UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

DISSERTAÇÃO

OCORRÊNCIA E IMPACTOS DE MICROPLÁSTICOS NO LITORAL SERGIPANO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL

DISCENTE: ANA ALICE SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa

Coorientadora: Prof.ª Drª. Jeamylle Nilin

Sergipe, Fevereiro de 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

NÍVEL MESTRADO

ANA ALICE SANTOS

OCORRÊNCIA E IMPACTOS DE MICROPLÁSTICOS NO LITORAL SERGIPANO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL

São Cristóvão/SE
Fevereiro de 2023

ANA ALICE SANTOS

OCORRÊNCIA E IMPACTOS DE MICROPLÁSTICOS NO LITORAL SERGIPANO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa

Coorientadora: Prof.ª Drª. Jeamylle Nilin

Linha de Pesquisa: Dinâmica e Avaliação Ambiental

São Cristóvão/SE

Fevereiro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos, Ana Alice.
S237o Ocorrência e impactos de microplásticos no litoral sergipano : uma abordagem socioambiental / Ana Alice Santos; orientador Jailton de Jesus Costa. – São Cristóvão, SE, 2023.
139 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2023.

1. Meio Ambiente. 2. Poluição marinha. 3. Resíduos - Eliminação no oceano. 4. Impacto ambiental. I. Costa, Jailton de Jesus, orient. II. Título.

CDU 504.61

ANA ALICE SANTOS

OCORRÊNCIA E IMPACTOS DE MICROPLÁSTICOS NO LITORAL SERGIPANO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Aprovado em 28 de fevereiro de 2023 às 15h.

gov.br Documento assinado digitalmente
JAILTON DE JESUS COSTA
Data: 10/04/2023 15:46:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa
Universidade Federal de Sergipe
Presidente-Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
JEAMYLLE NILIN GONCALVES
Data: 30/03/2023 10:06:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Jeamylle Nilin
Instituto de Biologia - Universidade Federal de Uberlândia
Coorientadora

gov.br Documento assinado digitalmente
ROBERTO RODRIGUES DE SOUZA
Data: 10/04/2023 15:37:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza
Universidade Federal de Sergipe
Examinador Interno

Profa. Dra. Maria Nogueira Marques
Universidade Tiradentes
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta dissertação representa uma jornada de desafios, conquistas, oportunidades e aprendizados. Minha fé, meus pais, meus amigos e as pessoas que conheci ao longo desse percurso, fizeram-me acreditar na minha capacidade e me motivaram a seguir em frente.

Agradeço aos professores e colegas pelas aulas e discussões, as quais me ajudaram no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFS, um lugar especial onde conheci pessoas maravilhosas. Dentre elas, cito especialmente Gabriela e Milena. Obrigada, meninas! Foram muitos diálogos para além do mestrado. Agradeço também ao Marcelo, por disponibilizar contatos e dados que me ajudaram muito.

Expresso aqui meus agradecimentos aos colegas do grupo de pesquisa Gestão, Saúde e Educação Ambientais - GESEA, em especial a Ingrid, pessoa que tive o primeiro contato para conversar sobre o início do mestrado no PRODEMA (muito obrigada pelo apoio); agradeço a Gênisson pelas conversas e apoio, a Ricardo pelo auxílio com a Plataforma Brasil, e em especial ao André, o qual agradeço pelas conversas, dúvidas durante o desenvolvimento do trabalho, ajuda durante a coleta de dados, além de me enviar publicações sobre plásticos.

Deixo aqui meus agradecimentos à equipe administrativa do PRODEMA-UFS: Cícero e Luzia, aos quais recorri sempre que necessário. Obrigada pela ajuda! Também expresso meus agradecimentos ao pessoal do Laboratório de Ecologia Aplicada e Ecotoxicologia da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio. Agradeço ao pessoal da Reserva Biológica de Santa Isabel: Paulo, Thiago e Jeferson. Agradeço também aos motoristas da UFS, Dierson e Adriano, que me ajudaram durante as coletas, transportando sedimentos e materiais da pesquisa.

Agradeço especialmente a Isabela, Fernanda Argolo, Iasmin, Johnata, Fernanda Nobre, Lorena, Italy, Marcella, Weverton, Carlos e Wendson. Pessoas que estão comigo antes do PRODEMA entrar na minha vida, e me ajudaram de alguma maneira, seja com conversas, discussões sobre o tema, envio de material, apoio, carinho e motivação.

Esse trabalho não seria o que é sem a ajuda dos meus orientadores. Sou grata ao meu orientador, professor Jailton Costa, e à minha coorientadora, professora Jeamylle Nilin, pelos ensinamentos e ajuda durante o desenvolvimento desta pesquisa. Obrigada pela paciência e cobranças necessárias!

É uma satisfação ser orientada pelo professor Jailton, que me acolheu de pronto, logo após o resultado do mestrado. Pessoa que sempre demonstrou acreditar na minha capacidade e buscou me tranquilizar nos momentos difíceis, esteve disponível e me deixou à vontade para sanar qualquer dúvida.

A professora Jeamylle me orienta desde o PIBIC e TCC, e agora, contribuiu com o mestrado, acreditando sempre na minha capacidade. A senhora teve influência na construção

do meu currículo enquanto pesquisadora e despertou em mim o interesse pelo tema, e assim pude escrever o projeto que resultou nessa dissertação.

Agradeço ao professor Jean Carlos, meu supervisor durante a disciplina de estágio de docência. Uma das disciplinas que mais fiquei apreensiva. Obrigada por me tranquilizar, pelos ensinamentos e pela disposição em me ajudar. Também manifesto meus agradecimentos aos professores que aceitaram compor a banca da minha dissertação, professor Roberto Rodrigues (examinador interno) e professora Maria Nogueira (examinadora externa).

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que por meio da concessão da minha bolsa de estudo, financiou o desenvolvimento desta pesquisa. Esse trabalho não existiria sem a infraestrutura da Universidade Federal de Sergipe, a qual expresso aqui meus agradecimentos. Agradeço também o apoio do pessoal do Laboratório de Bentos Costeiros da UFS, à professora Carmen Parisotto e às técnicas de laboratório, Jose, Ilma e Andréa.

Esse mestrado também colocou na minha vida uma pessoa incrível que admiro muito! Ramon, agradeço imensamente a você. Obrigada por tudo!! E com sua entrada na minha vida, também vieram pessoas maravilhosas que de alguma forma me ajudaram com apoio, carinho e motivação: Raquel, Rubens e Rita, agradeço a vocês.

Em último, expresso imensa e eterna gratidão aos meus pais, Ana (professora) e Aroaldo (montador industrial), que me apoiaram e me deram suporte necessário, ensinando-me que a educação é a base para a formação humana. Obrigada por tudo!!!!

Agradeço a todos vocês!

RESUMO GERAL

Os microplásticos (MPs) representam potenciais riscos físicos, químicos e biológicos aos organismos que com eles interagem, incluindo os seres humanos. Nesse panorama, a referida temática vem sendo discutida na Organização das Nações Unidas, inserindo-se nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e expresso diretamente no ODS 14 (vida na água). O litoral sergipano apresenta constantes atividades antrópicas que propiciam a presença de resíduos plásticos em suas praias. Neste cenário, objetiva-se analisar a ocorrência de microplásticos nas praias arenosas do litoral sergipano e associar os impactos socioambientais que podem ser causados pela sua presença nas praias estudadas, buscando também entender a percepção dos frequentadores (usuários) acerca dos microplásticos. Para tal, a pesquisa foi conduzida por meio da base de dados *Web of Science*, como também do buscador *Google Scholar*, onde procurou-se referências atualizadas (2018 – 2022, em inglês e português), além de utilizar regulamentos, relatórios nacionais e internacionais. Ademais, coletas de sedimentos foram realizadas em mês de menor e de maior precipitação pluviométrica (março e maio, respectivamente) nas praias Pirambu e Lagoa Redonda (dentro de Unidade de Conservação de Proteção Integral no litoral norte), Atalaia e Aruana (praias turísticas do litoral centro) e Abaís (praia turística do litoral sul). Abundância, tipo, cor, distribuição de microplásticos e índices (IPM - índice de poluição por MPs e CCImps - índice de limpeza da costa em relação aos MPs) foram registrados. Outrossim, questionários com perguntas fechadas e de múltipla escolha foram aplicados nas praias turísticas Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís. Nas praias de Sergipe, foi constatada a poluição por microplásticos, potencialmente geradores de impactos socioambientais, dos quais fragmentos e filamentos/fibras foram as tipologias dominantes, além das cores branca e transparente. As concentrações variaram de 6,80±9,09 a 20,60 ±26,64 $MPs.m^{-2}$. Dentre as praias aqui analisadas, Aruana possuiu maior número de MPs. Diferenças significativas nas distribuições espaciais (zonas) e entre março e maio somente foram observadas em Pirambu. Conforme o IPM geral, as praias foram classificadas como abundância moderada (março) e alta (maio). O CCImps indicou que as praias eram limpas ou muito limpas. De forma geral, adultos e idosos e com maior escolaridade tendem a perceber melhor os aspectos que envolvem a poluição por microplásticos nas praias do litoral sergipano, sendo que em Pirambu a percepção dos entrevistados foi menor. Os resultados desse estudo reforçam que uma abordagem socioambiental é basilar para o planejamento e exercício de estratégias de gestão. Tais resultados podem orientar esforços, ao menos locais, visando mitigar o problema da poluição, associada ao uso excessivo dos plásticos, especialmente os descartáveis. Sendo assim, este estudo colabora com o fornecimento de dados para a região, e pode orientar pesquisas futuras dentro da temática, auxiliando na melhor gestão das praias sergipanas.

Palavras-Chave: plástico, poluição marinha, princípio da precaução, resíduos marinhos, zona costeira, sedimento de praia.

ABSTRACT

Microplastics (MPs) pose potential physical, chemical and biological risks to the organisms that interact with them, including humans. The subject has been discussed at the United Nations, as part of the Sustainable Development Goals and directly expressed in SDG 14 (life below water). The coast of Sergipe has constant human activities that encourage the presence of plastic waste on its beaches. In this scenario, the present study raised questions about the consumption and incorrect disposal of (micro) plastics from a socio-environmental point of view, especially in coastal areas, bringing an overview of the plastic waste present on Sergipe beaches (article 1); assessed the occurrence of MPs on beaches, providing a diagnosis of the state of pollution by PMs (article 2) and evaluated the environmental perception of people who frequent tourist beaches in Sergipe in relation to PMs (article 3). To this end, the research was conducted using the Web of Science database, as well as the Google Scholar search engine, where updated references were sought (2018-2023, in English and Portuguese), in addition to using regulations, national and international reports Furthermore, sediment collections were carried out in months with the lowest and highest rainfall (March and May, respectively) on the Pirambu and Lagoa Redonda beaches (within the Integral Protection Conservation Unit on the north coast), Atalaia and Aruana (tourist beaches in the central coast) and Abaís (tourist beach on the south coast). Abundance, type, color, distribution of microplastics and index (MPPI - Microplastics Pollution Index and CCImps - Clean Coast Index MPs) were recorded. Furthermore, structured questionnaires with closed and multiple-choice questions were applied on the tourist beaches of Pirambu, Atalaia, Aruana and Abaís. On the beaches of Sergipe, pollution by microplastics was found, potentially generating socio-environmental impacts, of which fragment and fiber filament were the dominant typologies, in addition to white and transparent colors. The concentrations ranged from 6,80±9,09 to 20,60 ±26,64 MPs.m^{-2}. Among the beaches analyzed here, Aruana has the highest number of MPs. Significant differences in spatial distribution (zones) and between March and May were only observed in Pirambu. According to the general MPPI, beaches were classified as having moderate abundance (March) and high abundance (May). The CCImps indicated that the beaches were clean or very clean. In general, older people with more education tend to better perceive the aspects involving (micro)plastic pollution on the beaches of the coast of Sergipe, and in Pirambu the perception of interviewees is smaller. The results of this study reinforce that a socio-environmental approach is fundamental for planning and exercising management strategies. Such results can guide efforts, at least local ones, aimed at mitigating the problem of pollution, associated with the excessive use of plastics, especially single-use one. Therefore, this study collaborates with the provision of data for the region, and can guide future research within the theme, assisting in the better management of Sergipe beaches.

Keywords: plastic, marine pollution, precautionary principle, marine waste, coastal zone, beach sediment.

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1 - Municípios da Zona Costeira de Sergipe, Nordeste do Brasil. 21

Artigo 1

Figura 1 - Cadeia produtiva simplificada da indústria do plástico.....33
Figura 2 - Ciclo de vida dos transformados plásticos. 34
Figura 3 - Classificação dos tamanhos de plásticos conforme o Grupo de Especialistas em Aspectos Científicos de Proteção do Meio Ambiente Marinho.....35
Figura 4 - Resíduos plásticos (≥ 25 mm) encontrados em praias do litoral norte de Sergipe, Brasil. A-Fragmentos, B-Copo descartável, C-Monofilamentos, D-Cordas, E-Isopor, F-Tampas e lacres, e G-Canudos. 47

Artigo 2

Figura 1 - Mapa de localização do recorte espacial da pesquisa no litoral de Sergipe, Brasil. PB-praia de Pirambu dentro da Unidade de Conservação, LR- praia de Lagoa Redonda, AT - praia de Atalaia, AR- praia de Aruana e AB- praia do Abaís. 63
Figura 2 - Praias analisadas no litoral norte, centro e sul de Sergipe (Brasil) e suas principais características de uso e ocupação. PB-praia de Pirambu dentro da Unidade de Conservação, LR- praia de Lagoa Redonda, AT- praia de Atalaia, AR- praia de Aruana e AB - praia do Abaís.....64
Figura 3 - Representação esquemática geral dos pontos de amostragem de microplásticos nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, no litoral de Sergipe, Brasil. 66
Figura 4 - Representação esquemática do processo de extração de microplásticos das amostras de sedimento seco das praias avaliadas (Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís), em Sergipe, Brasil. 67
Figura 5 - Mediana do número de microplásticos por metro quadrado encontrados em amostras de sedimento seco das praias avaliadas (dados transformados por raiz quadrada) em março e maio de 2022 (n = 4 para AT e n = 5 para as demais). As barras mostram os números máximos e mínimos obtidos e as “caixas” representam os quartis superior (75%)

e inferior (25%). Praias: LR-Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AT-Atalaia, AR- Aruana e AB- Abaís localizadas em Sergipe (Brasil). 70
Figura 6 - Abundância geral de microplásticos (dados transformados por raiz quadrada) nas praias analisadas, em Sergipe, Brasil (LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís), nos meses de março e maio de 2022 considerando as duas zonas (n = 9 para AT e n = 10 para as demais). As barras mostram os números máximos e mínimos obtidos e as "caixas" representam os quartis superior (75%) e inferior (25%). 73
Figura 7 - Imagens estereomicroscópicas das tipologias de microplásticos. A – fragmento; B- filamento/fibra; C- espuma/isopor; D- filme e E- pellet, coletados em amostras de sedimento seco nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís no litoral de Sergipe (Brasil).....79
Figura 8 - Tipologia dos microplásticos coletados nas praias avaliadas no litoral de Sergipe, Brasil (LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís). ...80
Figura 9 - Coloração dos microplásticos coletados em amostras de sedimento seco nas praias avaliadas, em Sergipe-Brasil (Lagoa Redonda, Pirambu, Aruana, Atalaia e Abaís) em março e maio de 2022. 82
Figura 10 - Imagens estereomicroscópicas de microplásticos (fragmentos brancos e amarelados) visualmente pouco e muito intemperizados coletados em amostras de sedimentos seco seco nas praias de Pirambu, Lagoa Redonda, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil). 82
Figura 11 - Índice de Poluição Microplástica nos meses de março e maio de 2022 para as praias avaliadas no litoral de Sergipe, Brasil. LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís.....85

Artigo 3

Figura 1 - Praias turísticas localizadas em Sergipe, Brasil, utilizadas como campo de aplicação dos questionários. A - Pirambu; B -Atalaia, C - Aruana e D - Abaís. 100
Figura 2- Resumo gráfico de algumas características dos entrevistados e suas respostas em relação ao tipo de resíduo marinho visto e seu destino nas praias Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe, Brasil.. 104

Figura 3 - Respostas mais mencionadas sobre o local onde os entrevistados consideram existir mais microplástico nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís localizadas em Sergipe, Brasil 106
Figura 4 - Resumo gráfico da porcentagem dos entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís localizadas, em Sergipe, Brasil, que já ouviram o falar sobre microplásticos e os principais veículos de informação mencionados. 107
Figura 5 - Resumo gráfico dos resultados obtidos na entrevista realizada nas parias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, sobre a associação dos microplásticos aos danos socioambientais e a diminuição do uso de plásticos descartáveis 108
Figura 6 - Respostas sobre as fontes pelas quais os entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, consideram consumir microplástico. 109
Figura 7- PCA (geral - A e por praia - B), indicando a relação das respostas fornecidas pelos entrevistados nas praias (Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe - Brasil) com o perfil etário (ID) e educacional (FC-fundamental completo; FI-fundamental incompleto; MC-médio completo; MI-médio incompleto; PG-pós-graduação; SC-superior completo; SI=superior incompleto) cujas respostas obtiveram variação entre “sim”, “não” e “não sabe. Q seguida do número indica as questões utilizadas. 110
Figura 8 - Responsáveis pela manutenção da praia limpa nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, conforme as respostas dos entrevistados. 111
Figura 9 - Representação esquemática da transição de hierarquia para uma visão sistêmica, na organização social relacionada aos resíduos sólidos, baseada na perspectiva de Capra. 112
Figura 10 - Frequência de entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, que relataram ouvir sobre a Lei Estadual nº 8.689 de 2020 (A) e se acham a lei eficiente (B). 116

LISTA DE QUADROS

Artigo 1

Quadro 1 - Símbolos de reciclagem para os tipos de resinas plásticas com seus respectivos exemplos de usos. 31
Quadro 2 - Tamanhos de microplásticos considerados em alguns estudos em regiões costeiras. 36
Quadro 3 - Possíveis impactos socioambientais dos microplásticos em regiões costeiras e ambiente aquático e sua situação no âmbito científico. 43
Quadro 4 - Porcentagem e principais resíduos plásticos encontrados em praias do litoral sergipano, Nordeste do Brasil. 46

Artigo 3

Quadro 1 - Situação das praias Pirambnu, Atalaia, Aruana e Abaís (Sergipe, Brasil) em relação a limpeza realizada pela prefeitura até o momento da presente pesquisa.. 105
Quadro 2 - Questões (Q) utilizadas nas PCA relacionadas a percepção socioambiental dos entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, cujas respostas obtiveram variação entre “sim”, “não” e “não sabe”. 109

LISTA DE TABELAS

Artigo 2

Tabela 1- Quantidade (média± desvio padrão) de microplásticos (por m2) encontrados por local avaliado: Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís em Sergipe (Brasil) encontrados em amostras de sedimentos seco das praias, considerando os meses e as zonas avaliadas nos meses de março de maio de 2022. 70

Tabela 2 – Média geral (±Desvio Padrão) de microplásticos por metro quadrado e por quilograma de sedimento seco (n=9 na Atalaia e n=10 nos demais pontos) nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil) nos meses de março e maio de 2022. 73

Tabela 3 - Abundância de microplásticos encontrados em praias arenosas no presente estudo (Sergipe, Nordeste do Brasil) e em diferentes regiões, considerado diferentes técnicas de amostragem, faixa de tamanho e unidade ($MPs.kg^{-1}$ de sedimento seco e $MPs.m^{-2}$ de sedimento seco). Os valores médios obtidos no presente estudo (n=19 para Atalaia e n=20 para as demais praias) apresentam seus respectivos desvios padrão entre parênteses.... 77

Tabela 4 - Índice de Poluição Por Microplástico Específico (IPMe) nas praias LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís, em Sergipe, Brasil.. .. 85

Tabela 5 - Índice de limpeza das praias em relação aos microplásticos (CCImps) encontrados em Pirambu, Lagoa Redonda, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil).. 86

Artigo 3

Tabela 1 - Datas e horários de aplicação dos questionários nas praias. 101

Tabela 2 - Perfil dos frequentadores (n=120) das praias turísticas Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe- Brasil. 103

LISTA DE SIGLAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
AB	Praia do Abaís
AR	Praia de Aruana
AT	Praia de Atalaia
APA	Área de Proteção Ambiental
CB	Corrente do Brasil
CCImps	Clean Coast Index/Índice de limpeza em relação aos microplásticos
CEP	Conselho de Ética em Pesquisa
CIEL	Center for International Environmental Law
CN	Corrente Norte
CNB	Corrente Norte do Brasil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSE	Corrente Sul Equatorial
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GERCO/SE	Plano de Gerenciamento Costeiro do Estado de Sergipe
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano e Municipal
IPM	Índice de Poluição por Microplásticos
IPMe	Índice de Poluição por Microplásticos Específico
LR	Praia de Lagoa Redonda
MPs	Microplásticos
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PA	Poliamida
PB	Praias de Pirambu
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PET	Polietileno tereftalato
PL	Projeto de Lei

PNLR	Programa Nacional de Logística Reversa
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinila
RBSI	Reserva Biológica de Santa Isabel
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SISBIO	Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 19
ARTIGO 1: MICROPLÁSTICOS, DA CRIAÇÃO À POLUIÇÃO MARINHA 26
1.1 Introdução 27
1.2 Metodologia 28
1.3 Plástico na Sociedade Contemporânea 28
1.4 A Problemática dos Microplásticos para a Saúde Humana e Ambiental 35
1.4.1 Microplásticos em Regiões Costeiras e Marinhas 40
1.4.1.1 Resíduos Plásticos em Praias Sergipanas 45
1.5 Considerações Finais 48
1.6 Referências 49
ARTIGO 2: POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS DE PRAIAS DO LITORAL DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL 60
2.1 Introdução 61
2.2 Metodologia 62
2.2.1 Área de estudo 62
2.2.2 Amostragem de sedimento 65
2.2.3 Processamento das amostras: extração e identificação do microplástico 67
2.2.4 Análise de dados 68
2.3 Resultados e Discussão 69
2.3.1 Abundância e distribuição de microplásticos 69
2.3.2 Características morfológicas dos microplásticos e índices de limpeza das praias 78
2.4 Conclusão 87
2.5 Referências 88
ARTIGO 3: O MICROPLÁSTICO QUE NINGUÉM VÊ:A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE USUÁRIOS DE PRAIAS TURÍSTICAS 97
3.1 Introdução 98
3.2 Metodologia 99
3.2.1 Área de estudo 99
3.2.2 Método de obtenção de dados 100
3.2.3 Análise de dados 102
3.3 Resultados e Discussão 102
3.3.1 Descrição da amostra 102

3.3.2 Percepção ambiental dos frequentadores das praias 103
3.3.3 O Princípio da Precaução como ação antecipada diante do risco: microplásticos 112
3.3.4 Ponderação dos riscos: políticas públicas que envolvem a poluição por plástico em Sergipe 115
3.4 Conclusão 118
3.5 Referências 119
CONCLUSÕES GERAIS 126
APÊNDICES 128
APÊNDICE A - Praias do Litoral Norte 128
APÊNDICE B - Praias do Litoral Centro 129
APÊNDICE C - Praia do Litoral Sul 130
APÊNCIDE D - Detritos Plásticos encontrados na Margem do rio Japaratuba, em Pirambu, Litoral Norte de Sergipe 131
APÊNDICE E - Resíduos Marinhos encontrados nas Praias Analisadas 132
APÊNDICE F - Macro e Mesoplástico encontrados nas Praias Analisadas 133
APÊNDICE G - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 134
APÊNDICE H - Questionário 135
ANEXOS 137
ANEXO A - Autorização para a Realização de Atividades Científicas na Reserva Biológica de Santa Isabel 137
ANEXO B - Guia de Identificação Visual dos Microplásticos entre 1 e 5mm 138
ANEXO C - Autorização da Plataforma Brasil 139

INTRODUÇÃO GERAL

O uso exacerbado dos plásticos, diante das inúmeras atividades ligadas ao cotidiano, traz consequências ambientais que não são completamente elucidadas pelas pesquisas científicas. Junto a isto, segundo Geyer (2020), o total cumulativo de produção global primária de plásticos, de 1950 a 2050, resultará em 34 bilhões de toneladas do material. A problemática deste quantitativo se intensifica, pois grande parcela dos resíduos acaba sendo descartada no ambiente, sem qualquer tipo de tratamento (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017).

As propriedades moleculares dos plásticos possibilitam a sua alta permanência no ambiente, tornando-se uma ameaça a saúde ambiental e, consequentemente, humana, atrelada ao potencial ecotoxicológico destas diminutas partículas, que são facilmente dispersas. Esses resíduos plásticos podem se degradar em pequenas partículas devido ao intemperismo, quando expostos a condições ambientais como a ação térmica e umidade, transformando-os em microplásticos secundários. O microplásticos (MPs) também podem ser manufaturados (MPs secundários) em tamanho micro para serem utilizados em cosméticos e abrasivos, por exemplo. Os MPs são usualmente definidos como itens inferiores a 5 mm (GESAMP, 2019). Contudo, muitas definições são encontradas na literatura conforme o seu tamanho, podendo variar entre 1 mm e 5 mm, apresentando cores, formatos e composições diversificados (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; FRIAS; NASH, 2019; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022).

Diante das externalidades negativas atribuídas ao descarte excessivo dos plásticos, especialmente os de uso único, os MPs se tornam uma problemática que possui relação direta com as variadas dimensões da sustentabilidade, com destaque para a social, econômica e ambiental em escala transfronteiriça, e por isso, tal estressor antropogênico é discutido na Organização das Nações Unidas, relacionando-se aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ODS BRASIL, 2023). Em conjunto, pesquisas científicas são conduzidas a fim de elucidar questionamentos como distribuição, composição química e/ou morfológica, além dos impactos adversos atribuídos aos microplásticos (AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2020a; CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; DU *et al.*, 2021; MOFIJUR *et al.*, 2021; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022).

Vários estudos sobre MPs, bem como resíduos sólidos encontrados em regiões costeiras e oceanos (resíduos marinhos), colaboram para o melhor entendimento do problema. Em estudos sobre resíduos marinhos, pesquisas relatam a presença majoritária de plásticos na faixa de praia, e principal fonte de deposição com origem em terra (PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020),

fato também observado nos estudos desenvolvidos no estado de Sergipe, Nordeste do Brasil (MAYNARD *et al.*, 2021; NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a, b; SANTOS *et al.*, 2020; SOUZA, 2016).

Em praias sergipanas com diferentes características de uso e ocupação, os resíduos marinhos são compostos principalmente por plásticos associados ao turismo e atividades recreativas, com destaque para os fragmentos (≥ 25 mm) (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021; PINTO; NILIN, 2018; SANTOS *et al.*, 2020; SOUZA, 2016). Todavia, apesar da presença majoritária de fragmentos plásticos no litoral de Sergipe, ainda são poucos os estudos sobre os fragmentos menores (microplásticos), sendo sua presença em praias sergipanas relatada pela primeira vez no estudo de Maynard *et al*. (2021).

Ademais, outro fator considerado nos estudos sobre microplásticos é a dimensão humana, trazendo uma perspectiva do entendimento público sobre o tema. Nota-se que quanto maior o conhecimento sobre os possíveis danos causados pelos microplásticos, maior o interesse em realizar ações positivas para o ambiente (DENG *et al.*, 2020; YOON; JEONG; CHON, 2021). Logo, tendo em vista as múltiplas dimensões do tema, é importante reconhecer que os problemas ambientais são complexos e exigem ações interdisciplinares, conforme expressa Capra (2006), o que inclui também a adoção de mecanismos de comando e controle, como a proibição de alguns itens fabricados em plásticos prevista em lei, como já ocorre em Sergipe (SERGIPE, 2020).

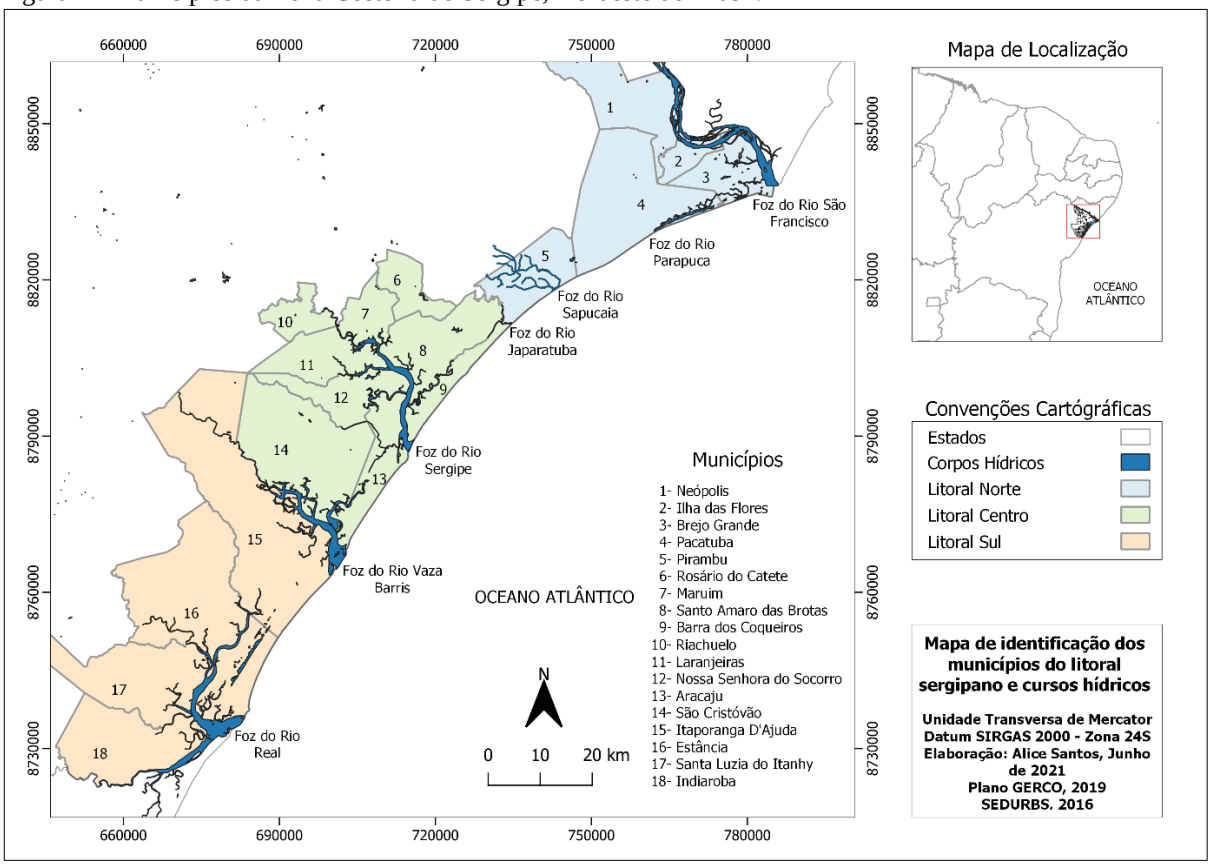
Considerando o recorte espacial trabalhado, o litoral de Sergipe possui aproximadamente 163 km de extensão (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010) com praias arenosas intermediárias/dissipativas, recebe influência dos rios São Francisco, Piauí/Real, Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris, além do Oceano Atlântico (DOMINGUEZ *et al.*, 2016). Apresenta clima tropical com período chuvoso de abril a agosto (ALVARES *et al.*, 2013), regime de marés semidiurno e amplitude máxima de 2,6 m (DOMINGUEZ *et al.*, 2016), com ondas de leste e sudeste predominando na costa (PIANCA; MAZZINI; SIEGLE, 2010). O litoral ainda apresenta influência da Corrente do Brasil, mais expressiva no mês de março (SILVEIRA *et al.*, 2000).

A vegetação de restinga herbácea, arbustiva e arbórea é predominante em toda região, além de remanescentes de Mata Atlântica. Em relação a geomorfologia, os dois elementos predominantes são a formação barreiras e planície litorânea, destacando dunas, lagoas, cordões litorâneos, terraços e presença de estuários. Essa porção de Sergipe possui uma paisagem diversificada, com áreas urbanas, rurais e espaços territoriais protegidos ao mesmo tempo, e junto a isto, grande influência antrópica sem planejamento adequado (FONSECA; VILAR;

SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019).

Segundo a configuração descrita no Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Sergipe (GERCO/SE) (GERCO SE, 2019) instituído por meio da Lei nº. 8.634/2019 (SERGIPE, 2019) a faixa terrestre que apresenta influência direta dos fenômenos que ocorrem na zona costeira é composta por 18 municípios, divididos em municípios do Polo Tabuleiro, Polo Velho Chico e Polo Costa dos Coqueirais. Dentro dessa divisão, a fim de levantar as problemáticas específicas de cada área que forma parte da costa de Sergipe, bem como responder à necessidade de planejamento de ações regionais, o litoral divide-se em Norte, Centro e Sul (Figura 1) (SERGIPE, 2019).

Figura 1 - Municípios da Zona Costeira de Sergipe, Nordeste do Brasil.



Organização: Ana Alice Santos, 2021. Dados retirados do Plano de Gerenciamento Costeiro de Sergipe, 2019 e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade, 2016. UTM, Datum SIRGAS 2000 – Zona 24S

No litoral norte se observa extensas áreas de cultivos em áreas alagadas, como rizicultura, e usos pecuários, que podem promover alterações no solo e na água pelo uso de defensivos agrícolas conforme o GERCO/SE em 2019. Nele, somando-se as pressões existentes da especulação imobiliária, tem-se também a erosão costeira pela ocupação indevida, tráfego

de veículos nas praias e exploração de petróleo e gás, em áreas internas e adjacentes a terras protegidas (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019; SILVA, 2010).

Nesta porção, percebe-se áreas naturais preservadas, mais especificamente no trecho a partir de Pirambu até os limites do estado de Alagoas, fato atribuído a existência da Unidade de Conservação de Proteção Integral Reserva Biológica de Santa Isabel (RBSI), nos municípios Pirambu e Pacatuba (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010).

A RBSI ocupa 45 km de extensão com larguras de praias variando entre 600 e 5.000 m, sendo um importante local de desova de tartarugas-marinhas no Brasil, principalmente a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) (SILVA, 2010). As Reservas Biológicas têm como objetivo principal a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes na sua área de abrangência, sem interferência humana direta ou modificações ambientais (BRASIL, 2000), contudo tal objetivo não é concretizado na RBSI.

A referida Unidade de Conservação ainda não possui plano de manejo em função de uma falha técnica na delimitação do polígono. Existem incompatibilidades em relação a área da unidade, pois no decreto de criação constam 2.766 hectares que foram definidos erroneamente, já para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, a unidade apresenta 4.109,88 hectares. Com a proposta de retificação da área, a RBSI passaria para 5.888 hectares englobando não só a faixa de praia, mas também dunas (SILVA, 2010). Diante disso, a falta de delimitação exata da área da RBSI propicia conflitos de uso e ocupação, que já são constatados como turismo e recreação, proibidos em função da categoria de proteção integral. A área da RBSI é sobreposta a Área de Proteção Ambiental (APA) Litoral Norte, inserida na categoria de uso sustentável, a qual é composta por terras públicas e privadas tendo como objetivo proteger a biodiversidade, assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, bem como disciplinar o processo de ocupação dessas áreas (BRASIL, 2000).

