



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

**POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM DOIS ECOSISTEMAS COSTEIROS
DO CEARÁ, BRASIL.**

FORTALEZA

2022

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM DOIS ECOSISTEMAS COSTEIROS
DO CEARÁ, BRASIL.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Caroline Vieira Feitosa.

Fortaleza

2022

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM DOIS ECOSISTEMAS COSTEIROS
DO CEARÁ, BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Oceanografia do Instituto de Ciências do
Mar (LABOMAR) da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel em
Oceanografia.

Aprovada em: 15/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^a.Dra. Caroline Vieira Feitosa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Tommaso Giarrizzo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

M513p Menêzes, Ícaro Ben Hur.

Poluição por resíduos sólidos em dois ecossistemas costeiros do
Ceará, Brasil. / Ícaro Ben Hur Menêzes. – 2022.
48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal
do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia,
Fortaleza, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa.

1. Praia arenosa. 2. Poças de maré. 3. Lixo internacional. 4. Poluição. I.
Título.

CDD 551.46

Aos meus pais, Alexandra e Hilton.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), por ter concedido bolsa de Iniciação Científica pela qual foi possível a realização desta pesquisa.

À Prof. Dra. Caroline Viera Feitosa, pela excelente orientação e pela confiança, principalmente quando eu decidi trabalhar com resíduos sólidos.

Ao Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos, que me acolheu e serviu como uma segunda casa. E aos meus colegas e amigos de laboratório, que me incentivaram e aliviaram as minhas tensões em diversos momentos.

À Ruama, que foi minha parceira durante toda a realização desta pesquisa.

Ao Caio, que foi meu confidente e suporte emocional durante as etapas finais da graduação.

À Alice, que me ensinou muito sobre o meio acadêmico e sobre pesquisas científicas, além de ter me ajudado na elaboração dos mapas de localização.

Ao Grupo de Estudos e Articulação sobre Tartarugas Marinhas (GTAR) que abriu meus horizontes e me possibilitou conhecer a praia da Sabiaguaba, despertando em mim a vontade de desenvolver a presente pesquisa. Aos meus colegas e amigos do GTAR, que me apoiaram durante as coletas de resíduos sólidos na praia da Sabiaguaba.

Aos meus primos, Sara e Herisong, que serviram de base para todo meu desenvolvimento pessoal, além de estarem ao meu lado nos momentos em que eu mais precisei de um ombro amigo.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram durante toda minha vida, não importa o caminho que eu tenha decidido trilhar. Sem eles eu não teria chegado aonde cheguei.

A mim, que, apesar de todas as dificuldades e descontentamentos durante o curso, persisti e consegui chegar na etapa final da minha graduação.

“É o pior dos tempos, mas é o melhor dos tempos porque ainda temos uma chance. O nosso passado, o nosso presente e o que resta do nosso futuro, dependem absolutamente do que fazemos agora.”

Sylvia Earle

RESUMO

Os ecossistemas costeiros são ambientes com ricos em biodiversidade e feições morfológicas, proporcionando diversos serviços para os seres humanos, como moradia, oportunidades recreacionais e fonte de alimentos. Apesar de sua importância, estas regiões vêm sofrendo com as ações antropogênicas que deterioram suas características bióticas e abióticas, como a poluição por resíduos sólidos. O Estado do Ceará é rico em ecossistemas costeiros, dos quais podemos destacar as praias arenosas e as poças de maré, que ocorrem ao longo de todo o litoral. Esses ambientes, por serem de fácil acesso e estarem corriqueiramente próximos a centros urbanos, estão vulneráveis à poluição por resíduos sólidos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar esse tipo de poluição em uma praia arenosa localizada no município de Fortaleza e um recife intertidal, onde se formam poças de maré, no município de Caucaia, a fim de identificar o estado de poluição, a distribuição espacial e as tipologias de resíduos, a relação com a precipitação local e a presença de resíduos estrangeiros. Foram realizadas coletas mensais de resíduos sólidos em cinco pontos equidistantes na praia da Sabiaguaba e em três poças de maré de Iparana. Um total de 2913 e 563 resíduos sólidos foram coletados nas praias da Sabiaguaba e nas poças de maré de Iparana, respectivamente, totalizando densidades de 0,13 e 0,09 itens/m². A tipologia *plástico* foi a mais abundante, representando 74,91% e 84,30% de todos os itens coletados. Os resíduos estavam distribuídos de forma homogênea, ao longo dos dois ecossistemas. Foi observada uma correlação entre a densidade média de resíduos e a precipitação média mensal para ambos os ecossistemas. A praia da Sabiaguaba estava poluída, também, por resíduos internacionais, dos quais 79,55% eram da tipologia *plástico* e 52,27% foram fabricados na China. Estes resultados evidenciam a vulnerabilidade dos ambientes costeiros do Ceará, além de servirem como subsídio para a elaboração de ações de educação ambiental e como instrumento para uma melhor gestão costeira.

Palavras-chave: Praia arenosa; Poças de maré; Lixo internacional; Poluição.

ABSTRACT

Coastal ecosystems are environments rich in biodiversity and morphological features, providing several services to humans, such as habitation, recreational opportunities and food sources. Despite their importance, these regions have been suffering from anthropogenic actions that deteriorate their biotic and abiotic characteristics, such as pollution from solid wastes. The state of Ceará is rich in coastal ecosystems, of which we can highlight the sandy beaches and the tide pools that occur along the entire coast. These environments, because they are easily accessible and are routinely close to urban centers, are vulnerable to pollution by solid wastes. Thus, the present study aimed to evaluate this type of pollution in a sandy beach located in the city of Fortaleza and an intertidal reef, where tide pools are formed, in the city of Caucaia, in order to identify the state of pollution, the spatial distribution and typologies of waste, the relationship with local precipitation, and the presence of foreign wastes. Monthly solid waste collections were carried out in five equidistant points on Sabiaguaba beach and in three tide pools of Iparana. A total of 2913 and 563 solid wastes were collected on Sabiaguaba beach and in the tide pools of Iparana, respectively, totaling densities of 0.13 and 0.09 items/m². The *plastic* typology was the most abundant, representing 74.91% and 84.30% of all items collected. The residues were homogeneously distributed throughout the two ecosystems. A correlation was observed between the average density of wastes and the average monthly precipitation for both ecosystems. Sabiaguaba beach was also polluted by international debris, of which 79.55% was *plastic* and 52.27% was manufactured in China. These results show the vulnerability of the coastal environments of Ceará, besides serving as a subsidy for the development of environmental education actions and as a tool for better coastal management.

Keywords: Sandy beach; Tide pools; International debris; Pollution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da praia da Sabiaguaba.	16
Figura 2 - Mapa de localização das poças de maré de Iparana.	16

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Densidade de resíduos sólidos coletados na praia arenosa da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019, separados por tipologia. 21
- Gráfico 2 - Densidade de resíduos sólidos coletados nas poças de maré de Iparana durante o período de abril de 2018 a julho de 2019, separados por tipologia. 22
- Gráfico 3 - Densidade de resíduos sólidos coletados na praia arenosa da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019, separados por ponto de coleta. 23
- Gráfico 4 - Densidade de resíduos sólidos coletados nas poças de maré de Iparana durante o período de abril de 2018 a julho de 2019, separados por poça. 23
- Gráfico 5 - Matrizes de correlação entre as precipitações médias (mm) e as densidades médias de resíduos sólidos (itens/m²). 24
- Gráfico 6 - Gráficos de dispersão da densidade média de resíduos sólidos (itens/m²) sobre a precipitação média (mm). 24
- Gráfico 7 - Gráfico de barras da abundância de resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019. 27
- Gráfico 8 - Gráfico de barras do estado de incrustação dos resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019. 27
- Gráfico 9 - Gráfico de barras da integridade de resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019. 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipologia dos resíduos internacionais coletados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019 e suas descrições quanto ao tipo de itens, marcas e nacionalidades. 25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MATERIAL E MÉTODOS	16
3	RESULTADOS	20
4	DISCUSSÃO	31
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXO A – Esponja (<i>Callyspongia vaginalis</i>) envolta de resíduo proveniente de atividade pesqueira.	44
	ANEXO B – Resíduo internacional enferrujado.	45
	ANEXO C – Resíduo internacional incrustado por cracas.	46

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros são ambientes que proporcionam uma amplitude de serviços essenciais para a humanidade, como alimentação, regulação climática e oportunidades recreacionais (BURKE *et al.*, 2001). Estas zonas são constituídas por uma diversidade de habitats, cada um com sua importância ecológica e econômica (BURKE *et al.*, 2001), dentre os quais se destacam as praias arenosas e as poças de maré, devido a sua fácil acessibilidade, beleza cênica, riqueza de espécies, oportunidades recreacionais e disponibilidade de recursos vivos para a alimentação. Tais fatores aumentam o interesse humano por esses ecossistemas (DEFEO *et al.*, 2009; FAIRCHILD *et al.*, 2018). Embora esses dois ecossistemas se localizem na região costeira, eles apresentam características que os distinguem.

As praias arenosas são um ecossistema aberto e dinâmico, habitado por diversas espécies marinhas e terrestres e que atrai a atenção humana devida sua beleza cênica, possibilidades de lazer e disponibilidade de alimento (DEFEO *et al.*, 2009; MCLACHLAN; DEFEO, 2018). Esta zona configura-se como um importante e diverso ecossistema, pois está repleta de organismos de diferentes táxons que ocupam os mais diversos espaços ao longo do perfil praiial (DEFEO *et al.*, 2009). As poças de maré são ambientes formados pela retenção de água, durante a baixamar, em áreas costeiras onde há a presença de *beachrocks*, os quais são moldados em desníveis e passagens estreitas pela ação contínua de ondas e de tempestades, assim como pela erosão (DUMARESQ, 2019; HORN; MARTIN; CHOTKOWSKI, 1999). Estes ambientes são ricos em biodiversidade e extremamente produtivos, além de apresentarem variações rápidas dos parâmetros físico-químicos (e.g. temperatura e salinidade), em decorrência dos ciclos de maré e tempo do dia, porém ainda são vulneráveis à poluição (HORN; MARTIN; CHOTKOWSKI, 1999).

