 27/12/2023, referente a retrospectiva dos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa MIM no ano de 2023, para promover a conservação dos manguezais e divulgar a ciência, sendo um dos destaques a coleta de lixo amostral no mangue do período de inverno de 2023 (Figura 35). A divulgação da retrospectiva 2023, dos trabalhos realizados pelo MIM obteve 689 visualizações destas 64% de perfis de seguidores da página e 36% de não seguidores, 72 curtidas, um comentário e oito compartilhamentos.

Figura 35 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM - Retrospectiva 2023.

Fonte: @mangrove.monitoring, 2023.
Link: https://www.instagram.com/p/C1XFiCdsivQ/?img_index=1

Em 27/01/2024, foi realizado o segundo post, o qual divulgou o termo lixo no mangue, sendo apresentado o glossário MIM em acordo aos conceitos resíduos sólidos (Brasil, 2010) e lixo no mar (UNEP, 2009), ambos termos frequentes em estudos e de abrangência popular.

Assim, surgiu a necessidade para definição do termo lixo no mangue, com ínfima abordagem em estudos, sendo recente o termo lixo no mangue (Figura 36). A postagem de divulgação do termo lixo no mangue obteve 599 visualizações destas 90% de perfis de seguidores da página e 10% de não seguidores, 71 curtidas, um comentário e 11 compartilhamentos

Figura 36 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM – Glossário e Termo Lixo no Mangue.

Fonte:@mangrove.monitoring, 2024.
Link: https://www.instagram.com/p/C2m6PululKI/?igsh=MXN0aDFrZHdrMnc3Ng%3D

A terceira postagem, foi 22/02/2024, referente as distintas características do lixo no mangue coletado em estudos, há época em desenvolvimento por pesquisadoras do MIM no litoral norte e sul do estado de São Paulo, de modo a evidenciar a proximidade das áreas urbanas em zonas costeiras e os efeitos deletérios do lixo nos compartimentos ambientais do manguezal (Figura 37). O post, obteve 811 visualizações, destas 89% de perfis de seguidores da página e 11% de não seguidores, 150 curtidas, três comentários e 24 compartilhamentos.

Figura 37 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM – Lixo no Mangue em Áreas com diferentes graus de urbanização nas regiões do litoral norte e sul do estado de São Paulo.

Fonte:@mangrove.monitoring, 2024.
Link: https://www.instagram.com/p/C3p9VRHs7_k/

Em 18/07/2024, foi divulgado o quarto post evidenciado pelo mês do movimento global *Plastic Free July* (Julho sem Plástico), criado na Austrália em 2011 pela *Earth Carers Waste Education*, campanha que incentiva a redução do uso de plásticos descartáveis (*Plastic Free July*, 2025). Também, foi destacado neste o Brasil como o maior produtor de plástico da América Latina, o qual despeja no mar cerca de 325 milhões de kg de plástico por ano, em acordo à Oceana Brasil. O post de divulgação da Campanha *Plastic Free July*, obteve 1.490 visualizações destas 51% de perfis de seguidores da página e 49% de não seguidores, 69 curtidas, um comentário e 18 compartilhamentos (Figura 38).

E por fim, o destaque ao Projeto de Lei – PL n° 2524/2022, em trâmite no Congresso Nacional, que propõe a Economia Circular do Plástico, sendo ilustrado com registros fotográfico das coletas de campo realizadas no inverno de 2023 e verão de 2024 (Figura 38).

Figura 38 – Divulgação em mídia social do grupo de pesquisa MIM - *Plastic Free July*.

Fonte:@mangrove.monitoring, 2024.
Link: https://www.instagram.com/p/C9khGtpAge3/?img_index=1

A postagem do "*Plastic Free July*" obteve o maior alcance (cerca de 1.500 visualizações), com engajamento equilibrado entre seguidores e não seguidores, impulsionado por sua conexão com um movimento global, uso de imagens impactantes e *hashtags*. O tema Lixo no Mangue com Diferentes Graus de Urbanização alcançou (811 visualizações), principalmente entre seguidores, ao relacionar a pesquisa local a um problema global. Conteúdos sobre a Retrospectiva 2023 e o Glossário: Termo Lixo no Mangue, obteve engajamento especialmente entre o seguidores.