Segundo o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (GERCO SE, 2019), o litoral centro compreende o trecho dos municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Santo Amaro das Brotas e São Cristóvão, que abrangem os estuários dos rios Vaza-Barris e Sergipe, onde suas bacias pertencem aos municípios de Riachuelo e Maruim, dentro da área de influência costeira, bem como o município de Rosário do Catete, considerado parte da bacia do rio Japaratuba que marca o limite desta região com o litoral norte. Ainda conta com os municípios interiores Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras. Nele existem áreas de manguezal na periferia da Grande Aracaju (Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora Socorro e São Cristóvão), e áreas de restinga mais conservadas no município de Santo Amaro das Brotas. Neste litoral também existe a exploração de petróleo, e as praias de Aracaju possuem intenso valor paisagístico,

recreativo e turístico, com destaque para a praia de Atalaia, influenciando na forte pressão urbanística (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019).

A Grande Aracaju, corresponde a 80% da população da região costeira (GERCO SE, 2019). Dessa forma, segundo Fonseca, Vilar e Santos (2010), constitui a área mais urbanizada e de grande densidade demográfica, além de passar por modificações paisagísticas em uma curta escala temporal. Nesse litoral se encontra o complexo termelétrico Barra dos Coqueiros, urbanização em Áreas de Proteção Ambiental (APP), com ocupação irregulares em praias e poluição estuarina por efluentes e carcinicultura (GERCO SE, 2019).

O litoral sul compreende o trecho que vai do rio Vaza-Barris até o rio Real, incorporando os municípios de Itaporanga d'Ajuda, Estância, Santa Luzia do Itanhy e Indiaroba (SERGIPE, 2019), sendo também um dos principais pontos de desova de tartaruga-marinha no Brasil. Nesta faixa do litoral, também se encontra uma Área de Proteção Ambiental, a APA do Litoral Sul (SERGIPE, 1993), que possui cerca de 55,5 km de extensão de linha de costa, contemplando os quatro municípios do referido litoral, está limitada ao sul pela margem esquerda do rio Real, fronteira com o estado da Bahia, e ao norte, pela margem direita do rio Vaza Barris (SERGIPE, 1993; FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010).

Na APA Litoral Sul existem áreas de restingas arbóreas, manguezais e manchas preservadas de Mata Atlântica, além da presença de aves migratórias (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019). Essa faixa tem forte dinâmica costeira de erosão e sedimentação marinha, dunas móveis e ocupação de cordões de dunas costeiras por casas de veraneio, as quais geram aglomerações e urbanização nas Áreas de Preservação Permanente. Também existem conflitos com atividades agropecuárias, empreendimentos turísticos e as comunidades tradicionais, e desestruturação de manguezais para o estabelecimento de viveiros (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019). No litoral sul existe acesso à praia, produtos e serviços em função da intensificação de casas de veraneio, porém em áreas de ocupação irregular nas praias da Caueira, do Abaís, do Saco, e de acordo com o GERCO/SE, estas áreas tornam-se vulneráveis à erosão e frágeis para segunda residência, principalmente nos municípios Estância e Itaporanga d'Ajuda (GERCO, 2019).

A região costeira de Sergipe abrange aproximadamente 54% populações do estado (1.262.360 habitantes), segundo estimativa para 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica (IBGE). Em termos gerais, a maior parte da população dessa área tem baixo nível de instrução e baixa renda, onde mais de 60% não tem instrução fundamental ou é incompleta, e 2% tem nível superior, além de baixo índice de esgotamento sanitário, existindo áreas com contaminação de águas por efluentes agrícolas, urbanos e industriais sem tratamento adequado,

além da presença de resíduos sólidos dispostos inadequadamente, causando a poluição estuarina, impactos sobre a balneabilidade das praias e turismo, segundo GERCO SE (2019).

Neste cenário, o litoral de Sergipe possui uma variedade de paisagens naturais com elevado potencial turístico e econômico, favorecendo a economia na região. Por outro lado, também apresenta atividades que exercem alterações territoriais e paisagísticas, que diante da fragilidade ambiental das zonas costeiras, são potenciais elementos que possibilitam impactos socioambientais. Dado o exposto, as discussões sobre o tema aqui trabalhado devem ser embasadas em uma ótica sistêmica, estabelecendo suas dimensões socioambientais.

Nesse contexto, pesquisas científicas fornecem dados que contribuem para o planejamento e a gestão ambiental, auxiliando no entendimento e/ou mitigação do problema, respeitando a particularidade socioambiental da região de estudo. A partir desse cenário, o problema central desta pesquisa norteia-se em entender a relação entre a urbanização e a presença de MPs em praias sergipanas. Como hipótese, parte-se da premissa que a área de estudo apresenta elevada quantidade de microplásticos que podem atuar negativamente sobre a qualidade ambiental das praias com diferentes características de acesso e urbanização. De forma geral, objetiva-se analisar a ocorrência de microplásticos nas praias arenosas do litoral sergipano e associar os impactos socioambientais que podem ser causados pela sua presença nas praias estudadas, buscando também entender a percepção dos frequentadores (usuários) acerca dos microplásticos.

Para orientar a análise, o método utilizado é o Hipotético-Dedutivo. Este método, desenvolvido pelo filósofo Karl Popper, parte de um problema, formulam-se hipóteses (conjecturas) acerca desse problema, as quais devem ser submetidas a testes por meio de observação e experimentação (condições de falseamento) (POPPER, 1972)[1]. Ademais, a presente pesquisa é caracterizada como descritiva, quantitativa e experimental, tendo em vista seu processo investigatório, estatístico e a associação de variáveis que se referem ao evento a ser observado (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Neste sentido, a referida dissertação está estruturada por uma introdução geral, seguida por 3 artigos, considerações gerais, apêndices e anexos. O tópico introdutório geral faz uma explanação sobre o tema, a justificativa, o recorte espacial da pesquisa, a problemática, a hipótese, o objetivo geral e o caminho metodológico. No artigo 1, fez-se uma síntese acerca da trajetória dos plásticos na sociedade contemporânea até as consequências socioambientais

[1] POPPER, K. R. Colocalção de alguns problemas. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: CULTRIX, 1972. p. 567

envolvidas na dispersão de microplásticos no ambiente, especialmente em regiões costeiras, trazendo um panorama sobre os resíduos plásticos presentes em praias sergipanas. O artigo 2 aborda a quali-quantificação dos microplásticos encontrados em praias sergipanas, bem como traz o estado de poluição em que elas se encontram. O artigo seguinte expõe a percepção dos usuários das praias turísticas avaliadas acerca do tema e aspectos legais envolvendo a poluição por plásticos no âmbito estadual.

ARTIGO 1: MICROPLÁSTICOS, DA CRIAÇÃO À POLUIÇÃO MARINHA

Resumo

A utilização de plásticos está presente em diversos setores econômicos (indústria, agricultura, comércio, entre outros), bem como nas atividades cotidianas. A questão socioambiental do plástico está ligada ao curto ciclo de vida de alguns produtos e ao seu descarte irracional. A má gestão dos resíduos sólidos promove sua presença em diversos compartimentos ambientais, e tem gerado discussões recorrentes na literatura, mormente no que atine à ocorrência, dispersão e possíveis impactos negativos dos microplásticos (partículas < 5mm) com ênfase na saúde humana e ambiental. Portanto, o objetivo deste trabalho é descrever a trajetória dos microplásticos até áreas costeiras e oceanos, trazendo o caso das praias de Sergipe. A pesquisa foi conduzida utilizando a base de dados *Web of Science*, bem como o buscador *Google Scholar*, onde foram buscadas referências atualizadas (2018 - 2022, em inglês e português), além de utilizar relatórios nacionais e internacionais. Nas praias de Sergipe foi constatada poluição plástica, potencialmente geradora de impactos socioambientais. Nesse sentido, na tentativa de contribuir com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – 14 (vida na água), é necessário obter dados e novos índices dentro dos ODS. Assim, essas ações são baseadas em uma abordagem integrada, considerando as necessidades e interesses do contexto socioambiental analisado.

Palavras-chave: objetivos do desenvolvimento sustentável, poluição marinha, resíduos plásticos, resíduos sólidos, zonas costeiras.

Abstract

The use of plastics is present in various economic sectors (industry, agriculture, commerce, among others), as well as in everyday activities. The socio-environmental issue surrounding plastics is linked to the short life cycle of certain products and their irrational disposal. Mismanagement of solid waste promotes their presence in various environmental compartments, and has generated recurrent discussions in the literature, especially with regard to the occurrence, dispersion and possible negative impacts of microplastics (particles < 5mm) with emphasis on human and environmental health. Therefore, the objective of this work is to describe the trajectory of microplastics to coastal areas and oceans, bringing the case of beaches in Sergipe. The research was conducted using the Web of Science database, as well as the Google Scholar search engine, where updated references were sought (2018 - 2022, in English and Portuguese), in addition to using national and international reports. On the beaches of Sergipe, plastic pollution was found, potentially generating socio-environmental impacts. In this regard, in an attempt to contribute to the Sustainable Development Goal (SDG) – 14 (life below water), it is necessary to obtain data and new indexes within the SDGs. Thus, these actions are based on an integrated approach, considering the needs and interests within the analyzed socio-environmental context.

Keywords: sustainable development goals, marine pollution, plastic waste, solid waste, coastal zones.

1.1 Introdução

Os plásticos são utilizados massivamente desde a década de 1950 e representaram um avanço tecnológico a época, tendo imenso destaque em função das inúmeras utilidades a eles atribuídas (GEORGE, 2020; GEYER, 2020; GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Dessa forma, a indústria do plástico é de importante interesse econômico mundial e movimenta bilhões por ano no Brasil (ABIPLAST, 2020). Contudo, as características particulares dos referidos itens que proporcionam sua versatilidade e importância econômica, como durabilidade e baixo custo, os torna facilmente descartáveis, sendo dispostos, geralmente, de maneira inadequada. Somando-se aos itens que são encontrados no ambiente, provenientes de diferentes atividades antropogênicas, a pandemia do COVID-19 intensificou o uso de descartáveis, com destaque para os plásticos, e ampliou o descarte incorreto deles (BENSON; BASSEY; PALANISAMI, 2021; FILHO *et al.*, 2021).

Os microplásticos (MPs), resultantes da quebra de plásticos maiores ou fabricados em seu tamanho micro, são encontrados desde regiões densamente povoadas (CASTRO *et al.*, 2020; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020) a locais pouco habitados (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; MAYNARD *et al.*, 2021), ou até mesmo em áreas inóspitas como regiões polares (OBBARD, 2018). Assim, considerados itens onipresentes, os efeitos dos plásticos são discutidos nos mais variados compartimentos ambientais (AL-MALKI *et al.*, 2021; DU *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019).

Diminutas partículas de plásticos foram detectadas em produtos alimentícios (DANOPOULOS *et al.*, 2020; DANOPOULOS; TWIDDY; ROTCHELL, 2020; SHRUTI *et al.*, 2020), especialmente aqueles provenientes do ambiente aquático (KARAMI *et al.*, 2018; PAIVA *et al.*, 2022; VIEIRA *et al.*, 2021). Além disso, sua presença em tecidos humanos também é constatada (AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2021; RAGUSA *et al.*, 2021). Entretanto, os potenciais riscos socioambientais dos plásticos não são inteiramente elucidados (BEAUMONT *et al.*, 2019; UN ENVIRONMENT, 2017; MEULEN *et al.*, 2014), e por este motivo a poluição plástica é motivo de pesquisas ao redor do mundo.

Dentro da perspectiva mundial de mitigação desta problemática, a Organização das Nações Unidas traz na Agenda 2030 o ODS 14, vida na água, sendo o único que apresenta uma meta direta em relação ao plástico (ODS BRASIL, 2023). Este trabalho tem como objetivo descrever a trajetória dos microplásticos até sua chegada em zonas costeiras e oceanos, trazendo o caso das praias sergipanas, região Nordeste do Brasil.

1.2 Metodologia

Sendo de caráter bibliográfico, uma pesquisa de literatura foi realizada. Nisso, esta etapa foi conduzida por meio da base de dados *Web of Science*, como também do buscador *Google Scholar*, onde priorizou-se referências atualizadas, dos últimos 05 anos. As palavras-chave foram utilizadas em combinação, considerando artigos de acesso aberto, entre 2018 e 2022. Utilizou-se as palavras-chave: *"microplastic pollution AND beach*; impact* AND microplastic*; plastic pollution AND beach; impact* AND marine plastic; plastic AND human health; sustainable development goals AND plastic",* e seus respectivos termos análogos na língua portuguesa, resultando em 13.078 títulos. Para atender o foco da pesquisa, fez-se uma análise prévia sobre o conteúdo das publicações obtidas, e além disso, relatórios nacionais e internacionais também foram utilizados, e desta forma, ao excluir as publicações que não apresentavam afinidade temática, foram considerados 114 trabalhos.

1.3 Plástico na Sociedade Contemporânea

"Plástico" é uma expressão que surgiu pela primeira vez na década de 1630, utilizada para definir uma substância moldável. As substâncias plásticas são compostas por grandes moléculas em cadeia, formando macromoléculas. Tal arranjo molecular recebe o nome de polímero, o qual pode ser de origem sintética (criada por humanos), ou natural (ceda, por exemplo) (CRAWFORD; QUINN, 2017d). As propriedades moleculares dos plásticos convencionais propiciam que eles sejam moldados para formar variados objetos. Desta forma, os plásticos permitiram grandes avanços tecnológicos em diversos setores, devido a características como durabilidade, maleabilidade, resistência e baixo custo, favorecendo seu uso doméstico, industrial, hospitalar e no agronegócio, por exemplo (CRAWFORD; QUINN, 2017d; GEORGE, 2020).

A dependência pelo uso dos plásticos teve seu início a partir de 1907, com a fabricação de um material sintético, *baquelite*, feito a partir de produtos químicos, derivados de combustíveis fósseis. Pós Segunda Guerra Mundial, por volta de 1950, houve a intensificação na produção de plásticos e seu consequente descarte no ambiente vem se intensificando desde então (CRAWFORD; QUINN, 2017d; GEORGE, 2020). Em muitos aspectos, os plásticos são indispensáveis, pois eles mudaram a forma como vivemos. Contudo, as mesmas características que o deixaram amplamente difundidos e permitiram grandes avanços, são as mesmas que podem levar a significativos problemas, devido sua durabilidade pós uso, transformando-os em

resíduos sólidos[1] de alta persistência no ambiente. A complexa desarmonia deste fato se intensifica, visto que, segundo Geyer (2020), a produção de plástico anual global alcançará 1,1 bilhão de toneladas em 2050, e seu total cumulativo, de 1950 a 2050 resultará em 34 bilhões de toneladas de plásticos.

Pode-se dizer que o modelo atual de consumo é resultado do comportamento humano, como estratégia adaptativa diante da dinâmica de urbanização, a partir das contradições do planejamento. O consumo desenfreado e a geração de resíduos sólidos passaram a dominar nossos costumes, e os plásticos acabaram se tornando os narradores de maior destaque dos hábitos contemporâneos, refletindo na saúde, bem-estar, ambiente e economia. Nesse processo, a atuação sobre o meio natural ocorre de maneira progressiva, uma vez que a complexa relação sociedade-natureza passa por diversas alterações negativas, dentro de um curto espaço-tempo.

A pandemia do COVID-19, decretada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 11 de março de 2020, expandiu o uso de plásticos descartáveis, tanto com a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) em ambientes hospitalares ou no dia a dia para a prevenção de contato com o vírus, quanto com a maior demanda por entrega à domicílio de alimentos e produtos que são embalados em plásticos de uso único (FILHO *et al.*, 2021; KLEMEŠ *et al.*, 2020).

Numa perspectiva mundial, em relação às máscaras ou protetores faciais descartáveis, estima-se que aproximadamente 3,4 bilhões desses EPI estão sendo descartados diariamente, ainda devido a pandemia acima mencionada. No Brasil, a estimativa diária de descarte de máscaras é de 140,2 milhões, o que representa a 4ª posição, ficando atrás dos Estados Unidos (219,7), Índia (386,4) e China (702,3) (BENSON; BASSEY; PALANISAMI, 2021). Neste panorama, as medidas de restrição, provocadas devido a pandemia, levaram a um aumento nos níveis de consumo residencial e alterações nas quantidades de resíduos e reciclagem[2] em diferentes países, incluindo o Brasil (FILHO *et al.*, 2021).

No Brasil, os dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), que monitora os números deste setor, registraram que o consumo de plásticos alcançou 7,7 milhões de toneladas em 2020. Em 2019, (última estimativa da ABIPLAST), os cinco maiores setores consumidores de produtos plásticos foram a construção civil (23,9%), alimentos (21,6%),

[1] Segundo a lei nº 12.305/2010, resíduos sólidos são "material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade [...]".

[2] A lei nº 12.305/2010 define reciclagem como "o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes."

automóveis e autopeças (8,1%), artigos de comércio (8,1%), e o setor de bebidas (5,7%) (ABIPLAST, 2021). Neste cenário, a influência de tais números é refletida na economia. Em 2020, a produção de produtos plásticos foi de R$ 91,6 bilhões de reais, e no mesmo ano o setor chegou a empregar aproximadamente 327 mil trabalhadores, correspondendo ao 4º maior empregador da indústria de transformação brasileira. Ainda em 2020, a produção dos itens registrou 7,3 milhões de toneladas, acréscimo de 2,4% frente a 2019 (ABIPLAST, 2020). Considerando que de todos os setores, 34,8% dos produtos apresentam ciclos curtos de vida (até um ano) (ABIPLAST, 2020), a problemática se insere na grande parcela dos resíduos gerados de difícil aproveitamento. Nesse contexto, isso possibilita que estes materiais não sejam destinados de forma ambientalmente adequada[3].

A reciclagem é um dos mecanismos que diminuem a possibilidade da entrada de novos materiais de plástico no sistema, mas não deve ser considerada uma solução isolada. No Brasil, houve um aumento de 25 a 30% na coleta de materiais recicláveis em 2020, comparando com o ano anterior. Contudo, isso não indica um aumento da reciclagem na mesma proporção. Conforme a Agência Brasil (2020), a maior parte do volume coletado é enviado diretamente para aterros, em função do fechamento ou diminuição da atuação dos principais atores responsáveis pela reciclagem, catadores e cooperativas. Desta forma, pressões sobre o gerenciamento de resíduos de muitas cidades ao redor do mundo foram agravadas diante do cenário posto em 2020, de Pandemia (FILHO *et al.*, 2021).

Do total de resíduos plásticos produzidos mundialmente desde a década de 1950 até 2015, apenas 9% foi reciclado, 12% incinerado e 79% foram descartados em aterros ou na natureza (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Ao tratar dos países que mais produzem resíduos plásticos, o Brasil apresenta-se também na 4ª posição, gerando ao ano aproximadamente 11 milhões de toneladas, atrás dos Estados Unidos (70,7), China (54,7) e Índia (19,3) (WWF, 2019a). Em relação ao tipo de disposição dos resíduos sólidos coletados pelos municípios brasileiros, aproximadamente 40% são dispostos inadequadamente (ABRELPE, 2021). Neste sentido, entende-se que grande parcela dos plásticos que não são reciclados no Brasil acaba sem disposição ambientalmente adequada[4]. Esta disposição se deve principalmente aos custos operacionais que possibilitem a destinação dos resíduos plásticos para a reciclagem. Conforme a WWF (2019), apenas 1,28% dos resíduos plásticos tem essa destinação no Brasil, já para a

[3] Segundo a lei nº 12.305/2010 destinação final ambientalmente adequada, é a destinação de resíduos que inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético, ou outras alternativas permitidas pelo órgão competente.

[4] Segundo a lei nº 12.305/2010 disposição final, ambientalmente adequada, refere-se à distribuição ordenada de rejeitos em aterros, seguindo as normas operacionais específicas.

ABIPLAST (2020), esta porcentagem alcançou 24% em 2019, havendo uma discrepante incompatibilidade entre os números.

O plástico pode ser classificado em duas categorias que irão configurar a sua possibilidade de ser reciclável, distinguindo-os como termofixos e termoplásticos. Os termofixos sofrem uma alteração química quando aquecidos, e como resultado não podem ser fundidos nem remoldados, exemplos de termofixos são poliuretano (PUR), silicone, epóxi e acrílico. Por sua vez, os termoplásticos podem sofrer alteração da solidez a partir do calor mais de uma vez, sendo potencialmente recicláveis (GEYER, 2020). A fim de distingui-los conforme a reciclabilidade e o tipo de resina, os diferentes polímeros termoplásticos são classificados internacionalmente por códigos, de 1 a 7, representando o tipo do polímero (Quadro 1).

Quadro 1 - Símbolos de reciclagem para os tipos de resinas plásticas com seus respectivos exemplos de usos.

Símbolo	Abreviação em português/inglês	Nome do polímero	Exemplos de uso
01	**PET/PET**	Polietileno tereftalato	fibras de poliéster, filmes, embalagens de alimentos, garrafas de bebidas
02	**PEAD/PE-HD**	Polietileno de alta densidade	garrafas de plástico, recipientes para produtos de limpeza, canos para gás e água potável, utensílios domésticos
03	**PVC/PVC**	Policloreto de vinila	botas, cortinas de chuveiro, canos, revestimentos de piso, cabos elétricos, imitação de couro
04	**PEBD/PE-LD**	Polietileno de baixa densidade	sacos de plástico (não alimentares), filme plástico, sacos de lixo, tubos, revestimentos de caixa de leite
05	**PP/PP**	Polipropileno	embalagem de alimentos, acabamento interno de carros, para-choque, cadeirinha de criança
06	**PS/PS**	Poliestireno	embalagem de alimentos, material de embalagem, isolamento
07	**OUTROS/ OTHER**	Plásticos diversos como poliamida (PA), policarbonato (PC), além da combinação de diferentes plásticos	malas, brinquedos, cerdas para escovas de dente, cordas, embalagens de alimento

Fonte: Crawford *et al.*, 2017a e Pohjakallio, 2020. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

Os itens constituídos de PET (polietileno tereftalato) são considerados os plásticos mais reciclados, enquanto os demais materiais plásticos são mais difíceis, dada a sua composição, principalmente os de várias combinações, como as embalagens multicamadas (CRAWFORD; QUINN, 2017b; POHJAKALLIO, 2020).

Segundo Crawford e Quinn (2017c), os plásticos recicláveis podem passar por este processo, aproximadamente, três vezes e a cada vez que o processo ocorre, o polímero perde sua flexibilidade e torna-se quebradiço, em virtude das fases de fusão e remodelagem, diminuindo as propriedades mecânicas do produto. Todo este processo acrescenta cerca de 20% nos custos de fabricação, associados ao uso desses materiais reciclados. Com isto, os custos

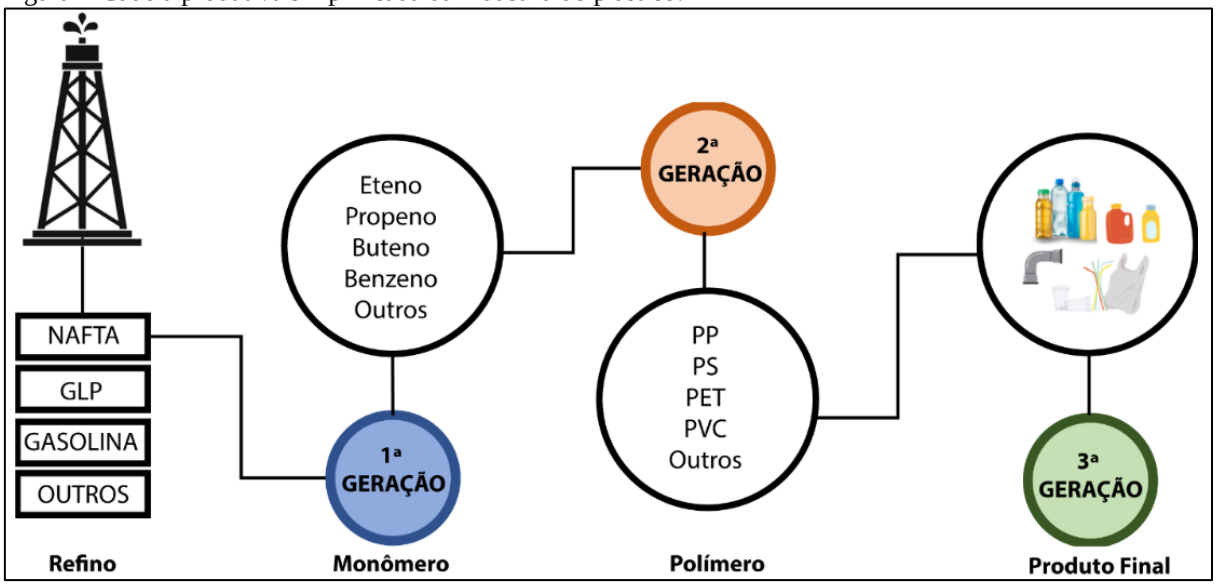
operacionais para que ocorra a reciclagem de resíduos plásticos são altos e o material resultante é de qualidade inferior, reduzindo sua demanda. Em contraponto, este processo traria um grande impacto à economia brasileira, pois estima-se que se o montante de resíduo plástico produzido no Brasil fosse reciclado, cerca de R$ 5,7 bilhões retornaria para a economia, de acordo com o levantamento realizado pelo Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

Em uma perspectiva mundial, Geyer *et al.* (2017) realizaram uma estimativa entre 1950 e 2015, contabilizando que 7,3 milhões de toneladas de resinas e fibras plásticas foram produzidas, sendo que os três maiores grupos produzidos sem fibra são PE (polietileno) (36%), PP (21%) e PVC (12%); PET, PUR e PS apresentam por volta de 10% cada. O poliéster, maior parte PET, é responsável por 70% de toda produção de fibra de poliamida (PA) e acrílico. Ainda segundo esse estudo, aproximadamente 42% de todos os plásticos não fibrosos foram usados no setor de embalagens (predominantemente compostas por PE, PP e PET), enquanto o setor da construção civil, foi o segundo maior consumidor, utilizando 19% de todos os plásticos não fibrosos (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). A maior proporção de resíduos plásticos provenientes do setor de embalagens, reflete na sua alta descartabilidade (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017), em virtude de a geração de resíduo plástico ser influenciada pelo tempo de vida dos produtos.

Aliado ao seu ciclo de vida (útil e no ambiente), outra questão associada aos plásticos diz respeito a sua matéria-prima. Quando de natureza fóssil, ou seja, provenientes de petroquímicos, entende-se que a expansão da produção de plásticos traz implicações para as emissões globais de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas. Estima-se que se a produção e o uso de plásticos crescerem conforme os padrões atuais, até 2030 as emissões globais de gases de efeito estufa serão de 1,34 gigatoneladas por ano, tendo em vista que eles são emitidos a cada etapa do seu ciclo de vida, desde a extração e transporte da matéria-prima e gestão até a disposição final no ambiente (CIEL, 2019).

As fontes incluem emissões diretas como queima de metano, consumo de energia no processo de perfuração, para obtenção do petróleo ou gás, ou emissões causadas quando áreas são desmatadas para a implantação dos poços (CIEL, 2019). Na figura 1 é representada, de forma concisa, a cadeia produtiva do plástico, desde o refino do petróleo até a produção dos transformados plásticos (produto final). Após as diferentes etapas do refino do óleo bruto, a nafta é um dos subprodutos derivados e principal matéria-prima para obtenção do plástico (ABIPLAST, 2015).

Figura 1-Cadeia produtiva simplificada da indústria do plástico.



Elaboração: Ana Alice Santos, 2022. Fonte: ABIPLAST, 2015.

Em função do resíduo plástico ser depositado em aterros sanitários ou incinerados, ambos os processos acarretam diferentes emissões de gases de efeito estufa, sendo que a incineração leva a valores extremamente altos. Nos Estados Unidos, por exemplo, só em 2015 as emissões (CO_2) provocadas pela incineração dos plásticos foram estimadas em 5,9 milhões de toneladas, sendo que as emissões globais nesse mesmo ano corresponderam a 16 milhões de toneladas, conforme dados apresentados pelo Centro de Direito Ambiental Internacional (CIEL, no inglês - *Center for International Environmental Law*) (CIEL, 2019).

Uma das alternativas para a problemática dos plásticos é a sua substituição por itens biodegradáveis. A demanda de biodegradáveis modificou o tipo de consumo havendo um apelo às mudanças individuais, e muitas vezes, esses padrões ficam restritos a quem pode pagar por esses produtos, cerca de 5 a 15% mais caros do que os convencionais (de plástico), de acordo com o relatório Atlas do Plástico (2020). Os polímeros biodegradáveis, também chamados bioplásticos, sofrem a fragmentação das cadeias do polímero sob influência do calor, umidade, luz solar e/ou enzimas, que resultam na assimilação completa de fragmentos de plástico pela população microbiana no ambiente de descarte em uma taxa mais acelerada do que os plásticos convencionais (GESAMP, 2016; HAVSTAD, 2020). Entretanto, a substituição dos plásticos por outros itens, como os bioplásticos, pode nutrir a ideia de que a degradação deste produto ocorrerá de forma imediata e não haverá custos ao capital natural, o que se torna um engano.

Apesar do prefixo *bio*, não significa que todos os polímeros provenientes de matérias-primas vegetais sejam considerados biodegradáveis. Levando-se em consideração que o biopolietileno de base de cana-de-açúcar e o polietileno de base fóssil, por exemplo,

quimicamente, o biopolímero ainda é polietileno e apresenta tempo de degradação entorno de 500 anos, portanto, em termos de biodegradabilidade, resulta o mesmo impacto ambiental que o plástico convencional (GEYER, 2020; SCHMID; COZZARINI; ZAMBELLO, 2021). A biodegradabilidade dos plásticos depende da sua matéria-prima, da composição química e da estrutura do produto final, e principalmente, sob quais condições ambientais ele se encontra. No processo de biodegradação (digestão microbiana – bactérias, fungos e algas), o material original é convertido em água, dióxido de carbono e metano, gás que também é poluente (HAVSTAD, 2020; SCHMID; COZZARINI; ZAMBELLO, 2021). Logo, este tipo de plástico é desenhado para se decompor em condições específicas, geralmente em compostagem industrial, onde as temperaturas ultrapassam 50°C (HAVSTAD, 2020).

Dentro das externalidades atribuídas ao uso excessivo de plásticos, na sociedade atual, a substituição do item convencional por biodegradável não deve ser considerada uma solução isolada para o problema da geração de resíduos sólidos (SCHMID; COZZARINI; ZAMBELLO, 2021). Isto, especialmente, tendo em vista que ineficiências em mecanismos e incentivos na gestão de quaisquer tipos de resíduos propiciam que seu descarte na natureza, visto como uma alternativa mais barata, seja recorrente (Figura 2).

Figura 2-Ciclo de vida dos transformados plásticos.

Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Sendo o plástico um material amplamente utilizado, representando uma parte considerável dos resíduos sólidos, especialmente os plásticos descartáveis, os quais são de difícil aproveitamento (MONTAGNER *et al.*, 2021), eles podem ser encontrados em diversos compartimentos ambientais. Devido as suas características, os resíduos plásticos têm a capacidade de se acumular em cursos de água, solos agrícolas, estuários, praias e oceanos, levando a uma crescentemente preocupação acerca do impacto direto e indireto dos plásticos nos ecossistemas, no abastecimento de alimentos, e água, além da saúde humana

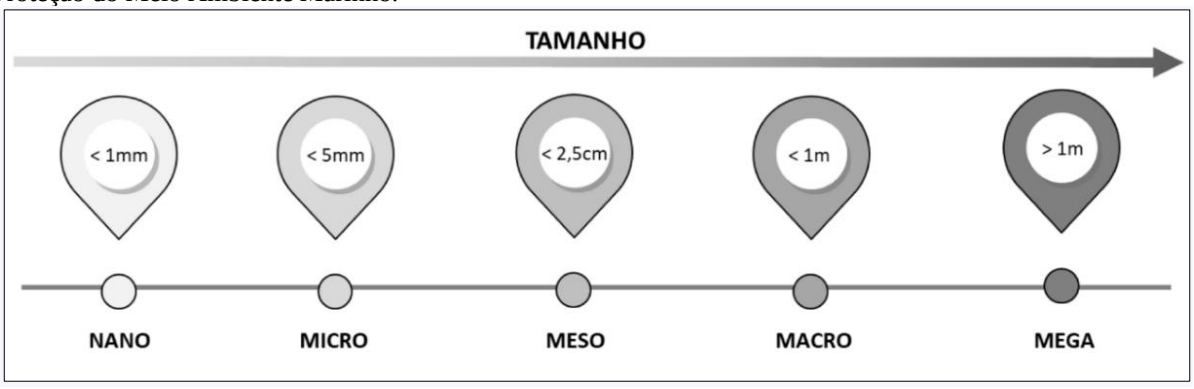
(DANOPOULOS *et al.*, 2020; DANOPOULOS; TWIDDY; ROTCHELL, 2020; KARAMI *et al.*, 2018; MACHADO, *et al.*, 2018; MACLEOD *et al.*, 2021; RAGUSA *et al.*, 2021). Ademais, estes itens são considerados potenciais marcadores estratigráficos para a consolidação da uma nova época geológica conhecida como Antropoceno, a qual é marcada pelos impactos das ações humanas sobre o ambiente, entre eles, o acúmulo de resíduos plásticos (GEYER, 2020; ZALASIEWICZ *et al.*, 2016).

1.4 A Problemática dos Microplásticos para a Saúde Humana e Ambiental

As questões intrínsecas à relação sociedade-natureza, envolvendo o descarte de resíduos no ambiente, em especial os plásticos descartáveis, vem sendo discutidas pela comunidade científica. Uma das discussões é acerca da contínua fragmentação desses resíduos, as quais gradualmente os transforma em MPs, tornando suas interações com os ecossistemas e organismos complexa, bem como potencialmente perigosas.

Apesar da literatura abordar sobre a fragmentação de plásticos no ambiente na década de 1970 (CARPENTER; SMITH, 1972; ROTHSTEIN, 1973; SCOTT, 1972), a terminologia *microplásticos* foi incorporada aos estudos apenas a partir de 2004, quando Thompson *et al.* (2004) utilizaram o termo para se referir a partículas <5 mm encontradas em sedimentos de praia e superfícies dos oceanos, sendo esta designação em relação ao seu tamanho a mais usual (GESAMP, 2019, 2016). O Grupo de Especialistas em Aspectos Científicos de Proteção do Meio Ambiente Marinho (GESAMP, *Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection*, no inglês), considera a classificação de MPs como <5mm atribuindo demais definições quanto ao tamanho dos plásticos (Figura 3).

Figura 3-Classificação dos tamanhos de plásticos conforme o Grupo de Especialistas em Aspectos Científicos de Proteção do Meio Ambiente Marinho.



Elaboração: Ana Alice Santos, 2022. Fonte: GESAMP, 2016.

Embora seja esta a definição mais aceita, ainda não há um conceito universal que defina com precisão o que é um microplástico, tendo em vista que em alguns estudos a faixa utilizada para obtenção dos dados é variável (FRIAS; NASH, 2019), conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Tamanhos de microplásticos considerados em alguns estudos em regiões costeiras.

Tamanho	Referência
1 – 5 mm	Martins; Rodríguez; Pham (2020), Garcés-Ordóñez *et al.* (2020), Alvarez-Hernandez *et al.* (2020)
1 – 5mm*	Castro *et al.* (2020), Carvalho; Silva; Costa (2021)
< 5 mm	Besley *et al.*, (2017), Urban-Malinga *et al.* (2020), Maynard *et al.* (2021), Godoy *et al.* (2020)
1µm – 5mm	Everaert *et al.* (2020), Rangel-Buitrago *et al.* (2021)

Fonte: Pesquisa bibliográfica, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022. *considerado microplástico grande.