À medida que as populações costeiras se desenvolvem, maiores são as modificações físicas e ecológicas destas regiões, abrangendo escalas espaciais e temporais de grandes amplitudes a ponto de vulnerabilizar praticamente todos os tipos de ecossistemas costeiros (DEFEO *et al.*, 2009). Parte da preocupação está relacionada aos impactos adversos ao meio ambiente e sua severidade, promovidos por uma diversidade de atividades humanas (e.g. recreação, poluição, exploração de organismos) que atingem direta ou indiretamente as praias arenosas (DEFEO *et*

al., 2009). Como as poças de maré são ecossistemas costeiros que estão associados, ou localizam-se próximos, às praias arenosas, é esperado que problemáticas semelhantes relacionadas às atividades humanas possam se estender a este ambiente intertidal, além das atividades antropogênicas particulares das poças de maré (e.g. pesca, coleta de peixes ornamentais, dissolução de produtos químicos na água provenientes de protetores solar e bronzeadores, pisoteio de organismos bentônicos).

Tanto as praias arenosas quanto as poças de maré sofrem por meio do descarte de resíduos por pessoas que visitam a praia, assim como de acumulações de lixo marinho provenientes de fontes externas, trazida por meio de forças físicas, como as ondas e as correntes marinhas (MCLACHLAN; DEFEO, 2018). A presença desses resíduos pode ocasionar efeitos deletérios às funções biológicas e ecológicas dos organismos que ali habitam, assim como deteriorar os aspectos paisagísticos, econômicos e culturais da região (DOMÍNGUEZ-TEJO *et al.*, 2018; MCLACHLAN; DEFEO, 2018; CAMPBELL *et al.*, 2019; GALL; THOMPSON, 2015; RANGEL-BUITRAGO; WILLIAMS; ANFUSO, 2018).

Este tipo de poluição tornou-se um problema recorrente em diversos ecossistemas marinhos e costeiros, abrangendo desde a superfície do mar (REISSER *et al.*, 2013) até o fundo dos oceanos (GALGANI *et al.*, 2000). As praias arenosas são ambientes bastante propícios à avaliação desse tipo de poluição devido principalmente sua acessibilidade, permitindo monitoramentos de baixo custo, sistemáticos e de amplo alcance (ANDRADES *et al.*, 2020). Especificamente em praias arenosas, os resíduos sólidos variam em composição e abundância, mas possuem excepcionalmente uma característica em comum, a prevalência de itens plásticos (ASENSIO-MONTESINOS *et al.*, 2019; ANDRADES *et al.*, 2020).

Os resíduos sólidos, principalmente os plásticos, podem afetar direta ou indiretamente os organismos presentes nos ecossistemas costeiros, podendo prejudicar diversos aspectos dos seus ciclos de vida, como os processos reprodutivos (FUJISAKI; LAMONT, 2016; GÜNDOĞDU; YESILYURT; ERBAS, 2019) e alimentares (BENEDITTO; AWABDI, 2014; VÉLEZ-RUBIO *et al.*, 2018). Esta problemática é agravada quando espécies vulneráveis ou ameaçadas de extinção (e.g. tartarugas marinhas) interagem com essa poluição, comprometendo a conservação destes organismos. Diversas espécies de organismos marinhos e costeiros são afetadas pela poluição por resíduos sólidos, em especial os plásticos,

sofrendo impactos físicos (emaranhamento, dificuldade de locomoção, afogamento) e bioquímicos (intoxicação pela liberação de substâncias tóxicas presentes nos plásticos), acarretando muitas vezes a morte do animal (DERRAIK, 2022; GALL; THOMPSON, 2015).

Além disso, a depreciação paisagística provocada pela poluição por resíduos sólidos em ambientes costeiros compromete a economia de diversas localidades, uma vez que muitos turistas deixam de visitar os locais poluídos (BALLANCE; RYAN; TURPIE, 2000). Outra problemática dos resíduos em praias é a exposição de transeuntes ao lixo potencialmente perigoso para a saúde, comprometendo a segurança de pessoas de todas as faixas etárias, principalmente crianças (CAMPBELL *et al.*, 2019).

Há na literatura diversas pesquisas acerca da quantificação e caracterização dos resíduos sólidos em praias ao longo do planeta, porém a costa brasileira ainda possui uma deficiência nas estimativas espaço-temporais sobre essa poluição (SILVA *et al.*, 2015). Apesar disso, uma avaliação em larga escala foi realizada em diversas praias brasileiras, reafirmando a problemática da poluição dos resíduos sólidos, principalmente os resíduos plásticos, no país (ANDRADES *et al.*, 2020). As poças de maré também apresentam pouquíssimos levantamentos acerca da poluição por resíduos sólidos, sendo os costões rochosos (CARVALHO-SOUZA; TINÔCO, 2011; MACHADO; FILLMANN, 2010) e os fundos marinhos até 15 metros de profundidade (MACHADO; FILLMANN, 2010) os ambientes já pesquisados, destacando a carência de dados sobre como a poluição por resíduos sólidos se dá nas poças de maré.

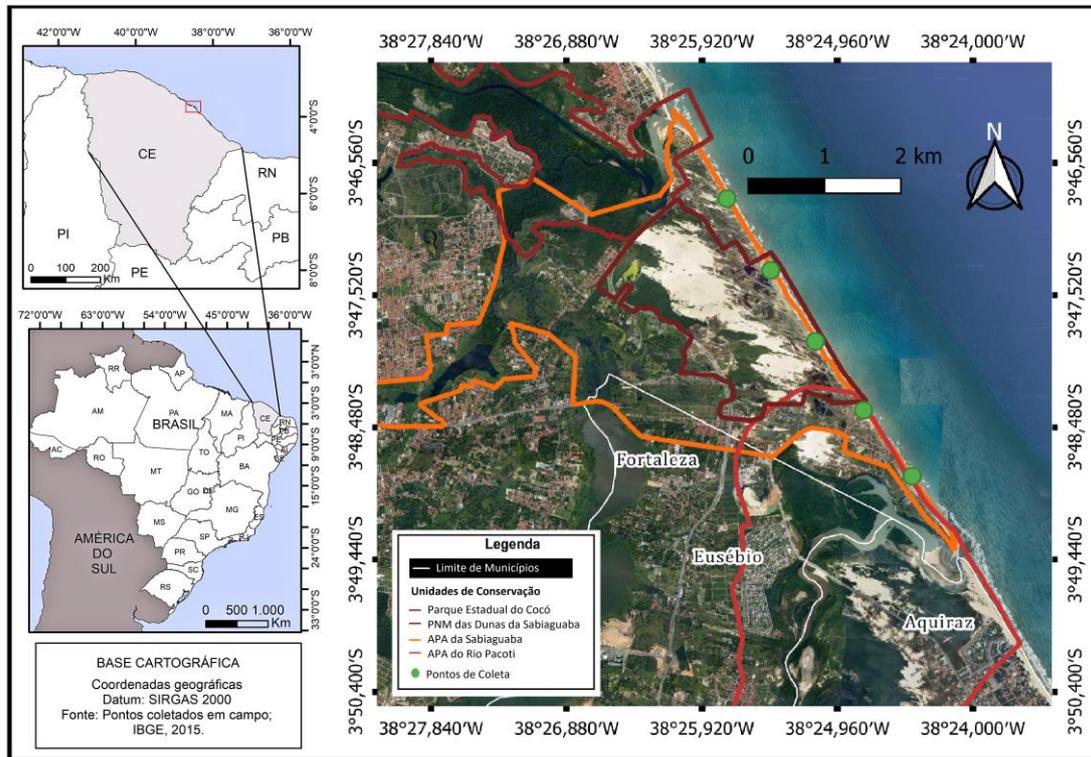
Apesar dos novos esforços para se caracterizar a poluição de ambientes costeiros, poucos estudos foram realizados no litoral do Ceará, em especial focados em áreas que contenham algum tipo de proteção ambiental. A defasagem desses dados mostra a necessidade de avaliar a poluição dos ecossistemas do Estado por resíduos sólidos. Desta forma, este trabalho teve como objetivo (1) caracterizar quali-quantitativamente a poluição por resíduos sólidos em dois ecossistemas costeiros do Ceará; (2) identificar a distribuição espacial desses resíduos; (3) correlacionar a densidade de resíduos com a precipitação da região; (4) registrar a possível presença de lixo internacional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A praia da Sabiaguaba (Figura 1) possui aproximadamente de 6,8 quilômetros de extensão, localiza-se no litoral leste do município de Fortaleza, está situada entre os estuários do rio Cocó, ao norte, e do rio Pacoti, ao sul, e é banhada pelo oceano Atlântico Sul. A região insere-se em um mosaico de unidades de conservação, que abrange o Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba (PNMDS) e a Área de Proteção Ambiental da Sabiaguaba (APA da Sabiaguaba), ambas estabelecidas no dia 20 de fevereiro de 2006, pelo Poder Público Municipal, por meio dos decretos nº 11.986 e nº 11987, respectivamente (FORTALEZA, 2006a,b). Devido suas unidades de conservação, em especial o PNMDS, a praia da Sabiaguaba encontra-se em um bom estado de conservação, com pouca ou nenhuma ocupação humana ao longo de sua extensão, apesar de não haver monitoramentos e trabalhos de conservação sendo realizados pelo poder público.