A estratégia do perfil @mangrove.monitoring mostrou-se eficaz ao equilibrar rigor técnico-educativo com apelo visual e temas de interesse amplo. O uso de imagens reais, dados concretos e vínculos com políticas públicas reforçou a credibilidade e o impacto das publicações.

As redes sociais possuem ampla capacidade de difusão de informações, promove o engajamento e pode intensificar a sensibilização e conscientização ambiental (Dias et al., 2025; Souza et al., 2021), em relação ao ecossistema marinho-costeiro do manguezal, resultando em potenciais mudanças positivas socioambientais. Assim, demonstra-se como ferramenta estratégica eficaz para a contribuição da conservação dos manguezais.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo evidencia um cenário complexo e preocupante para os manguezais do Sistema Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (SELCI), onde a conservação da estrutura florestal coexiste com uma significativa pressão antrópica.

A existência de florestas estruturalmente conservadas e com alto desenvolvimento, como constatado, não é sinônimo de integridade ambiental. O estudo revela um paradoxo crítico: o ecossistema mantém sua robustez física e biológica, mas está sob intensa ameaça por um fator de estresse externo – a poluição por lixo no mangue. Isso demonstra a relevância de integrar a avaliação da saúde estrutural da vegetação da floresta de mangue a outros indicadores ambientais, uma vez que impactos crônicos comprometem suas funções ecológicas a longo prazo.

A confirmação de um gradiente de acúmulo de lixo nos manguezais, diretamente correlacionado com a proximidade de núcleos urbanos é a conclusão mais impactante. Os manguezais próximos a núcleos urbanos demonstraram maior susceptibilidade à entrada, retenção e acúmulo de lixo, chegando a concentrar até oito vezes mais lixo em comparação a manguezais distantes a núcleos urbanos, mesmo inseridos em áreas protegidas. Este padrão estabelece de forma inequívoca a atividade humana como principal força motriz por trás da poluição, sobrepondo-se até mesmo a eventuais variações naturais.

A distribuição espacial do lixo concentrando-se no interior da floresta, não é aleatória, mas reflexo direto da hidrodinâmica estuarina que transporta o lixo de fontes de origem terrestres e marinhos. O manguezal, ao exerce sua função natural de filtro físico e dissipador de energia, transforma-se em uma armadilha eficiente para o macrolixo de diversas categorias, retendo-os antes de alcançarem o oceano – um serviço ecossistêmico crítico para a proteção costeira. No entanto, o acúmulo progressivo pode degradar, reduzir ou suprimir outros serviços ecossistêmicos vitais a vida marinha que depende deste ecossistema. Isto é crucial, pois demonstra que os processos ecológicos fundamentais dos manguezais são os mesmos que exacerbam a sua vulnerabilidade à poluição, criando zonas de acúmulo crítico que devem ser priorizadas em ações de gestão.

A composição do lixo no mangue coletado é um testemunho material das atividades econômicas e de lazer predominantes na região. A tríade madeira, plásticos e petrechos de pesca aponta criticamente para setores específicos: a pesca, o turismo náutico e a proximidade a núcleos urbanos. Essa “assinatura” do lixo é vital, pois direciona a responsabilidade e

identifica os atores-chave para o desenvolvimento de respostas efetivas, indo além de generalizações.

A análise da sazonalidade, por sua vez, teve como fator limitante o número de coletas, o que requer novos estudos com maior frequência amostral para avaliar possíveis variações sazonais.

A estrutura DPSIR mostrou-se uma ferramenta analítica robusta para superar uma mera descrição do problema. Ela permitiu vincular de maneira sistêmica as necessidades humanas (forças motrizes) às suas pressões concretas, ao estado alterado do ecossistema, os impactos existentes e potenciais com destaque para os serviços ecossistêmicos e socioambientais e finalmente ao conjunto de respostas necessárias. Esta abordagem evidencia que o problema do lixo no mangue é em sua essência socioecológico e demanda soluções que integrem ciência, política pública e gestão participativa.

Com base no exposto, recomenda-se uma abordagem integrada de gestão que inclua:

- Implantação de infraestruturas públicas de manutenção náutica sustentável;
- Adoção de protocolo metodológico padronizado para monitoramento e pesquisas sobre o lixo no mangue;
- Ações de educação ambiental voltadas ao público-alvo; e
- Revisão e atualização das Portarias Interministeriais vigentes - MPA/MMA nº 04/2015 e IBAMA nº 52/2003, por meio de processos participativos e adaptativos;
- Gestão de lixo no mangue baseada em PSA;
- Articulação intersetorial para implementação das políticas existentes (PNCLM, ProManguezal, Programa de Gestão Integrada de Manguezais – FF e PMGIRS).