Os MPs podem ser classificados conforme sua origem no ambiente como primários, ou secundários. Os MPs primários são aqueles fabricados intencionalmente dentro da faixa micro. Estes incluem pellets (grânulos utilizados como matéria-prima para a produção comercial de produtos de plásticos); microesferas e grânulos de resina usados em cosméticos e abrasivos. Por sua vez, os MPs secundários são originados quando plásticos maiores descartados no ambiente são fragmentados, o qual se fragmentará quando exposto a luz visível e ultravioleta, ação térmica, oxigênio, biodegradação e umidade, e ainda resultantes da fricção durante a fabricação ou uso de fibras, por exemplo, liberadas durante a abrasão ou lavagem de roupas sintéticas (A ROCHA INTERNACIONAL, 2018; WELDEN; LUSHER, 2020). Essa tipologia possibilita que os MPs apresentem variadas formas como fibras, esferas, fragmentos, espumas e filmes. E ao passo que as atividades do cotidiano relativas ao descarte, proposital ou não desses itens, tornam-se o principal fator de dispersão e disposição no ambiente, estudos identificam e associam a presença de MPs a numerosas trajetórias.

A atmosfera é uma das primeiras vias para o transporte de MPs, e uma vez presentes no ar, isso infere na dinâmica de disposição destes itens nos demais compartimentos ambientais, pois se dispersam facilmente (LIAO *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019). A deposição atmosférica de MPs pode variar conforme ambientes internos e externos em diferentes locais (LIAO *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019).

Em uma cidade costeira no Leste da China, Liao e colaboradores (2021) concluíram que o ar interno (entre eles sala de aula, escritório e hospital) tinha 10 vezes mais MPs do que no ar externo (urbano e rural) e, comparando os dois cenários externos, a quantidade de MPs na área urbana foi duas vezes maior do que na rural. Poliéster, PA e PP representaram cerca de 60% dos MPs aerotransportados internamente; enquanto, juntamente com poliéster, PE e PS compreendem mais da metade dos MPs encontrados ao ar livre. Seu pequeno tamanho aumenta

a taxa de exposição, inalação e possível transporte até tecidos pulmonares (LIAO *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019). Os MPs quantificados no estudo de Liao *et al.* (2021) encontravam-se na faixa micrométrica (μm), e os menores que 100 foram preponderantes, assim, grande parte desses fragmentos tem potencial para serem inalados.

Segundo Torres-Agullo *et al.* (2021), no cenário de COVID-19, uma atenção especial deve ser dada aos MPs que podem ser derivados de máscaras faciais. Partículas originadas destes itens podem se acumular na cavidade nasal e alcançar os pulmões (TORRES-AGULLO *et al.*, 2021). Ainda nesta associação de MPs e COVID-19, Amato-Lourenço *et al.* (2022) realizaram um estudo no sudeste do Brasil em áreas ao redor de um complexo hospitalar localizado na cidade de São Paulo, evidenciando que a presença do RNA SARS-CoV-2 [5], estava associada ao número de fibras de MPs no ar, e o poliéster foi o polímero mais frequente nas amostras (80%). O estudo sugere que os MPs podem portar e aumentar a sobrevivência do vírus no ar, facilitando assim sua entrada no corpo humano.

Amato-Lourenço *et al.* (2021) contabilizaram MPs em tecidos pulmonares humanos, sendo os mais quantificados PE e PP. Eles consideram que embora a inalação seja a rota mais provável de MPs até o pulmão, não se pode excluir que algumas partículas são capazes de atingir os pulmões por meio de translocação sistêmica, uma vez que MPs também já foram detectados em tecidos da placenta humana, conforme aferido por Ragusa *et al.* (2021). Neste estudo, os autores encontraram fragmentos plásticos com tamanho variando entre 5 e 10μm e diferentes tipos como PP, adesivos e produtos cosméticos. É cientificamente possível que partículas plásticas sejam transportadas para tecidos e órgãos humanos por meio da corrente sanguínea, pois estas foram recentemente quantificadas em sangue humano (LESLIE *et al.*, 2022). Neste estudo, dentre cinco polímeros avaliados, o PET foi o mais encontrado. Segundo os autores, este fato sustenta a hipótese de que algumas partículas de plástico com as quais os seres humanos entram em contato podem ser biodisponíveis.

Partindo para o ambiente terrestre, os resíduos plásticos presentes em aterros e lixões, por exemplo (conforme mencionado no tópico 3), formam uma parcela dos MPs secundários encontrados no ambiente, além daqueles utilizados na cobertura de solos agrícolas (BOOTS; RUSSELL; GREEN, 2019) e na aplicação de lodo de esgoto como fertilizante (CORRADINI *et al.*, 2019). Nisso, estudos demonstram que os microplásticos podem alterar as propriedades biofísicas do solo e afetar os diferentes organismos presentes (LI *et al.*, 2020; MACHADO, *et al.*, 2019; WAN *et al.*, 2019; ZHAO; LOZANO; RILLIG, 2021).

[5] Síndrome respiratória aguda grave coronavírus 2, *Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* no inglês.

MPs podem ser absorvidos por plantas comestíveis (LI *et al.*, 2020), interferir na germinação de plantas, e propiciar a redução da massa corpórea de anelídeos (AL-MALKI *et al.*, 2021; BOOTS; RUSSELL; GREEN, 2019). Al-Malki *et al.* (2021), avaliaram a contaminação por MPs em pequenas espécies de ambiente terrestre, escolhidas com diferentes hábitos alimentares, utilizando como bioindicadores: gastrópodes, isópodes, anelídeos e artrópodes. Os autores verificaram a presença de partículas (PS, PEAD e PEBD) em todos organismos analisados, além disso, elementos que podem conferir toxicidade aos MPs também foram identificados (Sb, As, Fe, Al, Se e Zn) em diferentes concentrações (AL-MALKI *et al.*, 2021).

Somando-se aos fatores atribuídos a presença de MPs em solos terrestres, este compartimento pode ser considerado um depósito e fonte dispersora de microplásticos para o meio aquático (BLÄSING; AMELUNG, 2018; REHM *et al.*, 2021). Assim, a poluição por MPs também é um problema crescente para os rios. Kiss *et al.* (2021) avaliaram a distribuição espacial de MPs em sedimentos do rio Tisza, importante rio da Europa Central, concluindo que os afluentes transportam grandes quantidades de MPs para o rio principal, e que sua presença em áreas povoadas é dependente tanto dos fatores antrópicos quanto das variações hidromorfológicas.

Uma das vias para a chegada de MPs nos corpos hídricos é por escoamento superficial dos itens primários ou secundários presentes no ambiente terrestre (PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; SCHMIDT; KRAUTH; WAGNER, 2017), partindo da drenagem de águas residuais para o sistema fluvial (DU *et al.*, 2021; KISS *et al.*, 2021; WONG *et al.*, 2020). Além disso, as estações de tratamento de esgotos também fazem parte da via contribuinte de dispersão e acúmulo destas partículas, pois as mesmas não são totalmente removidas devido ao seu tamanho diminuto (WONG *et al.*, 2020).

Presente nos rios, inevitavelmente estas partículas são encontradas em água potável (DANOPOULOS; TWIDDY; ROTCHELL, 2020; FERRAZ *et al.*, 2020). A predominância de fibras identificadas no estudo analisando a presença de MPs em água não tratada e potável de um rio da Região Sul do Brasil, indica que o lançamento de esgoto não tratado das máquinas de lavar diretamente no corpo hídrico pode ser a principal fonte de contaminação (FERRAZ *et al.*, 2020). Desse modo, de acordo com Ferraz *et al.* (2020), intensifica-se a problemática acerca da qualidade da água do sistema de abastecimento.

No Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em média, 55% da população tem atendimento de esgoto, 51,2% do esgoto gerado é tratado, e apenas 4,2% dos municípios possuem algum tipo de tratamento para águas pluviais (SNIS,

2021). Nesse interim, segundo o (IBGE, 2020), aproximadamente 50% de todo o esgoto gerado é lançado nos rios sem algum tratamento. Uma vez que estes itens escoam para os rios, a poluição existente no continente pode fluir para os oceanos (DU *et al.*, 2021; SCHMIDT; KRAUTH; WAGNER, 2017; WONG *et al.*, 2020), os mais visivelmente afetados e considerados o repositório de grande parte dos plásticos presentes no ambiente (BEAUMONT *et al.*, 2019). Para além disso, atividades marítimas e de navegação também são uma importante fonte de poluição por plástico nos oceanos (THUSHARI; SENEVIRATHNA, 2020).

Estando no ambiente, possíveis riscos à saúde associados aos MPs, dispersos por diferentes vias, dependem da quantidade e características dos mesmos (LIAO *et al.*, 2021; REHM *et al.*, 2021; XIONG *et al.*, 2019). Assim, composição química, cores, densidade, formatos e tamanhos diversificados dos MPs podem resultar em diferentes formas de interação e exposição aos organismos (ARIAS-ANDRES *et al.*, 2018; HIDALGO-RUZ *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2020; XIONG *et al.*, 2019). À medida que os plásticos se degradam em partículas cada vez menores, há um aumento exponencial na sua relação superfície/volume e consequente complexidade nas interações (MACLEOD *et al.*, 2021).

Destarte, mais facilmente eles interagem com organismos produtores primários, sendo transportados para níveis tróficos superiores dentro do ambiente, seja ele aquático (DU *et al*., 2021; SILVA *et al*., 2022; XIONG *et al*., 2019) ou terrestre (AL-MALKI *et al*., 2021; LI *et al*., 2020), sugerindo que os maiores efeitos do consumo de MPs pelos organismos vêm dos níveis tróficos mais baixos da cadeia (SILVA *et al*., 2022). Além disso, podem interagir com produtos químicos, como poluentes orgânicos persistentes e metais, provenientes do contato com pesticidas ou efluentes industriais, e liberar contaminantes da sua composição, cujo potencial risco ecotoxicológico à saúde humana pode ser movido ao longo da cadeia alimentar (MACLEOD *et al.*, 2021; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020).

Aditivos químicos, por exemplo ftalato, bisfenol e metais são incorporados aos plásticos para lhes conferir as características necessárias ao produto final (CRAWFORD; QUINN, 2017a). Assim sendo, certos polímeros juntamente com seus aditivos, podem atuar como desreguladores endócrinos, além de ter relação com carcinogênese, problemas neurológicos e hepatológicos após exposição crônica (BENSON; FRED-AHMADU, 2020; COOK; HALDEN, 2020; FRED-AHMADU; AYEJUYO; BENSON, 2020a; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020; TASSINARI *et al.*, 2021; WRIGHT; KELLY, 2017).

O transporte de espécies invasoras e patógenos facilitado por plásticos, principalmente no meio aquático também é uma problemática já evidenciada (ARIAS-ANDRES *et al.*, 2018; RASOOL *et al.*, 2021; SILVA, *et al.*, 2019). Acrescido disso, os MPs também foram associados

a patógenos e bactérias multirresistentes (ARIAS-ANDRES *et al.*, 2018; RASOOL *et al.*, 2021). Dessa forma, a propagação da resistência a antibióticos através desses fragmentos plásticos pode trazer riscos para a ecologia aquática, bem como para a saúde humana (ARIAS-ANDRES *et al.*, 2018). Em função da sua ubiquidade, presentes na água doce e salgada, além da presença desses itens em água potável, sua constatação em sal de cozinha (DANOPOULOS *et al.*, 2020), diferentes alimentos (KARAMI *et al.*, 2018; VIEIRA *et al.*, 2021) e bebidas (SHRUTI *et al.*, 2020) já são uma realidade apresentada por estudos.

Yan *et al*. (2021) relacionaram doenças inflamatórias intestinais à ingestão de MPs, analisando fezes humanas, onde dentre os 15 polímeros identificados, o PET obteve maiores porcentagens. Eles concluíram que a exposição aos MPs pode estar associada à ocorrência e desenvolvimento de doenças intestinais, ou que elas aumentem a suscetibilidade em reter MPs. Todavia, apesar de estudos associando a presença de MPs em humanos, ainda é controverso e difícil avaliar os riscos da exposição aos MPs na saúde (AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2020a, 2021; LESLIE *et al.*, 2022; LIAO *et al.*, 2021; RAGUSA *et al.*, 2021; YAN *et al.*, 2021).

1.4.1 Microplásticos em Regiões Costeiras e Marinhas

Os ecossistemas terrestre e aquático são interconectados, logo, mudanças em um refletirão em mudanças no outro (THUSHARI; SENEVIRATHNA, 2020). Como consequência, cinco giros oceânicos são particularmente associados como zonas de acumulação de detritos plásticos flutuantes. São as chamadas Zonas de Convergência, agora também conhecidas como ilhas de plástico: os giros do Pacífico Norte, Atlântico Norte, Pacífico Sul, Atlântico Sul e Oceano Índico (VAN SEBILLE *et al.*, 2020).

No Oceano Atlântico, os ventos alísios formam a Corrente Norte (CN) e Sul Equatorial (CSE). A CN segue em direção ao Caribe, enquanto a CSE se bifurca nas proximidades da costa brasileira dando origem a Corrente das Guianas, a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a Corrente do Brasil (CB) (VIANA *et al.*, 2021). No litoral brasileiro, as duas correntes oceânicas principais são a CB e a CNB. Ao atingir o Nordeste (região do presente estudo), a CNB se desloca para o norte, e a CB segue em direção ao litoral sul do país (MARINHA DO BRASIL, 2019).

As correntes das Zonas de Convergência são responsáveis por transportar plástico para variadas regiões costeiras e marinhas, podendo chegar a litorais remotos, bem como ecologicamente frágeis causando uma série de impactos socioambientais (BEAUMONT *et al.*, 2019; VAN SEBILLE *et al.*, 2020). Em função disso, existem estudos estimando a entrada de

plásticos nos oceanos, porém não é claro quais são os mais precisos (JAMBECK *et al.*, 2015; ONINK *et al.*, 2021; PABORTSAVA; LAMPITT, 2020). Jambeck *et al.* (2015) estimaram que entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas desses resíduos produzidos em regiões costeiras seguem para os oceanos anualmente. Pabortsava e Lampitt (2020) sugerem que a quantidade de plástico que entra nos oceanos é superior às mensuradas em estudos anteriores. Dentre as estimativas, sendo o primeiro estudo a medir também a quantidade de MPs, destaca-se que entre 11,6 e 21,1 milhões de toneladas estejam presentes em uma área do Oceano Atlântico, o que equivale a 5% das suas águas. Esse dado sugere que há pelo menos 200 milhões de toneladas de plástico só neste oceano (PABORTSAVA; LAMPITT, 2020). Apesar das incertezas sobre a quantidade de detritos plásticos que entram nos oceanos, o somatório de resíduos plásticos no ambiente marinho reflete em custos econômicos para a sociedade. Com isso, a poluição por este tipo de resíduo pode custar até US$ 2,5 trilhões por ano (BEAUMONT *et al.*, 2019).

Merece destaque que as zonas costeiras e oceanos fornecem uma gama de serviços ecossistêmicos como alimentos, água, componentes farmacêuticos (serviços de provisão); sequestro de carbono, manutenção da qualidade da água, regulação do clima (serviços de regulação); ciclagem de nutrientes, berçário para muitos organismos, produção de oxigênio (serviços de suporte), além de terem importância cultural, recreacional e de turismo (serviços culturais). Desta forma, compõem um ambiente de importância socioeconômica e ecológica, porém tornam-se comprometidos diante de intensas atividades antrópicas (THUSHARI; SENEVIRATHNA, 2020). A preocupação socioambiental acerca dos MPs desencadeou estudos especialmente em ambientes costeiros e oceanos, conduzidos e revisados entorno da sua ocorrência, dispersão e impactos (EVERAERT *et al.*, 2020; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020; PRARAT; HONGSAWAT, 2022; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021; SCHMIDT; KRAUTH; WAGNER, 2017).

A relação entre plásticos e poluição ambiental foi relatada pela primeira vez nos oceanos na década de 1970, compondo uma das primeiras evidências dos plásticos no ecossistema marinho e suas possíveis interações com os organismos ali presentes (CARPENTER; SMITH, 1972; ROTHSTEIN, 1973; SCOTT, 1972). Percebe-se que tais estudos já demonstravam preocupação acerca da crescente geração de resíduos, especialmente os plásticos e suas implicações nas regiões costeiras e oceanos.

No estudo de Carpenter e Smith em 1972, foi identificada a presença pellets com dimensões variando entre 0,25 e 0,5 cm de diâmetro na superfície do Mar dos Sargaços (região do Oceano Atlântico) (CARPENTER; SMITH, 1972). Em 1973, Rothstein identificou a

presença de MPs na ave marinha conhecida como petrel (*Oceanodroma leucorhoa*) (ROTHSTEIN, 1973) e relatos desse tipo foram intensificados com o decorrer dos estudos ao longo dos anos. Além de ser relatado a presença também de detritos plásticos maiores em tartarugas e mamíferos marinhos, altas taxas de ingestão de MPs foram relatadas em peixes planctívoros (que se alimentam de plâncton) e aves marinhas que habitam águas oceânicas e ilhas expostas a altas concentrações de MPs presentes nas correntes oceânicas (THIEL *et al.*, 2018).

Os MPs de origem secundária constituem grande parcela da contaminação por plástico em praias (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al.*, 2020; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; PÉREZ-ALVELO *et al.*, 2021), tornando-se um constituinte comum nos sedimentos (RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021). Nesta constituição, fibras, espumas, filmes, fragmentos e pellets são frequentemente quantificados em suas variadas cores e formatos, e os polímeros PP, PS e PE são identificados em praias de diferentes países (LA-TORRE *et al.*, 2020; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; PEREZ-VENEGAS *et al.*, 2017; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021).

Significativos acúmulos desses detritos podem ser registrados em praias urbanas, associados à densidade populacional, turismo, atividades marítimas e gestão inadequada dos resíduos sólidos (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al.*, 2020; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020), bem como em praias pouco antropizadas, tal qual áreas protegidas e remotas, sendo um indicativo de aporte oceânico (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; MARTINS; RODRÍGUEZ; PHAM, 2020). Além disso, os rios que desaguam próximos às praias também são um potencial fator para deposição de MPs no local (RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021). Todavia, é difícil identificar suas origens específicas e como chegaram ao local, pois a distribuição desses fragmentos ao redor do mundo pode variar perante fatores ambientais como direção dos ventos, ação das ondas, ciclones, marés, hidrodinâmica dos rios e sazonalidade (PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020).

Dada a quantificação e qualificação desses itens em diferentes locais, os relatos na literatura descrevem uma série de possíveis interações diretas e indiretas entre os MPs e os organismos, bem como os possíveis danos socioambientais provocados nos ambientes costeiros e marinhos (GESAMP, 2019; MARTINS; RODRÍGUEZ; PHAM, 2020; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021). Em função dos impactos negativos causados por este tipo de poluição nesses ambientes, ocorre a redução do seu capital natural, pois relaciona-se diretamente aos serviços ecossistêmicos providos. Eles podem exercer influência sobre atividades pesqueiras, recreação, turismo e autoridades locais causando consideráveis perdas econômicas, bem como

na saúde e bem-estar humano (BEAUMONT *et al.*, 2019; MOFIJUR *et al.*, 2021; VAN DER MEULEN *et al.*, 2014). Conforme o quadro 3, modificado de UN Environment (2017) e GESAMP (2016), observa-se que muitos impactos ainda carecem de melhor compreensão científica, pois apresentam-se de forma subjetiva, contudo os estudos vêm avançando neste sentido.

Quadro 3 - Possíveis impactos socioambientais dos microplásticos em regiões costeiras e ambiente aquático e sua situação no âmbito científico.

Situação científica				
Principais lacunas de conhecimento/ evidência (1)		**Fraco conhecimento e evidência (2)**	**Compreensão de fatores / relação, porém pouca evidência (3)**	**Razoável conhecimento e evidência (4)**
Impactos socioambientais dos Microplásticos				**Referências relacionadas aos possíveis impactos**
Social	Saúde humana	(3) Potencial efeito adverso relacionado a contaminação química e possível transferência de patógenos, presença em produtos alimentícios, principalmente peixes e crustáceos consumidos.		Arias-Andres *et al*., 2018; Danopoulos, Jenner, *et al*., 2020; Danopoulos, Twiddy, *et al*., 2020; Ferraz *et al*., 2020; Fred-Ahmadu *et al*., 2020; Karami *et al*., 2018; Pirsaheb *et al*., 2020; Rasool *et al*., 2021; Vieira *et al*., 2021; Yan *et al*., 2021
	Comunidades (litorâneas e pesqueiras)	(1) Preocupação com a saúde do ambiente da comunidade (aspecto subjetivo)		Beaumont *et al*., 2019; Thushari & Senevirathna, 2020
	Pessoas com baixa renda	(1) Perda de bem-estar em ambientes poluídos (aspecto subjetivo)		GESAMP, 2016; UN Environment, 2017
Ambiental	Individual (organismo)	(4) Captação via absorção, filtração e/ou ingestão; transferência de produtos químicos por diferentes níveis tróficos		Müller, 2021; Pirsaheb *et al*., 2020; Xiong *et al*., 2019, 2019
		(2) *Rafting*, movimento de animais usando plástico como "jangada" proporciona a dispersão de organismos que se fixam aos MPs		Arias-Andres *et al*., 2018
		(2) Potenciais efeitos físicos pela presença de plástico ingerido, preocupações sobre possíveis efeitos de transferência de produtos químicos: alimentação reduzida e impactos subletais		Arias-Andres *et al*., 2018; Everaert *et al*., 2020; Fred-Ahmadu *et al*., 2020; Prarat & Hongsawat, 2022; Thiel *et al*., 2018; Xiong *et al*., 2019
	Ecológico	(1) Potencial declínio populacional, mudanças no funcionamento de assembleias e ecossistemas		Beaumont *et al*., 2019; Pirsaheb *et al*., 2020; Thiel *et al*., 2018
Econômico	Pesca e aquicultura	(2) Potencial risco de contaminação química em peixes, crustáceos e plantas aquáticas que são consumidos; podem levar à diminuição da demanda ou valor de peixes e frutos do mar.		Beaumont *et al*., 2019; Mofijur *et al*., 2021; Paiva *et al*., 2022
	Turismo e lazer	(2) Integra-se a praia (aspecto subjetivo)		GESAMP, 2016; UN Environment, 2017
	Municípios e autoridades locais	(2) Degradação do ambiente natural; custo com limpeza e infraestrutura; perda de renda e meios de subsistência		Beaumont *et al*., 2019; Thushari & Senevirathna, 2020

Fonte: Pesquisa bibliográfica, 2022, modificado de UN Environment, 2017 e GESAMP, 2016. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

Os recursos pesqueiros vêm recebendo notoriedade nos estudos acerca dos impactos causados pelos MPs (JAMES *et al.*, 2021; KARAMI *et al.*, 2018; PAIVA *et al.*, 2022; VIEIRA *et al.*, 2021). Uma revisão apresentou informações sobre um total de 487 diferentes espécies de peixes marinhos e sua interação com MPs, em que a absorção desses detritos foi verificada em cerca de 67% delas (MÜLLER, 2021). Numa outra revisão acerca dos impactos da poluição por plástico marinho, os autores consideram que o risco de ingestão de MPs, principalmente para peixes e aves marinhas, parece ser alto em águas próximas à costa, diminui acima da plataforma continental, e volta a atingir altas probabilidades em águas oceânicas associadas às zonas de acumulação de detritos (giros oceânicos) (THIEL *et al.*, 2018).

Sendo assim, os MPs podem ser encontrados em diferentes espécies comerciais, como peixes e frutos do mar de vários países (JAMES *et al.*, 2021; KARAMI *et al.*, 2018; VIEIRA *et al.*, 2021), dentre eles o Brasil. Viera *et al*. (2021) encontraram MPs em ostras (*Crassostrea gasar*) de interesse comercial na região sul. Na região Nordeste do país, Paiva *et al*. (2022) quantificaram elevadas quantidades de MPs em corvinas (*Micropogonias furnieri*), peixe representativo da dieta e economia de diversas famílias, adquiridas nos mercados paraibanos e provenientes do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

A nível internacional, um estudo analisou a contaminação de MPs em marcas de sardinhas enlatadas de diferentes países, sendo eles Canadá, Alemanha, Irã, Japão, Letônia, Malásia, Marrocos, Polônia, Portugal, Rússia, Escócia, Tailândia e Vietnã, como resultado, os MPs foram encontrados em quatro das 20 marcas analisadas (KARAMI *et al.*, 2018).

Nesta esfera, atividades comerciais como aquicultura e pesca são sujeitas a danos provocados pela poluição plástica, considerando toda a poluição e contaminação envolvidas. Ou seja, conjuntamente aos possíveis danos provocados pelos resíduos plásticos nas atividades pesqueiras, elas também podem ser fontes de detritos plásticos no ambiente costeiro e marinho, pois petrechos como cordas, redes e boias, fabricadas com o polímero, são frequentemente quantificadas nos estudos sobre o tema (SANTOS *et al.*, 2020; VIDELA; ARAUJO, 2021). O fato desses itens estarem abandonados nos oceanos, pode desencadear o dano conhecido como "pesca fantasma", o ato de "continuar pescando" animais que não são de interesse comercial, como tartarugas e mamíferos aquáticos, que ficam emaranhados em redes, por exemplo (THIEL *et al.*, 2018; UN ENVIRONMENT, 2017).

Em função da problemática entorno dos plásticos no ambiente marinho se estender nas dimensões socioambientais, o tema associa-se especificamente ao ODS 14, que visa a conservação e o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos. Contudo, há apenas um indicador relacionado a redução dos impactos negativos causados pelos plásticos de

forma geral, o 14.1.1b - índice de detritos plásticos. O ODS 14 possui 10 indicadores, desses, metade permanece sem dados até então no Brasil, incluindo o que se refere aos plásticos (ODS BRASIL, 2023).

Conforme o exposto neste texto, a questão ultrapassa o ODS 14. Entender a poluição provocada pelos macro e microplásticos e sua mitigação, segundo uma revisão realizada por Walker (2021), associa-se direta ou indiretamente a pelo menos mais 11 ODS: 1 (erradicação da pobreza), 2 (fome zero e agricultura sustentável), 3 (saúde e bem-estar), 6 (água potável e saneamento), 7 (energia limpa e acessível), 9 (indústria, inovação e infraestrutura), 10 (redução das desigualdades), 11 (cidades e comunidades sustentáveis), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação contra mudança global do clima) e 15 (vida terrestre).

1.4.1.1 Resíduos Plásticos em Praias Sergipanas

Quando o resíduo alcança ambientes costeiros, ele é definido como resíduo ou lixo marinho, sendo oriundo de atividades desempenhadas em terra ou mar, e então classificados como de origem terrestre ou oceânica (CHESHIRE; ADLER; BARBIÈRE, 2009). Aliada a ocupação, as regiões litorâneas possuem elevadas práticas de turismo, que nem sempre são planejadas, favorecendo a geração de resíduos nessas áreas e influenciando negativamente sua qualidade ambiental (ANDRADES *et al.*, 2020; BEAUMONT *et al.*, 2019; VIDELA; ARAUJO, 2021), além da problemática dos resíduos marinhos em praias que ganha centralidade.

A composição desses resíduos em praias depende das características das áreas ao longo da costa, sejam elas por eventos naturais ou antrópicos, contudo o padrão observado são as elevadas quantidades de plásticos nos litorais (ANDRADES *et al.*, 2020; VIDELA; ARAUJO, 2021). Diante do amplo uso do plástico pela sociedade, estes itens geralmente representam mais de 60% dos resíduos encontrados em praias ao redor do mundo (ANDRADES *et al.*, 2020; POLASEK *et al.*, 2017). Em um estudo avaliando resíduos marinhos em 44 praias brasileiras, o plástico correspondeu a maior quantidade de itens, constituindo 97,7% delas, onde embalagens de alimentos (categoria plástico) e bitucas de cigarro (classificados como outra categoria) foram os itens mais encontrados (ANDRADES *et al.*, 2020).

O padrão em que plástico é comumente quantificado também é recorrente em praias com diferentes características de norte a sul sergipano (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a; PINTO; NILIN, 2018; SANTOS *et al.*, 2020; SOUZA, 2016). O litoral sergipano apresenta constantes atividades antrópicas como turismo e atividades pesqueiras, além da intensa pressão

imobiliária, que favorece a ocupação de dunas e tráfego de veículos nas áreas proibidas. Estas características propiciam a presença de resíduos marinhos na faixa de praia, especialmente os plásticos, mesmo em ambientes que são destinados a preservação ou conservação. Destacando a composição dos resíduos marinhos, nos estudos realizados em trechos com diferentes características em praias de Sergipe, o plástico correspondeu a mais de 70% dos itens (≥ 25 mm) (Quadro 4) (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a; PINTO; NILIN, 2018; SANTOS *et al.*, 2020; SOUZA, 2016), valor esse sem somar outras categorias que também são plásticos em sua essência. Nesses estudos, frequentemente, isopor/espuma e tecidos, que também podem ser polímeros sintéticos, formam categorias distintas, separando-se da categoria *Plástico*.

Quadro 4 - Porcentagem e principais resíduos plásticos encontrados em praias do litoral sergipano, Nordeste do Brasil.

Trechos analisados		Característica do Trecho	% geral de plásticos	Principais itens	Referências
Norte	Praia de Pirambu (Trecho 1)	Urbanizado	~80	Sacola de compras, canudo, fragmento, tampa e lacre	Santos *et al.*, 2020
	Praia de Pirambu (Trecho 2)	Unidade de Conservação de Proteção Integral (Reserva Biológica de Santa Isabel)	~90	Corda, tampa e lacre, monofilamento, fragmento	
	Praia de Lagoa Redonda				
	Praia de Santa Isabel				
	Praia de Ponta dos Mangues				
Centro	Praia de Atalaia	Urbanizado	~70 a 80	Fragmento, embalagem e tampa	Souza, 2016
	Praia de Aruana				
	Praia da Costa	Urbanizado	>70%	Fragmentos	Pinto; Nilin, 2018
Sul	Praia da Caueira (Trecho 1)	Não urbanizado	>75%	Fragmento, embalagem de alimento, monofilamento, copo, corda, tampa e lacre	Nobre *et al.*, 2021a
	Praia da Caueira (Trecho 2)				
	Praia da Caueira (Trecho 3)	Urbanizado			
	Praia do Abaís				
	Praia de Boa Viagem				
	Praia das Dunas				

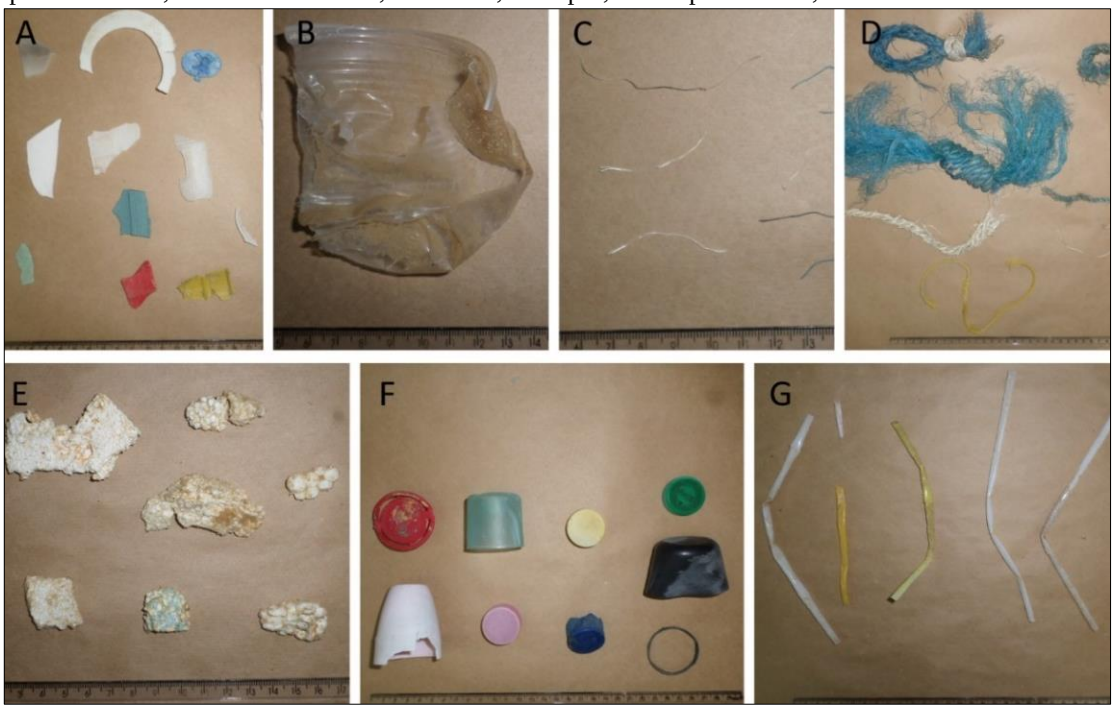
Fonte: Nobre; Santos Nilin, 2021a; Pinto; Nilin, 2018; Santos *et al*., 2020; Souza, 2016. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

A característica dos itens encontrados nas praias reflete a possível fonte de cada um deles (CHESHIRE; ADLER; BARBIÈRE, 2009). Itens como cordas e monofilamentos (geralmente linhas de nylon/fibras) são relacionados a *atividades pesqueiras e marítimas*, enquanto sacolas plásticas, canudos, tampas e embalagens de alimentos são relacionados a *turismo e recreação*, ou ainda de *uso geral*, dependendo do tipo de embalagem, por exemplo de arroz. Ademais, em maior parte, os resíduos sólidos encontrados do litoral sergipano são originados em terra.

Nesses estudos, houve variações entre o número de tipologias dentro da categoria *Plástico* de acordo com o encontrado. Por exemplo, Pinto (2016) considerou essa categoria com cinco tipologias (embalagem, fragmentos, canudo, tampinha e isopor) enquanto Santos *et al.* (2020) e Nobre *et al.* (2021) levaram em consideração mais de 20 tipologias como canudo, copo descartável, fragmentos rígidos e maleáveis, monofilamento, corda, sacola de compras, tampas e lacres, talher, entre outras. Apesar dessa variação, conforme o quadro 4, observa-se a unanimidade do tipo *fragmento* encontrado nos estudos, incluindo a tipologia monofilamentos.

Os plásticos maiores (sacolas, canudos, cordas, tampas, entre outros) depositados em praias de Sergipe (Figura 4), sejam eles por influência dos rios que desaguam na região (SANTOS *et al.*, 2020) ou atividade turística (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a) passam por diversas transformações ao longo do tempo. Assim, as características das praias podem propiciar a degradação desses materiais quando exposto as variáveis físico-químicas e biológicas inerentes ao local, gerando os MPs secundários (BISSEN; CHAWCHAI, 2020).

Figura 4 - Resíduos plásticos (≥ 25 mm) encontrados em praias do litoral norte de Sergipe, Brasil. A-Fragmentos, B-Copo descartável, C-Monofilamentos, D-Cordas, E-Isopor, F-Tampas e lacres, e G-Canudos.



Fonte: Santos *et al.*, 2020.

Maynard *et al.* (2021) realizaram um estudo avaliando a ocorrência de MPs (<5mm) em seis praias da costa brasileira, duas delas em Sergipe, primeiro estudo até então realizado sobre o tema no estado. As praias analisadas foram Ponta dos Mangues (litoral norte, em Pacatuba) e a praia do Viral (litoral centro, em Aracaju – capital do estado), foram as que obtiveram maior

quantidade de MPs, e sua presença atribuída aos rios que desaguam na região, além de correntes oceânicas. Tal resultado justifica-se pelo fato da Praia do Viral, apesar de turística, ficar fora da área residencial e apresenta difícil acesso, e a praia de Ponta dos Mangues, local com atividade pesqueira e aquicultura, apresenta-se em sua maior parte dentro da Reserva Biológica de Santa Isabel, Unidade de Conservação de Proteção Integral, a qual possui acesso restrito. Ao analisar as cinco praias distribuídas de norte a sul de Sergipe, sendo elas Lagoa Redonda e Pirambu (norte- RBSI), Atalaia e Aruana (centro) e Abaís (sul) foram encontrados microplásticos na faixa entre 1 e 5 mm. Nestas, a maior densidade de itens foi registrada na praia de Aruana, área turística e urbanizada.