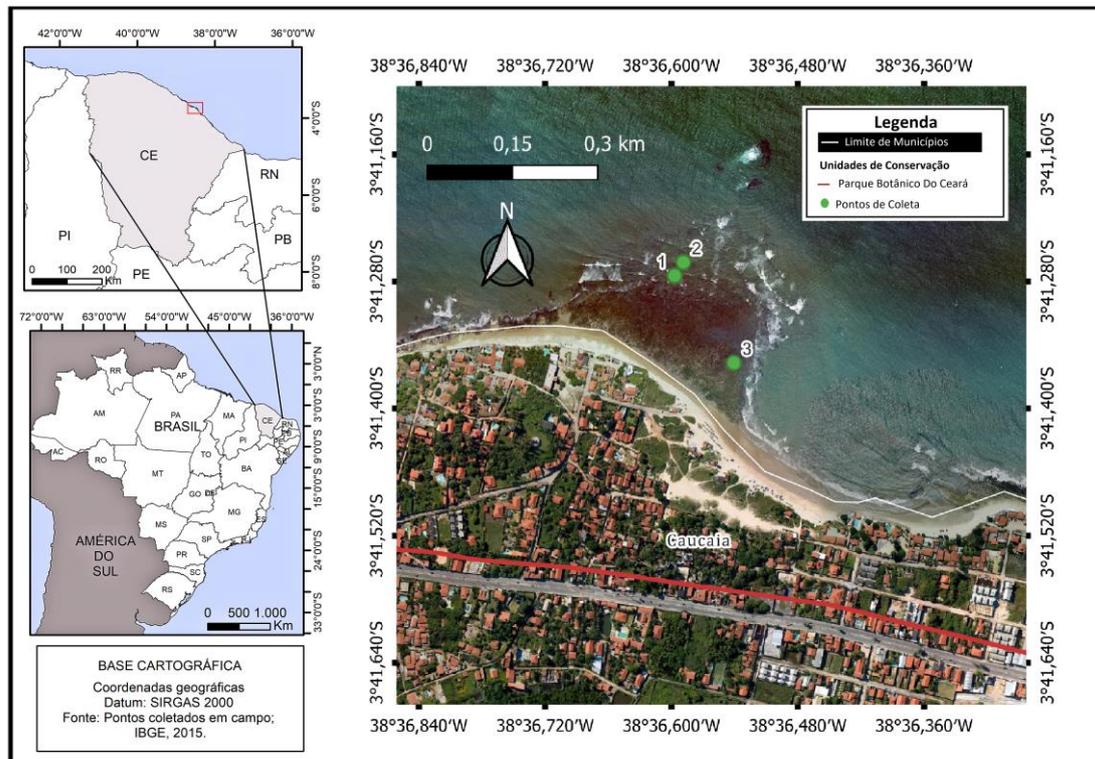
A praia de Iparana (Figura 2) localiza-se no município de Caucaia, à oeste da cidade de Fortaleza, e apresenta *beachrocks* na praia, os quais formam, na maré baixa, poças de maré, ambientes recifais importantes para a biodiversidade, uma vez que servem de berçário e refúgio para diversas espécies de peixes. As poças de maré localizam-se a aproximadamente de 2,5 quilômetros da foz do Rio Ceará, adjacente à APA do Estuário do Rio Ceará, que foi estabelecida no dia 29 de março de 1999, por meio do decreto nº 25.413 (CEARÁ, 1999), e está ampliada por meio do decreto nº 32.761 de 16 de julho de 2018 (CEARÁ, 2018).

Figura 1 - Mapa de localização da praia da Sabiaguaba.



Fonte: Alice Frota.

Figura 2 - Mapa de localização das poças de maré de Iparana.



Fonte: Alice Frota.

Para a coleta de resíduos sólidos na praia da Sabiaguaba, cinco transectos, distribuídos de forma equidistante um do outro, foram estabelecidos ao longo da praia, os quais compreenderam uma área com 10 metros de largura e comprimento variável, estendendo-se da linha de maré de baixa-mar até o início da vegetação ou interferência antropogênica (NEVES *et al.*, 2011). A área dos transectos foi calculada com o auxílio de aparelho GPS (GarminTrex 10) através da função “Area Calculation”. Ao todo 12 coletas foram realizadas durante os meses de maio de 2018 e abril de 2019, totalizando 60 amostras. Os resíduos coletados foram levados para o laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos (DIPEMAR), onde foram lavados, secados, pesados e classificados de acordo com as seguintes categorias: plástico, madeira, metal, papel, arte de pesca, vidro, espuma, tecido, borracha, isopor e diversos.

Na praia de Iparana, três poças de maré foram selecionadas para a condução da pesquisa, as quais apresentavam profundidade suficiente para que o mergulhador não se chocasse com o substrato enquanto flutuava. A amostragem foi realizada por meio de censo visual, utilizando a metodologia que Carvalho-Souza e Tinôno (2011) adaptaram a partir do *Rover Diving Census* (RDC; GINSBURG *et al.*,

1998 *apud* CARVALHO-SOUZA; TINÔCO, 2011), no qual um mergulhador percorreu toda a área delimitada das poças de maré de maneira intensiva por 30 minutos, coletando os resíduos presentes no substrato e na coluna d'água, acondicionando-os em saco de malha para evitar recontagens e tabulando os resíduos em prancheta de PVC. Ao todo foram realizadas 12 coletas durante os meses de abril de 2018 e julho de 2019, totalizando 36 amostras. Os resíduos sólidos coletados foram armazenados em sacolas de lixo e descartados apropriadamente. Foram tabulados os dados de abundância e de tipo de material dos resíduos, os quais foram classificados nas mesmas categorias descritas para os resíduos da Sabiaguaba.

Os dados de precipitação foram obtidos no site da FUNCEME. Os postos pluviométricos mais próximos das praias foram escolhidos para a coleta desses dados. Para a praia da Sabiaguaba foi escolhido o Posto FUND.MA.NILVA (ÁGUA FRIA - 311), enquanto para a praia de Iparana o posto escolhido foi o Posto PICI (363). Por fim, foi realizada uma média aritmética dos dados de precipitação mensal relativa a cada mês de coleta.

Os dados foram tabulados em planilha do Microsoft Excel para a realização de estimativas de densidade (itens/m²) de resíduos sólidos quanto aos seus pontos de coleta e suas categorias. Quanto aos resíduos internacionais, estes foram classificados quanto às suas nacionalidades, tipologias, integridade física (intacto ou fragmentado) e presença ou ausência de organismos incrustantes, além de serem apresentados a partir de suas abundâncias. As análises de hipóteses foram realizadas no software PAST4. Os dados foram testados quanto aos pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Levene).

Todos os dados analisados não apresentaram distribuição normal, logo foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para testar diferenças significativas entre as densidades de resíduos para cada ponto de coleta na praia da Sabiaguaba e para cada poça de maré na praia de Iparana, assim como para testar diferenças significativas entre as densidades das categorias de resíduos encontrados em ambos os ecossistemas. Devido a não homocedasticidade das variâncias nos dados de densidade e precipitação, foram realizadas Correlações de Spearman (r_s) para observar se havia alguma relação entre essas variáveis nos dois

ecossistemas. Os testes estatísticos foram realizados através do software PAST4, no nível de significância de 0,05%.

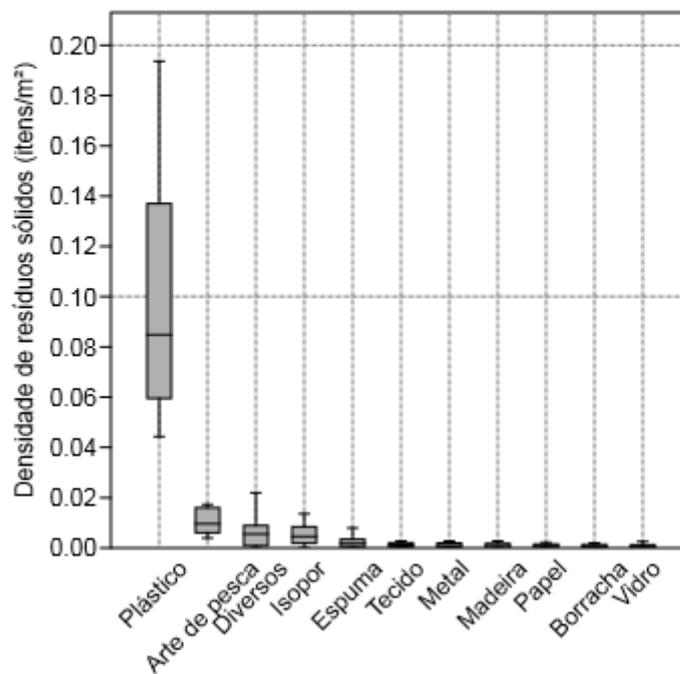
3 RESULTADOS

Observou-se que ambos os ecossistemas avaliados estão poluídos por resíduos sólidos. Um total de 2913 itens foi coletado na praia da Sabiaguaba, totalizando 17,32 quilogramas de resíduos. Enquanto na praia de Iparana foram coletados 563 itens nas poças de maré. Devido a inviabilidade de transporte dos resíduos coletados em Iparana para análise em laboratório, estes itens não foram pesados. A tipologia *plástico* foi a mais abundante em ambas as áreas. Na praia arenosa, estes itens contribuíram com 74,91% da densidade de resíduos coletados, enquanto que nas poças de maré representaram 84,30%. De fato, os itens plásticos diferiram significativamente de todas as outras tipologias observadas na praia arenosa ($H=75,19$; $p=3,64E-12$) e nas poças de maré ($H=45,77$; $p=8,90E-10$).