No âmbito da divulgação, as informações veiculadas nas redes sociais conectaram a pesquisa a problemas ambientais de relevância global e local, utilizando resultados específicos de coletas amostrais de lixo nos manguezais. Essa estratégia mostrou-se eficaz ao equilibrar o rigor educativo com linguagem acessível, demonstrando potencial de engajar a sociedade na conservação desse ecossistema.

Conclui-se que os manguezais do SELCI, embora estruturalmente resilientes, encontram-se em um estado de comprometimento ambiental silencioso, onde sua própria função ecológica os torna receptáculos da poluição gerada pelas atividades humanas circunvizinhas. A solução para este problema requer intervenções multidisciplinares que considerem tanto os *drivers* socioeconômicos quanto os processos ecológicos. Os resultados deste estudo fornecem uma base científica robusta para políticas públicas adaptativas,

destacando a importância de estratégias de manejo que integrem o conhecimento ecológico com as realidades sociais locais.

Pesquisas futuras deverão investigar os efeitos em longo prazo da poluição por lixo sobre a funcionalidade desse ecossistema, para mitigar os efeitos das atividades humanas. Adicionalmente, é fundamental preencher lacunas específicas, tais como a interação do lixo com a fauna e avifauna do manguezal, a correlação entre densidade de área basal e o acúmulo de lixo no mangue, a relação entre sazonalidade e dispersão de lixo e os efeitos dos microplásticos. Esses avanços são indispensáveis para garantir a sustentabilidade dos manguezais do SELCI e de outras regiões costeiras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESSA, D.M.S. et al. **Pollution status of Marine Protected Areas worldwide is unknown**. Environ. Poll., v. 243, p.1450-1459, 2018.

AHMED, A.; MAHMUD, H.; SOHEL, M. S. I. **DPSIR framework to analyze anthropogenic factors influence on provisioning and cultural ecosystem services of Sundarbans East Reserve Forest, Bangladesh.** Regional Studies in Marine Science, v. 48, p. 102042, 2021.

ARAÚJO, V. G. de. **Conflitos entre áreas de uso e ocupação das terras e áreas de conservação no Município de Ilha Comprida (SP)**. Orientação de Regina Célia de Oliveira. Campinas, SP: [s.n.], 2015. TCC. (1 recurso online (65 p.)), il., digital, arquivo PDF. Disponível em: 20.500.12733/1630115. Acesso em: 7 abr. 2025.

ARLINGHAUS, R. et al. **Governing the recreational dimension of global fisheries.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 116, n. 12, p. 5209-5213, 2019.

BARCELLINI, V. C. et al. **Recreational anglers and fishing guides from an estuarine protected area in southeastern Brazil: Socioeconomic characteristics and views on fisheries management**. Ocean & Coastal Management, v. 76, p. 23-29, 2013.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Portaria Normativa nº 52, de 30 de setembro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, 02 de outubro de 2003.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

BRASIL. 2015. Instrução Normativa do Ministério da Pesca e Aquicultura nº 5, de 15 de maio de 2015. Publicada no Diário Oficial da União de 18 de maio de 2015, Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar [recurso eletrônico]/Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. – Brasília, DF: MMA, 2019. Vol. 1, 40 p.

BRASIL. 2024. Decreto nº 12.045, de 05 de junho de 2024. Institui a Política Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Manguezal – ProManguezal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 jun. 2024, seção 1, p.4.

CAMPOS, W. W. **Análise e mapeamento da estrutura da paisagem da Ilha Comprida, no litoral sul de São Paulo.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.8.2013.tde-12032014-115428. Acesso em: 7 abr. 2025.

CARLOS, A. F. **Avaliação da interação entre a circulação marinha e parâmetros socioambientais na Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul (APAMLS) através de modelagem numérica**. 2015, 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental, área de Ciências Ambientais), Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – PROCAM, Universidade de São Paulo, 2015.