1.5 Considerações Finais

Os plásticos são notoriamente benéficos em diversos setores, e o surgimento desse material moldou o atual comportamento de consumo da sociedade. Atrelado a isso, as novas dinâmicas sociais, impostas pela pandemia do COVID-19, trouxeram novas condutas, levando a alterações na quantidade de resíduos, especialmente os plásticos.

Dados os aspectos tratados nesse artigo, nota-se que muitos resíduos plásticos têm como destino o ecossistema terrestre e os oceanos, e as micropartículas resultantes da degradação do plástico, estão presentes no ar, em produtos alimentícios e em tecidos humanos, ocasionando potenciais riscos. Seguindo este fluxo circular de impactos negativos, dois pontos principais impulsionam essas consequências: consumismo e ineficiência da gestão de resíduos como um todo. Além disso, apegar-se isoladamente a reciclagem e uso de itens biodegradáveis não é visto como uma solução.

Igualmente a outras praias ao redor do mundo, as localizadas em Sergipe e mencionadas nesta pesquisa, apresentam poluição por plásticos. Para o atendimento ao ODS-14, é necessário o levantamento e monitoramento de dados, bem como novos índices dentro de outros ODS, visto que a problemática dos resíduos plásticos envolve outras dimensões dentro da Agenda 2030. Tais ações carecem de uma abordagem integrada, ou seja, que considere necessidades e interesses dentro do contexto socioambiental. Etapas desafiadoras, tendo em vista que os MPs são itens onipresentes e seus impactos socioambientais ainda não foram bem elucidados, devido a sua vasta complexidade, que envolve processos físicos, químicos e biológicos, com diversas formas de distribuição, além das interações com o ambiente e organismos.

Visando atender as variadas dimensões em que a presente discussão engloba, pesquisas futuras nesse sentido são essenciais para direcionar ações eficazes que transpassem a academia.

Sendo assim, estudos sobre a percepção e comportamento ambiental, monitoramento de rios e praias quanto a presença de resíduos sólidos, bem como uma abordagem do tema para a sociedade são algumas ferramentas que podem promover a sensibilização quanto ao uso desnecessário de plásticos e seus impactos, e ainda uma possível mitigação da problemática, ao menos a nível local.

1.6 Referências

A ROCHA INTERNACIONAL. **Guidelines for Sampling Microplastics on Sandy Beaches**. London: [*s. n.*], 2018.

ABIPLAST. **PERFIL 2015 - ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. São Paulo: [*s. n.*], 2015. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2015/. Acesso em: 12 nov. 2021.

ABIPLAST. **Perfil ABIPLAST 2020 - ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. [*S. l.*: *s. n.*], 2020.

ABIPLAST. **Perfil ABIPLAST 2021 - ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. [s.l: s.n.]. 2021.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Panorama. São Paulo: ABRELPE, 2021.

AGÊNCIA BRASIL. Balanço mostra queda em produção de lixo domiciliar durante pandemia. 19 maio 2020. **Agência Brasil**. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-05/balanco-mostra-queda-em-producao-de-lixo-domiciliar-durante-pandemia. Acesso em: 24 jul. 2021.

AGÊNCIA BRASIL. Brasil perde R$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos. 7 jun. 2018. **Agência Brasil**. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-06/brasil-perde-r-57-bilhoes-por-ano-ao-nao-reciclar-residuos-plasticos. Acesso em: 29 jun. 2021.

AL MALKI, J. S.; HUSSIEN, N. A.; TANTAWY, E. M.; KHATTAB, Y.; MOHAMMADEIN, A. Terrestrial Biota as Bioindicators for Microplastics and Potentially Toxic Elements. **Coatings**, v. 11, n. 10, p. 1152, 23 set. 2021. https://doi.org/10.3390/coatings11101152.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; JÚNIOR, G. R.; DOS SANTOS GALVÃO, L.; ANDO, R. A.; MAUAD, T. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. 126124, ago. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; DE SOUZA XAVIER COSTA, N.; DANTAS, K. C.; DOS SANTOS GALVÃO, L.; MORALLES, F. N.; LOMBARDI, S. C. F. S.; JÚNIOR, A. M.; LINDOSO, J. A. L.; ANDO, R. A.; LIMA, F. G.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; MAUAD, T. Airborne microplastics and SARS-CoV-2 in total suspended particles in the area surrounding

the largest medical centre in Latin America. **Environmental Pollution**, v. 292, p. 118299, jan. 2022. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118299.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; DOS SANTOS GALVÃO, L.; DE WEGER, L. A.; HIEMSTRA, P. S.; VIJVER, M. G.; MAUAD, T. An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? **Science of The Total Environment**, v. 749, p. 141676, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676.

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, p. 110842, fev. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842.

ARIAS-ANDRES, M.; KLÜMPER, U.; ROJAS-JIMENEZ, K.; GROSSART, H.-P. Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 237, p. 253–261, jun. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.058.

ATLAS DO PLÁSTICO. **Atlas do Plástico: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2020.

BEAUMONT, N. J.; AANESEN, M.; AUSTEN, M. C.; BÖRGER, T.; CLARK, J. R.; COLE, M.; HOOPER, T.; LINDEQUE, P. K.; PASCOE, C.; WYLES, K. J. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 189–195, maio 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022.

BENSON, N. U.; BASSEY, D. E.; PALANISAMI, T. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. **Heliyon**, v. 7, n. 2, p. e06343, fev. 2021. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06343.

BENSON, N. U.; FRED-AHMADU, O. H. Occurrence and distribution of microplastics-sorbed phthalic acid esters (PAEs) in coastal psammitic sediments of tropical Atlantic Ocean, Gulf of Guinea. **Science of The Total Environment**, v. 730, p. 139013, ago. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139013.

BESLEY, A.; VIJVER, M. G.; BEHRENS, P.; BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 1, p. 77–83, jan. 2017. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055.

BISSEN, R.; CHAWCHAI, S. Microplastics on beaches along the eastern Gulf of Thailand – A preliminary study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 157, p. 111345, ago. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111345.

BLÄSING, M.; AMELUNG, W. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 422–435, jan. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086.

BOOTS, B.; RUSSELL, C. W.; GREEN, D. S. Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 19, p. 11496–11506, 2019. https://doi.org/doi.org/10.1021/acs.est.9b03304.

CARPENTER, E. J.; SMITH, K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240–1241, 17 mar. 1972. https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240.

CARVALHO, J. P. S.; SILVA, T. S.; COSTA, M. F. Distribution, characteristics and short-term variability of microplastics in beach sediment of Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 112212, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112212.

CASTRO, R. O.; SILVA, M. L. da; MARQUES, M. R. C.; ARAÚJO, F. V. de. Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111537, nov. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111537.

CHESHIRE, A.; ADLER, E.; BARBIÈRE, J. **UNEP/IOC guidelines on survey and monitoring of marine litter**. Nairobi : Paris: United Nations Environment Programme, Regional Seas Programme ; Intergovernmental Oceanographic Commission, Integrated Coastal Area Management and Regional Programme, 2009(Regional Seas reports and studies, no. 186).

CIEL. **Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019.

COOK, C. R.; HALDEN, R. U. Ecological and health issues of plastic waste. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 513–527. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00020-7. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000207. Acesso em: 2 jan. 2022.

CORRADINI, F.; MEZA, P.; EGUILUZ, R.; CASADO, F.; HUERTA-LWANGA, E.; GEISSEN, V. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. **Science of The Total Environment**, v. 671, p. 411–420, jun. 2019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. Physiochemical properties and degradation. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017a. p. 57–100. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00004-9. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000049. Acesso em: 2 jan. 2022.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. Plastic production, waste and legislation. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017b. p. 39–56. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00003-7. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000037. Acesso em: 17 maio 2021.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. The contemporary history of plastics. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017c. p. 19–37. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00002-5. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000025. Acesso em: 16 maio 2021.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. The emergence of plastics. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017d. p. 1–17. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00001-3. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000013. Acesso em: 7 maio 2021.

DANOPOULOS, E.; JENNER, L.; TWIDDY, M.; ROTCHELL, J. M. Microplastic contamination of salt intended for human consumption: a systematic review and meta-analysis. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 12, 2020. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03749-0.

DANOPOULOS, E.; TWIDDY, M.; ROTCHELL, J. M. Microplastic contamination of drinking water: A systematic review. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, p. e0236838, 31 jul. 2020. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236838.

LA-TORRE, G. E.; DIOSES-SALINAS, D. C.; CASTRO, J. M.; ANTAY, R.; FERNÁNDEZ, N. Y.; ESPINOZA-MORRIBERÓN, D.; SALDAÑA-SERRANO, M. Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, p. 110877, fev. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877.

DU, S.; ZHU, R.; CAI, Y.; XU, N.; YAP, P.-S.; ZHANG, Y.; HE, Y.; ZHANG, Y. Environmental fate and impacts of microplastics in aquatic ecosystems: a review. **RSC Advances**, v. 11, n. 26, p. 15762–15784, 2021. https://doi.org/10.1039/D1RA00880C.

EVERAERT, G.; DE RIJCKE, M.; LONNEVILLE, B.; JANSSEN, C. R.; BACKHAUS, T.; MEES, J.; VAN SEBILLE, E.; KOELMANS, A. A.; CATARINO, A. I.; VANDEGEHUCHTE, M. B. Risks of floating microplastic in the global ocean. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115499, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115499.

FERRAZ, M.; BAUER, A. L.; VALIATI, V. H.; SCHULZ, U. H. Microplastic Concentrations in Raw and Drinking Water in the Sinos River, Southern Brazil. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3115, 6 nov. 2020. https://doi.org/10.3390/w12113115.

FILHO, W. L.; VORONOVA, V.; KLOGA, M.; PAÇO, A.; MINHAS, A.; SALVIA, A. L.; FERREIRA, C. D.; SIVAPALAN, S. COVID-19 and waste production in households: A trend analysis. **Science of The Total Environment**, v. 777, p. 145997, jul. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145997.

FRED-AHMADU, O. H.; AYEJUYO, O. O.; BENSON, N. U. Dataset on microplastics and associated trace metals and phthalate esters in sandy beaches of tropical Atlantic ecosystems, Nigeria. **Data in Brief**, v. 31, p. 105755, ago. 2020. https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105755.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145–147, jan. 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022.

GARCÉS-ORDÓÑEZ, O.; ESPINOSA, L. F.; CARDOSO, R. P.; ISSA CARDOZO, B. B.; MEIGIKOS DOS ANJOS, R. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115495, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495.

GEORGE, S. Plastics we cannot live without. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 449–466. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00017-7. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000177. Acesso em: 16 set. 2021.

GESAMP. **Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019(, 99).

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment**, n. 93. [*S. l.*]: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2016.

GEYER, R. Production, use, and fate of synthetic polymers. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 13–32. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00002-5. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000025. Acesso em: 16 nov. 2021.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, p. e1700782, jul. 2017. https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782.

HAVSTAD, M. R. Biodegradable plastics. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 97–129. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00005-0. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000050. Acesso em: 8 set. 2021.

HIDALGO-RUZ, V.; LUNA-JORQUERA, G.; ERIKSEN, M.; FRICK, H.; MIRANDA-URBINA, D.; PORTFLITT-TORO, M.; RIVADENEIRA, M. M.; ROBERTSON, C. J. R.; SCOFIELD, R. P.; SERRATOSA, J.; SUAZO, C. G.; THIEL, M. Factors (type, colour, density, and shape) determining the removal of marine plastic debris by seabirds from the South Pacific Ocean: Is there a pattern? **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 2, p. 389–407, fev. 2021. https://doi.org/10.1002/aqc.3453.

IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro, Brazil: IBGE, 2020.

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, n. 6223, p. 768–771, 13 fev. 2015. https://doi.org/10.1126/science.1260352.

JAMES, K.; VASANT, K.; S.M., S. B.; PADUA, S.; JEYABASKARAN, R.; THIRUMALAISELVAN, S.; G., V.; BENJAMIN, L. V. Seasonal variability in the distribution of microplastics in the coastal ecosystems and in some commercially important fishes of the Gulf of Mannar and Palk Bay, Southeast coast of India. **Regional Studies in Marine Science**, v. 41, p. 101558, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101558.

KARAMI, A.; GOLIESKARDI, A.; CHOO, C. K.; LARAT, V.; KARBALAEI, S.; SALAMATINIA, B. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 1380–1386, jan. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005.

KISS, T.; FÓRIÁN, S.; SZATMÁRI, G.; SIPOS, G. Spatial distribution of microplastics in the fluvial sediments of a transboundary river – A case study of the Tisza River in Central Europe. **Science of The Total Environment**, v. 785, p. 147306, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147306.

KLEMEŠ, J. J.; FAN, Y. V.; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and**

Sustainable Energy Reviews, v. 127, p. 109883, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883.

LESLIE, H. A.; VAN VELZEN, M. J. M.; BRANDSMA, S. H.; VETHAAK, A. D.; GARCIA-VALLEJO, J. J.; LAMOREE, M. H. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. **Environment International**, v. 163, p. 107199, maio 2022. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199.

LI, L.; LUO, Y.; LI, R.; ZHOU, Q.; PEIJNENBURG, W. J. G. M.; YIN, N.; YANG, J.; TU, C.; ZHANG, Y. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 11, p. 929–937, 1 nov. 2020. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0567-9.

LIAO, Z.; JI, X.; MA, Y.; LV, B.; HUANG, W.; ZHU, X.; FANG, M.; WANG, Q.; WANG, X.; DAHLGREN, R.; SHANG, X. Airborne microplastics in indoor and outdoor environments of a coastal city in Eastern China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 417, p. 126007, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126007.

MACHADO, A. A. de S.; KLOAS, W.; ZARFL, C.; HEMPEL, S.; RILLIG, M. C. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 4, p. 1405–1416, abr. 2018. https://doi.org/10.1111/gcb.14020.

MACHADO, A. A. de S.; LAU, C. W.; KLOAS, W.; BERGMANN, J.; BACHELIER, J. B.; FALTIN, E.; BECKER, R.; GÖRLICH, A. S.; RILLIG, M. C. Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 10, p. 6044–6052, 21 maio 2019. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01339.

MACLEOD, M.; ARP, H. P. H.; TEKMAN, M. B.; JAHNKE, A. The global threat from plastic pollution. **Science**, v. 373, n. 6550, p. 61–65, 2 jul. 2021. https://doi.org/10.1126/science.abg5433.

MARINHA DO BRASIL. Estudo das Correntes. 3 nov. 2019. **Marinha do Brasil**. [Text]. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/manchasdeoleo/estudo-das-correntes. Acesso em: 27 dez. 2021. (Last Modified: 2019-11-03T14:20-03:00).

MARTINS, I.; RODRÍGUEZ, Y.; PHAM, C. K. Trace elements in microplastics stranded on beaches of remote islands in the NE Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111270, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111270.

MAYNARD, I. F. N.; BORTOLUZZI, P. C.; NASCIMENTO, L. M.; MADI, R. R.; CAVALCANTI, E. B.; LIMA, Á. S.; JERALDO, V. de L. S.; MARQUES, M. N. Analysis of the occurrence of microplastics in beach sand on the Brazilian coast. **Science of The Total Environment**, v. 771, p. 144777, jun. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144777.

MOFIJUR, M.; AHMED, S. F.; RAHMAN, S. M. A.; ARAFAT SIDDIKI, SK. Y.; ISLAM, A. B. M. S.; SHAHABUDDIN, M.; ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; DJAVANROODI, F.; SHOW, P. L. Source, distribution and emerging threat of micro- and nanoplastics to marine organism and human health: Socio-economic impact and management strategies. **Environmental Research**, v. 195, p. 110857, abr. 2021. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110857.

MONTAGNER, C.; DIAS, M.; PAIVA, E.; VIDAL, C. MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS. **Química Nova**, 2021. DOI 10.21577/0100-4042.20170791. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=9344&nomeArquivo=RV2021-0062.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

MÜLLER, C. Not as Bad as It Seems? A Literature Review on the Case of Microplastic Uptake in Fish. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 672768, 21 abr. 2021. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.672768.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. Records of marine litter contamination in tropical beaches (Sergipe, Brazil) with different uses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112532, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112532.

NOVILLO-SANJUAN, O.; RAGA, J. A.; TOMÁS, J. Microdebris in three Spanish Mediterranean beaches located at a sporadic loggerhead turtles' (Caretta caretta) nesting area. **Regional Studies in Marine Science**, v. 49, p. 102116, jan. 2022. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102116.

OBBARD, R. W. Microplastics in Polar Regions: The role of long range transport. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 24–29, fev. 2018. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.004.

ODS BRASIL. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. 2023. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. [Governamental]. Disponível em: https://odsbrasil.gov.br/. Acesso em: 12 jan. 2022.

ONINK, V.; JONGEDIJK, C. E.; HOFFMAN, M. J.; SEBILLE, E. van; LAUFKÖTTER, C. Global simulations of marine plastic transport show plastic trapping in coastal zones. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 6, p. 064053, jun. 2021. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abecbd.

PABORTSAVA, K.; LAMPITT, R. S. High concentrations of plastic hidden beneath the surface of the Atlantic Ocean. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 4073, dez. 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17932-9.

PAIVA, B. O.; DE SOUZA, A. K. M.; SOARES, P. L.; DA SILVA, J. R. P.; VENDEL, A. L. Elevada ingestão de microplásticos pela corvina Micropogonias furnieri (Acanthuriformes: Sciaenidae). **Gaia Scientia**, v. 15, n. 4, p. 83–96, 2022. https://doi.org/10.22478/ufpb.1981.

PATCHAIYAPPAN, A.; AHMED, S. Z.; DOWARAH, K.; JAYAKUMAR, S.; DEVIPRIYA, S. P. Occurrence, distribution and composition of microplastics in the sediments of South Andaman beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111227, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111227.

PÉREZ-ALVELO, K. M.; LLEGUS, E. M.; FORESTIER-BABILONIA, J. M.; ELÍAS-ARROYO, C. V.; PAGÁN-MALAVÉ, K. N.; BIRD-RIVERA, G. J.; RODRÍGUEZ-SIERRA, C. J. Microplastic pollution on sandy beaches of Puerto Rico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 164, p. 112010, mar. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112010.

PEREZ-VENEGAS, D.; PAVÉS, H.; PULGAR, J.; AHRENDT, C.; SEGUEL, M.; GALBÁN-MALAGÓN, C. J. Coastal debris survey in a Remote Island of the Chilean Northern Patagonia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 125, n. 1–2, p. 530–534, 2017. .

PINTO, M. D. S.; NILIN, J. Caracterização dos resíduos sólidos marinhos na Praia da Costa, Barra sos Coqueiros, SE. *In*: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP, 2018. São Paulo: [*s. n.*], 2018.

PIRSAHEB, M.; HOSSINI, H.; MAKHDOUMI, P. Review of microplastic occurrence and toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of inflammation. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 142, p. 1–14, out. 2020. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.050.

POHJAKALLIO, M. Secondary plastic products—examples and market trends. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 467–479. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00018-9. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000189. Acesso em: 16 set. 2021.

POLASEK, L.; BERING, J.; KIM, H.; NEITLICH, P.; PISTER, B.; TERWILLIGER, M.; NICOLATO, K.; TURNER, C.; JONES, T. Marine debris in five national parks in Alaska. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, n. 1–2, p. 371–379, abr. 2017. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.085.

PRARAT, P.; HONGSAWAT, P. Microplastic pollution in surface seawater and beach sand from the shore of Rayong province, Thailand: Distribution, characterization, and ecological risk assessment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, p. 113200, jan. 2022. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113200.

RAGUSA, A.; SVELATO, A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C. A.; BAIOCCO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274.

RANGEL-BUITRAGO, N.; ARROYO-OLARTE, H.; TRILLERAS, J.; ARANA, V. A.; MANTILLA-BARBOSA, E.; GRACIA C., A.; MENDOZA, A. V.; NEAL, W. J.; WILLIAMS, A. T.; MICALLEF, A. Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112685, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112685.

RASOOL, F. N.; SAAVEDRA, M. A.; PAMBA, S.; PEROLD, V.; MMOCHI, A. J.; MAALIM, M.; SIMONSEN, L.; BUUR, L.; PEDERSEN, R. H.; SYBERG, K.; JELSBAK, L. Isolation and characterization of human pathogenic multidrug resistant bacteria associated with plastic litter collected in Zanzibar. **Journal of Hazardous Materials**, v. 405, p. 124591, mar. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124591.

REHM, R.; ZEYER, T.; SCHMIDT, A.; FIENER, P. Soil erosion as transport pathway of microplastic from agriculture soils to aquatic ecosystems. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148774, nov. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148774.

ROTHSTEIN, S. I. PLASTIC PARTICLE POLLUTION OF THE SURFACE OF THE ATLANTIC OCEAN: EVIDENCE FROM A SEABIRD. **Condor**, v. 75, p. 344–345, 1973. .

SANTOS, A. A.; NOBRE, F. S. de 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, p. 111015, abr. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111015.

SCHMID, C.; COZZARINI, L.; ZAMBELLO, E. Microplastic's story. **Marine Pollution Bulletin**, v. 162, p. 111820, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111820.

SCHMIDT, C.; KRAUTH, T.; WAGNER, S. Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 21, p. 12246–12253, 7 nov. 2017. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368.

SCOTT, P. G. Plastics packaging and coastal pollution. **International Journal of Environmental Studies**, v. 3, n. 1–4, p. 35–36, jan. 1972. https://doi.org/10.1080/00207237208709489.

SHRUTI, V. C.; PÉREZ-GUEVARA, F.; ELIZALDE-MARTÍNEZ, I.; KUTRALAM-MUNIASAMY, G. First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks - Future research and environmental considerations. **Science of The Total Environment**, v. 726, p. 138580, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138580.

SILVA, M. M.; MALDONADO, G. C.; CASTRO, R. O.; DE SÁ FELIZARDO, J.; CARDOSO, R. P.; ANJOS, R. M. dos; ARAÚJO, F. V. de. Dispersal of potentially pathogenic bacteria by plastic debris in Guanabara Bay, RJ, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 141, p. 561–568, abr. 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.064.

SNIS. SNIS - Sistema Nacional de Informações dobre Saneamento. 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/. Acesso em: 26 dez. 2022.

SOUZA, P. C. **Poluição por lixo marinho em praias de Aracaju/Sergipe**. 2016. 27 f. Monografia – Universidade Federal de Sergipe, São Cristáovão, SE, 2016.

TASSINARI, R.; TAIT, S.; BUSANI, L.; MARTINELLI, A.; VALERI, M.; GASTALDELLI, A.; DEODATI, A.; LA ROCCA, C.; MARANGHI, F.; THE LIFE PERSUADED PROJECT GROUP. Toxicological Assessment of Oral Co-Exposure to Bisphenol A (BPA) and Bis(2-ethylhexyl) Phthalate (DEHP) in Juvenile Rats at Environmentally Relevant Dose Levels: Evaluation of the Synergic, Additive or Antagonistic Effects. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 9, p. 4584, 26 abr. 2021. https://doi.org/10.3390/ijerph18094584.

THIEL, M.; LUNA-JORQUERA, G.; ÁLVAREZ-VARAS, R.; GALLARDO, C.; HINOJOSA, I. A.; LUNA, N.; MIRANDA-URBINA, D.; MORALES, N.; ORY, N.; PACHECO, A. S.; PORTFLITT-TORO, M.; ZAVALAGA, C. Impacts of Marine Plastic Pollution From Continental Coasts to Subtropical Gyres—Fish, Seabirds, and Other Vertebrates in the SE Pacific. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 238, 24 jul. 2018. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238.

THOMPSON, R. C.; YLVA, O.; P. MITCHELL, R.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; W. G. JOHN, A.; MCGONIGLE; RUSSELL, A. E. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838–838, 7 maio 2004. https://doi.org/10.1126/science.1094559.

THUSHARI, G. G. N.; SENEVIRATHNA, J. D. M. Plastic pollution in the marine environment. **Heliyon**, v. 6, n. 8, p. e04709, ago. 2020. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709.

TORRES-AGULLO, A.; KARANASIOU, A.; MORENO, T.; LACORTE, S. Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 800, p. 149555, dez. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149555.

UN ENVIRONMENT. **Marine Litter Socio Economic Study, United Nations Environment Programme**. Nairobi. Kenya.: [*s. n.*], 2017.

MEULEN, M. D. V. D.; DEVRIESE, L.; LEE, J.; MAES, T.; VAN DALFSEN, J. A.; HUVET, A.; SOUDANT, P.; ROBBENS, J.; VETHAAK, A. D. Socio-economic impact of microplastics in the 2 Seas, Channel and France Manche Region: an initial risk assessment. 2014. DOI 10.13140/RG.2.1.4487.4082. Disponível em: http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4487.4082. Acesso em: 8 abr. 2021.

VAN SEBILLE, E.; ALIANI, S.; LAW, K. L.; MAXIMENKO, N.; ALSINA, J. M.; BAGAEV, A.; BERGMANN, M.; CHAPRON, B.; CHUBARENKO, I.; CÓZAR, A.; DELANDMETER, P.; EGGER, M.; FOX-KEMPER, B.; GARABA, S. P.; GODDIJN-MURPHY, L.; HARDESTY, B. D.; HOFFMAN, M. J.; ISOBE, A.; JONGEDIJK, C. E.; … WICHMANN, D. The physical oceanography of the transport of floating marine debris. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 2, p. 023003, 17 fev. 2020. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d.

VIANA, D. de L.; OLIVEIRA, J. E. L.; HAZIN, F. H. V.; SOUZA, M. A. C. de. **Ciências do mar : dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil : oceano, clima, ambientes e conservação**. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. v. 1

VIDELA, E. da S.; ARAUJO, F. V. de. Marine debris on the Brazilian coast: which advances in the last decade? A literature review. **Ocean & Coastal Management**, v. 199, p. 105400, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105400.

VIEIRA, K. S.; BAPTISTA NETO, J. A.; CRAPEZ, M. A. C.; GAYLARDE, C.; PIERRI, B. da S.; SALDAÑA-SERRANO, M.; BAINY, A. C. D.; NOGUEIRA, D. J.; FONSECA, E. M. Occurrence of microplastics and heavy metals accumulation in native oysters Crassostrea Gasar in the Paranaguá estuarine system, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 112225, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112225.

WAN, Y.; WU, C.; XUE, Q.; HUI, X. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 576–582, mar. 2019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.123.

WELDEN, N. A.; LUSHER, A. Microplastics: from origin to impacts. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 223–249. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00009-8. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000098. Acesso em: 18 set. 2021.

WONG, J. K. H.; LEE, K. K.; TANG, K. H. D.; YAP, P.-S. Microplastics in the freshwater and terrestrial environments: Prevalence, fates, impacts and sustainable solutions. **Science of The Total Environment**, v. 719, p. 137512, jun. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137512.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and Human Health: A Micro Issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634–6647, 20 jun. 2017. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423.

WWF, W. W. F. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 2019. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico. Acesso em: 5 ago. 2021.

XIONG, X.; TU, Y.; CHEN, X.; JIANG, X.; SHI, H.; WU, C.; ELSER, J. J. Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (Carassius auratus): influence of color and morphological features. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e03063, dez. 2019. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03063.

YAN, Z.; LIU, Y.; ZHANG, T.; ZHANG, F.; REN, H.; ZHANG, Y. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. **Environmental Science & Technology**, , p. 414–421, 22 dez. 2021. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03924.

ZALASIEWICZ, J.; WATERS, C. N.; IVAR DO SUL, J. A.; CORCORAN, P. L.; BARNOSKY, A. D.; CEARRETA, A.; EDGEWORTH, M.; GAŁUSZKA, A.; JEANDEL, C.; LEINFELDER, R.; MCNEILL, J. R.; STEFFEN, W.; SUMMERHAYES, C.; WAGREICH, M.; WILLIAMS, M.; WOLFE, A. P.; YONAN, Y. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 13, p. 4–17, mar. 2016. https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002.

ZHANG, Y.; GAO, T.; KANG, S.; SILLANPÄÄ, M. Importance of atmospheric transport for microplastics deposited in remote areas. **Environmental Pollution**, v. 254, p. 112953, nov. 2019. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.121.

ZHAO, T.; LOZANO, Y. M.; RILLIG, M. C. Microplastics Increase Soil pH and Decrease Microbial Activities as a Function of Microplastic Shape, Polymer Type, and Exposure Time. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 675803, 23 jun. 2021. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.675803.

ARTIGO 2: POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS DE PRAIAS DO LITORAL DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL

Resumo

A poluição por microplástico é um problema ambiental de escala transfronteiriça. No litoral sergipano existem atividades que exercem alterações territoriais e paisagísticas, as quais podem possibilitar a ocorrência de estressores, decorrentes de atividades antropogênicas como os resíduos plásticos. Visando diagnosticar o estado de poluição por microplásticos (1-5 mm) nas praias de Sergipe, coletas de sedimentos foram realizadas em mês de menor e de maior precipitação pluviométrica (março e maio, respectivamente) nas praias Pirambu e Lagoa Redonda (dentro de Unidade de Conservação de Proteção Integral no litoral norte), Atalaia e Aruana (praias turísticas do litoral centro) e Abaís (praia turística do litoral sul). Os microplásticos (MPs) foram extraídos por diferença de densidade utilizando solução de NaCl. Abundância, tipo, cor, distribuição de MPs e índices (IPM - índice de poluição por MPs e CCImps - índice de limpeza da costa em relação aos MPs) foram registrados. As concentrações médias de microplásticos por metro quadrado variaram de 6,80±9,09 a 20,60 ±26,64. Dentre as praias analisadas, Aruana possuiu maior número de MPs. Diferenças significativas nas distribuições espaciais (supra litoral e linha de maré alta) e entre março e maio somente foram observadas em Pirambu. Conforme o IPM geral, as praias foram classificadas como abundância moderada (março) e alta (maio) e foram consideradas limpas ou muito limpas pelo CCImps, contudo, ressalta-se que ainda assim, as praias analisadas em Sergipe estão poluídas por MPs.

Palavras-chave: áreas protegidas, índice de poluição, praias turísticas, qualidade ambiental, zona costeira

Abstract

Microplastic pollution is an environmental problem of transboundary scale. On the coast of Sergipe there are activities that exert territorial and landscape changes which may allow the occurrence of stressors, resulting from anthropogenic activities such as plastic waste. With the aim of diagnosing the state of pollution by microplastics (1-5 mm) on the beaches of Sergipe, sediment collections were carried out in months with the lowest and highest rainfall (March and May, respectively) on the Pirambu and Lagoa Redonda beaches (within the Protect Area on the north coast), Atalaia and Aruana (tourist beaches on the central coast) and Abaís (tourist beach on the south coast). The microplastics (MPs) were extracted by density difference using NaCl solution. Abundance, type, color, distribution of microplastics and index (MPPI - Microplastics Pollution Index and CCImps-Clean Coast Index MPs) were recorded. The concentrations ranged from 6,80±9,09 to 20,60 ±26,64 MPs.m^{-2}. Among the beaches analyzed here, Aruana has the highest number of MPs. Significant differences in spatial distribution (zones) and between March and May were only observed in Pirambu. According to the general MPPI, beaches were classified as having moderate abundance (March) and high abundance (May). CCImps indicated that the beaches were either clean or very clean, and were considered clean or very clean by the CCImps, however, it is noteworthy that even so, the beaches analyzed in Sergipe are polluted by MPs.

Key-words: protected areas, pollution index, tourist beach, environmental quality, coastal zone.

2.1 Introdução

A poluição por plástico é reconhecida na literatura desde o século passado (CARPENTER; SMITH, 1972; ROTHSTEIN, 1973; SCOTT, 1972), e se torna diretamente proporcional aos modelos de consumo atuais. Uma vez descartados incorretamente, os resíduos plásticos podem originar os chamados microplásticos (MPs), itens considerados < 1 mm ou <5mm em diferentes estudos (FRIAS; NASH, 2019). Produzidas para serem partículas microscópicas (MPs primários) ou se formarem como consequência da quebra progressiva de plásticos maiores (MPs secundários), estes itens se tornaram uma ameaça a nível global (GESAMP,2019; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020).

Os MPs são encontrados em quantidades significativas nos diversos compartimentos ambientais, solos, ar, água doce e oceanos, sejam eles locais urbanos ou remotos (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; CASTRO *et al.*, 2020; MONTAGNER *et al.*, 2021; OBBARD, 2018; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021). Uma vez disponível no ambiente, os MPs podem entrar na cadeia alimentar através da sua ingestão por organismos menores, e assim chegar até o consumo humano. Além disso, são potenciais vetores de contaminantes antropogênicos, intensificando os riscos associados a propensão de algumas substâncias para bioacumulação e biomagnificação, levando a potenciais riscos à saúde humana e ambiental (AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2020b; MOFIJUR *et al.*, 2021; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020; YAN *et al.*, 2021).

Em regiões costeiras e oceanos, a ocorrência e distribuição de MPs pode ser atribuída a diversos fatores ambientais (ventos, correntes oceânicas e rios que fluem para a costa), bem como ação humana direta (nível de urbanização, turismo e recreação) (GAO *et al.*, 2021; MAYNARD *et al.*, 2021; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020), recebendo influências temporais e espaciais (GAO *et al.*, 2021). Ambientes como as praias, ainda que limpos, podem ser acumuladores de partículas diminutas de plásticos, dada a dificuldade de remoção destes itens em função do seu tamanho (ANDRADES *et al.*, 2020). Assim, o sedimento da praia é considerado um reservatório de partículas de plásticos, podendo afetar sua qualidade ambiental (RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021), e deste modo, tem recebido notoriedade nos estudos (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al.*, 2020; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021), pois é avaliado como o melhor compartimento para entender a dinâmica da distribuição dos resíduos plásticos ao longo do tempo (CASTRO *et al.*, 2020).

No que se refere ao litoral sergipano (Nordeste do Brasil), local do presente estudo, a presença de especulação imobiliária e crescente expansão da segunda residência são responsáveis pela aceleração da ocupação territorial desordenada (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019), e parte do litoral apresenta Unidades de Conservação, visando minimizar as pressões existentes no local, contudo esta função se torna um desafio diante dos conflitos de uso nas áreas litorâneas. O litoral de Sergipe abrange mais da metade da população do estado (aproximadamente 54%), com 1.262.360 habitantes, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) e nele existem padrões diferenciados de ocupação, variando de tradicionalmente rurais e relativamente isolados com dificuldades de acesso, especialmente no litoral norte, até espaços altamente urbanizados como no litoral Centro, conforme o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (GERCO/SE) (GERCO SE, 2019). Ainda de acordo com o GERCO/SE, em termos gerais, a maior parte da população dessa área tem baixo nível de instrução e baixa renda; além de baixo índice de esgotamento sanitário, o qual acaba resultando na poluição estuarina, impactos sobre a balneabilidade das praias, turismo e presença de resíduos sólidos dispostos inadequadamente.

Apesar dos estudos já desenvolvidos sobre resíduos marinhos em praias de norte a sul sergipano, os quais destacam a presença de itens plásticos como principal componente (entre 70 e 90%) (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a, b; SANTOS *et al.*, 2020), pouco se sabe sobre a distribuição e ocorrência de MPs em sedimentos de praias no estado, tendo apenas um estudo avaliando sua presença em duas praias com diferentes características de uso (uma no litoral norte e uma no litoral centro) (MAYNARD *et al.*, 2021), sendo necessário o desenvolvimento de mais pesquisas para o diagnóstico da problemática. Destarte, a fim de obter mais informações para auxiliar no entendimento da problemática, os objetivos deste estudo são: (i) compreender a dinâmica de ocorrência dos MPs nas praias avaliando um mês seco (março de 2022) e chuvoso (maio de 2022) e (ii) diagnosticar o estado de poluição por MPs nas praias; e assim, contribuir para o registro de dados na região.