A ordem de representatividade das outras tipologias de lixo mais abundantes divergiu entre as regiões. Na praia da Sabiaguaba, as categorias *arte de pesca* (7,72%), *diversos* (4,67%), *isopor* (3,84%) e *espuma* (1,69%) foram as quatro tipologias mais abundantes após os resíduos plásticos (Gráfico 1), enquanto em

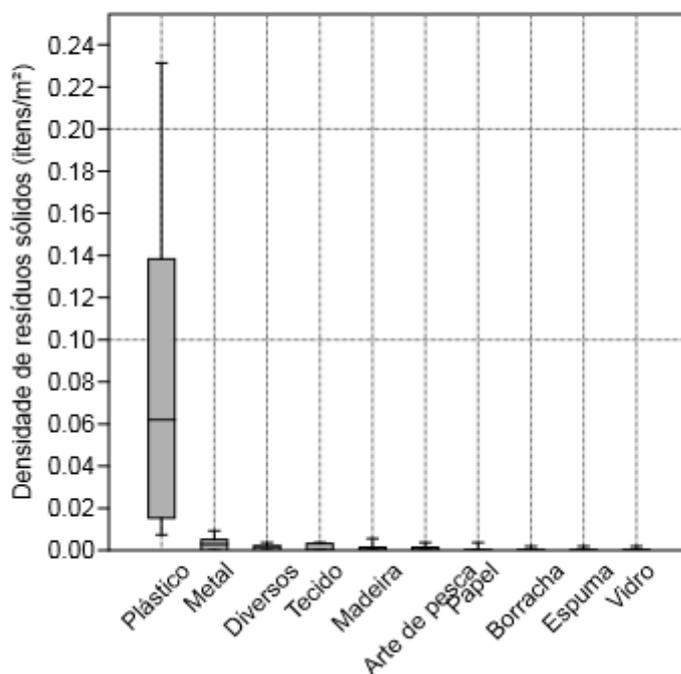
Iparana foram *metal* (3,37%; n=19), *diversos* (1,78%; n=10), *tecido* (1,42%; n=8) e. A tipologia *isopor* não foi coletada em Iparana (Gráfico 2) e as demais tipologias de resíduos não apresentaram abundância maior que um por cento em nenhum dos ambientes estudados.

Gráfico 1 - Densidade de resíduos sólidos coletados na praia arenosa da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019, separados por tipologia.



Fonte: Autor.

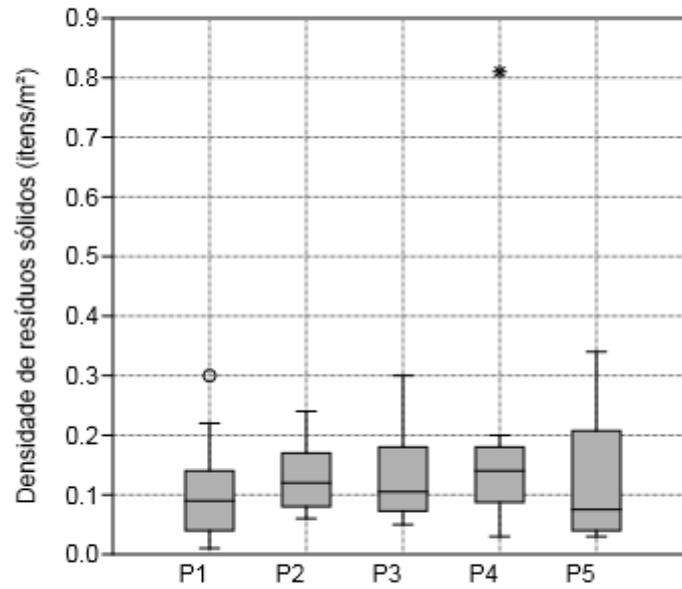
Gráfico 2 - Densidade de resíduos sólidos coletados nas poças de maré de Iparana durante o período de abril de 2018 a julho de 2019, separados por tipologia.



Fonte: Autor.

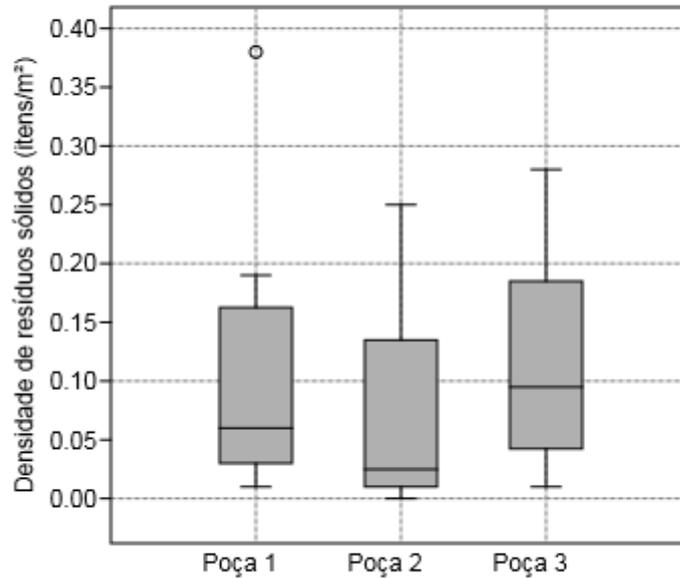
A densidade de resíduos sólidos nos dois ambientes foi similar, atingindo valores de 0,13 e 0,09 itens/m² na praia da Sabiaguaba e nas poças de maré de Iparana, respectivamente. Com relação à distribuição dos resíduos sólidos, não foi possível observar diferenças estatísticas nas densidades de resíduos entre os pontos de coleta na praia da Sabiaguaba ($H=3,494$; $p=0,4771$; Gráfico 3) e entre as poças de maré na praia de Iparana ($H=3,227$; $p=0,1977$; Gráfico 4), indicando uma distribuição homogênea de resíduos ao longo da extensão da praia arenosa e das poças de maré.

Gráfico 3 - Densidade de resíduos sólidos coletados na praia arenosa da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019, separados por ponto de coleta.



Fonte: Autor.

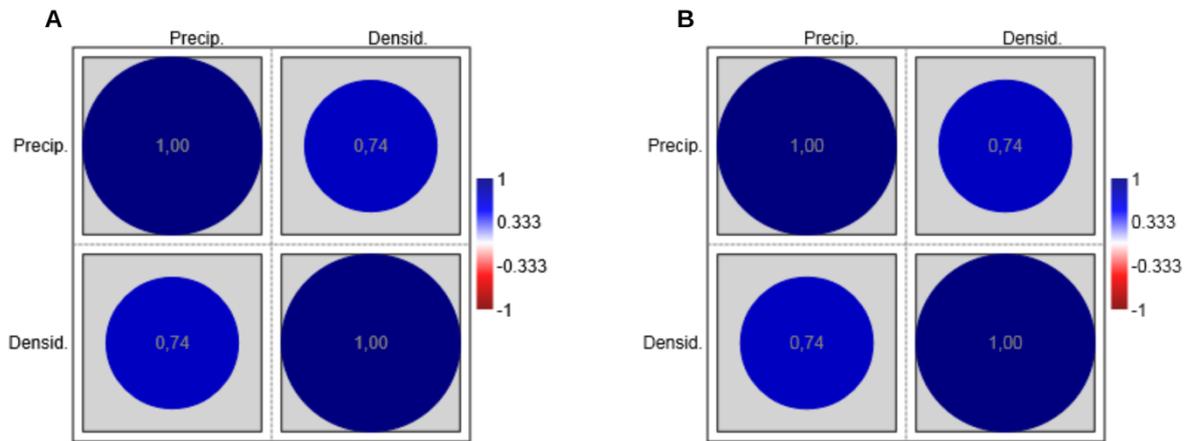
Gráfico 4 - Densidade de resíduos sólidos coletados nas poças de maré de Iparana durante o período de abril de 2018 a julho de 2019, separados por poça.



Fonte: Autor.

Os dados de densidade e precipitação médias apresentaram uma forte correlação positiva tanto para a praia da Sabiaguaba ($r_s=0,742$; $p=0,0058$), quanto para as poças de maré de Iparana ($r_s=0,739$; $p=0,0060$), demonstrando um aumento em conjunto das duas variáveis (Gráfico 5 e Gráfico 6).

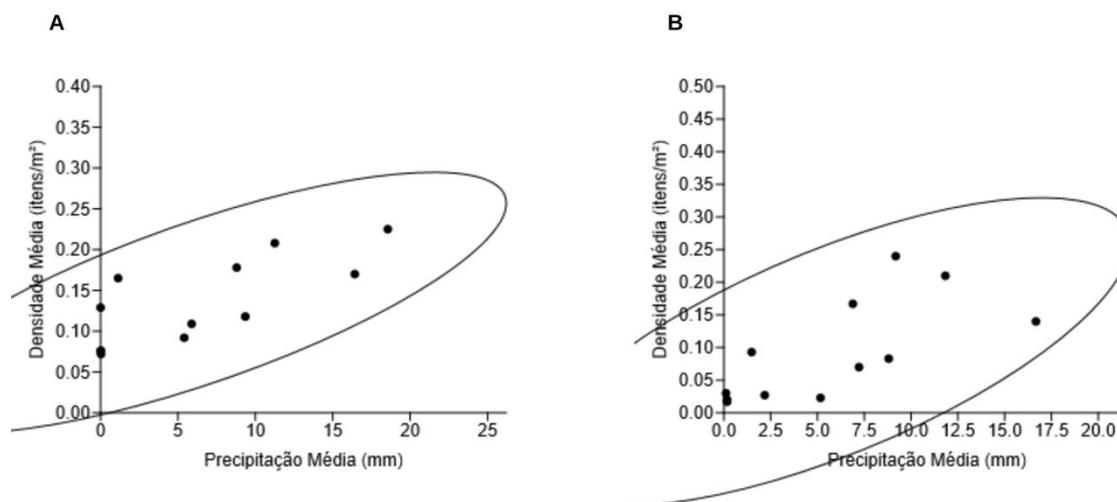
Gráfico 5 - Matrizes de correlação entre as precipitações médias (mm) e as densidades médias de resíduos sólidos (itens/m²).



Fonte: Autor.

Nota: (A) matriz de correlação para a praia da Sabiaguaba; (B) matriz de correlação para as poças de maré de Iparana. A área cinza mostra o valor de confiança: $p < 0,05$.