CAVALCANTE, E. R. et al. **High levels of anthropogenic litter trapped in a mangrove area under the influence of different uses.** Marine Pollution Bulletin, v. 200, p. 116045, 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo. Série Relatórios. São Paulo, 2024.

CLOUGH, B. **Continuing the Journey amongst Mangroves**: ISME Mangrove Educational Book Series No. 1. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan, 2013.

COELHO JÚNIOR, C. **Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil**. 2003. 166 p. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Biológica – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia) – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2003.

CORDEIRO, C. A. M. M.; COSTA, T. M. **Evaluation of solid residues removed from a mangrove swamp in the São Vicente Estuary, SP, Brazil.** Marine pollution bulletin, v. 60, n. 10, p. 1762-1767, 2010.

CUNHA-LIGNON, M. **Dinâmica do manguezal no sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo - Brasil.** 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Oceanografia Biológica – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2001.

CUNHA-LIGNON, M. **Ecologia de Manguezais: Desenvolvimento Espaço-Temporal no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil.** 2005. 198 p. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Biológica – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2005.

CUNHA-LIGNON. M.; BERTINI. G.; QUIJANO-MONTERALEGRE.S. 2021. Manguezais, camarões-de-água-doce e manjuba-de-Iguape: patrimônios natural e cultural do Vale do Ribeira e Litoral Sul do Estado de São Paulo. Registro: Unesp, 2021. 142 p. ISBN 978-65-88761-00-7.

CUNHA-LIGNON, Marília et al. Estudos de caso nos manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

CUNHA-LIGNON, M. et al. **Monitoramento de Manguezais: abordagem integrada frente às alterações ambientais**. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação-trabalhos técnicos. 2015. p. 1-17.

COOKE, S. J.; COWX, I. G. Contrasting recreational and commercial fishing: searching for common issues to promote unified conservation of fisheries resources and aquatic environments. **Biological conservation**, v. 128, n. 1, p. 93-108, 2006.

COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

DE, K. et al. Mangroves in the “Plasticene”: High exposure of coastal mangroves to anthropogenic litter pollution along the Central-West coast of India. **Science of the Total Environment**, v. 858, p. 160071, 2023.

DEBROT, A. O. et al. Marine debris in mangroves and on the seabed: Largely-neglected litter problems. **Marine Pollution Bulletin**, v. 72, n. 1, p. 1-1, 2013.

DE-LA-TORRE, G. E. et al. Micro-and mesoplastic pollution along the coast of Peru. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 27, p. 71396-71408, 2023.

DESTITO, M. C. S. **Manguezais urbanos de São Sebastião (litoral norte de São Paulo): análise espaço-temporal, caracterização estrutural e lixo no mangue**. 2024. 84 p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade de Ambientes Costeiros) - Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2024.

DINIZ, C. et al. Brazilian mangrove status: Three decades of satellite data analysis. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 808, 2019.

DUARTE, Luis Felipe de Almeida et al. Fishery of the Uçá crab Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) in a mangrove area in Cananéia, State of Sao Paulo, Brazil: fishery performance, exploitation patterns and factors affecting the catches. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 3, p. 187-199, 2014.

DUKE, N.; BALL, M.; ELLISON, J. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology & Biogeography Letters**, v. 7, n. 1, p. 27-47, 1998.

ELKIN, L. A. et al. An Aligned Rank Transform Procedure for Multifactor Contrast Tests. *In*: **34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology**, UIST 2021. Association for Computing Machinery, Inc, 2021. p. 754-768.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Rome: FAO, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.4060/ca9229en.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul – APAMLS: Plano de Manejo. São Paulo. 376 p., 2021, Disponível em: https://fflorestal.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/2021.09.22_plano-de-manejo-executivo_apamls_rev.limpo_-2.pdf.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Portaria Normativa FF nº 401, de 06 de novembro de 2023. Disponível em: https://doe.sp.gov.br/executivo/secretaria-de-meio-ambiente-infraestrutura-elogistica/portaria normativa-n-ff-445-2024-de-26-de-julho-de-2024-202407261132142154688 43. Acesso em: 17 mar. 2025.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Como está a gestão de Unidades de Conservação Estaduais com Manguezais em São Paulo. 22 p., 2023. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/2024/03/Relatorio-1-Como-esta-a-gestao-de-Unidades-de-Conservacao-Estaduais-com-Manguezais-em-Sao-Paulo.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Portaria Normativa FF nº 445, de 26 de julho de 2024. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 29 jul. 2024. Disponível em: https://doe.sp.gov.br/executivo/secretaria-de-meio-ambiente-infraestrutura-elogistica/portaria normativa-n-ff-445-2024-de-26-de-julho-de-2024-202407261132142154688 43. Acesso em: 17 mar. 2025.