2.2 Metodologia

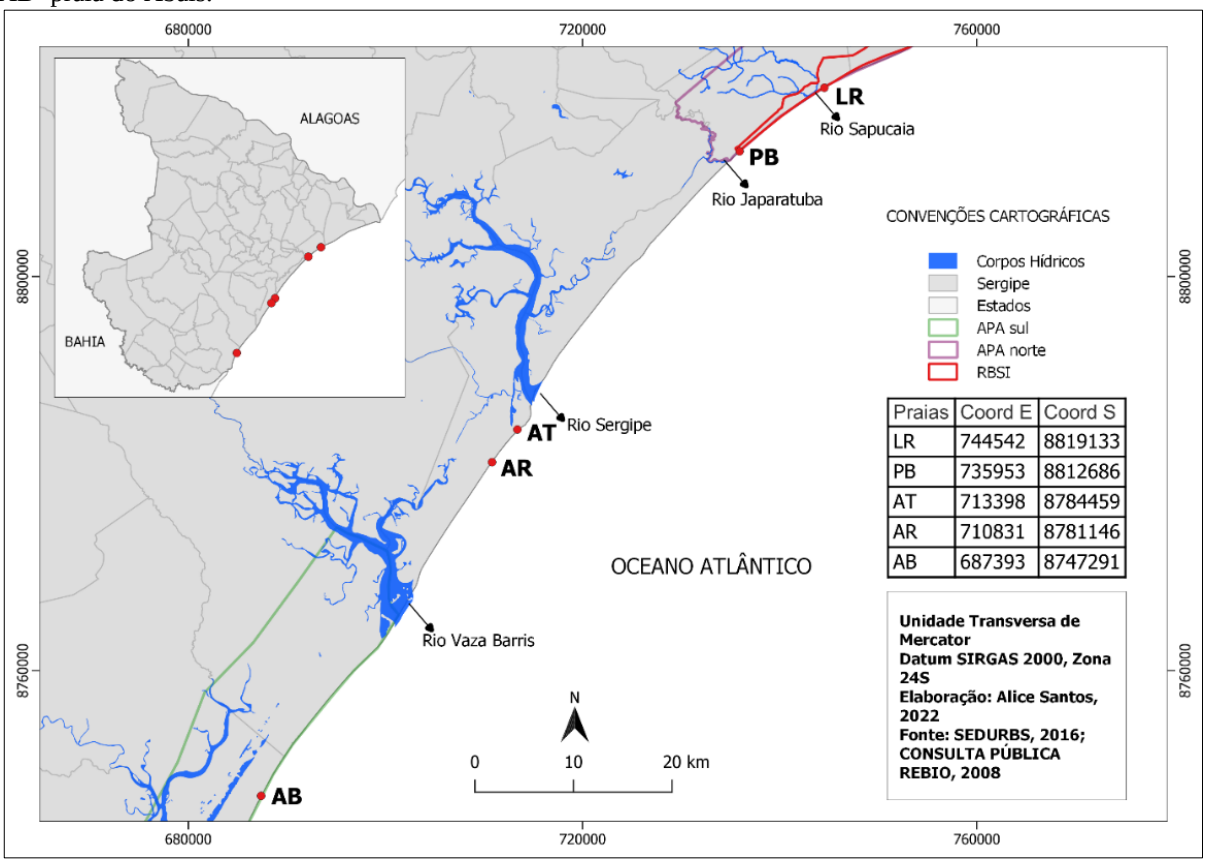
2.2.1 Área de estudo

O litoral de Sergipe possui aproximadamente 163 km de extensão (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010) com praias arenosas intermediárias/dissipativas, recebe influência dos rios São Francisco, Piauí, Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris, além do Oceano Atlântico

(DOMINGUEZ *et al.*, 2016). Além disso, o litoral ainda apresenta influência da Corrente do Brasil, mais expressiva no mês de março (SILVEIRA *et al.*, 2000). O clima local é tropical com período chuvoso de abril a agosto (ALVARES *et al.*, 2013), regime de marés semidiurno com amplitude máxima de 2,6 m (DOMINGUEZ *et al.*, 2016), e ondas de leste e sudeste predominam a costa (PIANCA; MAZZINI; SIEGLE, 2010).

A área de estudo compreende três municípios situados no litoral sergipano: Pirambu, Aracaju e Estância, que juntos representam 32% da população do estado de acordo com dados do IBGE (2021). Os pontos de coleta analisados concentraram-se nas praias de Pirambu, Lagoa Redonda (litoral norte), no mesmo município; Atalaia, Aruana (litoral centro - na capital do estado) e Abaís (litoral sul) (Figura 1). Tais praias foram escolhidas conforme as diferentes características das áreas de entorno, usos e acesso de pessoas (Figura 2).

Figura 1- Mapa de localização do recorte espacial da pesquisa no litoral de Sergipe, Brasil. PB-praia de Pirambu dentro da Unidade de Conservação, LR- praia de Lagoa Redonda, AT- praia de Atalaia, AR- praia de Aruana e AB- praia do Abaís.



Organização: Ana Alice Santos, 2021. Dados retirados do Plano de Gerenciamento Costeiro de Sergipe, 2019 e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade, 2016. UTM, Datum SIRGAS 2000 – Zona 24S.

Figura 2 - Praias analisadas no litoral norte, centro e sul de Sergipe (Brasil) e suas principais características de uso e ocupação. PB-praia de Pirambu dentro da Unidade de Conservação, LR- praia de Lagoa Redonda, AT- praia de Atalaia, AR- praia de Aruana e AB- praia do Abaís.

Fonte: Imagem de satélite, 2019 retirada do *Google Earth* Pro®. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

O município de Pirambu, onde se encontram as praias Lagoa Redonda e Pirambu, apresenta 0,4% da população do estado e 15,9% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2021). Em relação à economia, as principais atividades são voltadas à agricultura, silvicultura e pesca, sendo considerado um dos principais polos pesqueiros de Sergipe (SILVA, 2010). Os trechos de Lagoa Redonda e Pirambu são destinados a proteção integral de uso restrito, sendo pertencentes a Reserva Biológica de Santa Isabel (RBSI) (BRASIL, 1988), e a beleza cênica destas praias motiva seu uso pelos moradores locais e turistas como área de lazer, apesar de atividades deste tipo serem proibidas por lei federal. Nas praias da Unidade de Conservação existem inúmeros ninhos de tartaruga-marinha que desovam no local, demarcados pelo Projeto TAMAR.

A praia de Lagoa Redonda apresenta 5 km de extensão inteiramente na RBSI (APÊNDICE A). Logo, não apresenta urbanização, porém no que diz respeito ao trecho analisado, existe facilidade de acesso via comunidade, daqueles que visitam Lagoa Redonda. Isso ocorre, devido ao fato dele ter em seus arredores um importante fragmento de Mata Atlântica e um balneário, frequentemente utilizado por moradores e turistas, o que pode facilitar o ingresso de pessoas não autorizadas na área de acesso restrito. A praia de Pirambu (APÊNDICE A), inicia ao sul a partir da foz do rio Japaratuba, e apresenta 12 km de extensão, dos quais 10 km são destinados a proteção integral, pois encontram-se dentro dos limites da RBSI, enquanto os 2 quilômetros iniciais encontram-se em áreas de turismo e lazer.

As praias Atalaia e Aruana são localizadas na capital do estado, Aracaju, cujo número de habitantes corresponde a 29% da população de Sergipe (IBGE, 2021). Destarte, a capital possui centralidade na concentração de serviços, comércios, atividades industriais e administrativas, além de turismo (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO, 2019). Aracaju possui o maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e 87,2% das residências com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2021), mas seus canais estuarinos recebem grande quantidade de efluentes, e a região apresenta problemas com macrodrenagem (GERCO SE, 2019). É a cidade onde suas praias apresentam área de pós-praia mais ocupada em relação as demais áreas de estudo (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010).

A praia de Atalaia (APÊNDICE B), localizada ao sul da foz do rio Sergipe, possui 6 km de extensão, apresenta bares fixos e móveis, sendo um importante ponto turístico e de atividade comercial. Por sua vez, a praia de Aruana (APÊNDICE B), também ao sul da foz do rio Sergipe é menos povoada e frequentada do que a praia de Atalaia, mas possui grande potencial turístico e habitacional (GERCO, 2019), e por isso, apresenta diversas barracas e bares de alvenaria em sua orla.

O município de Estância, onde se encontra a praia do Abaís, possui aproximadamente 3% da população de Sergipe. Neste município, 17,7% dos domicílios apresentam esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2021). Ele corresponde a terceira maior economia de Sergipe, com atividades econômicas voltadas para a agricultura, pecuária e turismo, conforme o site da prefeitura municipal de Estância (2021). A praia do Abaís (APÊNDICE C), apresenta ocupação desordenada em seus aproximadamente 20 km de orla. Possui forte presença de casas de veraneio, além de estabelecimentos comerciais e infraestrutura turística na região pós-praia (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010; GERCO SE, 2019) e potencial pesqueiro (GERCO, 2019). Na parte sul da orla, localiza-se a foz do riacho do Brejo, frequentada por pescadores e banhistas.

2.2.2 Amostragem de sedimento

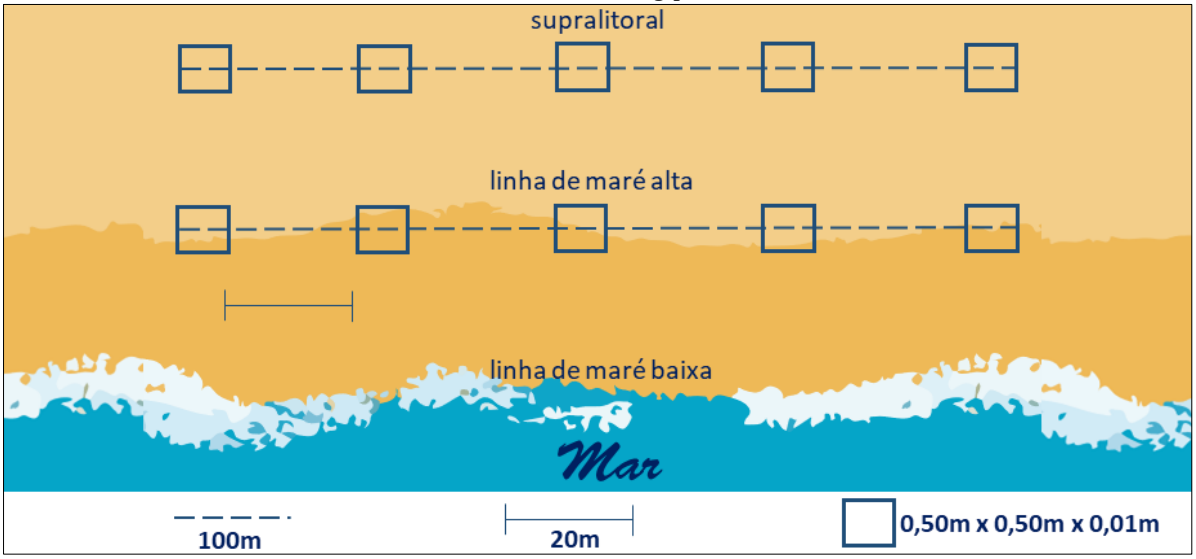
Apesar do número elevado de estudos sobre MPs, a falta de padronização na definição e nos métodos de obtenção de dados tem limitado a interpretação e comparação geral dos resultados obtidos nos diferentes estudos. Aqui, a metodologia e obtenção de dados foi adaptada da pesquisa desenvolvida por Besley *et al.*(2017), Patchaiyappan *et al.* (2020) e do guia para amostragem (simples e rápida) de microplásticos em praias arenosas da organização não governamental internacional A Rocha Internacional (2018).

Adotando a classificação de MPs entre 1 e 5 mm, as coletas foram realizadas em 2022 em um mês de menor (março) e maior (maio) precipitação pluviométrica, nas cinco praias descritas anteriormente. A localização das áreas foi georreferenciada utilizando um Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* – GPS), equipamento modelo Trimble Juno® SC.

A pesquisa foi submetida no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) sob o número 82371 (ANEXO A), conforme previsto para a realização de pesquisas em Unidades de Conservação Federais; e o deslocamento dentro da Unidade foi por meio de veículo autorizado do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Nas demais praias o acesso se deu por veículo particular até a orla, seguindo a pé até o ponto de coleta.

No presente estudo, a amostragem foi realizada em dias úteis, na linha de maré alta e supra litoral, dispondo um transecto com 100 m de comprimento em cada, o que permitirá melhor abrangência da distribuição de MPs nas praias em relação as diferentes zonas. Mediante a praia analisada, a distância entre os transectos (linha de maré alta e supralitoral) variou conforme seu comprimento e disposição da linha de maré alta do dia. A amostragem caracterizou-se como não-probabilística e em cada transecto, cinco quadrantes de ferro de 0,5 x 0,5 m foram dispostos e separados por aproximadamente 20 m um do outro, o que totalizou 0,25 m^2 por quadrante, e 2,5 m^2 de área total amostrada em cada praia, tal configuração resultou em 100 amostras (Figura 3).

Figura 3 - Representação esquemática geral dos pontos de amostragem de microplásticos nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, no litoral de Sergipe, Brasil.



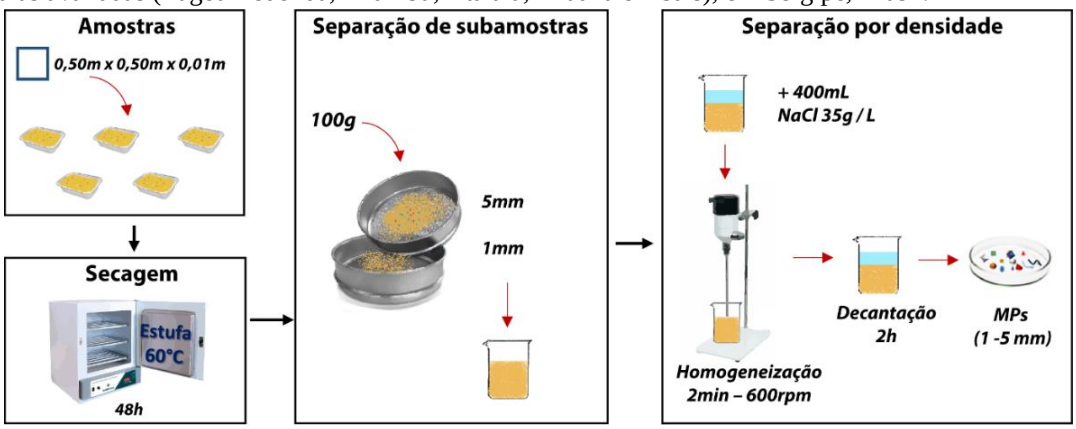
Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2021.

O sedimento foi coletado com auxílio de uma trolha de metal (colher de pedreiro) até atingir 1 cm de profundidade dentro do quadrante, armazenado em recipientes de alumínio, selados e identificados, compondo cerca de 700 g de areia por amostra. As amostras foram levadas para o Laboratório de Bentos Costeiros (Universidade Federal de Sergipe), onde foram realizadas as etapas de extração e identificação dos MPs.

2.2.3 Processamento das amostras: extração e identificação do microplástico

Nessa etapa (Figura 4), as amostras foram secas em estufa a 60ºC por 48h (BESLEY *et al.*, 2017). Em seguida, subamostras contendo 100 g de cada quadrante (totalizando 500 g por transecto) foram peneiradas em uma malha 5 mm e 1 mm, respectivamente, e para a extração dos MPs, a subamostra retida na peneira de 1 mm foi transferida para um béquer (PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020).

Figura 4 - Representação esquemática do processo de extração de microplásticos das amostras de sedimento seco das praias avaliadas (Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís), em Sergipe, Brasil.



Fonte: Trabalho de campo e experimental, 2022. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

Uma solução de cloreto de sódio puro (NaCl) - Perfyl Tech Reagente e Soluções®, foi preparada com uma concentração de sal ~35g / L, que corresponde a concentração de sal da água do mar e densidade aproximada de 1,03 g/cm^3 (A ROCHA INTERNACIONAL, 2018). Em seguida, foi transferida para o béquer contendo a subamostra, que foi homogeneizada por 2 min (em agitador mecânico Fanem Contrac Mod 1000), e deixada em repouso por 2h, caracterizando o método de flotação (BESLEY *et al.*, 2017). Para coletar os MPs, a depender dos diferentes itens (fragmento, filamento/fibra, isopor/espuma, pellets e filmes – Anexo B), fez-se uso de pinça de metal, seringa e agulha hipodérmica e pipeta Pasteur de vidro.

Para o controle de qualidade durante o experimento, os recipientes e instrumentos utilizados foram de vidro ou metal, lavados com água destilada, e a bancada era higienizada

com álcool etílico a 70%. Visando evitar possível contaminação, apesar da faixa de MPs utilizada ser de 1-5 mm, os béqueres contendo as amostras foram cobertos com placa de Petri de vidro ou papel alumínio durante a decantação, e também ao passo que a caracterização era realizada. Na caracterização dos MPs, o sobrenadante foi colocado em placas de Petri de vidro previamente inspecionadas em estereomicroscópio Leica® EZ4. Na extração do MPs, as placas contendo a amostra foram examinadas no estereomicroscópio, sendo os MPs distinguidos conforme suas características morfológicas de cor (quando mais de uma cor, a predominante foi considerada) e forma (fragmento, filamento/fibra, filme, espuma/isopor e pellet). Os microplásticos foram fotografados em estereomicroscópio Leica® M205C equipado com câmera de 7MP, vinculado ao *software* de imagens multifocal Leica Application Suite.

2.2.4 Análise de dados

Os valores obtidos de microplásticos por metro quadrado ($MPs.m^{-2}$) foram averiguados quanto a sua normalidade por meio do teste Shapiro-Wilk (adotando valor de $p< 0,05$). Constatou-se que as amostras não apresentaram distribuição normal, então testes estatísticos não paramétricos correspondentes foram aplicados: teste Mann-Whitney para comparações por pares, e para a comparação da concentração de microplásticos entre as praias, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Visando corrigir assimetria na distribuição de dados, eles foram transformados por raiz quadrada, e quando ainda identificado *outlier* por meio do *software* GraphPad Prism v.8.0.1, houve a sua remoção. A fim de comparações numéricas com outros estudos, as médias (dados não transformados) de $MPs.m^{-2}$ foram utilizadas. Todas as análises foram realizadas no *software* GraphPad Prism v.8.0.1 (GRAPHPAD SOFTWARE, LA JOLLA CALIFORNIA USA).

Os tipos (fragmento; pellet; filme; filamento/fibra; espuma/ isopor) e cores (amarelo, azul, branco, castanho/amarelado, cinza, laranja, lilás, marrom, preto, rosa, roxo, transparente e verde) de microplásticos foram analisados por abundância relativa, obtidas em planilha no *software* Microsoft Excel 2019®.

Foram mensurados o índice de poluição por microplásticos (IPM) e o índice de limpeza em relação aos microplásticos/clean coast index (CCImps). Para isso, foram considerados o total de microplásticos (n= 9 para Atalaia e n=10 para as demais praias) sem distinção das zonas linha de maré alta e supra litoral encontrados em cada praia em março e maio. O IPM é um índice proposto por Rangel-Buitrago *et al.* (2021). Este índice determina a presença de MPs no ambiente, calculando a relação existente entre a quantidade de partículas e a área levantada,

sendo então demonstrados em MPs.m^{-2}. Este índice foi calculado para a quantidade total de MPs e a distinção específica do tipo (fragmento, filamento/fibra, filme, espuma/isopor e pellet), seguindo a fórmula:

$$IPM = \frac{quantidade\ de\ MPs}{área\ total\ dos\ quadrantes}$$

O IPM permite avaliar uma praia como de 0 – 2 = presença muito baixa; 2 – 5 = baixa abundância; 5 –15 = abundância moderada; 15 – 25 = alta abundância e > 25 = abundância muito alta.

A verificação do índice de limpeza das praias em relação aos microplásticos foi realizada por meio do CCI (*Clean Coast Index*) proposto Alkalay *et al.* (2007), porém com a adaptação de Fernandino *et al.* (2015) também utilizada por Novillo-Sanjuan *et al.* (2022), desconsiderando o valor de *K* = 20 (macrodetritos) e adotando então o valor *K* = 0,02, que considera microdetritos, de acordo com a fórmula:

$$CCI_{mps} = \frac{total\ de\ MPs}{área\ total\ dos\ quandrantes}\ .K$$

Assim, os valores do CCImps podem ser atribuídos como 0–0,5 = muito limpa; 0,5–1 = limpa; 1 – 2 = moderadamente suja; 2 – 3 = suja e >3 = muito suja.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Abundância e distribuição de microplásticos

No presente estudo, os MPs (1-5 mm) estavam presentes em 48% das amostras em março e 74% em maio. Um *outlier* foi identificado em uma amostra da praia de Atalaia (março de 2022), na zona supra litoral. Incluindo o *outlier*, o número total de MPs correspondeu a 492 partículas (283 itens em março e 209 itens em maio do mesmo ano), e ao removê-lo, a fim de evitar influências irreais na quantificação, verificaram-se 79 MPs em março. Dessa forma, foram considerados um total final de 288 itens.

Ao analisar os dados excluindo o *outlier*, observou-se que, para ambos os meses, os valores médios de MPs.m^{-2} na Atalaia foram maiores na zona supra litoral, enquanto Lagoa Redonda apresentou mais itens na linha de maré alta. Nas demais praias analisadas, percebeu-se uma variação (Tabela 1).

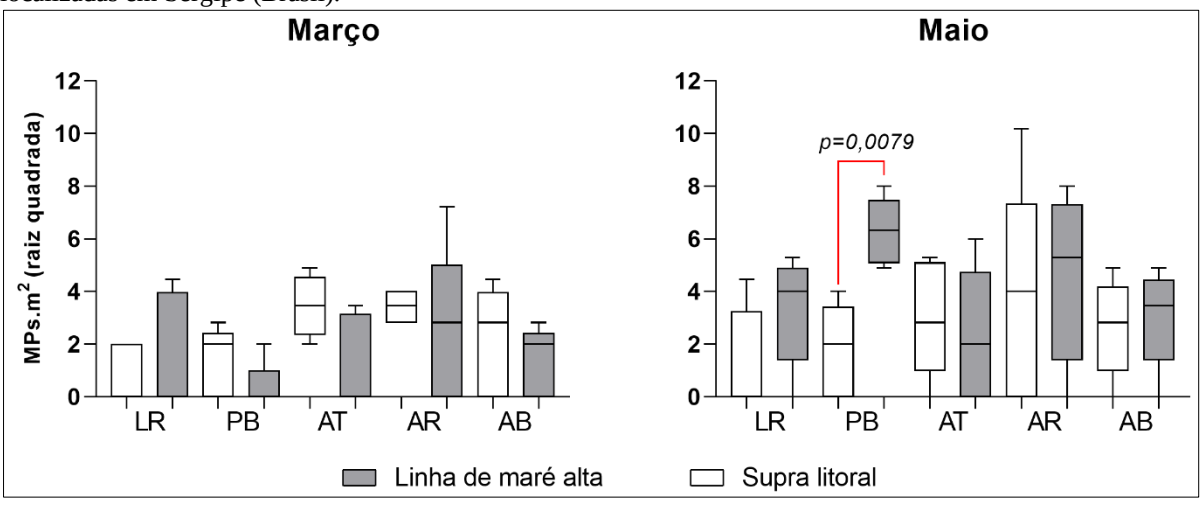
Tabela 1 - Quantidade (média± desvio padrão) de microplásticos (por m^2) encontrados por local avaliado: Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís em Sergipe (Brasil) encontrados em amostras de sedimentos seco das praias, considerando os meses e as zonas avaliadas nos meses de março de maio de 2022.

Praia	Supra Litoral (MPs.m^{-2} ± DP)		Linha de maré alta (MPs.m^{-2} ± DP)	
	Março	Maio	Março	Maio
Lagoa Redonda	1,60±2,19	4,80±8,67	**6,40±9,20**	**14,40±10,81**
Pirambu	3,20 ±3,34	5,60±6,69	0,80±1,78	40,80±16,10
Atalaia	**13,00±8,24**	**12,80±12,46**	4,00±5,65	10,40±15,13
Aruana	12,00±4,0	28,00±43,45	13,60±21,84	28,80±26,14
Abaís	8,00±8,48	9,60±9,20	3,20±3,347	12,00±8,94

Fonte: Trabalho de campo, 2022 (n=4 na Atalaia e n=5 nos demais pontos). Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Analisando as medianas das zonas supra litoral e linha de maré alta por mês em cada praia, verificou-se que apenas Pirambu apresentou diferença significativa entre as zonas em maio (*p=0,0079*) (Figura 5). No geral, a maior proporção de MPs foi identificada na linha de maré alta (58,33%), seguindo a tendência descrita em outros países (ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2019; FRED-AHMADU; AYEJUYO; BENSON, 2020b), sendo que no presente estudo, o número médio de itens em março na parte supra litoral das praias foi maior (7,33 ±6,94 MPs.m^{-2}) do que na linha de maré alta (5,6 ±11,02 MPs.m^{-2}), enquanto em maio, os valores foram superiores na linha de maré alta (21,28±19,28 MPs.m^{-2}) do que na zona supra litoral (12,16 ±21,18 MPs.m^{-2}).

Figura 5 -Mediana do número de microplásticos por metro quadrado encontrados em amostras de sedimento seco das praias avaliadas (dados transformados por raiz quadrada) em março e maio de 2022 (n = 4 para AT e n = 5 para as demais). As barras mostram os números máximos e mínimos obtidos e as "caixas" representam os quartis superior (75%) e inferior (25%). Praias: LR-Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AT-Atalaia, AR- Aruana e AB- Abaís localizadas em Sergipe (Brasil).



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Nesse sentido, Fred-Ahmadu *et al.* (2020) analisaram três diferentes zonas de maré em praias da Nigéria, e porcentagem semelhante ao presente estudo foi identificada na linha de maré alta, cerca de 59% de MPs, onde as condições hidrodinâmicas locais podem ter

influenciado na distribuição e deposição das partículas, assim como se sugere para o presente estudo. O contrário também é observado, como identificado por Constant *et al.* (2019) em praias do Mediterrâneo, ao considerar que a linha de maré alta (linha de deposição) provavelmente não é uma zona final para o acúmulo de MPs, pois as chuvas anteriores dispersaram/lavaram o local, e moveram os itens para a área que margeia a praia (parte vegetada).

As praias analisadas apresentam feições e influências distintas que podem atuar na ocorrência e distribuição dos MPs ao longo da costa. No caso da praia de Atalaia, a linha de maré alta se encontra em feição levemente inclinada (APÊNDICE B), e isso pode promover menor acúmulo de microplásticos, pois a ação das ondas tende a carregá-los. Em contraste, as partes mais secas (supra litoral) das praias são mais vulneráveis aos processos eólicos, e ventos podem levar a erosão em certos pontos e/ou acúmulo de sedimentos em outros (URBAN-MALINGA *et al.*, 2020), levando junto os MPs, ou seja, eles podem ser periodicamente enterrados e reexpostos (GESAMP, 2019; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021), além disso, essa área da praia costuma ser limpa pela prefeitura. Tais fatores podem explicar os valores extremos, com muito ou nenhum microplástico, em algumas amostras.

Além dos fatores ambientais diretos, construções na região das praias podem interferir no acúmulo dos MPs, conforme observado por La-Torre *et al*. (2020), ao avaliar praias Peru. No presente estudo foi observado que a praia do Abaís apresenta um elevado processo de erosão, e as infraestruturas de casas e bares que se encontram na faixa de areia são muito danificadas (APÊNDICE C). Assim, apesar de urbanizada e propensa ao acúmulo de resíduos marinhos, sua faixa de praia supra litoral é estreita, e os detritos podem ser levados ao mar pela ação das ondas com mais facilidade.

Por outro lado, a linha de maré alta apresenta mais dinamismo em relação a zona supra litoral, influenciada por condições hidrodinâmicas, ondas e tempestades (CONSTANT *et al.*, 2019; GESAMP, 2019). Portanto, maiores densidades de detritos plásticos nos seus variados tamanhos podem chegar as praias, especialmente em função de rios quando sua vazão é intensificada pelos eventos de chuvas (CONSTANT *et al.*, 2019; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021), resultando em uma linha deposicional de detritos. Destaca-se que o trecho analisado no litoral sul não é afetado por aportes fluviais próximos.

Os rios Sergipe (litoral centro), Japaratuba e São Francisco (litoral norte), constituem uma importante fonte de sedimentos para o litoral sergipano (SILVA, 2014). Nesse estado, a direção das ondas é de E, e o sentido predominante do transporte litorâneo de sedimentos é de NE para SW (OLIVEIRA, 2003), que provavelmente leva ao transporte de resíduos marinhos, incluindo os MPs, no mesmo sentido.

Conforme dados obtidos a partir da Estação Meteorológica de Pirambu, via Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em maio de 2022, cuja precipitação de 13 mm de chuva no dia da coleta foi cerca de 8 vezes maior do que março, quando apresentou 1,7 mm, foram encontrados itens de plásticos bem como identificada uma linha de acumulação de detritos na foz do rio Japaratuba (APÊNDICE D), sendo importante destacar que o trecho da praia de Pirambu foi o mais próximo do corpo hídrico dentre os demais, e tais itens podem alcançar as praias da região. Além dos corpos hídricos mencionados acima, o rio Parapuca pode contribuir para a deposição de resíduos marinhos na praia de Lagoa Redonda e o rio Sapucaia pode impulsionar a presença desses itens em Pirambu, conforme observado por Santos *et al.* (2020). Nisso, potenciais MPs também podem seguir na mesma direção.

Considerando a precipitação pluviométrica diária, correspondente aos dias de coletas, no mês de maio houve maior quantidade de chuvas nos municípios em que se encontram as praias analisadas: Pirambu - 1,7 mm e 13 mm; Aracaju - 0,8 mm e 7,9 mm e Estância - 0,3 mm e 5,2 mm, valores para março e maio respectivamente. Contudo, analisando 72h anteriores ao dia de coleta, em Pirambu e em Estância, o mês de março houve maior valor diário acumulado nesse período, 15,5 mm e 3,7 mm, respectivamente, em relação ao mês habitualmente mais chuvoso (5,3 e 1,7 mm, em Pirambu e Estância, respectivamente), conforme dados do INMET em março e maio de 2022.

O período chuvoso em Sergipe é descrito como de abril a agosto (ALVARES *et al.*, 2013). Entretanto, atipicamente em 2022, percebeu-se irregularidades nessa característica, havendo instabilidades nos eventos de chuvas. Pode-se atribuir esse fato a alterações atmosféricas provocadas pelas mudanças climáticas, fatores observados mundialmente, os quais influenciaram fortes chuvas em períodos atípicos assim como ocorreu em Sergipe, conforme dados do INMET para o ano de 2022. No mês de março, o volume de chuva no estado de Sergipe foi superior a 140 mm, valor considerado acima da média para este mês. Em Aracaju, por exemplo, choveu 294,47 mm, mais que o dobro do valor normal para o mês de março. Em maio, a precipitação mensal acumulada no estado foi acima de 320 mm, de acordo com os dados do Governo de Sergipe (2022).

Analisando a quantidade de MPs abrangendo a totalidade das zonas avaliadas (n=9 na Atalaia e n=10 nos demais pontos), as praias urbanizadas (Atalaia, Aruana e Abaís) foram as que apresentaram maior quantidade de MPs em março. Já no mês de maio, a quantidade de MPs aumentou em todas as praias, especialmente naquelas em que há influência direta da hidrodinâmica de rios (Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia e Aruana) (Tabela 2). Percebe-se que avaliar a sazonalidade ajuda no entendimento dos possíveis fatores que podem acarretar a

presença de detritos. Sendo assim, a distribuição e ocorrência de resíduos marinhos (RIBEIRO *et al.*, 2021), bem como microplásticos (GAO *et al.*, 2021) podem ser afetados pelas atividades humanas e correntes costeiras, as quais são modificadas pela sazonalidade (GAO *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2021).

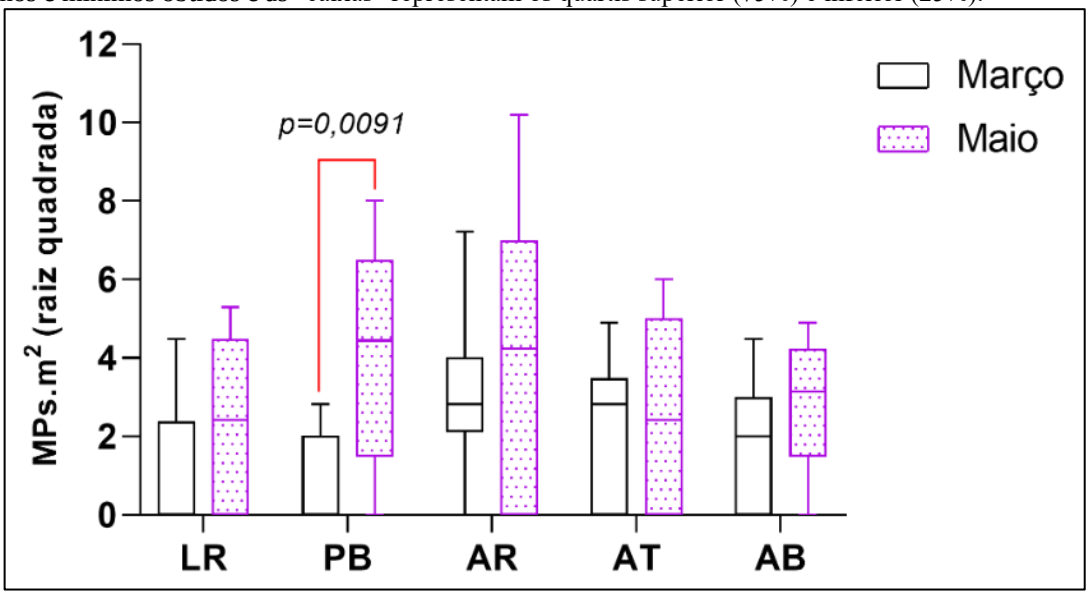
Tabela 2 - Média geral (±desvio padrão) de microplásticos por metro quadrado e por quilograma de sedimento seco (n=9 na Atalaia e n=10 nos demais pontos) nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil) nos meses de março e maio de 2022.

Praia	**Março**		**Maio**	
	MPs.kg^{-1} (± DP)	**MPs.m^{-2} (± DP)**	**MPs.kg^{-1} (± DP)**	**MPs.m^{-2} (± DP)**
Lagoa Redonda	10,00 (±17,00)	4,00 (±6,79)	24,00 (±26,33)	9,60 (±10,53)
Pirambu	5,00 (±7,00)	2,00 (±2,82)	58,00 (±54,73)	23,20 (±21,82)
Atalaia	20,00 (±20,0)	8,00 (±8,00)	29,00 (±32,81)	11,60 (±13,12)
Aruana	**32,00 (±639,10)**	**12,80 (±14,82)**	**71,00 (±84,52)**	**28,40 (±33,81)**
Abaís	14,00 (±16,47)	5,60 (±6,58)	27,00 (±21,63)	10,80 (±8,65)

Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Ainda analisando praias sem separar por zonas, observou-se que elas não diferiram umas das outras em março *(p= 0,0686)* e em maio *(p= 0,4825)*. Por outro lado, ao comparar as medianas separadamente por praia entre os meses, Pirambu se apresentou estatisticamente diferente entre si *(p=0,0091)* (Figura 6). Nesse contexto, Castro *et al.* (2021), não identificaram diferença sazonal significativa ao avaliar meses secos e chuvosos como fator de influência no acúmulo de microplásticos em praias do Rio de Janeiro.