Gráfico 6 - Gráficos de dispersão da densidade média de resíduos sólidos (itens/m²) sobre a precipitação média (mm).



Fonte: Autor.

Nota: (A) gráfico de dispersão para a praia da Sabiaguaba; (B) gráfico de dispersão para as poças de maré de Iparana. A elipse mostra o intervalo de confiança de 95%.

Foi observada na praia da Sabiaguaba a presença de resíduos de origem estrangeira. Um total de 44 resíduos internacionais foi coletado, apesar de ter sido observado uma quantidade ainda maior desses resíduos ao longo da praia durante

o período de coleta. A totalidade desses resíduos não foi coletada por não estarem dentro dos pontos de coleta durante as amostragens. Os itens estrangeiros pertenciam principalmente a tipologia *plástico* (79,55%, n=35), seguido das tipologias *metais* (13,64%, n=6) e *tetrapark* (6,82%, n=3). Ao todo, 22 marcas distribuídas em 12 nacionalidades, com exceção de um resíduo não identificado, caracterizavam esses resíduos (Tabela 1), evidenciando uma diversidade de origem de fabricação. Todos os resíduos foram compostos de itens de uso único, como garrafas de água e bebidas (Tabela 1), com exceção dos resíduos em que seu uso não pode ser identificado. De fato, as garrafas de água representaram a maior quantidade de resíduos internacionais, totalizando 63,64% (n=28).

Tabela 1 - Tipologia dos resíduos internacionais coletados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019 e suas descrições quanto ao tipo de itens, marcas e nacionalidades.

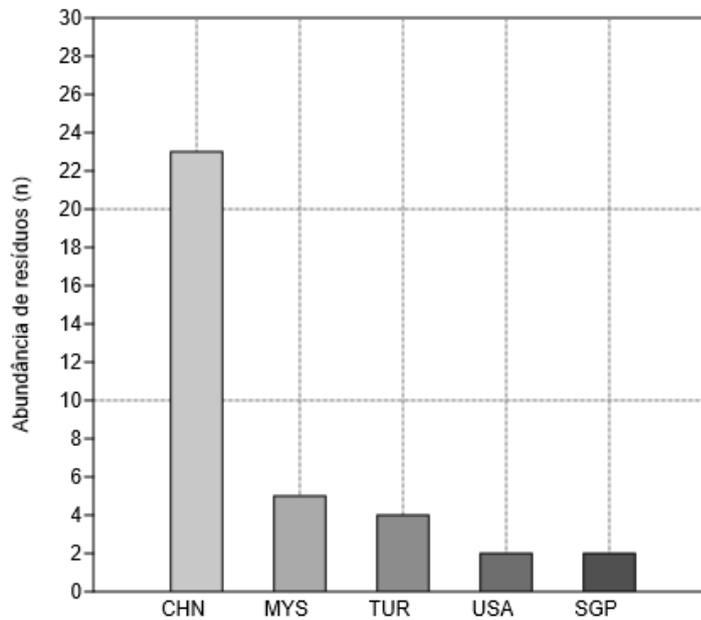
Tipologia	Item	Marca	Nacionalidade	
Plástico	Garrafa de água	Nongfu Spring	China	
		Cactus	China	
			Malásia	
		Damla	Turquia	
		Zephyrhills	Estados Unidos	
		Sun d'OrNaturel	Holanda	
		Seda	Turquia	
		PereOcean	Malásia	
			China	
			Malásia	
	Não identificado		C'estbon	China
			Swissta	República Democrática do Congo
			One Drink	Malásia
			Não identificado	China
			Tang (Coca Cola)	China
	WackerChemie	Alemanha		
	HanwhaChemical	Coréia do Sul		

		Não identificado	China
		Não identificado	Turquia
	Inseticida	Peykar	Não identificado
		Não identificado	Turquia
Metal	Cerveja	Tsingtao	China
	Bebida	Warka	Polônia
	Não identificado	Apex	Singapura
		WD-40	Estados Unidos
	Suco	Real Fruit Power	Índia
Tetrapark		Sunfresh	Singapura
	Bebida	SuperSupau	Tailândia

Fonte: Autor.

Os resíduos provenientes da China foram os mais abundantes (52,27%, n=23), seguido dos resíduos da Malásia (11,36%, n=5), Turquia (9,09%, n=4), Estados Unidos (4,55%, n=2) e Singapura (4,55%, n=2). Itens das outras nove nacionalidades apareceram apenas uma vez durante o período amostral (Gráfico 7). Quanto ao estado de incrustação e à integridade desses resíduos, a maioria (86,37%, n=38) não estava incrustada (Gráfico 8) e se apresentaram intactos (79,55%, n=35; Gráfico 9).

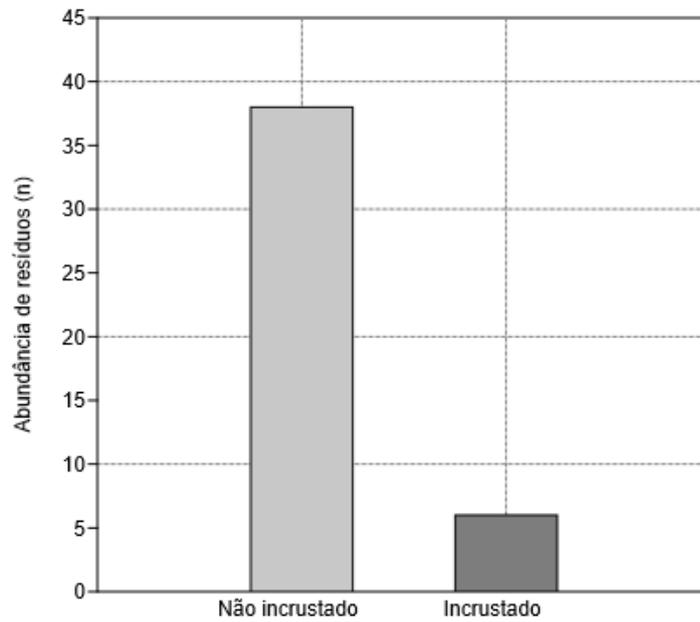
Gráfico 7 - Gráfico de barras da abundância de resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019. Legenda:



Fonte: Autor.

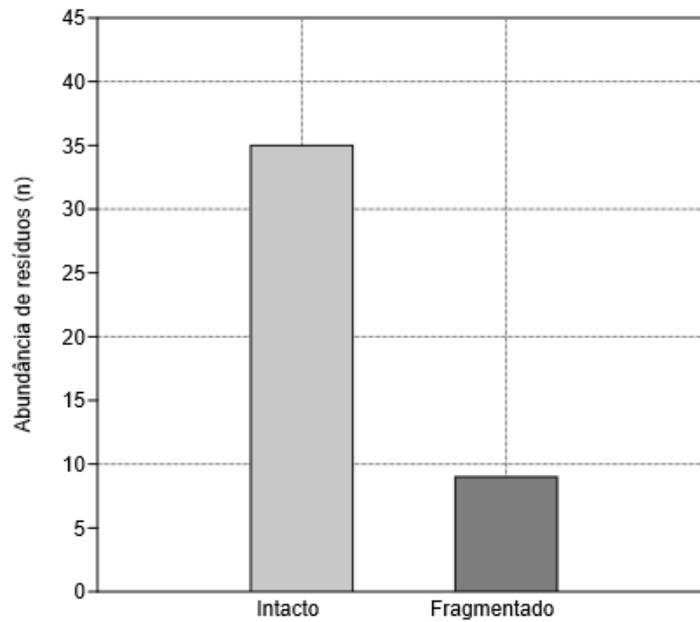
Legenda: CHN = China; MYS = Malásia; TUR = Turquia; USA = Estados Unidos; SGP = Singapura.

Gráfico 8 - Gráfico de barras do estado de incrustação dos resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019.



Fonte: Autor.

Gráfico 9 - Gráfico de barras da integridade de resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba durante o período de maio de 2018 a abril de 2019.



Fonte: Autor.

4 DISCUSSÃO

A praia da Sabiaguaba e as poças de maré de Iparana estão poluídas por resíduos sólidos, evidenciando a fragilidade desses ecossistemas devido às ações antropogênicas. Os resíduos plásticos foram os mais abundantes nas duas regiões, como já era esperado, uma vez que a prevalência desta tipologia de resíduo é recorrente nos ecossistemas costeiros (ANDRADES *et al.*, 2020; AYTAN; SAHIN; KARACAN, 2019; CARVALHO-SOUZA; TINÔCO, 2011; COMPA *et al.*, 2022; DE *et al.*, 2022; MACHADO; FILLMAN, 2010; RAMOS *et al.*, 2021; TERZI; ERÜZ; ÖZŞEKER, 2020). Essa maior abundância de plástico está relacionada principalmente ao aumento da produção destes itens ao longo dos anos (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017; PLASTICSEUROPE, 2021), possibilitando um maior consumo de itens associados a atividades domésticas, turísticas e recreacionais, as quais representam a maior proporção de resíduos encontrados em praias brasileiras (ARAÚJO; COSTA, 2007; RAMOS *et al.*, 2021)

Os plásticos são materiais diversos com relação às suas características físicas e químicas, resistentes e indubitavelmente perigosos ao bem-estar dos organismos que venham a interagir com eles (DERRAIK, 2002; GALL; THOMPSON, 2015). Uma vez descartados no meio ambiente, esses resíduos são carregados pelos rios até a região costeira adjacente e, conseqüentemente, para o oceano (ARAÚJO; COSTA, 2007; RECH *et al.*, 2014; JAMBECK *et al.*, 2015; LEBRETON *et al.*, 2017), com exceção daqueles que já são descartados em ambientes costeiros e marinhos. Além disso, os resíduos plásticos podem se degradar através de mecanismos abióticos e bióticos diversos (ZHANG *et al.*, 2021), fragmentando-se em pedaços de tamanhos variados, culminando na formação de microplásticos (IVLEVA; WIESHEU; NIESSNER, 2017). Outra periculosidade associada aos plásticos no ambiente marinho é a intoxicação da fauna devido às substâncias tóxicas presentes nos plásticos, como os PCBs (RYAN *et al.*, 1988) e os metais poluentes que podem ser acumulados (ROCHMAN; HENTSCHEL; TEH, 2014).