GARCÉS-ORDÓÑEZ, O. et al. Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 145, p. 455-462, 2019.

GESAMP. 1990. The state of the marine environment. Oxford: Blackwell Scientific Publication 146p. Disponível em: http://www.gesamp.org/publications/the-state-of-the-marine-environment. Acesso em: 04 abr. 2025.

GESAMP. 2019. Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean. 123 p. Disponível em: http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean. Acesso em: 04 abr. 2025.

GESAMP. Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean. **Journal series GESAMP Reports and Studies**, v. 99, p. 130, 2019.

GORMAN, D. Historical losses of mangrove systems in South America from human-induced and natural impacts. In: **Threats to Mangrove Forests: Hazards, Vulnerability, and Management**. Cham: Springer International Publishing. p. 155-171, 2018.

HARKOT, P. F. G. et al. O caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, como recurso pesqueiro no litoral centro de São Paulo: uma iniciativa de gestão. **São Paulo: Série Relatórios Técnicos**, n. 55, 2017.

HYMANS, D. C. **Influência da abertura do canal do Valo Grande na dinâmica do Sistema Estuarino Lagamar Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil**. 2022. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Oceanografia Geológica – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2022.

ICMBIO. Atlas dos Manguezais do Brasil/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.179 p.: il, 2018.

IVAR DO SUL, J. A. et al. Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. **Marine pollution bulletin**, v. 78, n. 1-2, p. 252-257, 2014.

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean**. Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

JANKOWSKY, M. Perspectivas a um manejo sustentável subsidiado pela ecologia humana: o caso da captura do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* no município de Cananéia-SP-Brasil. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos. 104 p, 2007.

JANKOWSKY, M.; MENDONÇA, J. T.; MORRONI, D. Importância das licenças de pesca em áreas marinhas protegidas com proibição de captura sobrepostas a zonas de pesca**. Boletim do Instituto de Pesca**, v. 50, 01-13, 2024.

JIA, M. et al. Mapping global distribution of mangrove forests at 10-m resolution. **Science Bulletin**, v. 68, n. 12, p. 1306-1316, 2023.

JOSHI, H.; GHOSE, M. Forest structure and species distribution along soil salinity and pH gradient in mangrove swamps of the Sundarbans. **Tropical Ecology**, v. 44, n. 2, p. 195-204, 2003.

LUEPSEN, H. The aligned rank transform and discrete variables: A warning. **Communications in Statistics-Simulation and Computation**, v. 46, n. 9, p. 6923-6936, 2017.

KRAUSS, K. W. et al. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. **Aquatic botany**, v. 89, n. 2, p. 105-127, 2008.

KRISTENSEN, P. 2004. The DPSIR framework. National Environmental Research Institute, Denmark, v. 10, 2004.

LUO, Y. Y.; NOT, C.; CANNICCI, S. Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: A review of present information and the way forward. **Environmental Pollution**, v. 271, p. 116291, 2021.

LUZ, G. C. B.; TEIXEIRA, S.F, Importância do Manguezal e das Barreiras Físicas na Contenção de Resíduos Sólidos nas Margens de um estuário urbano. **Ciência Geográfica**, v.23, p.14, 2023.

MACHADO, I. C.; MENDONÇA, J. T. Gestão pesqueira participativa no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida e área costeira adjacente. **Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira**. Série Áreas Protegidas do Brasil, v. 4, 2007.

MARTIN, C.; ALMAHASHEER, H.; DUARTE, C. M. Mangrove forests as traps for marine litter. **Environmental Pollution**, v. 247, p. 499-508, 2019.

MENDONÇA, J.T. Gestão dos recursos pesqueiros do complexo estuarino-lagunar de cananeia-Iguape-Ilha Comprida, litoral sul de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. UFSCar, Departamento de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. São Carlos. 384p., 2007.