Figura 6 - Abundância geral de microplásticos (dados transformados por raiz quadrada) nas praias analisadas, em Sergipe, Brasil (LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís), nos meses de março e maio de 2022 considerando as duas zonas (n = 9 para AT e n = 10 para as demais). As barras mostram os números máximos e mínimos obtidos e as "caixas" representam os quartis superior (75%) e inferior (25%).



Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Dentre as praias turísticas avaliadas, a Aruana se destacou por apresentar a maior quantidade de MPs nos dois meses. Nesta praia, os serviços de limpeza são apenas manuais, com varrição e recolhimento de resíduo sem maquinário. Na Atalaia, a área da orla é limpa diariamente, e na praia, a limpeza manual e com maquinário é feita de segunda a sábado, removendo itens até 20 cm de profundidade, conforme os dados da Prefeitura Municipal de Aracaju para os anos 2020 e 2022, o que pode explicar a menor quantidade de MPs, apesar deste local ser de intensa atividade turística.

Durante as coletas de material, alguns funcionários das prefeituras e bares que estavam no local informaram sobre a limpeza das praias. Nisso, obteve-se que na orla da praia do Abaís a limpeza é realizada nas sextas, sábados e segundas, e as praias são limpas manualmente segundas e terças. Já na parte turística da praia de Pirambu a limpeza não é periódica, apenas executada quando se julga necessário, sendo feita de forma manual. Dentro da Unidade de Conservação, não existem atividades de limpeza das praias.

Em praias urbanizadas de Sergipe, estudos antecedentes sobre macro resíduos marinhos relataram que a principal origem dos detritos é associada a atividades desenvolvidas em terra, provenientes de drenagem pluvial, ou ainda atividades de banhistas como resultado de descarte inadequado (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a, b; SANTOS *et al.*, 2020). Nesses estudos, os principais itens de plásticos que caracterizaram esta classificação foram canudos, copos descartáveis, tampas e lacres, além de embalagens de alimentos. Durante a amostragem da presente pesquisa, resíduos marinhos deste tipo, incluindo macro e mesoplásticos (dentro dos quadrantes), foram identificados em todas as praias (APÊNDICES E e F).

Ainda sobre esses estudos anteriores no litoral de Sergipe, a praia do Abaís (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a) apresentou maior concentração de macro detritos em relação as praias de Lagoa Redonda, Pirambu (SANTOS *et al.*, 2020), Atalaia e Aruana (SOUZA, 2016). Contudo, viu-se que no presente estudo, a praia do Abaís apresentou o segundo menor valor de MPs. Com isso, é possível inferir que as quantidades de resíduos marinhos nas praias estudadas não indicam uma relação direta com a abundância de microdetritos (MPs) posteriormente encontrados, fator que pode resultar da limpeza dos locais, não permitindo utilizar a situação atual da praia em relação aos resíduos maiores para explicar a quantidade de MPs conforme também aponta Urban-Malinga *et al.* (2020) no seu estudo em praias da Polônia.

Kaviarasan *et al.* (2022) observaram uma correlação positiva entre o macro e o micro resíduo (com predomínio do plástico) em todas as praias estudadas no sudeste da Índia. Em contraponto, Constant *et al.* (2019) consideraram que o processo de degradação de plásticos maiores reduzindo-os a MPs pode ser limitado, pois as operações de limpeza, ainda que

esporádicas, diminuem o tempo de permanência de macro plásticos nesses locais, como é o caso da Atalaia. Apesar disso, vale ressaltar que a ação direta de fatores que podem degradar o plástico maior *in situ* foi percebida no presente estudo, ao identificar fragmentos resultantes de um mesmo item (APÊNDICE F).

A degradação do plástico é um processo heterogêneo, e a radiação solar é um mecanismo eficiente em plásticos expostos ao ar e na superfície da areia das praias, diferente dos plásticos que se encontram na superfície da água (ANDRADY, 2011). Isso infere que as praias são os locais mais prováveis para a geração de MPs também no ambiente marinho (ANDRADY, 2011; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021).

Em praias da Polônia (URBAN-MALINGA *et al.*, 2020), Índia (PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020) e Espanha (GODOY *et al.*, 2020), as maiores quantidades de MPs foram identificadas em locais urbanos, tal qual a Aruana e Atalaia no presente estudo. Para além disso, a gestão inadequada dos resíduos sólidos, turismo e atividades marítimas são fatores considerados para seu acúmulo em praias (GODOY *et al.*, 2020; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020), relacionados a densidade populacional e infraestruturas costeira (URBAN-MALINGA *et al.*, 2020). Ademais, a presença desses detritos na faixa de praia é associada à sua dificuldade de remoção pelos métodos convencionais de limpeza (ANDRADES *et al.*, 2020). Dessa forma, ressalta-se que a limpeza diária das praias é um fator importante para o controle e não geração de resíduos nestes ambientes.

Na Praia Grande, Espanha, a qual não existe limpeza periódica, a quantidade de MPs (1-5 mm) foi considerada elevada, com cerca de 2.971 MPs.m^{-2}, praia que também apresenta grande influência de correntes oceânicas na deposição de detritos plásticos, sendo ainda considerada imprópria para banho (ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2019). Nesse mesmo estudo, as praias com limpeza periódica, sendo então consideradas limpas e bem conservadas, e os microplásticos maiores (1-5 mm) e mesoplásticos são removidos, as quantidades de MPs variaram de 2,0 a 16,0 MPs.m^{-2}. Tais autores também demonstraram que as praias com limpeza periódica, mas com valores maiores de microplástico (78,7 e 115,5 MPs.m^{-2}), poderiam ser influências da deposição dos resíduos pelas correntes oceânicas.

Obter clareza sobre os efeitos dos MPs nos processos ecológicos depende, primeiramente, da medição adequada de sua abundância (COPPOCK *et al.*, 2017). Todavia, a falta de métodos unificados torna inviável determinadas comparações. O resultado desse estudo apresentou valores inferiores aos encontrados anteriormente em praias sergipanas, conforme dados apresentados por Maynard *et al.* (2021). Entretanto, no estudo de Maynard *et al.* (2021), a faixa de tamanho estabelecida foi < 5 mm, além da solução $ZnCl_2$ ser utilizada como método

de extração, a qual possibilita maior recuperação de MPs dada a densidade do composto. No estudo de Maynard *et al.* (2021), o padrão observado foi que as maiores quantidades de MPs foram registradas em praias de acesso limitado, sendo estas a praia de Pontas dos Mangues (Pacatuba), caracterizada como de atividades pesqueiras e aquicultura, e a praia do Viral (Aracaju), caracterizada como turística e de lazer, com 30,4 MPs.m^{-2} e 17,4 MPs.m^{-2}, respectivamente. Tal fato foi atribuído a fatores ambientais como ação das ondas e rios adjacentes, pois ambas se encontram distantes de área residencial.

Apesar das duas unidades utilizadas nesse estudo, ainda existe limitação da comparação dos resultados com outras regiões, em função das diferentes faixas de tamanho e técnicas de amostragem. No entanto, segundo o estudo realizado por Besley *et al.* (2017), amostragens de 1 a 5 cm de profundidade permanecem comparáveis. Assim, a presente pesquisa limitou-se a comparações numéricas em estudos com metodologias semelhantes. Nesse caso, a tabela 3 traz variações médias do número de microplásticos encontrados nas praias de Sergipe, incluindo as do presente estudo, bem como diferentes praias arenosas em outras partes do Brasil e em outros países, levando-se em consideração as diferentes técnicas de amostragem, faixa de tamanho e unidade (MPs.kg^{-1} e MPs.m^{-2}).

Considerando a variação no número de MPs em diversas praias com diferentes características ao redor do mundo e metodologias semelhantes (Tabela 3), os valores de 6,80 (±9,09) a 20,60 (±26,64) MPs.m^{-2} obtidos no presente estudo encontram-se muito inferiores. No geral, as praias do litoral centro e sul (urbanizadas), são menos contaminadas do que outras zonas costeiras urbanizadas como Peru, (LA-TORRE *et al.*, 2020), Espanha (ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2019), e Colômbia (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al.*, 2020).

Dentre oito praias analisadas no Rio de Janeiro, a praia de Icaraí foi o local que apresentou as maiores concentrações de MPs (3.002 MPs.m^{-2} de 1 a 5 mm) no sedimento da praia. Este local, além de estar localizada em uma área de intensa urbanização é também mais influenciada pela incidência de ondas (CASTRO *et al.*, 2020). Semelhante ao presente estudo, Garcéz-Ordóñez *et al.* (2020) não identificaram diferença significativa entre áreas protegidas e não protegidas, e entre áreas urbanas e rurais na costa do Caribe e no Pacífico, contudo as praias de grandes cidades litorâneas do Caribe apresentaram as maiores médias de microplásticos, Cartagena com valores de 249 a 1.387 MPs.m^{-2}, e Santa Marta variando de 144 a 791 MPs.m^{-2}; e áreas rurais influenciadas por rios. Em áreas protegidas, com baixas atividades antrópicas, provavelmente os MPs sejam introduzidos por meio de grandes centros urbanos (GARCÉS-ORDÓÑEZ *et al.*, 2020).

Tabela 3 - Abundância de microplásticos encontrados em praias arenosas no presente estudo (Sergipe, Nordeste do Brasil) e em diferentes regiões, considerado diferentes técnicas de amostragem, faixa de tamanho e unidade ($MPs.kg^{-1}$ de sedimento seco e $MPs.m^{-2}$ de sedimento seco). Os valores médios obtidos no presente estudo (n=19 para Atalaia e n=20 para as demais praias) apresentam seus respectivos desvios padrão entre parênteses.

Região	Característica	$MPs.kg^{-1}$	$MPs.m^{-2}$	Quadrante amostrado/sal/ faixa de tamanho	Referência
Sergipe (Brasil)					
Praia do Viral	Turística	-	30,4	50x50 cm, fina camada superficial/ NaCl e $ZnCl_2$/<5mm	Maynard *et al*., 2021
Praia da Aruana	Urbanizada/Turística	51,50 (±66,59)	20,60 (±26,64)	50x 50 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 1-5 mm	Presente estudo
Praia de Ponta dos Mangues	Área protegida, difícil acesso	-	17,4	50x50 cm, fina camada superficial/ NaCl e $ZnCl_2$/<5mm	Maynard *et al*., 2021
Praia de Pirambu	Protegida de acesso restrito	31,50 (±46,71)	12,60 (±18,68)	50x 50 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 1-5 mm	Presente estudo
Praias da Atalaia	Urbanizada/Turística	24,7 (±27,10)	9,8 (±10,8)	50x 50 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 1-5 mm	Presente estudo
Praia do Abaís	Urbanizada/Turística	20,50 (±19,86)	8,20 (±7,94)	50x 50 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 1-5 mm	Presente estudo
Praia de Lagoa Redonda	Protegida de acesso restrito	17,00 (±22,73)	6,80 (±9,09)	50x 50 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 1-5 mm	Presente estudo
Outras partes do Brasil e diferentes países					
Niterói, Rio de Janeiro/Brasil	8 praias urbanizadas	11,46 a 981,6	33 a 3.002	50x50 e 2 cm de profundidade/NaCl / 1-5 mm	Castro *et al*., 2020
Fernando de Noronha, Pernambuco/ Brasil	4 praias de Ilha pouco habitada, área marinha protegida	0,3 a 318,5	0,6 a 1.059,3	30x30 cm, fina camada/ */superficial/1-5 mm	Carvalho; Silva; Costa, 2021
Praia de Imbassaí, Bahia/Brasil	Turística	-	12,0	50x50 cm,camada superficial/ NaCl e $ZnCl_2$/<5mm	Maynard *et al*., 2021
Lima, Peru	4 praias urbanizadas		16,67 a 489,7	50x 50 cm e 1 cm de profundidade / NaCl/1- 4,75 mm	La-Torre *et al*., 2020
Praias das Ilhas Canárias, Espanha	6 praias urbanizadas	-	2 a 2975,5	50x50 cm e 5 cm de profundidade / NaCl/1-5 mm	Álvarez-Hernández *et al*., 2019
Costa sul do mar Báltico, Polônia	12 praias (diferiram quanto áreas protegidas, turísticas e urbanas)	76 a 295		15x15 cm e 5 cm de profundidade/ NaCl/< 5 mm	Urban-Malinga *et al.*, 2020
Costa da Colômbia e Pacífico	43 praias (44% urbanas, 56% rurais e 30% protegidas)	-	3 a 1.387	50x50 cm e 5 cm de profundidade / solução hipersalina 1,2 $g.cm^{-3}$ sem identificação/1-5 mm	Garcés-Ordóñez *et al*., 2020
Adaman, Índia	8 praias de Ilha densamente povoada	167,7 a 973,3	-	25x25 cm e 1 cm de profundidade /NaCl/ 3-5 mm	Patchaiyappan *et al*., 2020)
Rayong, Tailândia	6 praias (diferentes pressões – rural, residencial e turística)	338,89	-	1 m^2 e 5 cm de profundidade / NaCl/<5 mm	Prarat; Hongsawat, 2022

Organização: Ana Alice Santos, 2022. *nenhuma solução salina foi utilizada.

Grandes mudanças na distribuição e abundância de MPs de um local para outro podem ser observadas, indicando possíveis variabilidades espaço-temporais. Com isso, ressalta-se que as particularidades ambientais, padrões de usos e ocupação das praias, infraestrutura costeira, bem como disponibilidade de serviços de coletas de resíduos sólidos podem contribuir na distribuição e ocorrência de MPs nas praias avaliadas do litoral de Sergipe.

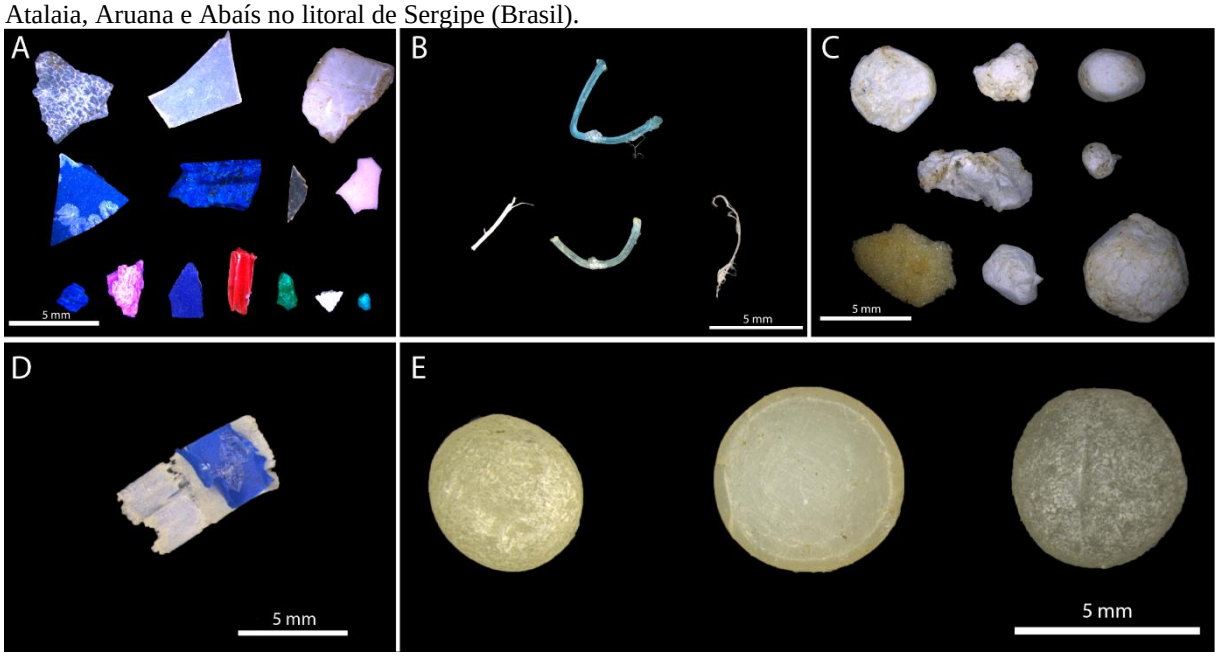
Tratando-se das praias do presente estudo, além dos possíveis fatores antrópicos diretos, os ambientais são relevantes para a distribuição de MPs ao longo das praias, como hidrodinâmica de rios locais e direção das ondas. A linha de maré alta se destaca, sendo a da praia de Pirambu principal responsável pelo acréscimo de itens, cujo número aumentou expressivamente em maio.

2.3.2 Características morfológicas dos microplásticos e índices de limpeza das praias

A identificação morfológica dos microplásticos é uma ferramenta importante na determinação das suas possíveis fontes e interações com os organismos (GESAMP, 2019; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020). Isso pois, à proporção que os plásticos se degradam, mais complexas tornam-se suas relações com o ambiente. Características como cores, densidades e formatos de detritos plásticos por exemplo, podem atuar de diferentes maneiras e resultar em inúmeros danos adversos (ARIAS-ANDRES *et al.*, 2018; HIDALGO-RUZ *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2020; LUO *et al.*, 2022; XIONG *et al.*, 2019).

No presente estudo, a análise em estereomicroscópio indicou a presença das cinco tipologias de MPs comumente descritas na literatura: filamento/fibra, fragmento, espuma/isopor, pellet e filme (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; CASTRO *et al.*, 2020; NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022; KAVIARASAN *et al.*, 2022; PRARAT; HONGSAWAT, 2022; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021) (Figura 7), sendo que os fragmentos e os filamentos/fibras foram encontrados nos dois meses e em todas as praias avaliadas.

Figura 7 - Imagens estereomicroscópicas das tipologias de microplásticos. A – fragmento; B- filamento/fibra; C- espuma/isopor; D- filme e E- pellet, coletados em amostras de sedimento seco nas praias Lagoa Redonda, Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís no litoral de Sergipe (Brasil).

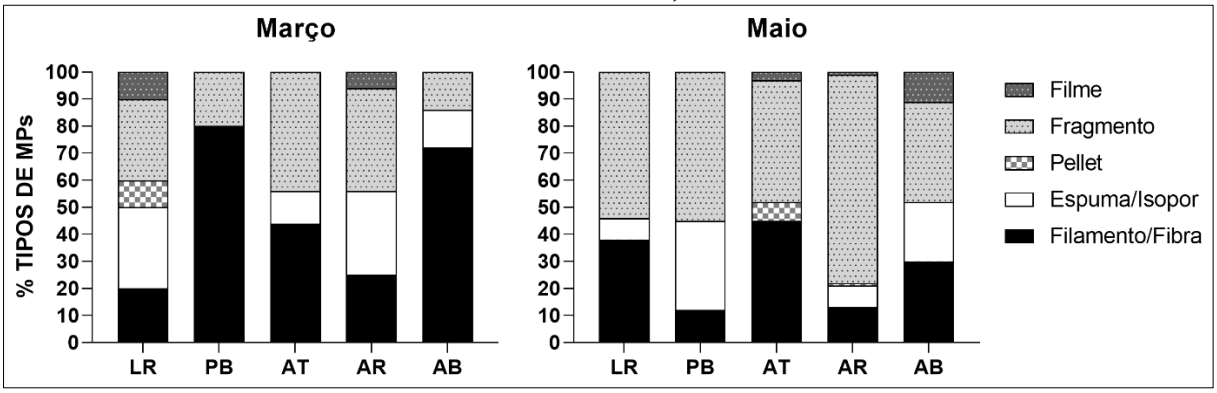


Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

Em março, as fibras foram dominantes em Pirambu (80%), Abaís (72%) e Atalaia com 44%, sendo o mesmo valor para fragmentos, os quais prevaleceram nas demais praias: Aruana com 38% e Lagoa Redonda com 30%. Em maio, os fragmentos foram mais abundantes em todas as praias avaliadas, sendo seu maior quantitativo em Aruana com 77%, seguida de Pirambu (55%), Lagoa Redonda (54%), Atalaia (45%, mesmo quantitativo para fibras) e Abaís (37%). As espumas/isopor representaram o terceiro tipo mais encontrado, com maior valor por volta de 30% em ambos os meses. Destaca-se que Lagoa Redonda, em março, foi a única que apresentou todos os tipos (Figura 8).

Estudos anteriores sobre resíduos marinhos em praias de Sergipe identificaram fragmentos e monofilamentos (ou fibras) como categorias mais representativas. Nas praias dentro da Reserva Biológica de Santa Isabel, 50% e 36 % dos itens eram fragmentos e monofilamentos de plásticos, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2020). Na praia do Abaís, Nobre; Santos e Nilin *et al.* (2021) identificaram que entre 20 e 30% dos resíduos plásticos eram compostos por fragmentos e ~ 5 e 10% eram monofilamentos (ou fibras) (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021b). Na praia de Atalaia e Aruana, o quantitativo de fragmentos de plástico foi 20% (SOUZA, 2016).

Figura 8 - Tipologia dos microplásticos coletados nas praias avaliadas no litoral de Sergipe, Brasil (LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís).



Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

O quantitativo majoritário de fragmentos e fibras microplásticas contribuem com relevante parcela na poluição dos sedimentos de praias em outros estudos, mostrando padrão semelhante ao descrito aqui. Nas praias do Viral e Ponta dos Mangues em Sergipe, os fragmentos representaram 80% dos itens (MAYNARD *et al.*, 2021). Em praias do Marrocos, as fibras predominaram na maioria dos locais avaliados, variando entre 49 e 74%, seguida dos fragmentos, entre 18 e 47% (URBAN-MALINGA *et al.*, 2020). Na praia de Kuakata, Bangladesh, as fibras contribuíram com aproximadamente 55% do total de MPs (BANIK *et al.*, 2022), sendo atribuída a materiais têxteis, efluentes de lavanderia doméstica por descarga fluvial e atividade de pesca com redes e cordas. Em praias da Tailândia, os fragmentos e as fibras representaram 50 e 41%, respectivamente, e as espumas foram o terceiro componente mais abundante com cerca de 6% (PRARAT; HONGSAWAT, 2022).

No arquipélago de Fernando de Noronha, no Brasil, os fragmentos representaram 96,3%, seguido de pellets (1,5%). No presente estudo, os pellets representaram cerca de 1,4 % do total de MPs, ou seja, 98,6 % dos MPs encontrados em praias de Sergipe são de origem secundária. Entretanto, vale destacar que, se considerarmos o *outlier* identificado em Atalaia, ele apresentou 21 pellets, que desta forma representaria 5% dos MPs encontrados. Essa informação morfológica é considerada relevante, tendo em vista que estes itens são indicativos da chegada direta de MPs primários na região, através do transporte por longas distâncias.

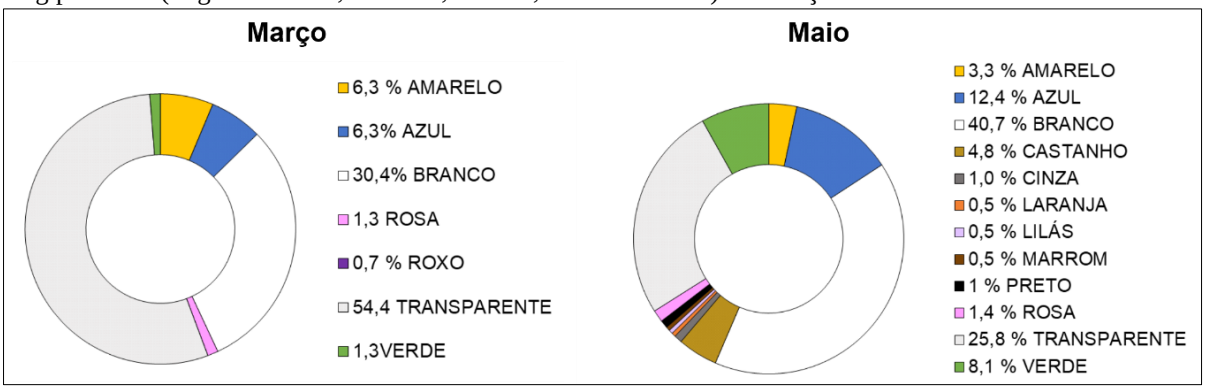
É difícil determinar a origem do microplástico encontrado nas praias diante do seu tamanho como também afirma Pirsaheb; Hossini e Makhdoumi (2020), contudo os fragmentos aqui descritos provavelmente são oriundos da quebra de plásticos maiores como canudos, embalagens, tampas e garrafas, provenientes de diferentes atividades cotidianas, como o uso da praia, atreladas a utilização excessiva de plásticos descartáveis. Os filamentos/fibras

encontradas no presente estudo podem ser provenientes de artefatos de pesca como redes e cordas, e as espumas, provenientes de boias e caixas de isopor, por exemplo (GESAMP, 2019), principalmente nas praias do litoral norte e sul, as quais possuem atividade pesqueira, mais expressiva no município de Pirambu (sendo sua principal atividade econômica). Os MPs encontrados também podem advir da descarga fluvial de efluentes domésticos, por exemplo, tendo em vista que estas partículas não são totalmente removidas pelos serviços de tratamento de esgoto devido ao seu pequeno tamanho (WONG *et al.*, 2020), principalmente as fibras (BANIK *et al.*, 2022; CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021; FERRAZ *et al.*, 2020), vinculado ao fato de aproximadamente 50% de todo o esgoto gerado no Brasil ser lançado sem tratamento nos rios (IBGE, 2020) e os municípios onde se encontram as praias do litoral norte e sul apresentarem tratamento de esgoto deficiente, conforme dados do IBGE (2021).

Salienta-se que dentro do contexto da COVID-19, as máscaras feitas de materiais poliméricos tornam-se potencialmente perigosas para as zonas costeiras e marinhas. Próximo ao ponto de amostragem em Atalaia foi encontrada uma máscara, e itens desse tipo também podem ter contribuído para o acréscimo de MPs da tipologia fibras encontrada no presente estudo, nesta, e demais praias analisadas. Com o descarte incorreto destes itens, os mesmos podem chegar até essas regiões impulsionando a intensificação de posteriores MPs em praias e oceanos (ARDUSSO *et al.*, 2021), pois essas máscaras ao serem desgastadas são capazes de liberar bilhões de fibras no ambiente aquático (SHEN *et al.*, 2021).

Em relação a coloração dos MPs, foram identificadas 13 cores no geral (amarelo, azul, branco, castanho/amarelado, cinza, laranja, lilás, marrom, preto, rosa, roxo, transparente e verde), sendo que o mês de maio possuiu maior variedade (todas, exceto roxo), provavelmente por conta das chuvas, que, associadas aos rios, oportunizam uma maior diversidade de itens, e possivelmente em variadas cores. As cores brancas (30-41%) e transparente (26-54%) foram as predominantes nos dois meses (Figura 9), compostos principalmente por fragmentos, fibras e a maioria das espumas/isopor encontradas também eram brancas e foram visualmente reconhecidas como poliestireno. A cor, azul e verde foi principalmente filamentos/fibras.

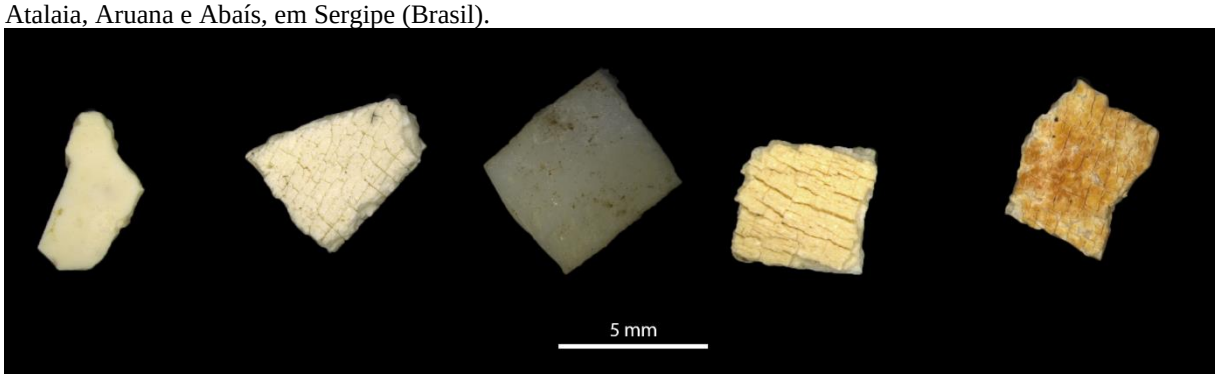
Figura 9 - Coloração dos microplásticos coletados em amostras de sedimento seco nas praias avaliadas, em Sergipe-Brasil (Lagoa Redonda, Pirambu, Aruana, Atalaia e Abaís) em março e maio de 2022.



Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

O branco pode ser o tom original, ou resultado da descoloração causada pelo intemperismo, que do mesmo modo pode causar o amarelamento (Figura 10). O amarelamento/descoloração são indicativos de um período mais longo de permanência do plástico no ambiente (envelhecimento), resultante, principalmente da foto-oxidação (GESAMP, 2019). Os microplásticos castanhos (ou amarelados) representam cerca de 5% dos itens encontrados em maio. O envelhecimento de MPs determina o transporte e transformação das partículas no ambiente, assim como suas interações com os contaminantes, e acaba promovendo a lixiviação de aditivos tóxicos impelindo potencial toxicidade de maneira intensificada (LUO *et al.*, 2022).

Figura 10 - Imagens estereomicroscópicas de microplásticos (fragmentos brancos e amarelados) visualmente pouco e muito intemperizados coletados em amostras de sedimentos seco nas praias de Pirambu, Lagoa Redonda, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil).



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

A versatilidade do plástico é atribuída, em grande parte, aos aditivos químicos, por exemplo ftalato, bisfenol e metais, dando as características necessárias ao produto (CRAWFORD; QUINN, 2017a). Determinados polímeros com seus aditivos, podem atuar na desregulação hormonal, ter relação com carcinogênese, problemas neurológicos e hepatológicos após exposição crônica em alguns organismos a depender das formas de

interação com o material (BENSON; FRED-AHMADU, 2020; COOK; HALDEN, 2020; FRED-AHMADU; AYEJUYO; BENSON, 2020a; PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020; TASSINARI *et al.*, 2021; WRIGHT; KELLY, 2017).

A predominância da cor branca também foi identificada em praias de Lima/Peru (84,8%) (TORRE *et al.*, 2020), sudeste da Índia (2,68 itens por m^2) (KAVIARASAN *et al.*, 2022) e Fernando de Noronha/Brasil, por exemplo (69,5%) (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021), compostos principalmente por espumas/isopor (TORRE *et al.*, 2020) ou fragmentos (CARVALHO; SILVA; COSTA, 2021). Diferente do encontrado no Rio de Janeiro/Brasil, onde a cor azul apareceu em maior proporção (~25%) (CASTRO *et al.*, 2020), compostos por fibras em sua maioria, e na Espanha com predominância da cor preta (35,6%), na maioria fragmentos (NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022).

Além do envelhecimento, a cor dos MPs pode indicar preferências de alimentação por organismos ou condições em que as partículas foram expostas, como intemperismos e desenvolvimento de biofilme (GESAMP, 2019). Os MPs podem ser envolvidos em um biofilme (agregado estável de microrganismos), alterando as propriedades físico-químicas da partícula. Nisso, os MPs envoltos por esses microrganismos podem se dispersar no ambiente aquático e causar alterações na microbiota do ecossistema, tendo em vista que o biofilme pode ser formado por organismos patogênicos (LUO *et al.*, 2022; RASOOL *et al.*, 2021).

Plásticos branco/cinzas, duros e arredondados foram o conteúdo estomacal predominante de aves marinhas que se alimentam na superfície ou mergulham no Oceano Pacífico Sul (HIDALGO-RUZ *et al.*, 2021). Nesse mesmo estudo, os itens vermelhos foram preferidos pelas aves marinhas das áreas de nidificação e ignorados pelas aves que se alimentam na superfície. Em experimento, Xiong *et al.* (2019) verificaram que MPs de coloração semelhantes a alimentos podem ser ingeridos mais do que MPs com outras cores pelo peixe Dourado (*Carassius auratus*), e o tamanho das partículas também afeta sua ingestão. No mesmo estudo, a tipologia filme foi mais propensa ao consumo do que fragmentos e filamentos (ou fibras).

Hidalgo-Ruz *et al.* (2021) apontam que a composição dos plásticos fica mais uniforme durante o transporte oceânico, reduzindo a disponibilidade de plásticos que se assemelham a presas. Este aspecto subsidia as conclusões de Murphy *et al.* (2017), onde espécies costeiras de peixes ingeriram quantidades significativamente maiores de MPs em relação as espécies afastadas da costa. Em outro estudo, Sun *et al.* (2019), verificaram que peixes que habitam áreas com atividades antrópicas mais intensas apresentaram maior retenção das partículas de plástico.

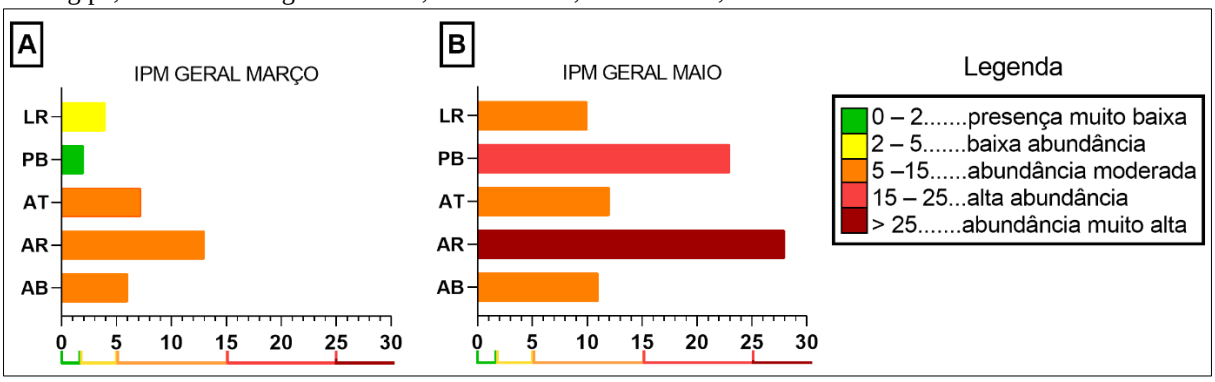
Quando detritos plásticos são ingeridos por animais, um dos primeiros danos que podem causar é no trato gastrointestinal e gerar a falsa sensação de saciedade, levando a inanição (XIONG *et al.*, 2019). Assim, quando se trata de organismos de frequente consumo humano, como peixes e crustáceos, torna-se um indicativo da possível diminuição da qualidade nutricional dos animais consumidos, somando-se aos fatores como bioacumulação e efeitos ecotoxicológicos.

Sendo assim, os MPs podem ser encontrados em diferentes espécies comerciais, como peixes e frutos do mar de vários países (JAMES *et al.*, 2021; KARAMI *et al.*, 2018; VIEIRA *et al.*, 2021), dentre eles o Brasil, como em ostras (*Crassostrea Gasar*) no sul (VIEIRA *et al.*, 2021) e corvinas (*Micropogonias furnieri*) no Nordeste do país (PAIVA *et al.*, 2022). Nesse cenário, a aquicultura e pesca são vulneráveis à poluição por plástico presente no mar, tendo em vista que podem afetar a viabilidade, produtividade e os lucros advindos (BEAUMONT *et al.*, 2019; GESAMP, 2016; KARAMI *et al.*, 2018; MEULEN *et al.*, 2014). Esta interação apresenta-se como um ciclo de externalidades negativas, pois ao mesmo tempo em que atividades pesqueiras são afetadas, elas podem ser potenciais fontes de inserção de detritos plásticos no ambiente. Justifica-se tal fato em função de cordas, redes e linhas de pesca serem frequentemente encontrados na areia das praias e/ou oceanos (GESAMP, 2019; KAVIARASAN *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2020; VIDELA; ARAUJO, 2021).