Decorrente do exposto acima, os resíduos plásticos caracterizam-se como uma das grandes ameaças à conservação da vida marinha e costeira. Sua presença nesses ecossistemas impacta uma grande diversidade de organismos, interagindo principalmente através do emaranhamento e ingestão (DERRAIK, 2002; GALL;

THOMPSON, 2015). Ademais, o transporte de resíduos de uma região para outra potencializa o transporte de espécies exóticas (BARNES; MILNER, 2005; MANTELATTO *et al.*, 2020) ou com potencial patogênico (LACERDA *et al.*, 2022), favorecendo a dispersão e a expansão geográfica dessas espécies nos ecossistemas marinho e costeiro.

Embora os resíduos plásticos tenham sido os mais abundantes nos dois ecossistemas, outras tipologias também se destacaram, mas de forma mais tímida. Na praia da Sabiaguaba, os resíduos da tipologia *arte de pesca* apresentaram a segunda maior abundância (Gráfico 1), sendo compostos por materiais de pesca fragmentados, como emaranhado de linhas de nylon, pedaços de tela utilizados em manzuás e isopores utilizados para a flutuabilidade de redes de pesca. Na região da praia da Sabiaguaba ocorrem corriqueiramente atividades pesqueiras, seja da própria comunidade tradicional da Sabiaguaba, ou de pescadores "solitários" que pescam à beira mar. A perda, o abandono ou o descarte de artes de pesca no ambiente marinho é algo recorrente, ocasionando o acúmulo desses materiais ou partes deles no mar e possibilitando interações negativas com a fauna na forma de pesca fantasma e alterações no ambiente bentônico (FAO, 2009). Ainda é possível que, caso permaneça tempo suficiente no mar, ocorra o crescimento de organismos bentônicos ao redor desses resíduos, como observado no presente trabalho (Anexo I) ou que transportem espécies exóticas para outros ambientes (FAO, 2009).

Em seguida, os itens *diversos* foram compostos de todos os materiais que não se enquadram nas categorias de resíduos utilizadas nesta pesquisa, dentre os quais se destacam as bitucas de cigarro, materiais de construção e outros resíduos com composição diversificada, mas de mesma proporção (e.g. resíduos compostos por plástico e metal). Estes itens, assim como os resíduos das seguintes categorias mais representativas, *isopor* e *espuma* estão intimamente associados às atividades antropogênicas locais, uma vez que em alguns trechos da praia ocorrem barracas e residências, propiciando uma maior concentração de pessoas. A partir do consumo nesses locais, e do descarte intencional ou incidental de resíduos dessas tipologias, itens como bitucas, tampas e pedaços de isopor, pedaços de concreto, telha e parede e pedaços de espuma de sofá facilmente se acumulam na praia.

Diferente da praia da Sabiaguaba, o segundo resíduo mais abundante nas poças de maré de Iparana foi os itens de *metal*, como latas e fragmentos de metal

não identificados. Os outros resíduos mais representativos em Iparana foram os materiais *diversos* e de *tecido*. Duas barracas de praia situam-se em frente às poças de maré, além de residências da comunidade local. Essa concentração de pessoas favorece o descarte ou perda dos resíduos dessas categorias na região, os quais ficam presos dentro das poças durante a maré baixa. Os resíduos da tipologia *tecido* também podem ser provenientes do rio Ceará, o qual se encontra próximo às poças de maré. Vale ressaltar que para ambos os ecossistemas, o aporte fluvial dos rios Pacoti (Sabiaguaba) e Ceará (Iparana), também podem ser vetores de resíduos para esses ambientes, uma vez que diversos municípios estão à margem do curso desses rios e podem contribuir com o descarte de lixo para a região costeira adjacente.

Foi observado que os resíduos sólidos estão homogeneamente distribuídos ao longo dos dois ecossistemas. Terzi, Erüz e Özşeker (2020) também observaram um padrão semelhante na distribuição de resíduos ao longo de diversas praias da Turquia, onde não foi possível observar diferenças significativas entre as estações de coleta, mesmo quando localizadas na foz dos rios. As características físicas dos plásticos (e.g. forma e densidade), combinados com as forçantes meteoceanográficas da zona costeira (e.g. direção e velocidade dos ventos e das ondas), determinam a dinâmica do transporte desses resíduos (FORSBERG *et al.*, 2020), podendo ser fatores determinantes na distribuição e homogeneização da densidade de resíduos observada na praia da Sabiaguaba. As outras tipologias de resíduos também estão suscetíveis a essas forçantes, uma vez que apresentem a fluabilidade necessária para serem transportados ao longo da praia. Naturalmente, espera-se que condições meteoceanográficas semelhantes influenciem a distribuição de resíduos nas poças de maré, apesar da dinâmica da distribuição e transporte de resíduos na região poderem ser ligeiramente diferente dada as características morfodinâmicas das poças de maré (e.g. volume das poças, proximidade com a costa, presença e quantidade de fendas).

Apesar dos dois ecossistemas investigados estarem poluídos por resíduos sólidos, a densidade encontrada nos dois ambientes foi baixa em comparação com diversos outros estudos na região costeira (AYTAN; SAHIN; KARACAN, 2019; CARVALHO-SOUZA; TINÔCO, 2011; TERZI; ERÜZ; ÖZŞEKER, 2020). Ainda assim, é preciso cautela na comparação desses estudos, uma vez que diferentes

metodologias empregadas podem levar a diferentes resultados, dificultando assim a comparação entre o presente estudo com outros presentes na literatura.

A densidade baixa na praia da Sabiaguaba pode estar relacionada com a proteção das unidades de conservação do local (APA da Sabiaguaba e PNMDs), as quais restringem a movimentação e ocupação humana e, conseqüentemente, os impactos diretos de algumas de suas atividades (e.g. moradia, comércio à beira mar). Abude *et al.* (2021) observou que praias com acesso restrito, como é o caso da praia da Sabiaguaba, apresentam uma ligeira redução na densidade de resíduos. Com uma menor ocupação na região e acesso mais restrito a toda extensão da praia, o descarte indevido de resíduos por moradores e visitantes é bastante reduzido, mas não inexistente, uma vez que as extremidades da praia da Sabiaguaba permitem o movimento mais intensificado de humanos, além do tráfego irregular de veículos ao longo da praia. Vale ressaltar que, apesar da delimitação de unidades de conservação em determinada região, esta ainda pode sofrer com a poluição por resíduos sólidos (COMPA *et al.*, 2022; LIUBARTSEVA; COPPINI; LECCI, 2019; MACHADO; FILLMAN, 2010; SANTOS *et al.*, 2020), fazendo-se necessários monitoramentos constantes e ações que evitem ou diminuam este tipo de poluição.

Diferente das praias arenosas, estudos sobre poluição são escassos em poças de maré, dificultando avaliar, comparativamente, se a poluição encontrada em Iparana é alta ou baixa. Apesar disso, por ser um ambiente consolidado entremarés, as poças de maré assemelham-se com outro ambiente costeiro, os costões rochosos, os quais apresentam alguns levantamentos quanto à poluição por resíduos sólidos (CARVALHO-SOUZA; TINÔCO, 2011; MACHADO; FILLMAN, 2010). Assim, comparando esses dois ecossistemas, as poças de maré de Iparana apresentaram densidade inferior à observada por Carvalho-Souza e Tinôco (2011) nos costões rochosos da Baía de Todos os Santos, e superior à observada por Machado e Fillman (2010) na ilha do Arvoredo, quando considerada a densidade em itens/1000m² (Presente estudo = 90 itens/1000m²; Carvalho-Souza e Tinôco = 132,2 itens/m²; Machado e Fillman = 14,4 itens/m²). A diferença de densidade entre as poças de maré e os costões rochosos da Baía de Todos os Santos e da ilha do Arvoredo está relacionada principalmente à densidade populacional das regiões. A Baía de Todos os Santos é uma região intensamente populosa, explicando a alta densidade observada na região, enquanto a ilha do Arvoredo é uma região longe de

centros urbanos, recebendo pouca influência do descarte intencional ou acidental de resíduos, evidenciado pela sua baixa densidade. Enquanto as poças de maré de Iparana, por estar próxima de uma região urbanizada, apresenta maior densidade de resíduos que a ilha, mas inferior à Baía devido sua pequena extensão e menor proximidade com centros urbanos muito populosos.

A densidade de resíduos encontrados nos dois ecossistemas estava positivamente correlacionada com a precipitação local, ou seja, a densidade de resíduos aumenta à medida que a precipitação aumenta. A sazonalidade é um dos fatores que influencia a quantidade e a tipologia de resíduos no ambiente costeiro (BAPTISTA NETO; FONSECA, 2011; SHIMIZU *et al.*, 2008), além de estar intimamente ligada ao aporte fluvial dos rios para o mar, um dos grandes vetores de plásticos e resíduos flutuantes para o ambiente costeiro e marinho (JAMBECK *et al.*, 2015; LEBRETON *et al.*, 2017; RECH *et al.*, 2014). Baptista Neto e Fonseca (2011) apontaram que a concentração pluviométrica durante o período chuvoso foi um fator determinante para o aumento na quantidade de itens depositados na região costeira, uma vez que a chuva potencializa o transporte de resíduos dos sistemas fluviais, além de contribuir no escoamento superficial urbano, alimentando os rios com mais lixo.