MENDONÇA, J. T.; MACHADO, I. C.; JENSEN, L. V.; CAMPOLIM, M. B.; LUCENA, A.; CARDOSO, T. A. Ordenamento da pesca com cercos-fixos no estuário de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. Arquivos de Ciências do Mar, 44(2), 36 – 51, 2011.

MENDONÇA, J. T.; KATSURAGAWA, M. Caracterização da pesca artesanal no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, SP, Brasil (1995–1996). Maringá (PR). **Acta Scientiarum**, v. 3, p. 535-547, 2001.

MENDONÇA, J. T.; JANKOWSKY, M. A pesca de manjuba (“iriko”) no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia, Iguape e Paranaguá: subsídios para gestão. Proceedings II Simpósio Brasileiro Desenvolvimento Territorial Sustentável. Matinhos (PR). Volume 1:919-930, 2017.

MENDONÇA, J. T.; LUCENA, A. C. P. Avaliação das capturas de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* no município de Iguape, litoral sul de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 2, p. 169-179, 2009.

MENGHINI, R. P. Dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados: Ilha Barnabé (Baixada Santista), SP, Brasil. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), São Paulo, 222 p. (Tese de Doutorado), 2008.

MIM – Monitoramento Integrado De Manguezais. 2023. Brasil. Disponível em: @mangrove.monitoring. Acesso em: 01 mar. 2025.

MIYAO, S.Y.; HARARI, J. 1989. Estudo preliminar da maré e das correntes de maré da região estuarina de Cananéia (lat. 25ºS long. 48ºW). **Bol. Inst. Oceanogr**. – USP, v.37, n. 2, p.107-123.

MOTTA, F. S., BARCELLINI, V. C.; MENDONÇA, J. T.; MARTINS, A. B. M.; MORO, P.S. Pesquisa colaborativa sobre a pesca amadora em áreas protegidas: um estudo de caso APA cananeia-Iguape-Peruíbe, litoral sul de São Paulo. 2025. Pesca amadora no Brasil: um panorama sobre estudos, políticas públicas e desafios de gestão. Brasília, DF. Natureza em Foco.

MOTTA, F. S.; MENDONÇA, J. T.; MORO, P. S. Collaborative assessment of recreational fishing in a subtropical estuarine system: a case study with fishing guides from south-eastern Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 23, n. 3-4, p. 291-302, 2016.

DO NASCIMENTO, D. M.; DA SILVA MOURÃO, J.; ALVES, R. R. N. A substituição das técnicas tradicionais de captura do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) pela técnica "redinha" no estuário do rio Mamanguape, Paraíba**. Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 11, n. 2, p. 113-119, 2011.

NASCIMENTO, J. E. F. **Estudo da distribuição e variação das formas nitrogenadas dissolvidas em sistemas estuarinos brasileiros sob diferentes regimes de maré**. 2024. 141 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Oceanografia Química – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2024.

NAVI, S .M. F.; ABESSA, D. M. S. Gestão da poluição nas Unidades de Conservação marinhas e costeiras do Estado de São Paulo. Revista CEPSUL – Biodiversidade e Conservação Marinha; v.12, p.22, 2023.

OKUKU, E. O. et al. Are tropical mangroves a sink for litter leaking from land-and sea-based sources? Evidence from selected Kenyan mangroves. **Marine Pollution Bulletin**, v. 187, p. 114590, 2023.

PATRÍCIO, J. et al. DPSIR — two decades of trying to develop a unifying framework for marine environmental management?. **Frontiers in Marine Science**, v. 3, p. 177, 2016.

PEMALM. 2021. Plano estratégico de monitoramento e avaliação do lixo no mar do estado de São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo.

PERALTA, N. B. A. Diagnóstico da Pesca Artesanal em três unidades de conservação de uso Sustentável do Litoral Sul do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. 2020. 55 p. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2020.

PLASTICFREEJULY, 2025. Plastic Free Foundation, Australia. Disponível em: https://www.plasticfreejuly.org/. Acesso em: 09 jul. 2025.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Itajaí: UNESP: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente: Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul, 43 p., 2001.

PINTO, R. et al. Towards a DPSIR driven integration of ecological value, water uses and ecosystem services for estuarine systems. **Ocean Coast. Mang**. v. 72, 64 e 79, 2013.

POSADAS, B.C. et al. Qualitative assessment of the impacts of marine debris on Mississippi commercial shrimping. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 1-7, 2021.