Complementar a análise morfológica, o índice de poluição microplástica (IPM) e o índice de limpeza (CCImps) foram aplicados. Para isso, o *outlier* identificado em Atalaia não foi considerado no cálculo. Desta forma, conforme a figura 11, o IPM geral mensurado para as praias mostrou que em março, Lagoa Redonda apresentou baixa abundância; Aruana, Atalaia e Abaís apresentaram abundância moderada. Em maio, Lagoa Redonda, Atalaia e Abaís apresentaram valor de abundância moderada, e em Pirambu e Aruana houve uma variação expressiva, passando a ser alta abundância e abundância muito alta, respectivamente. Considerando toda a área amostrada nos dois meses, as praias avaliadas obtiveram IPM 11, o que a classifica como abundância moderada, e considerando os meses separadamente, março apresentou abundância moderada (6) e maio alta abundância (17).

Em praias altamente urbanizadas no Marrocos, o IPM total amostrado foi de 23 (faixa <1 mm), alta abundância, classificação igual à encontrada no presente estudo para maio (BEN-HADDAD *et al.*, 2022). De mesma forma, Rangel-Buitrago *et al.* (2020) mensuraram IPM geral da área igual a 19, indicando presença alta de MPs (faixa <1 mm), ao avaliar a poluição por microplásticos em 23 praias do Caribe Central na Colômbia.

Figura 11 - Índice de Poluição Microplástica nos meses de março e maio de 2022 para as praias avaliadas no litoral de Sergipe, Brasil. LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís.



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Dentre as cinco tipologias quantificadas neste estudo, o IPM específico geral da área mostrou que os fragmentos e as fibras caracterizaram presença moderada, sendo 11,8 e 6,4 respectivamente, seguida de espuma/isopor (4), filme (0,64) e pellet (0,32) com valores considerados como baixa poluição. Analisando o IPM por forma entre as praias nos meses específicos, os fragmentos tiveram valores mais expressivos em maio, representando poluição alta em Aruana (22) e moderada em Pirambu (13) (Tabela 4).

Tabela 4 - Índice de Poluição Por Microplástico Específico (IPMe) nas praias LR- Lagoa Redonda, PB- Pirambu, AR- Aruana, AT- Atalaia e AB- Abaís, em Sergipe, Brasil.

Índice de Poluição Por Microplástico Específico (IPMe)										
Tipos de MPS	Março					Maio				
	LR	PB	AR	AT	AB	LR	PB	AR	AT	AB
Fibra	1	2	3	3	4	4	3	4	5	3
Espuma/Isopor	1	0	4	1	1	1	8	2	0	2
Pellet	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fragmento	1	0	5	3	1	5	13	22	5	4
Filme	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Classificação: 0 – 2 = presença muito baixa (verde); 2 – 5 = baixa abundância (amarelo); 5 – 15 = abundância moderada (laranja); 15 – 25 = alta abundância (vermelho) e > 25 = abundância muito alta. Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Nesse contexto, o presente estudo sugere que os possíveis impactos adversos oriundos da poluição por MPs nas praias avaliadas podem ser mais representativos por fragmentos e fibras do que as demais formas encontradas. Somando-se a isto, 90% dos MPs castanhos (sugerindo envelhecimento) são da tipologia fragmentos, incrementando potenciais riscos da poluição por MPs. Em uma revisão acerca dos efeitos toxicológicos dos MPs no ambiente marinho, no geral, as partículas menores e na forma de fibra são mais tóxicas (PIRSAHEB; HOSSINI; MAKHDOUMI, 2020).

O CCImps de março mostrou que todas as praias estavam muito limpas, e em maio também foi observado, exceto para Aruana que passou a ser limpa (Tabela 5). A nomenclatura

no CCI “limpa” e “muito limpa” para classificar praias com pequenas quantidades de resíduos marinhos não é compatível, visto que elas registraram resíduos, e isso implica que elas podem estar menos poluídas do que outras, mas ainda assim poluídas conforme relatado por Andrades *et al.* (2020), e tal fato é também atribuído para os MPs, de acordo com os valores obtidos no IPM do presente estudo.

Tabela 5 - Índice de limpeza das praias em relação aos microplásticos (CCImps) encontrados em Pirambu, Lagoa Redonda, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe (Brasil).

Praias	**Março**		**Maio**	
	CCI	**Classificação**	**CCI**	**Classificação**
Lagoa Redonda	0,08	Muito limpa	0,19	Muito limpa
Pirambu	0,04	Muito limpa	0,46	Muito limpa
Atalaia	0,14	Muito limpa	0,23	Muito limpa
Aruana	0,25	Muito limpa	0,57	Limpa
Abaís	0,11	Muito limpa	0,21	Muito limpa

Classificação: 0–0,5= muito limpa; 0,5–1=limpa; 1 – 2=moderadamente suja; 2 – 3=suja e >3=muito suja. Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Apesar de valores baixos em comparação a outros locais, é crítico encontrar MPs nas diferentes praias, especialmente em áreas protegidas e de nidificação de tartarugas marinhas (NOVILLO-SANJUAN; RAGA; TOMÁS, 2022), tal qual as praias da Reserva Biológica de Santa Isabel (RBSI) aqui estudadas. No estudo de Sanjuan *et al.* (2022), as praias com nidificação esporádica de tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) na Espanha, foram classificadas como “sujas” no verão e “limpas” a “moderadamente sujas” no inverno, atentando -se que as medidas de proteção, conscientização pública e limpeza (até sua pesquisa) são insuficientes.

Nisso, os organismos que dependem desse habitat podem ser afetados, não somente pelo potencial de toxicidade atribuído aos MPs, com a liberação de substâncias químicas para o meio, como também por alterações na temperatura da areia (BECKWITH; FUENTES, 2018; CARSON *et al.*, 2011). Pellets e fragmentos de plástico podem alterar as propriedades biofísicas da areia da praia, aumentando a permeabilidade e diminuindo as temperaturas (CARSON *et al.*, 2011). Além disso, o contrário também pode ocorrer, pois os MPs têm potencial de aumentar a temperatura do sedimento, visto que o calor específico do plástico é maior do que da areia, e isso intensifica em plásticos escuros (ANDRADY, 2011). Também por isso, conjectura-se que em tartarugas marinhas, isso pode afetar a razão sexual, uma vez que a determinação do sexo desses organismos é dependente da temperatura (BECKWITH; FUENTES, 2018; CARSON *et al.*, 2011).

Ainda nesse contexto, Santos *et al.* (2020), identificaram vários fragmentos de plásticos próximos aos ninhos de tartarugas que desovam na área da RBSI. De mesmo modo, MPs foram encontrados em amostras de areia retiradas próximos aos ninhos de tartaruga-marinha que

desovam no trecho de Pirambu. As praias da RBSI constituem um importante sítio reprodutivo de tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) no Brasil (BRASIL, 1988), e, entre outras pressões existentes nas praias da área protegida, como tráfego de veículos, uso para recreação e macro resíduos, os MPs presentes nos sedimentos podem afetar negativamente áreas de nidificação de tartarugas marinhas em Sergipe.

Nesses ambientes, atrelado aos impactos na saúde ambiental, ocorre a redução do capital natural, pois relaciona-se diretamente aos serviços ecossistêmicos providos. Além da influência sobre atividades pesqueiras, a recreação, o turismo e as autoridades também podem ser afetadas, causando perdas econômicas, bem como na saúde e bem-estar humano; efeitos socioambientais que ainda não são completamente elucidados (BEAUMONT *et al.*, 2019; MOFIJUR *et al.*, 2021; MEULEN *et al.*, 2014).

Mesmo que em quantidades inferiores a outras praias, a poluição por MPs na área de estudo traz a necessidade da implementação de estratégias que mitiguem tal problemática. No Brasil, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), previu alguns princípios ambientais que subsidiam o sistema jurídico, dentre eles a visão sistêmica, o desenvolvimento sustentável, o princípio da prevenção e o da precaução (BRASIL, 2010). Este último, refere-se a tomar atitudes preventivas diante de um dano incerto, potencial (MACHADO; ARAGÃO, 2022), assim como os efeitos que a poluição por MPs pode resultar. A aplicação de tais princípios são essenciais para uma política ambiental eficaz no combate à poluição por Resíduos Sólidos/Marinhos, visando promover a redução gradativa dos detritos presentes nas praias brasileiras e no mar, especialmente, os plásticos de uso único, consoante o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (BRASIL, 2019). Isso, em atendimento aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, visto a sua relação com a dimensão ambiental, social e econômica.

2.4 Conclusão

Não houve uma tendência clara na abundância e distribuição dos MPs nas praias de norte a sul sergipano, mas os fatores principais descritos ao redor do mundo parecem ser os mesmos que regem as quantidades de MPs encontradas nas praias do presente estudo: proximidade de centros urbanizados, infraestrutura costeira, correntes marítimas e rios que fluem para a região, cuja influência pode ser intensificada em meses chuvosos.

Diferenças significativas nas distribuições espaciais (zonas) e entre os meses de menor e maior precipitação somente foram observadas em Pirambu. Contudo, de forma geral, a linha

de maré alta apresentou mais MPs, e notou-se uma tendência de que as praias urbanizadas (Aruana, Atalaia e Abaís) tiveram mais MPs no mês de menor precipitação, em relação as demais, enquanto as praias da área de proteção integral, Pirambu e Lagoa Redonda, com menor influência de urbanização, tiveram seus valores acrescidos consideravelmente no mês de maior precipitação. Ressaltando que a praia de Atalaia, apesar de ser mais explorada turisticamente, não foi a de maior abundância. Este achado pode ter ocorrido em função da limpeza periódica a qual remove itens até 20 cm de profundidade do sedimento.

Conforme o Índice de Poluição por Microplástico geral, a área amostrada por mês foi classificada como abundância moderada (março) e alta (maio). Ainda que consideradas limpas ou muito limpas pelo CCImps, todas as praias avaliadas no litoral norte, centro e sul de Sergipe estão poluídas por microplásticos, compostos em sua maioria por MPs secundários, caracterizados como fragmentos e filamentos/fibras. Seguindo o IPM específico, estas formas são as que mais representariam possíveis impactos adversos oriundos da poluição por MPs nas praias avaliadas do que as demais formas encontradas (espumas/isopor, filmes e pellets). É difícil afirmar a origem dessas partículas, então estas podem ser oriundas de plásticos descartáveis intrínsecos ao cotidiano, ou petrechos de pesca como redes e cordas, além disso MPs nas cores brancas e transparentes foram mais quantificados.

Após a quantificação e a identificação morfológica dos MPs, é necessário se ter um descritor do estado ambiental em que se encontram as praias analisadas. Assim a implementação de índices como medidores da qualidade ambiental para o monitoramento das praias traz uma perspectiva das possíveis medidas que podem ser adotadas, e então acompanhar se elas são adequadas, à particularidade socioambiental da região analisada.

Os efeitos da poluição por MPs nas praias e seus efeitos ecotoxicológicos não são bem elucidados, desta forma é necessário aplicar o princípio da precaução, e tomar atitudes antecipadas (preventivas) diante de um risco incerto. Mudar padrões de consumo, especialmente de plásticos de descartáveis, bem como estabelecer uma visão sistêmica diante da problemática é um fator crucial para sua redução. Dada importância dos rios no transporte de MPs, é essencial o desenvolvimento de estudos nesses copos hídricos, a fim de entender melhor a dinâmica de distribuição dessas partículas.

2.5 Referências

A ROCHA INTERNACIONAL. **Guidelines for Sampling Microplastics on Sandy Beaches**. London: [*s. n.*], 2018.

ALKALAY, R.; PASTERNAK, G.; ALON, Z. Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. **Ocean & Coastal Management**, v. 50, p. 352–362, 2007. .

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, C.; CAIRÓS, C.; LÓPEZ-DARIAS, J.; MAZZETTI, E.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLEZ-SÁLAMO, J.; HERNÁNDEZ-BORGES, J. Microplastic debris in beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain). **Marine Pollution Bulletin**, v. 146, p. 26–32, set. 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.064.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; DOS SANTOS GALVÃO, L.; DE WEGER, L. A.; HIEMSTRA, P. S.; VIJVER, M. G.; MAUAD, T. An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? **Science of The Total Environment**, v. 749, p. 141676, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676.

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, p. 110842, fev. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842.

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, ago. 2011. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.

ARDUSSO, M.; FORERO-LÓPEZ, A. D.; BUZZI, N. S.; SPETTER, C. V.; FERNÁNDEZ-SEVERINI, M. D. COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. **Science of The Total Environment**, v. 763, p. 144365, abr. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365.

ARIAS-ANDRES, M.; KLÜMPER, U.; ROJAS-JIMENEZ, K.; GROSSART, H.-P. Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 237, p. 253–261, jun. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.058.

BANIK, P.; HOSSAIN, M. B.; NUR, A.-A. U.; CHOUDHURY, T. R.; LIBA, S. I.; YU, J.; NOMAN, Md. A.; SUN, J. Microplastics in Sediment of Kuakata Beach, Bangladesh: Occurrence, Spatial Distribution, and Risk Assessment. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 860989, 13 abr. 2022. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.860989.

BEAUMONT, N. J.; AANESEN, M.; AUSTEN, M. C.; BÖRGER, T.; CLARK, J. R.; COLE, M.; HOOPER, T.; LINDEQUE, P. K.; PASCOE, C.; WYLES, K. J. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 189–195, maio 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022.

BECKWITH, V. K.; FUENTES, M. M. P. B. Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. **Marine Pollution Bulletin**, v. 131, p. 32–37, jun. 2018. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.001.

BEN-HADDAD, M.; ABELOUAH, M. R.; HAJJI, S.; RANGEL-BUITRAGO, N.; HAMADI, F.; ALLA, A. A. Microplastics pollution in sediments of Moroccan urban beaches: The Taghazout coast as a case study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 180, p. 113765, jul. 2022. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113765.

BENSON, N. U.; FRED-AHMADU, O. H. Occurrence and distribution of microplastics-sorbed phthalic acid esters (PAEs) in coastal psammitic sediments of tropical Atlantic Ocean, Gulf of Guinea. **Science of The Total Environment**, v. 730, p. 139013, ago. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139013.

BESLEY, A.; VIJVER, M. G.; BEHRENS, P.; BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 1, p. 77–83, jan. 2017. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055.

BRASIL. Cria, no litoral norte do Estado de Sergipe, a Reserva Biológica de Santa Isabel. 1988.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010.

BRASIL. **Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar**. Brasília/DF: MMA, 2019. v. 1, .

CARPENTER, E. J.; SMITH, K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240–1241, 17 mar. 1972. https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240.

CARSON, H. S.; COLBERT, S. L.; KAYLOR, M. J.; MCDERMID, K. J. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1708–1713, 2011.

CARVALHO, J. P. S.; SILVA, T. S.; COSTA, M. F. Distribution, characteristics and short-term variability of microplastics in beach sediment of Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 112212, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112212.

CASTRO, R. O.; SILVA, M. L. da; MARQUES, M. R. C.; ARAÚJO, F. V. de. Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111537, nov. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111537.

CONSTANT, M.; KERHERVÉ, P.; MINO-VERCELLIO-VEROLLET, M.; DUMONTIER, M.; SÀNCHEZ VIDAL, A.; CANALS, M.; HEUSSNER, S. Beached microplastics in the Northwestern Mediterranean Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 263–273, maio 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.032.

COOK, C. R.; HALDEN, R. U. Ecological and health issues of plastic waste. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 513–527. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00020-7. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000207. Acesso em: 2 jan. 2022.

COPPOCK, R. L.; COLE, M.; LINDEQUE, P. K.; QUEIRÓS, A. M.; GALLOWAY, T. S. A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments.

Environmental Pollution, v. 230, p. 829–837, nov. 2017. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.017.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. Physiochemical properties and degradation. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017. p. 57–100. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00004-9. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000049. Acesso em: 2 jan. 2022.

LA-TORRE, G. E.; DIOSES-SALINAS, D. C.; CASTRO, J. M.; ANTAY, R.; FERNÁNDEZ, N. Y.; ESPINOZA-MORRIBERÓN, D.; SALDAÑA-SERRANO, M. Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, p. 110877, fev. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877.

DOMINGUEZ, J. M. L.; DA SILVA PINTO BITTENCOURT, A. C.; SANTOS, A. N.; DO NASCIMENTO, L. The Sandy Beaches of the States of Sergipe-Alagoas. *In*: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. da F. (orgs.). **Brazilian Beach Systems**. Coastal Research Library. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 17, p. 281–305. DOI 10.1007/978-3-319-30394-9_11. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-30394-9_11. Acesso em: 28 jun. 2021.

FERNANDINO, G.; ELLIFF, C. I.; SILVA, I. R.; BITTENCOURT, A. C. S. P. How many pellets are too many? The pellet pollution index as a tool to assess beach pollution by plastic resin pellets in Salvador, Bahia, Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 3, p. 325–332, ago. 2015. https://doi.org/10.5894/rgci566.

FONSECA, V.; VILAR, J. W. C.; SANTOS, M. A. N. Reestruturação territorial do litoral de Sergipe, Brasil. **Território, meio ambiente e turismo no litotal sergipano**. São Cristáovão: Universidade Federal de Sergipe-UFS, 2010. v. 1, p. 336.

FRED-AHMADU, O. H.; AYEJUYO, O. O.; BENSON, N. U. Dataset on microplastics and associated trace metals and phthalate esters in sandy beaches of tropical Atlantic ecosystems, Nigeria. **Data in Brief**, v. 31, p. 105755, ago. 2020a. https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105755.

FRED-AHMADU, O. H.; AYEJUYO, O. O.; BENSON, N. U. Microplastics distribution and characterization in epipsammic sediments of tropical Atlantic Ocean, Nigeria. **Regional Studies in Marine Science**, v. 38, p. 101365, jul. 2020b. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101365.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145–147, jan. 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022.

GAO, F.; LI, J.; HU, J.; SUI, B.; WANG, C.; SUN, C.; LI, X.; JU, P. The seasonal distribution characteristics of microplastics on bathing beaches along the coast of Qingdao, China. **Science of The Total Environment**, v. 783, p. 146969, ago. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146969.

GARCÉS-ORDÓÑEZ, O.; ESPINOSA, L. F.; CARDOSO, R. P.; ISSA CARDOZO, B. B.; MEIGIKOS DOS ANJOS, R. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean

and Pacific coast of Colombia. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115495, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495.

GERCO SE. **Versão final do Plano de Gerenciamento Costeiro do estado de Sergipe**. Sergipe: [*s. n.*], 2019.

GESAMP. **Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019(, 99).

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment**, n. 93. [*S. l.*]: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2016.

GODOY, V.; PRATA, J. C.; BLÁZQUEZ, G.; ALMENDROS, A. I.; DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T.; CALERO, M.; MARTÍN-LARA, M. Á. Effects of distance to the sea and geomorphological characteristics on the quantity and distribution of microplastics in beach sediments of Granada (Spain). **Science of The Total Environment**, v. 746, p. 142023, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142023.

GOVERO DE SERGIPE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade - SEDURBS: Boletim pluviométrico. 2022.

GRAPHPAD SOFTWARE, LA JOLLA CALIFORNIA USA. **GraphPad Software**. [*S. l.*: *s. n.*], [*s. d.*].

HIDALGO-RUZ, V.; LUNA-JORQUERA, G.; ERIKSEN, M.; FRICK, H.; MIRANDA-URBINA, D.; PORTFLITT-TORO, M.; RIVADENEIRA, M. M.; ROBERTSON, C. J. R.; SCOFIELD, R. P.; SERRATOSA, J.; SUAZO, C. G.; THIEL, M. Factors (type, colour, density, and shape) determining the removal of marine plastic debris by seabirds from the South Pacific Ocean: Is there a pattern? **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 2, p. 389–407, fev. 2021. https://doi.org/10.1002/aqc.3453.

IBGE. Cidades – Sergipe. 2021. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/itaporanga-dajuda/panorama. Acesso em: 4 jun. 2022.

IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro, Brazil: IBGE, 2020.

INMET. Agritempo - Gráfico - SE. 2022. **Agritempo: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/index.jsp?siglaUF=SE. Acesso em: 10 set. 2022.

JAMES, K.; VASANT, K.; S.M., S. B.; PADUA, S.; JEYABASKARAN, R.; THIRUMALAISELVAN, S.; G., V.; BENJAMIN, L. V. Seasonal variability in the distribution of microplastics in the coastal ecosystems and in some commercially important fishes of the Gulf of Mannar and Palk Bay, Southeast coast of India. **Regional Studies in Marine Science**, v. 41, p. 101558, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101558.

KARAMI, A.; GOLIESKARDI, A.; CHOO, C. K.; LARAT, V.; KARBALAEI, S.; SALAMATINIA, B. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and

sprats. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 1380–1386, jan. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005.

KAVIARASAN, T.; DHINEKA, K.; SAMBANDAM, M.; SIVADAS, S. K.; SIVYER, D.; HOEHN, D.; PRADHAN, U.; MISHRA, P.; RAMANA MURTHY, M. V. Impact of multiple beach activities on litter and microplastic composition, distribution, and characterization along the southeast coast of India. **Ocean & Coastal Management**, v. 223, p. 106177, maio 2022. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106177.

LI, L.; LUO, Y.; LI, R.; ZHOU, Q.; PEIJNENBURG, W. J. G. M.; YIN, N.; YANG, J.; TU, C.; ZHANG, Y. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 11, p. 929–937, 1 nov. 2020. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0567-9.

LUO, H.; LIU, C.; HE, D.; XU, J.; SUN, J.; LI, J.; PAN, X. Environmental behaviors of microplastics in aquatic systems: A systematic review on degradation, adsorption, toxicity and biofilm under aging conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 423, p. 126915, fev. 2022. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126915.

MACHADO, P. A.; ARAGÃO, M. A. de. **Princípios de Direito Ambiental**. São Paulo: JusPodivm, 2022.

MAYNARD, I. F. N.; BORTOLUZZI, P. C.; NASCIMENTO, L. M.; MADI, R. R.; CAVALCANTI, E. B.; LIMA, Á. S.; JERALDO, V. de L. S.; MARQUES, M. N. Analysis of the occurrence of microplastics in beach sand on the Brazilian coast. **Science of The Total Environment**, v. 771, p. 144777, jun. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144777.

MOFIJUR, M.; AHMED, S. F.; RAHMAN, S. M. A.; ARAFAT SIDDIKI, SK. Y.; ISLAM, A. B. M. S.; SHAHABUDDIN, M.; ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; DJAVANROODI, F.; SHOW, P. L. Source, distribution and emerging threat of micro- and nanoplastics to marine organism and human health: Socio-economic impact and management strategies. **Environmental Research**, v. 195, p. 110857, abr. 2021. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110857.

MONTAGNER, C.; DIAS, M.; PAIVA, E.; VIDAL, C. MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS. **Química Nova**, 2021. DOI 10.21577/0100-4042.20170791. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=9344&nomeArquivo=RV2021-0062.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

MURPHY, F.; RUSSELL, M.; EWINS, C.; QUINN, B. The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. **Marine Pollution Bulletin**, v. 122, n. 1–2, p. 353–359, set. 2017. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.073.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. Records of marine litter contamination in tropical beaches (Sergipe, Brazil) with different uses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112532, set. 2021a. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112532.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. What remains on the beach after tourists leave? The case of Abaís beach (Sergipe, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 171, p. 112700, out. 2021b. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112700.

NOVILLO-SANJUAN, O.; RAGA, J. A.; TOMÁS, J. Microdebris in three Spanish Mediterranean beaches located at a sporadic loggerhead turtles' (Caretta caretta) nesting area. **Regional Studies in Marine Science**, v. 49, p. 102116, jan. 2022. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102116.

OBBARD, R. W. Microplastics in Polar Regions: The role of long range transport. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 24–29, fev. 2018. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.004.

OLIVEIRA, L. S. **Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe-Brasil**. 2003. 150 f. Dissertação de Mestrado em Geologia – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2003.

PAIVA, B. O.; DE SOUZA, A. K. M.; SOARES, P. L.; DA SILVA, J. R. P.; VENDEL, A. L. Elevada ingestão de microplásticos pela corvina Micropogonias furnieri (Acanthuriformes: Sciaenidae). **Gaia Scientia**, v. 15, n. 4, p. 83–96, 2022. https://doi.org/10.22478/ufpb.1981.

PATCHAIYAPPAN, A.; AHMED, S. Z.; DOWARAH, K.; JAYAKUMAR, S.; DEVIPRIYA, S. P. Occurrence, distribution and composition of microplastics in the sediments of South Andaman beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111227, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111227.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. Brazilian Offshore Wave Climate Based On Nww3 Reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 1, p. 53–70, 2010. .

PIRSAHEB, M.; HOSSINI, H.; MAKHDOUMI, P. Review of microplastic occurrence and toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of inflammation. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 142, p. 1–14, out. 2020. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.050.

PRARAT, P.; HONGSAWAT, P. Microplastic pollution in surface seawater and beach sand from the shore of Rayong province, Thailand: Distribution, characterization, and ecological risk assessment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, p. 113200, jan. 2022. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113200.

PREFEITUTA MUNICIPAL DE ARACAJU. Prefeitura intensifica limpeza de praias durante período de alta estação. 2020. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/84654/prefeitura_intensifica_limpeza_de_praias_durante_periodo_de_alta_estacao.html. Acesso em: 10 jul. 2022.

PREFEITUTA MUNICIPAL DE ARACAJU. Trabalho contínuo da Prefeitura garante limpeza das praias de Aracaju. 2022. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/94255/trabalho_continuo_da_prefeitura_garante_limpeza_das_praias_de_aracaju.html. Acesso em: 16 set. 2022.

PREFEITUTA MUNICIPAL DE ESTÂNCIA. Prefeitura Municipal de Estância. 2021. Disponível em: https://www.estancia.se.gov.br/. Acesso em: 5 jul. 2021.

RANGEL-BUITRAGO, N.; ARROYO-OLARTE, H.; TRILLERAS, J.; ARANA, V. A.; MANTILLA-BARBOSA, E.; GRACIA C., A.; MENDOZA, A. V.; NEAL, W. J.; WILLIAMS, A. T.; MICALLEF, A. Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean

beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112685, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112685.

RASOOL, F. N.; SAAVEDRA, M. A.; PAMBA, S.; PEROLD, V.; MMOCHI, A. J.; MAALIM, M.; SIMONSEN, L.; BUUR, L.; PEDERSEN, R. H.; SYBERG, K.; JELSBAK, L. Isolation and characterization of human pathogenic multidrug resistant bacteria associated with plastic litter collected in Zanzibar. **Journal of Hazardous Materials**, v. 405, p. 124591, mar. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124591.

RIBEIRO, V. V.; PINTO, M. A. S.; MESQUITA, R. K. B.; MOREIRA, L. B.; COSTA, M. F.; CASTRO, Í. B. Marine litter on a highly urbanized beach at Southeast Brazil: A contribution to the development of litter monitoring programs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 163, p. 111978, fev. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.111978.

ROTHSTEIN, S. I. PLASTIC PARTICLE POLLUTION OF THE SURFACE OF THE ATLANTIC OCEAN: EVIDENCE FROM A SEABIRD. **Condor**, v. 75, p. 344–345, 1973. .

SANTOS, A. A.; NOBRE, F. S. de 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, p. 111015, abr. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111015.

SCOTT, P. G. Plastics packaging and coastal pollution. **International Journal of Environmental Studies**, v. 3, n. 1–4, p. 35–36, jan. 1972. https://doi.org/10.1080/00207237208709489.

SERGIPE. **Boletim pluviométrico de março de 2022**. Sergipe: [*s. n.*], 2022.

SHEN, M.; ZENG, Z.; SONG, B.; YI, H.; HU, T.; ZHANG, Y.; ZENG, G.; XIAO, R. Neglected microplastics pollution in global COVID-19: Disposable surgical masks. **Science of The Total Environment**, v. 790, p. 148130, out. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148130.

SILVA, A. C. D. **Proposta de retificação e atualização dos limites da Reserva Biológica de Santa Isabel, no Estado de Sergipe**. [*S. l.*: *s. n.*], 2010.

SILVA, M. G. da. **Geoindicadores de erosão e acumulação das praias do município de Aracaju-Sergipe**. 2014. 88 f. Dissertação de Mestrado em Geociências – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2014.

SOUZA, P. C. **Poluição por lixo marinho em praias de Aracaju/Sergipe**. 2016. 27 f. Monografia – Universidade Federal de Sergipe, São Cristáovão, SE, 2016.

SUN, X.; LI, Q.; SHI, Y.; ZHAO, Y.; ZHENG, S.; LIANG, J.; LIU, T.; TIAN, Z. Characteristics and retention of microplastics in the digestive tracts of fish from the Yellow Sea. **Environmental Pollution**, v. 249, p. 878–885, jun. 2019. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.110.

TASSINARI, R.; TAIT, S.; BUSANI, L.; MARTINELLI, A.; VALERI, M.; GASTALDELLI, A.; DEODATI, A.; LA ROCCA, C.; MARANGHI, F.; THE LIFE PERSUADED PROJECT GROUP. Toxicological Assessment of Oral Co-Exposure to Bisphenol A (BPA) and Bis(2-ethylhexyl) Phthalate (DEHP) in Juvenile Rats at

Environmentally Relevant Dose Levels: Evaluation of the Synergic, Additive or Antagonistic Effects. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 9, p. 4584, 26 abr. 2021. https://doi.org/10.3390/ijerph18094584.

URBAN-MALINGA, B.; ZALEWSKI, M.; JAKUBOWSKA, A.; WODZINOWSKI, T.; MALINGA, M.; PAŁYS, B.; DĄBROWSKA, A. Microplastics on sandy beaches of the southern Baltic Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 155, p. 111170, jun. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111170.

VAN DER MEULEN, M. D.; DEVRIESE, L.; LEE, J.; MAES, T.; VAN DALFSEN, J. A.; HUVET, A.; SOUDANT, P.; ROBBENS, J.; VETHAAK, A. D. Socio-economic impact of microplastics in the 2 Seas, Channel and France Manche Region: an initial risk assessment. 2014. DOI 10.13140/RG.2.1.4487.4082. Disponível em: http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4487.4082. Acesso em: 8 abr. 2021.

VIDELA, E. da S.; ARAUJO, F. V. de. Marine debris on the Brazilian coast: which advances in the last decade? A literature review. **Ocean & Coastal Management**, v. 199, p. 105400, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105400.

VIEIRA, K. S.; BAPTISTA NETO, J. A.; CRAPEZ, M. A. C.; GAYLARDE, C.; PIERRI, B. da S.; SALDAÑA-SERRANO, M.; BAINY, A. C. D.; NOGUEIRA, D. J.; FONSECA, E. M. Occurrence of microplastics and heavy metals accumulation in native oysters Crassostrea Gasar in the Paranaguá estuarine system, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 112225, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112225.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and Human Health: A Micro Issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634–6647, 20 jun. 2017. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423.

XIONG, X.; TU, Y.; CHEN, X.; JIANG, X.; SHI, H.; WU, C.; ELSER, J. J. Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (Carassius auratus): influence of color and morphological features. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e03063, dez. 2019. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03063.

YAN, Z.; LIU, Y.; ZHANG, T.; ZHANG, F.; REN, H.; ZHANG, Y. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. **Environmental Science & Technology**, p. 414–421, 22 dez. 2021. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03924.

ARTIGO 3: O MICROPLÁSTICO QUE NINGUÉM VÊ: A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE USUÁRIOS DE PRAIAS TURÍSTICAS

Resumo

Os microplásticos (MPs) são plásticos considerados menores do que 5 mm, e são potenciais causadores de impactos socioambientais, com estudos desenvolvidos especialmente em praias e oceanos. Muitas praias possuem cenários paisagísticos os quais motivam diversas atividades socioeconômicas, que, muitas vezes, propiciam o incremento de resíduos sólidos nessas áreas, principalmente os plásticos. Este estudo avaliou a percepção ambiental de usuários de praias turísticas de Sergipe em relação aos MPs. Questionários estruturados com perguntas fechadas e de múltipla escolha foram aplicados nas praias turísticas Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, ao longo do litoral sergipano. Conforme os resultados obtidos, adultos e idosos e com maior escolaridade tendem a perceber melhor os aspectos que envolvem a poluição por plásticos e microplásticos nas praias do litoral sergipano, sendo que em Pirambu, a percepção ambiental dos entrevistados foi menor. Ademais, nem todas as pessoas entrevistadas relacionaram a poluição macro (plásticos grandes) com os MPs. Dessa forma, ressalta-se que a percepção sobre os impactos negativos ligados aos microplásticos são interpretados de forma isolada. Assim, uma perspectiva sistêmica para mitigar a problemática deve ser estabelecida, na qual repensar nossos padrões de consumo é ponto inicial para este processo.

Palavras-chave: percepção ambiental, poluição por microplástico, princípio da precaução, resíduos sólidos.

Abstract

Microplastics (MPs) are plastics considered <5 mm, and are potential causes of socio-environmental impacts, with studies developed especially on beaches and oceans. Many beaches have scenic landscapes which motivate various socioeconomic activities, which often lead to an increase in solid waste in these areas, especially plastic. This study evaluated the environmental perception of users of tourist beaches in Sergipe in relation to MPs. Structured questionnaires with closed and multiple-choice questions were applied on the tourist beaches Pirambu, Atalaia, Aruana and Abaís, along the coast of Sergipe. According to the results obtained, adults and the elderly and those with higher education tend to better understand the aspects involving plastic and microplastic pollution on the beaches of the coast of Sergipe, and in Pirambu, the environmental perception of the interviewees was lower. In addition, not all people interviewed linked macro pollution (large plastics) with MPs. Thus, it is emphasized that the perception of the negative impacts linked to microplastics are interpreted in isolation. Thus, a systemic perspective to mitigate the problem must be established, in which rethinking our consumption patterns is the starting point for this process.

Key-vords: environmental perception, microplastic pollution, precautionary principle, solid waste.

3.1 Introdução

A geração de resíduos é um fator inerente à sociedade do consumo. Em vista disso, os resíduos sólidos podem ser considerados vestígios dos povos atuais, pois dizem muito sobre o comportamento humano. Dessa maneira, o comportamento social ligado ao descarte de resíduos plásticos é evidenciado desde estudos iniciais sobre o tema, especialmente nos ambientes costeiro e marinho (CARPENTER; SMITH, 1972; ROTHSTEIN, 1973; SCOTT, 1972).

Os microplásticos (MPs), referem-se a partículas de plásticos inferiores a 5 mm (GESAMP, 2019) e estão presentes no ar, solo, água doce, oceanos, plantas e animais, inclusive nos seres humanos, equivalente à sua complexa ubiquidade, atrelada ainda, ao seu potencial ecotoxicológico (DANOPOULOS *et al*., 2020; MACHADO *et al*., 2018; KARAMI *et al*., 2018; MACLEOD *et al*., 2021; RAGUSA *et al*., 2021).

Para lidar com tal cenário de poluição e potenciais riscos, campanhas mundiais foram criadas, a exemplo da *Clean seas* (Mares Limpos), desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Esta ação é um movimento global dedicado a banir a poluição marinha por plásticos, cobrindo 60% do litoral mundial, e o Brasil é um país signatário, de acordo com dados da UN Environment (2021). Estas ações baseiam-se em promover mudanças nos hábitos, padrões, políticas, e ampliar a reflexão sobre a problemática envolvendo o resíduo em águas marinhas.

A informação ou o conhecimento sobre problemas ambientais é um fator importante que influencia a percepção, as atitudes e as ações positivas das pessoas (YOON; JEONG; CHON, 2021). Desta forma, na literatura existem estudos acerca da percepção e atitudes em relação aos MPs, visando entender a dimensão humana como solucionadora da crescente geração de resíduos plásticos (DENG *et al.*, 2020; HEIDBREDER *et al.*, 2019; YOON; JEONG; CHON, 2021). Nesses estudos, é possível perceber que o interesse em reduzir os MPs é dependente do contexto socioambiental (DENG *et al.*, 2020; HEIDBREDER *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2021).