Os rios Pacoti e Ceará são os cursos d'água que influenciam diretamente a praia da Sabiaguaba e de Iparana e estão sobre forte influência dos bairros e municípios que o cercam, uma vez que todo resíduo descartado incorretamente podem acabar adentrando os seus cursos d'água e sendo transportados à costa adjacente. Assim, o aumento de resíduos na costa devido ao aporte fluvial desses rios no período chuvoso indica uma deficiência dos bairros e municípios localizados à margem desses rios na gestão de resíduos sólidos urbanos.

A praia da Sabiaguaba encontra-se contaminada por resíduos de origem estrangeira, assim como outras praias do Brasil (MACHADO; FILLMAN, 2010; SANTOS; FRIEDRICH; BARRETTO, 2005; SANTOS; FRIEDRICH; IVAR DO SUL, 2007). Esses resíduos foram compostos em sua maioria por plásticos, em especial garrafas de água e outros materiais flutuantes, os quais apresentam fácil dispersão no meio marinho. De fato, todos os resíduos internacionais encontrados na Sabiaguaba apresentavam flutuabilidade parcial (latas de metal e embalagens de papel) ou alta flutuabilidade (garrafas de água e embalagens plásticas), conferindo-lhes maior capacidade de dispersão. Assim, é mais provável que esses resíduos

tenham sido transportados de outras regiões para o litoral de Fortaleza, ao invés de simplesmente terem sido descartados por turistas que portavam produtos fabricados em outros países.

A presença de recipientes metálicos enferrujados (Anexo I) e de materiais incrustados por diferentes organismos (Anexo II) em alguns resíduos fortalece a hipótese de que alguns desses materiais permaneceram algum tempo no mar antes de serem depositados na costa. A partir disso, observa-se que esse tipo de lixo é proveniente diretamente do mar e que deve ter sido descartado por embarcações próximas à costa, sendo transportados até a praia da Sabiaguaba após algum tempo de residência no mar. Apesar do transporte de resíduos entre regiões bastante distantes ser uma possibilidade (CARSON *et al.*, 2003), os resíduos internacionais encontrados na praia da Sabiaguaba dificilmente foram transportados dos seus países de fabricação, uma vez que a maioria dos resíduos estavam intactos e não incrustados, indicando que os resíduos permaneceram tempo insuficiente no mar para se degradar ou incrustar antes de chegar à costa. Santos, Friedrich e Barretto (2005) também observaram resíduos de origem estrangeira na região costeira do nordeste brasileiro, destacando a possibilidade de descarte próximo à costa devido ao estado de preservação desses resíduos e ao seu baixo nível de incrustação.

Em geral, a maioria dos resíduos internacionais encontrados representa produtos de uso único, como embalagens de alimento e de bebidas, evidenciando o descarte irregular desses itens no ambiente. Ademais, tais resíduos podem servir como meio de transporte para espécies exóticas, uma vez que eles permanecem algum tempo no mar antes de serem depositados no litoral fortalezense.

5 CONCLUSÃO

A praia arenosa da Sabiaguaba e as poças de maré de Iparana são ecossistemas costeiros vulneráveis às ações antropogênicas, sendo impactados por resíduos sólidos, em especial aqueles constituídos de plástico, os quais são danosos aos organismos que habitam essas regiões, como diversas espécies de peixes, além de tartarugas marinhas que desovam na região.

A urbanização presente nesses dois ambientes, embora não seja intensa como em centros urbanos, é um fator que contribui de forma determinante para a poluição local. A distribuição dos resíduos sólidos é homogênea ao longo de toda extensão dos ecossistemas, independente da proximidade de rios, de centros urbanos ou da dimensão da área estudada.

A densidade de resíduos observada nos dois locais foi correlacionada com a precipitação média, indicando um crescimento de ambas variáveis. Apesar de uma variável não explicar diretamente o crescimento da outra, sua relação indica que o período chuvoso no Estado do Ceará contribui com o aumento de resíduos sólidos nos ecossistemas costeiros. Tal relação pode ser explicada por outros fatores não analisados no presente estudo, como a descarga fluvial dos rios, que pode carrear uma maior quantidade de resíduos para o mar.

Além disso, a praia da Sabiaguaba encontra-se poluída, também, por resíduos internacionais. Esses resíduos podem ser provenientes do descarte irregular de embarcações que trafegam em território nacional, sendo carreados por correntes até o litoral fortalezense. Tais resíduos podem servir como meio de transporte para espécies exóticas, as quais podem impactar negativamente os ecossistemas costeiros do Ceará. Ademais, a presença dos mesmos indica uma má gestão e o descumprimento de normas internacionais relacionadas à prevenção da poluição do ambiente marinho por resíduos sólidos, como as normas presentes no Anexo V da Convenção Internacional para a Preservação da Poluição por Navios - MARPOL (MARPOL 73/78 – ANEXO V).

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser utilizados como subsídios por gestores municipais e estaduais na conservação desses ecossistemas, além de servirem como instrumentos para ações de educação ambiental que visem à conscientização da sociedade.

As ações de educação ambiental, por exemplo, podem ser realizados ao longo de todo o ano, através de eventos (e.g. mutirão de coleta de resíduos na praia, palestras sobre o impacto do lixo no meio ambiente), sendo direcionada a população que utiliza essas áreas, como pescadores, moradores e visitantes. A instalação de lixeiras próximas às barracas para a coleta seletiva de resíduos também pode incentivar mudanças de hábito pela população que visita os locais. Além disso, exposições, seja através de cartazes ou de materiais educativos, nas regiões de maior acessibilidade aos dois ecossistemas podem estimular a sensibilização da sociedade para a problemática.

Os dados mensais sobre resíduos sólidos nos dois ambientes podem servir para os gestores ambientais no diagnóstico sobre os principais resíduos encontrados ao longo do ano, evidenciando quais tipologias são as mais suscetíveis a chegar ao ambiente marinho e permanecer nos ecossistemas analisados. Como propostas para a redução dos resíduos nas duas localidades, cabe aos governos municipais e estadual melhorar a coleta de resíduos sólidos urbanos nos diversos bairros que se localizam à margem dos rios Pacoti e Ceará, evitando que haja o descarte irregular de lixo para esses ambientes. Ademais, a instalação de barreiras ecológicas em pontos estratégicos ao longo desses mesmos rios pode diminuir a quantidade de resíduos, em especial os flutuantes, que chega até esses ecossistemas costeiros, principalmente durante o período de chuva.

REFERÊNCIAS

ABUDE, R. R. S.; AUGUSTO, M.; CARDOSO, R. S.; CABRINI, T. M. B. Spatiotemporal variability of solid waste on Sandy beaches with different access restrictions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 171, p. , 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21007773?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ANDRADES, R.; PEGADO, T.; GODOY, B.S.; REIS-FILHO, J.A.; NUNES, J.L.S.; GRILLO, A.C.; MACHADO, R.C.; SANTOS, R.G.; DALCIN, R.H.; FREITAS, M.O.; KUHNEN, V.V.; BARBOSA, N.D.; ADELIR-ALVES, J.; ALBUQUERQUE, T.; BENTES, B.; GIARRIZZO, T. Anthropogenic litter on brazilian beaches: baseline, trends and recommendations for future approaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, 2020.

ARAÚJO, M. C.; COSTA, M. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of na isolated beach at the Brazilian Northeast. **Management of Environmental Quality**, v. 18, n. 1, p. 6-12, 2007. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14777830710717677/full/html>. Acesso em: 01 dez. 2022.

AYTAN, U.; SAHIN, F. B. E.; KARACAN, F. Beach litter on Sarayköy beach (SE Black Sea): density, composition, possible sources and associated organisms. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 20, n. 2, p. 137-145, 2019. Disponível em: https://www.trjfas.org/uploads/pdf_1425.pdf. Acesso em: 01 dez. 2022.

ASENSIO-MONTESINOS, F.; ANFUSO, G.; RANDERSON, P.; WILLIAMS, A.T. Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). **Oceanand Coastal Management**, v. 181, 2019.

BALLANCE, A.; RYAN, P.G.; TURPIE, J.K. How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa. **South African Journal of Science**, v. 96, p. 210-213, 2000.

BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Variação sazonal, espacial e composicional de lixo ao longo das praias da margem oriental da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999-2008. **Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 1, p. 31-39, 2011. Disponível em: <https://www.aprh.pt/rgci/rgci189.html>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BARNES, D. K. A.; MILNER, P. Drifting plastic and its consequences for sessile organismo dispersal in the Atlantic Ocean. **Marine Biology**, v. 146, p. 815-825, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-004-1474-8>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BENEDITTO, A.P.M.D.; AWABDI, D.R. How marine debris ingestion differs among megafauna species in a tropical coastal area. **Marine Pollution Bulletin**, v. 88, p. 86-90, 2014.

BURKE, A.; KURA, Y.; KASSEM, K.; REVENGA, C.; SPALDING, M.; MCALLISTER, D. **Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems**. Washington, D.C.: World Resources Institute, 2001.

CAMPBELL, M.L.; PETERS, L.; MCMAINS, C.; CAMPOS, M.C.R.; SARGISSON, R.J.; BLACKWELL, B.; HEWITT, C.L. Are our beaches safe? Quantifying the human health impact of anthropogenic beach litter on people in New Zealand. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2400-2409, 2019.

CARSON, H. S.; LAMSON, M. R.; NAKASHIMA, D.; TOLOUMU, D.; HAFNER, J.; MAXIMENKO, N.; MCDERMIND, K. J. Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawai'i. **Marine Environmental Research**, v. 84, p. 76-83, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113612002206?via%3Dihub>. Acesso em: 29 nov. 2022.

CARVALHO-SOUZA, G.F.; TINÔCO, M.S. Avaliação do lixo marinho em costões rochosos na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 11, p. 135-143, 2011.

CEARÁ, Diário Oficial do Estado (1999), Decreto nº 25.413, Art. 1º. Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/4362_20200419_104600.pdf. Acesso em: 03 de abr. 2021.