QUEVEDO, J. M. D. et al. Applying the DPSIR framework to qualitatively assess the globally important mangrove ecosystems of Indonesia: A review towards evidence-based policymaking approaches. Marine Policy.v.147, 16 p., 2023.

RAHMAN, K. D.; DANA, N. H.; RAHMAN, M. M; MONDAL, H. S.; ISLAM, N. M. Degradation of mangrove forests in the Sundarbans: An assessment based on perspectives of mangrove resource collectors using the DPSIR framework. Trees, Forests and People. V.19, 11 p., 2025.

RAMOS, E. B.; GALLO, J. E. & VERRONE, V. M. A. Áreas da região lacunar Cananéia-Iguape susceptíveis da exploração pesqueira segundo diversos tipos de tecnologia, I - Pesca com cerco-fixo. Bol. Inst. Oceanogr., São Paulo, v.29, n.2, p. 329- 335, 1980.

SANTA FÉ, U. M. G.; DA ROCHA ARAÚJO, A. R. Seletividade e eficiência das artes de pesca utilizadas na captura de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), Sergipe, Brasil. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, 1(1), 29-44, 2013.

SAMIR, N. S.et al. The DPSIR framework for causes analysis of mangrove deforestation in Johor, Malaysia. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, v.6, p. 214-128, 2021.

SÃO PAULO. Plano de Resíduos Sólidos do estado de São Paulo. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. São Paulo. 2020. 227 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C. C.; CINTRÓN, G. Monitoramento do Ecossistema Manguezal: estrutura e características funcionais. In: Turra, A. & Dedanai, M.R. (orgs.). Protocolos de campo para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros. Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos. São Paulo – SP: IOUSP, p. 65 – 83. 255p., Capítulo 4, 2015.

SCHAEFFER-NOVELI, Y. et al. Brazilian mangroves. Aquatic Ecosystem Health & Management, v.3, n.4, p.561-570, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Ecossistema manguezal no Brasil: situação do conhecimento científico e recomendações para sua gestão, proteção e conservação .Capítulo2. Inventário das áreas úmidas brasileiras: Distribuição, ecologia, manejo, ameaças e lacunas de conhecimento [recurso digital] / Organizadores: Wolfgang. J. Junk; Cátia Nunes da Cunha. 1.ed. - Cuiabá-MT: Carlini & Caniato Editorial. 720 p., 2024.

SILVA, C.A.F.; BERNINI, E. Structural changes in mangrove forests along an urban gradient in Northern Brazil. Wetlands Ecology and Management, v.28, p.161-175, 2020.

SMEETS E.; WETERINGS R. Environmental indicators: typology and overview. *In*: Bosch P, Büchele M, Gee D (eds) European Environment Agency (EEA), vol 50. European Environment Agency, Copenhagan, 1999.

SPALDING, M. D; LEAL, M. (ed). The State of the World's Mangroves. Global Mangrove Alliance.49 p., 2022.

SOUZA, M. P.; PREZOTO, H. H. S. O uso das redes sociais para propagar a educação ambiental. Biológica - Caderno do Curso de Ciências Biológicas, v. 4, n. 1, p. 16, 2021. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14013373. Disponível em: https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/biologica/article/view/3028. Acesso em: 17 mar. 2025.

TESSLER, M;G.; SOUZA, L.A.P. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. Revista Brasileira de Oceanografia, v.46, n. 1, p. 69-83.

TURRA, A. Lixo no Mar. II Workshop do Plano de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar para o Estado de São Paulo, São Paulo (SP), 2020.

TURRA, A. et al. Lixo nos mares do entendimento à solução. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 113 p., 2020.

UNEP. United Nations Environment Programme. Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. **Regional Seas Reports and Studies** No. 186 IOC Technical Series n. 83, 2009.

UNEP. The Importance of Mangroves to People: A Call to Action. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (ed). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 128 p., 2014

UNEP. United Nations Environment Programme (2021). Turning off the Tap. How the world can end plastic pollution and create a circular economy. Nairobi, 2021.

WANG, L.; HOU, D. Plastistone: An emerging type of sedimentary rock. **Earth-Science Reviews**, v. 247, p. 104620, 2023.

WILCOX, C. et al. Using expert elicitation to estimate the impacts of plastic pollution on marine wildlife. **Marine policy**, v. 65, p. 107-114, 2016.