CEARÁ, Diário Oficial do Estado (2018), Decreto nº 32.761, Art. 1º. Disponível em: <http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/20180719/do20180719p01.pdf>. Acesso em: 03 de abr. 2021.

COMPA, M.; ALOMAR, C.; MORATÓ, M.; ÁLVAREZ, E.; DEUDERO, S. Spatial distribution of macro- and micro-litter items along rocky and Sandy beaches of a Marine Protected Area in the western Mediterranean Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 178, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X22002028?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

DE, K.; SAUTYA, S.; GAIKWAD, S.; MITRA, A.; NANAJKAR, M. Characterization of anthropogenic marine macro-debris affecting coral habitat in the highly urbanized seascape of Mumbai megacity. **Environmental Pollution**, v. 298, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122000124?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A.; SCHOEMAN, D.S.; SCHLACHER, T.A.; DUGAN, J.; JONES, A.; LASTRA, M.; SCAPINI, F. Threats to Sandy beach ecosystems: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 81, p. 1-12, 2009.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 842-852, 2002. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X02002205>. Acesso em: 29 nov. 2022.

DOMINGUÉZ-TEJO, E.; METTERNICHT, G.; JOHNSTON, E.L.; HEDGE, L. Exploring the social dimension of Sandy beaches through predictive modelling. **Journal of Environmental Management**, v. 214, p. 379-407, 2018.

DUMARESQ, G.M. **Assembléia de peixes recifais em poças de maré tropicais: elementos estruturadores e mudanças em sua composição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará. Ceará, p. 82. 2019.

FAIRCHILD, T. P.; FOWLER, M. S.; PAHL, S.; GRIFFIN, J. N. Multiple dimensions of biodiversity drive human interest in tide pool communities. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-33155-x>. Acesso em: 29 dez. 2022.

MACFADYEN, G.; HUNTINGTON, T.; CAPPELL, R. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. Roma, 2009. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i0620e/i0620e.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.

FORSBERG, P. L.; SOUS, D.; STOCCHINO, A.; CHEMIN, R. Behavior of plastic litter in nearshore waters: First insights from wind and wave laboratory experiments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20301417?via%3Di> hub. Acesso em: 01 dez. 2022.

FORTALEZA, Diário Oficial do Município (2006a), Decreto nº 11.986, Art. 1º. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2019/04/parque-municipal-sabiaguaba.pdf>. Acesso em: 23 out. 2022.

FORTALEZA, Diário Oficial do Município (2006b), Decreto nº 11.987, Art. 1º. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2019/04/parque-municipal-sabiaguaba.pdf>. Acesso em: 23 out. 2022.

FUJISAKI, I.; LAMONT, M.M. The effects of large beach debris on nesting sea turtles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 482, p. 33-37, 2016.

GALGANI, F.; LEAUTE, J. P.; MOGUEDET, P.; SOUPLET, A.; VERIN, Y.; CARPENTIER, A.; GORAGUER, H.; LATROUITE, D.; ANDRAL, B.; CADIOU, Y.; MAHE, J. C.; POULARD, J. C.; NERISSON, P. Litter on the seafloor along european coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 6, p. 516-527, 2000.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, p. 170-179, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X14008571?via%3Di> hub. Acesso em: 29 nov. 2022.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 01 dez. 2022.

GÜNDOĞDU, S.; YESILYURT, I.N.; ERBAS, C. Potential interaction between plastic litter and green turtle *Chelonia mydas* during nesting in na extremely polluted beach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 140, p. 138-145, 2019.

HORN, M.H.; MARTIN, K.L.M; CHOTKOWSKI, M.A. Intertidal Fishes: Life in Two Worlds. San Diego: Academic Press, 1999.

IVLEVA, N. P.; WIESHEU, A. C.; NIESSNER, R. Microplastic in Aquatic Ecosystems. **Angewandte Chemie**, v. 56, n. 7, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201606957>. Acesso em: 01 dez. 2022.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, p. 768-771, 2015. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352>. Acesso em: 29 nov. 2022.

LACERDA, A. L. F.; TAYLOR, J. D.; RODRIGUES, L. S.; KESSLER, F.; SECCHI, E.; PROIETTI, M. C. Floating plastics and their associated biota in the Western South Atlantic. **Science of the Total Environment**, v. 805, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721052633>. Acesso em: 01 dez. 2022.

LEBRETON, L. C. M.; VAN DER ZWET, J.; DAMSTEEG, J. W.; SLAT, B.; ANDRADY, A.; REISSER, J. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature**, v. 8, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms15611>. Acesso em: 29 nov. 2022.

LIUBARTSEVA, S.; COPPINI, G.; LECCI, R. Are Mediterranean Marine Protected Areas sheltered from plastic pollution? **Marine Pollution Bulletin**, v. 140, p. 579-587, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X19300323?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MACHADO, A. A.; FILLMANN, G. Estudo da contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo, reserva biológica do Arvoredo - SC, Brasil. **Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n.3, p. 381-393, 2010.

MANTELATTO, M. C.; PÓVOA, A. A.; SKINNER, L. F.; ARAUJO, F. V.; CREED, J. C. Marine litter and wood debris as habitat and vector for the range expansion of invasive corals (*Tubastrea* spp.). **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20307773?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MARPOL 73/78 – ANEXO V – REGRAS PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR LIXO DOS NAVIOS. Disponível em:

https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/marpol_anexo5-05ago_0.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.

MCLACHLAN, A. & DEFEO, O. **The Ecology of Sandy Shores**. 3rd Edition. Academic Press, 2018.

NEVES, R. C.; SANTOS, L. A. S.; OLIVEIRA, K. S. S.; NOGUEIRA, I. C. M.; LOUREIRO, D. V.; FRANCO, T.; FARIAS, P. M.; BOURGUINON, S. N.; CATABRIGA, G. M.; BONI, G. C.; QUARESMA, V. S. Análise qualitativa da distribuição de lixo na praia da Barrinha (Vila Velha - ES). **Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 1, p. 57-64, 2011.

PLASTICSEUROPE. An analysis of European plastics production, demand and waste data. 2021. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RAMOS, B.; ALENCAR, M. V.; RODRIGUES, F. L.; LACERDA, A. L. F.; PROIETTI, M. C. Spatio-temporal characterization of litter at a touristic Sandy beach in South Brazil. **Environmental Pollution**, v. 280, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121005091?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RECH, S.; MACAYA-CAQUILPÁN, V.; PANTOJA, J. F.; RIVADENEIRA, M. M.; JOFRE MADARIAGA, D.; THIEL, M. Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. **Marine Pollution Bulletin**, v. 82, p. 66-75, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X14001490?via%3Dihub>. Acesso em: 29 nov. 2022.

REISSER, J.; SHAW, J.; WILCOX, C.; HARDESTY, B. D.; PROIETTI, M.; THUMS, M.; PATTIARATCHI, C. Marine plastic pollution in Waters around Australia: Characteristics, concentrations, and pathways. **PLOS One**, v. 8, n. 11, 2013.

ROCHMAN, C. M.; HENTSCHEL, B. T.; TEH, S. J. Long-term sorption of metals is similar among plastic types: implications for plastic debris in aquatic environments. **PlosOne**, v. 9, n. 1, 2014. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0085433>. Acesso em: 29 nov. 2022.

RYAN, P. G.; CONNELL, A. D.; GARDNER, B. D. Plastic ingestion and PCBs in seabirds: Is there a relationship? **Marine Pollution Bulletin**, v. 19, n. 4, p. 174-176, 1988. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025326X88906741?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANTOS, A. A.; NOBRE, F. S. M.; RIBEIRO, F.; NILIN, J. Initial beach litter survey in a conservation unit (Santa Isabel Biological Reserve, Sergipe) from northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20301338?via%3Di> hub. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANTOS, I. R.; FRIEDRICH, A. C.; BARRETTO, F. P. Overseas garbage pollution on beaches of northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 7, p. 783-786, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X0500202X?via%3Di> hub. Acesso em: 29 nov. 2022.

SANTOS, I. R.; FRIEDRICH, A. C.; IVAR DO SUL, J. A. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 148, p. 455-462, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0175-z>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SHIMIZU, T.; NAKAI, J.; NAKAJIMA, K.; KOZAI, N.; TAKAHASHI, G.; MATSUMOTO, M.; KIKUI, J. Seasonal variations in coastal debris on Awaji Island, Japan. **Marine Pollution Bulletin**, v. 57, p. 182-186, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X07003839>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SILVA, M. L.; de ARAÚJO, F. B.; CASTRO, R. O.; SALES, A. S. Spatial-temporal analysis of marine debris on beaches of Niterói, RJ, Brazil: Itaipu and Itacoatiara. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, p. 233-236, 2015.

TERZI, Y.; ERÜZ, C.; ÖZŞEKER, K. Marine litter composition and sources on coasts of south-eastern Black Sea: A long-term case study. **Waste Management**, v. 105, p. 139-147, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20300404?via%3Di> hub. Acesso em: 01 dez. 2022.

VÉLEZ-RUBIO, G.M.; TERYDA, N.; ASAROFF, P.E.; ESTRADES, A.; RODRIGUEZ, D.; TOMÁS, J. Differential impact of marine debris ingestion during ontogenetic dietary shift of green turtles in Uruguayan waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, p. 603-611, 2018.

ZHANG, K.; HAMIDIAN, A. H.; TUBIC, A.; ZHANG, Y.; FANG, J. K. H.; WU, C.; LAM, P. K. S. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environmental Pollution**, v. 274, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749121001329>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ANEXO A – Esponja (*Callyspongia vaginalis*) envolta de resíduo proveniente de atividade pesqueira.



Fonte: Autor.

ANEXO B – Resíduo internacional enferrujado.



Fonte: Autor.

ANEXO C – Resíduo internacional incrustado por cracas.



Fonte: Autor.