As praias são conhecidas como ambientes de grande beleza paisagística, motivo pelas quais geralmente atraem atividades turísticas, comerciais e recreativas. Estas atividades quando executadas sem a devida gestão ambiental, podem originar estressores ambientais como os resíduos sólidos, compostos por plásticos em sua maioria (ANDRADES *et al.*, 2020; RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2021). A principal fonte dos resíduos encontrados em praias sergipanas é proveniente das práticas nelas desempenhadas, oriundos de atividades terrestres

associadas ao turismo e recreação (NOBRE; SANTOS; NILIN, 2021a, b; SANTOS *et al.*, 2020).

Logo, ações direcionadas aos usuários, que inclui o entendimento do público sobre o tema, podem servir como ponto inicial para a sensibilização sobre a poluição costeira e marinha, havendo a necessidade de estudos nesse sentido em Sergipe. Assim, as pesquisas científicas são fundamentais para conhecer a magnitude do problema e então influenciar nas decisões políticas e comportamentais perante ele. Diante do exposto, o objetivo que norteia este artigo é avaliar a percepção ambiental de usuários de praias turísticas de Sergipe, Nordeste do Brasil, em relação aos microplásticos.

3.2 Metodologia

3.2.1Área de estudo

A região costeira de Sergipe, Nordeste do Brasil, abrange aproximadamente 54% da população do estado, com 1.262.360 habitantes, segundo estimativa para 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em termos gerais, a maior parte da população dessa área tem baixa renda e nível de instrução, na qual 2% tem nível superior e mais de 60% não tem instrução fundamental ou é incompleta, além do baixo índice de esgotamento sanitário, contabilizado pelo Plano de Gerenciamento Costeiro do Estado de Sergipe (GERCO SE, 2019).

A área de estudo compreende 4 praias distribuídas em três municípios costeiros: Pirambu (litoral norte), Aracaju (litoral centro) e Estância (litoral sul), correspondendo a aproximadamente 32% da população do estado (IBGE, 2021), e estes locais apresentam atividades econômicas distintas.

Em Pirambu, a economia é voltada à agricultura, silvicultura e pesca, sendo considerado um dos principais polos pesqueiros de Sergipe (SILVA, 2010). Aracaju é a capital do estado, possui o maior índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) e exerce centralidade na concentração de serviços, comércios, atividades industriais e administrativas, além de turismo (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010). O município de Estância, corresponde a terceira maior economia de Sergipe, segundo maior polo industrial, e maior renda *per capita* do litoral sul, com atividades econômicas voltadas à agricultura, pecuária e turismo segundo dados da Prefeitura Municipal de Estância (2021).

O objeto de estudo desta pesquisa concentra-se nas praias turísticas de Pirambu (PB), (litoral norte, em Pirambu); Atalaia (AT) e Aruana (AR) (litoral centro, em Aracaju), e Abaís

(AB) (litoral sul, em Estância), escolhidas conforme diferentes particularidades de áreas do entorno, usos e acesso de pessoas (Figura 1).

Figura 1 - Praias turísticas localizadas em Sergipe, Brasil, utilizadas como campo de aplicação dos questionários. A - Pirambu; B -Atalaia, C - Aruana e D - Abaís.

Fonte: Trabalho de campo, 2022.

A praia de Pirambu tem início na foz do rio Japaratuba (ao sul), apresenta intensa atividade turística com bares e restaurantes, além de barracas na faixa de areia. Nesta praia existem ninhos de tartaruga-marinha que desovam no local. A praia de Atalaia, localizada ao sul da foz do rio Sergipe, apresenta bares fixos e móveis, com pós-praia mais ocupada em relação as demais áreas de estudo. Este local é um importante ponto turístico e de atividade comercial (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010). A praia de Aruana, também ao sul da foz do Rio Sergipe possui menos ocupação e visitação do que a Atalaia (FONSECA; VILAR; SANTOS, 2010), mas, também é muito utilizada em relação ao turismo e habitação. Além disso, esta praia possui bares de alvenaria ao longo do trecho e barracas na areia. A praia do Abaís possui ocupação desordenada, casas de veraneio, estabelecimentos comerciais e infraestrutura turística na região pós-praia, além de intenso processo de erosão.

3.2.2 Método de obtenção de dados

A presente pesquisa tem caráter descritivo e exploratório, tendo em vista o levantamento de dados a partir da aplicação de questionários (PRODANOV; FREITAS, 2013). Sendo assim,

para mensurar a percepção ambiental dos usuários das praias (frequentadores), foram realizados questionários de caráter estruturado com perguntas fechadas e de múltipla escolha, seguindo o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE G). O questionário foi composto por 21 questões (APÊNDICE H), cuja formulação foi embasada nas pesquisas de Deng *et al.* (2020), Heidbreder *et al.* (2019) e Yoon *et al.* (2021).

A coleta de dados foi realizada uma vez por semana (sábados), por uma pesquisadora, em novembro e dezembro de 2022, meses secos, nos quais a atividade turística nas praias é intensificada. O esforço amostral resultante foi de aproximadamente 3 a 4 horas para cada praia, cobrindo o máximo da área de concentração de pessoas na faixa de areia, suficiente para alcançar 30 entrevistados por praia amostrada, totalizando 120 entrevistas (Tabela 1).

Tabela 1 - Datas e horários de aplicação dos questionários nas praias.

Praias	Coordenadas (E/S)	Data da coleta de dados	Hora inicial-Hora final
Atalaia	713398/8784459	12/11/2022	09:31 – 13:17
Aruana	710831/8781146	19/11/2022	09:50 – 14:06
Pirambu	735694/ 8812431	26/11/2022	09:45 – 13:25
Abaís	687393/8747291	10/12/2022	10:30 – 13:48

Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

A amostra dessa pesquisa foi selecionada por disponibilidade dos entrevistados (usuários com 18 anos ou mais), e por tratar-se da aplicação de um procedimento utilizado na investigação social, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa, via Plataforma Brasil, uma base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos. Para tal, foram seguidos os direcionamentos dispostos no Conselho de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe, cuja aprovação do estudo foi obtida por meio do parecer nº 5.610.624 e CAAE 57438422.6.0000.5546 (ANEXO C).

A etapa bibliográfica foi realizada por meio da base de dados *Web of Science*, como também do buscador *Google Scholar*, onde procurou-se referências atualizadas, utilizando as palavras-chave: *"microplastic pollution AND beach*; impact* AND microplastic*; public perception* AND *microplastic**; *consumer behavior AND plastic pollution; sustainable development goals AND plastic; waste management AND plastic litter; single-use plastic* AND policy; single-use plastic ban"* e seus respectivos termos análogos na língua portuguesa, resultando em 5.201 títulos. Para atender o foco da pesquisa, fez-se uma análise prévia sobre o conteúdo das publicações obtidas, outrossim, para complementar sua construção, fez-se uso de leis, decretos e livros que dizem respeito ao tema tratado. Ao excluir as publicações que não apresentavam afinidade temática, ou não eram de livre acesso (*open acess*) foram considerados 61 trabalhos.

3.2.3 Análise de dados

Os dados do questionário (APÊNDICE H) foram inseridos na plataforma *Google forms*, e os resultados foram obtidos por meio de abundância relativa, considerando a frequência das respostas fechadas e de múltipla escolha. A fim de verificar a relação das respostas fornecidas pelos entrevistados com o perfil etário e educacional, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA - *Principal Component Analysis*, no inglês). Para esta análise foram utilizadas seis variáveis (questões: 5, 9, 11, 12, 13 e 16, ver APÊNDICE H). Além disso, a análise foi precedida de uma categorização numérica a fim de padronizar as respostas fornecidas pelos entrevistados. Essa análise foi realizada no Software R (R CORE TEAM, 2020) por meio dos pacotes FactoMineR (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008) e Factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2020) e os gráficos foram gerados por meio do ggplot2 (WICKHAM, 2016).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Descrição da amostra

Em todas as praias analisadas, a maioria das pessoas foi do gênero feminino, exceto em AT. Em termos de renda, de forma geral, a maioria dos entrevistados recebia de 1 a 2 salários mínimos, e a frequência de desempregados variou entre 20% e 30%. Já o perfil educacional referente ao ensino médio completo foi maior em PB, AT e AB (variando de 30% a 43,3%), sendo que a AR foi a única em que o nível superior teve maior frequência entre os entrevistados (33,3%) (Tabela 2).

Na praia turística de PB, a faixa etária predominante foi mais bem distribuída, sendo a faixa que compreende 18 e 20 anos a predominante (23,3%), seguida de 60 anos ou mais (20%). Na praia de AT, a maioria dos entrevistados possuía entre 21 e 30 anos (40%), seguida de 40 e 49 anos (20%). Na região da AR, os voluntários tinham entre 21 e 30 anos (36,7%), seguida de 40 e 49 anos (26,7%). Em AB, metade dos entrevistados tinha entre 21 e 30 anos (50%), seguida de 31 e 39 anos (20%) (Tabela 2).

Tabela 2 - Perfil dos frequentadores (n=120) das praias turísticas Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe- Brasil.

Característica demográfica	% Pirambu	% Atalaia	% Aruana	% Abaís
Gênero				
feminino	53,3	46,7	60	60
masculino	46,7	53,3	40	40
Faixa etária				
18-20	23,3	10	10	0
21-30	16,7	40	36,7	50
31-39	13,3	13,3	16,7	20
40-49	16,7	20	26,7	13,3
50-59	10	6,7	3,3	10
>60	20	10	6,7	6,7
Escolaridade				
fundamental completo	0	6,7	6,7	3,3
fundamental incompleto	3,3	10	0	16,7
médio completo	43,3	30	23,3	36,7
médio incompleto	13,3	0	6,7	0
superior completo	20	23,3	33,3	26,7
superior incompleto	13,3	30	23,3	16,7
pós-graduação	6,7	0	6,7	0
***Renda mensal**				
< 1	3,3	3,3	0	3,3
1-2	43,3	46,7	40	53,3
3-4	6,7	3,3	6,7	0
4-5	6,7	16,7	6,7	13,3
>5	10	10	13,3	0
desempregado	30	20	30	30
não respondeu	0	0	3,3	0
Situação do frequentator				
morador	10	63,3	66,7	33,3
turista ou visitante	50	36,7	33,3	66,7
veranista/possui 2ª residência	40	0	0	0

*Salário mínimo correspondente de R$1.212,00. Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

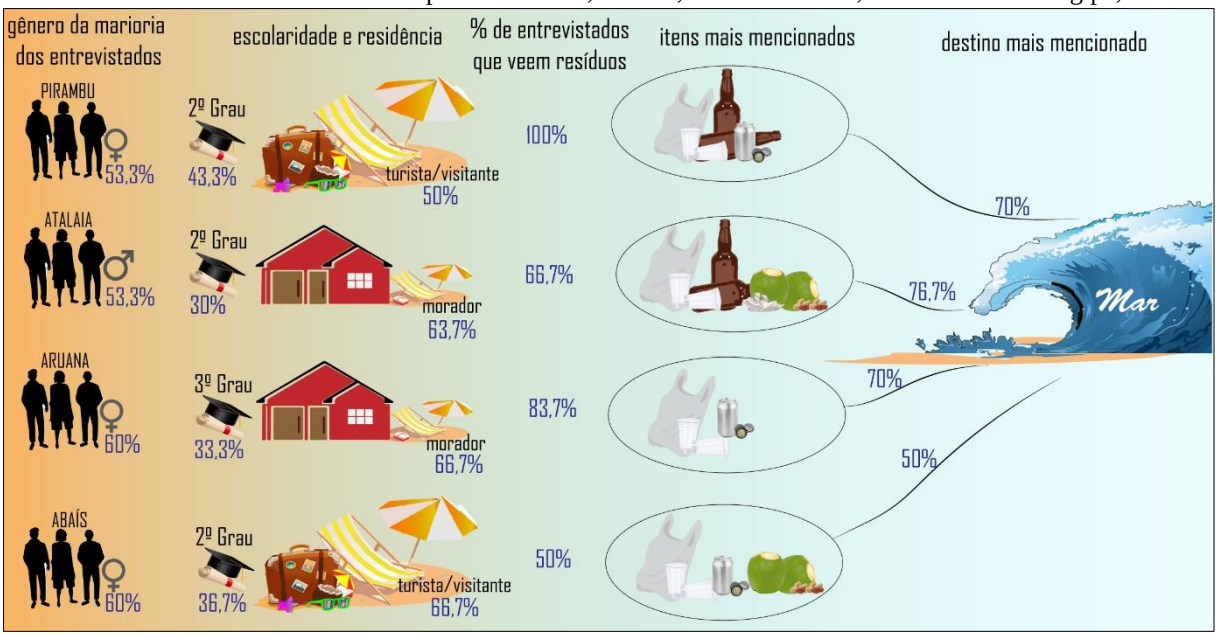
3.3.2 Percepção ambiental dos frequentadores das praias

A fim de entender como as pessoas percebem a poluição por microplásticos nas praias turísticas avaliadas, é indispensável, inicialmente, conhecer se elas constatam algum tipo de "lixo"[1] na praia. Dessa maneira, obteve-se que, plástico, vidro, metal e restos de alimentos (por exemplo coco e amendoim) foram as respostas mais mencionadas pelos entrevistados. O plástico foi o item mais comum apontado pelas pessoas que disseram ver resíduos na praia, variando de 83,3% a 100%, e quando questionados sobre "para onde acham que vai o lixo gerado na praia", as respostas mais mencionadas foram "mar" seguida de "fica na areia", "não sabe" e "aterro" (Figura 2). Embora alguns entrevistados tenham afirmado não ver resíduos

[1] A terminologia "lixo" foi utilizada nas perguntas do questionário de forma a facilitar a compreensão do entrevistado, contudo, tal termo foi tratado aqui como análogo a Resíduo Sólido/Marinho. Lixo, que pode ser entendido como rejeito, são resíduos sólidos depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, enquanto os Resíduos Sólidos ainda podem ser aproveitados (Lei nº12.305/2010).

marinhos[2] na praia, especialmente em AB (50%) e AT (33,3%), todas apresentavam resíduos no trecho onde a entrevista foi realizada, o que denota a baixa percepção visual dos usuários em relação ao ambiente. A percepção das pessoas em relação a este fato pode ser influência da presença ou ausência de lixeiras nas praias.

Figura 2 - Resumo gráfico de algumas características dos entrevistados e suas respostas em relação ao tipo de resíduo marinho visto e seu destino nas praias Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe, Brasil.



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022

Na praia de Pirambu, todos os entrevistados disseram observar resíduos na faixa de areia, e isso pode estar relacionado a ausência de lixeiras em sua faixa de praia. Nas demais áreas de estudo, houve uma variação nas respostas, que diferente de PB, pode estar associada a presença de lixeiras, pois AT e AR apresentam recipientes para descarte de resíduos na faixa de areia e na orla, e AB, na orla. Por consequência, os frequentadores tendem a descartar o material no local adequado, reduzindo a presença de resíduo visível na areia. Fato este correspondente ao apontado por Andrades *et al.* (2020), pois os autores concluem que quantidade de lixeiras nas praias, bem como a frequência com que elas são limpas, pode contribuir para a redução de resíduos marinhos, especialmente aquelas maiores que 6 cm.

Sobre a limpeza das praias, durante o trabalho de campo, alguns trabalhadores locais em Pirambu e Abaís (funcionários da prefeitura e garçons dos bares) comentaram acerca dos

[2] Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (no inglês, *United Nations Environment Programme*), resíduos marinhos são os resíduos sólidos encontrados em regiões costeiras e marinhas provenientes de atividades humanas desempenhadas em terra ou mar.

serviços de coleta de resíduos nelas. No caso das praias de Aracaju, as informações são da Prefeitura Municipal de Aracaju para os anos 2020 e 2022 (Quadro 1).

Quadro 1 - Situação das praias Pirambnu, Atalaia, Aruana e Abaís (Sergipe, Brasil) em relação a limpeza realizada pela prefeitura até o momento da presente pesquisa.

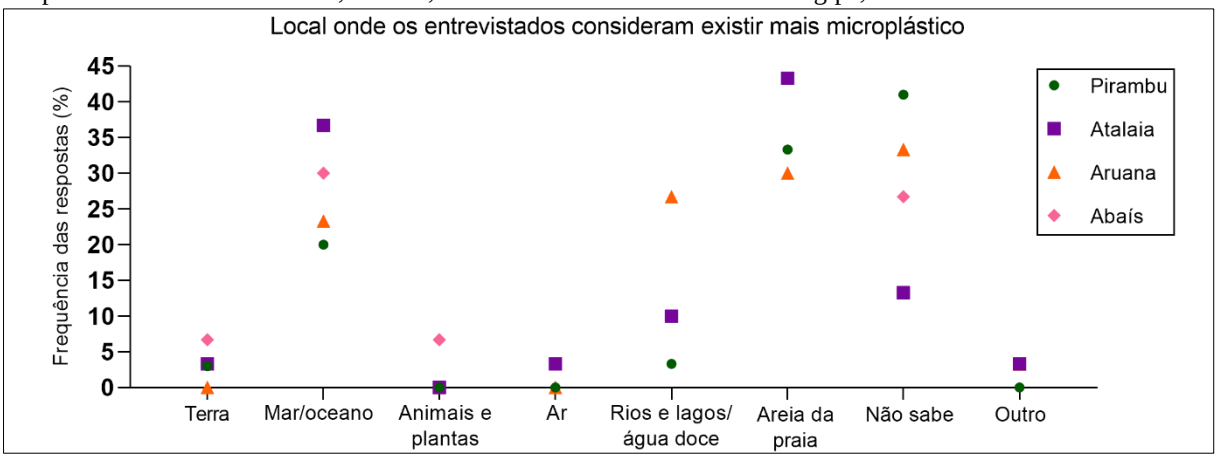
Praia	Lixeira na praia	Lixeira nas barracas	Lixeira na via paralela à praia	Tipo de limpeza	Frequência de limpeza
Pirambu	não	não	esporádica	manual	incerta
Atalaia	sim	sim	sim	manual e com maquinário	segunda a sábado
Aruana	sim	sim	sim	manual	diariamente
Abaís	não	não	sim	manual	segunda e terça

Fonte: Trabalhadores locais, 2022 e Prefeitura Municipal de Aracaju, 2020 e 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Outro fator a considerar em relação a limpeza, é que as praias PB e AB possuem bares em alvenaria e barracas de madeira cobertas com palha, além de sombreiros na areia, e a maioria desses estabelecimentos não possuem infraestrutura para coleta dos resíduos sólidos gerados. Nessas áreas é comum a presença de sombreiros particulares, próximos aos bares ou mais afastados, levados pelos próprios frequentadores, os quais também levam seus alimentos e bebidas para serem consumidos no local. Sobre essa prática, as respostas acerca do que os entrevistados fazem com o resíduo gerado por eles nas praias foi frequente em: “leva para casa e descarta” (56,7% em Pirambu e 23,3% em Abaís) e “joga na lixeira próxima/da rua” (36,7% em Pirambu e 56,7% em Abaís). Nas praias do litoral centro, cuja presença de lixeiras é maior, as respostas frequentes foram “joga na lixeira próxima/da rua” (66,7% em Atalaia e 86,7% em Aruana) e “deixa na mesa/barraca” (20% em Atalaia e 10% em Aruana).

A literatura aponta que os plásticos, especialmente os microplásticos são encontrados nos mais variados ambientes, a exemplo dos rios (FERRAZ *et al.*, 2020), terras agrícolas (MACHADO *et al*., 2018) e no ar (TORRES-AGULLO *et al.*, 2021), sejam eles habitados (PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020) ou remotos (PEREZ-VENEGAS *et al.*, 2017). Nesse sentido, a pergunta “qual local você acha que existe mais microplástico?” (Figura 3) indicou que a resposta mais mencionada foi “areia da praia” e “mar/oceano” em todas as praias, embora muitos entrevistados não souberam responder em PB (41%) e em AR (33,3%) principalmente. A opção “Outro” obteve poucas respostas (até 3,3%), sendo mencionado “mangue” e “lixeira” (Figura 3).

Figura 3 - Respostas mais mencionadas sobre o local onde os entrevistados consideram existir mais microplástico nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís localizadas em Sergipe, Brasil



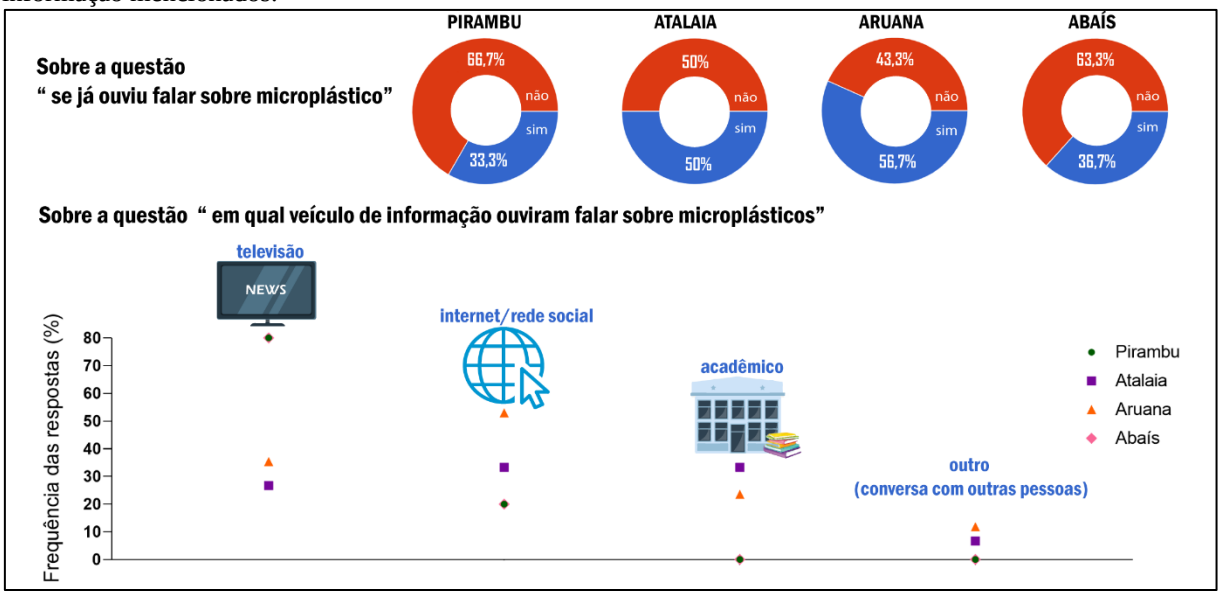
Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Dos ambientes estudados acerca da poluição plástica, o mar recebe o status de uns dos locais onde há maior parcela desses detritos, a partir de atividades desenvolvidas em terra (ANDRADY, 2011; BANIK *et al.*, 2022; BEAUMONT *et al.*, 2019; JAMBECK *et al.*, 2015; PABORTSAVA; LAMPITT, 2020; YOON; JEONG; CHON, 2021), sendo que as praias podem ser o local mais favorável para formação e existência de MPs na areia e no mar (ANDRADY, 2011). Assim, a percepção dos entrevistados sobre o destino do resíduo gerado no local, e os locais que existem MPs, concordam com os resultados relatados na literatura.

Os entrevistados das praias AT e AR foram os que mais citaram ouvir falar sobre MPs, com valor máximo de 56,7% para AR, seguida de 50% para AT. PB foi o local onde as pessoas menos ouviram falar sobre MPs (33,3%). Os frequentadores de PB e AB tiveram a mesma porcentagem de respostas e ninguém mencionou o meio acadêmico (80% televisão e 20% internet/rede social) (Figura 4).

Onink *et al.* (2021) identificaram que litorais onde plásticos marinhos flutuantes são mais prováveis de atingir o mar aberto, como o leste dos Estados Unidos, o leste do Japão e a Indonésia, as ações de limpezas seriam especialmente eficazes na interceptação dos resíduos plásticos antes que eles alcancem o mar. Nesse contexto, o entendimento das pessoas sobre as problemáticas ambientais é fundamental para influenciar nas decisões comportamentais diante dele, e isso ancorado a realização de pesquisas científicas. Porém, incentivar as ações de limpeza e promover estas mudanças é desafiador, especialmente quando se trata de MPs, pois dada a pouca ou nenhuma visibilidade desses detritos a olho nu, a percepção real da perda do bem-estar e demais efeitos negativos depende da sensibilização e percepção (GESAMP, 2016; UN ENVIRONMENT, 2017).

Figura 4 - Resumo gráfico da porcentagem dos entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís localizadas, em Sergipe, Brasil, que já ouviram o falar sobre microplásticos e os principais veículos de informação mencionados.



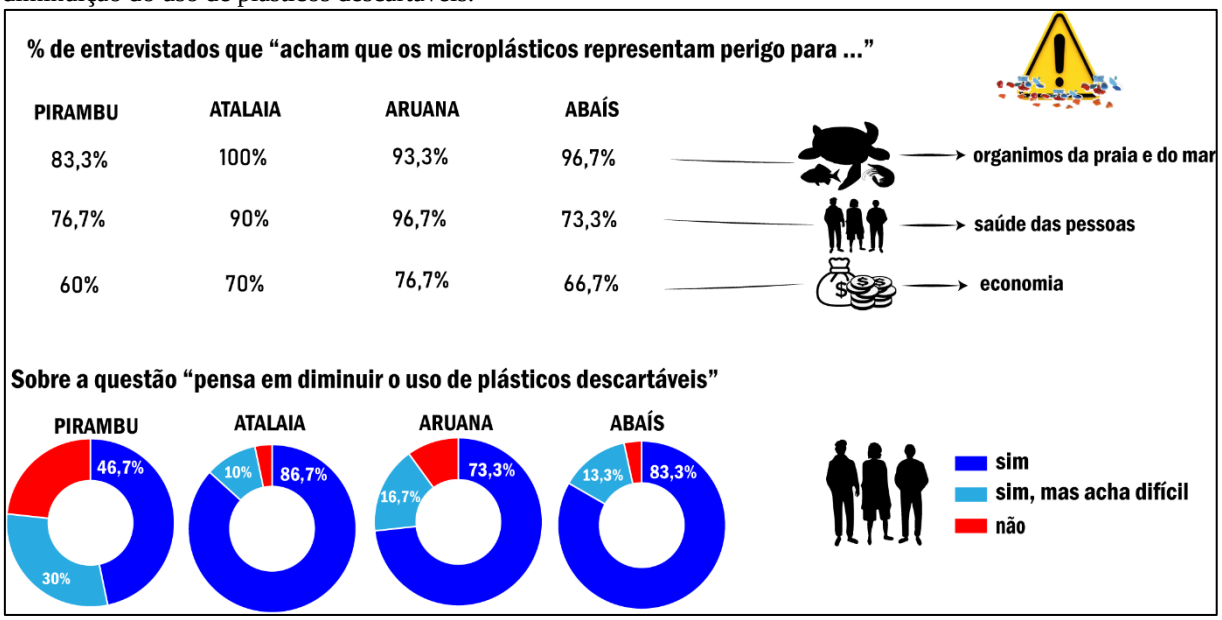
Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Os danos adversos, provocados pela contínua fragmentação dos plásticos descartados incorretamente, bem como aqueles fabricados em tamanho micro, é interesse de estudo em escala global. Sobre esse aspecto, os MPs já foram identificados em animais (XIONG *et al.*, 2019), plantas (LI *et al.*, 2020) e corpo humano (YAN *et al.*, 2021), por exemplo, a fim de entender os possíveis danos associados a tal interação.

A figura 5 mostra um resumo das respostas dos entrevistados quando questionados se os microplásticos podem resultar em danos na saúde dos organismos da zona costeira, a saúde humana e a economia, e se eles pensam e diminuir o uso de plásticos de uso único. À medida que a pergunta saía de uma perspectiva de impacto direto, a percepção das pessoas sobre os possíveis danos era menor.

Nota-se que no aspecto econômico, a percepção chegou no máximo até 76,7% dos entrevistados (AR) e mínimo de 60% (PB). Ao se tratar de impactos aos “organismos da praia e do mar”, a percepção do dano variou entre 100% (AT) e 83,3% (PB). Sobre a saúde das pessoas, a percepção variou entre 96,7% (AR) e 73,3% (AB). E, mesmo associando os MPs a possíveis riscos socioambientais, nem todos os entrevistados pensam em diminuir o uso de plásticos descartáveis (Figura 5), pois existe uma falta de entendimento sobre os microplásticos e as ações cotidianas que podem causar ou reduzir o problema. Isso, conforme apontado por Henderson e Green (2020), está relacionado como as pessoas interpretam os danos de forma isolada, não estabelecendo conexão entre as questões ambientais e os humanos.

Figura 5 - Resumo gráfico dos resultados obtidos na entrevista realizada nas parias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, sobre a associação dos microplásticos aos danos socioambientais e a diminuição do uso de plásticos descartáveis.

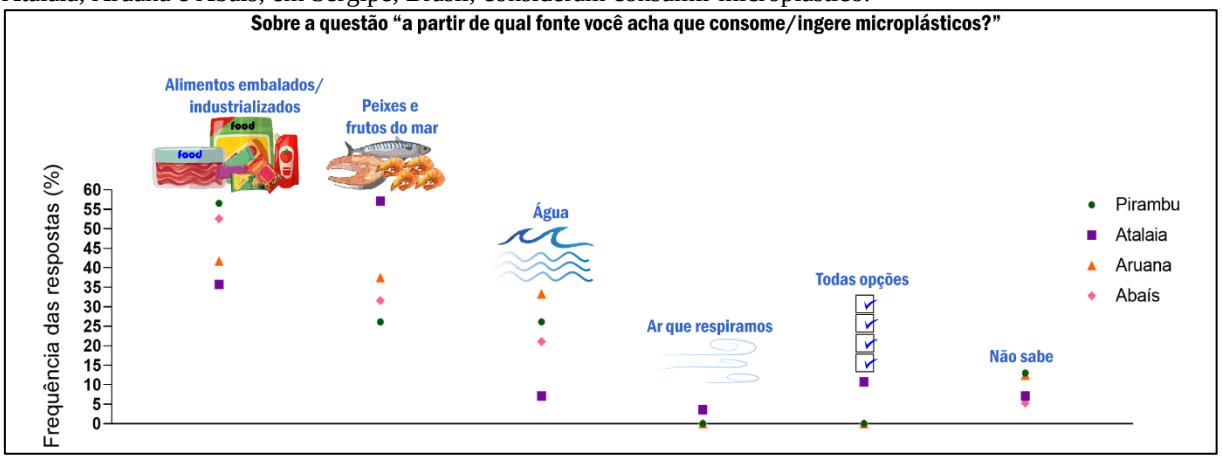


Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Segundo a literatura, as substâncias químicas presentes nos plásticos podem atuar na desregulação hormonal e causar problemas neurológicos (COOK; HALDEN, 2020; WRIGHT; KELLY, 2017), além disso, a presença de microplásticos em solos pode influenciar na germinação de plantas (BOOTS; RUSSELL; GREEN, 2019), e outro aspecto relatado sobre essas partículas, é que podem estar associadas a inflamações intestinais em humanos (YAN *et al.*, 2021). Dados esses aspectos, e especialmente sobre o último ponto mencionado, existe uma preocupação sobre a quantidade de plástico que estamos sujeitos a ingerir diariamente.

De acordo com a WWF (2019b), as pessoas consomem cerca de 5 g de plástico por semana, através de alimentos e bebidas, dependendo dos seus hábitos de consumo No presente estudo, quando os entrevistados foram questionados se eles acham que ingerem microplástico de alguma forma, mais da metade deles disseram que "sim", com menor porcentagem para AB, (66,7%). AT foi o local onde os entrevistados mais percebem que ingerem MPs, com 93,3%, seguido de AR com 80% e PB com 76,7. "Alimentos embalados/industrializados" e "peixes e frutos do mar" foram as formas mais mencionadas de consumo daqueles que consideram ingerir MPs (Figura 6). A literatura aponta a existência de MPs em diversos itens de consumo humano como cerveja (SHRUTI *et al.*, 2020), água (FERRAZ *et al.*, 2020), sal de cozinha (DANOPOULOS *et al.*, 2020), peixes (KARAMI *et al.*, 2018; PAIVA *et al.*, 2022) e ostras (VIEIRA *et al.*, 2021), além do ar (LIAO *et al.*, 2021).

Figura 6 - Resultados obtidos sobre as fontes pelas quais os entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, consideram consumir microplástico.



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Para melhor identificar a relação entre as respostas fornecidas pelos entrevistados acerca da percepção sobre o tema juntamente ao perfil etário (considerando adolescente os entrevistados com 18 anos; jovens os com 19 a 29 anos; os adultos com 30 a 59 anos e idosos os com 60 anos ou mais, segundo a legislação brasileira) e educacional, conforme as questões no quadro 2, a Análise de Componentes Principais (PCA, no inglês - *Principal Component Analysis*) da Figura 7-A mostra que as pessoas com mais de 30 anos (adultos e idosos), com ensino superior (completo e incompleto) já ouviram falar sobre microplásticos e consideram que eles podem gerar prejuízos econômicos.

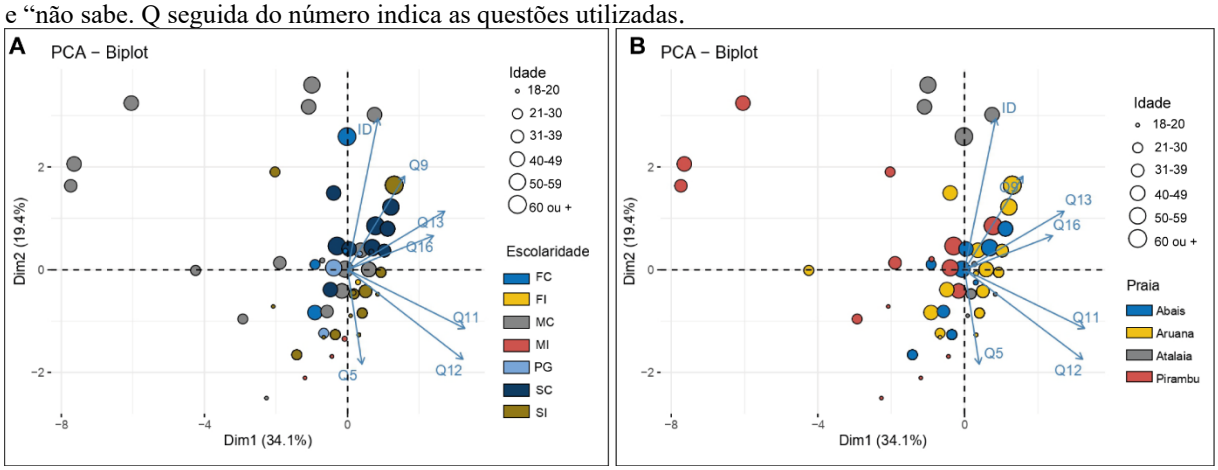
Quadro 2 - Questões (Q) utilizadas nas PCA relacionadas a percepção socioambiental dos entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, cujas respostas obtiveram variação entre "sim", "não" e "não sabe".

Perguntas
Q5.Você acha que o lixo plástico causa impactos negativos para a saúde das pessoas?
Q9.Você já ouviu falar sobre microplásticos?
Q11.Você acha que os microplásticos representam um perigo para os organismos da praia e do mar?
Q12.Você acha que os microplásticos representam um perigo para a saúde das pessoas?
Q13.Você acha que a presença de microplásticos na praia e no mar pode gerar prejuízos econômicos?
Q16.Você pensa em diminuir o uso de plásticos descartáveis?

Fonte: Trabalho de Campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

É este o perfil de entrevistados que também pensa em diminuir o uso de plásticos descartáveis. Já as pessoas com até 30 anos, com superior completo e ensino médio (completo e incompleto), consideram que o lixo plástico e os microplásticos representam um perigo para os organismos da praia e do mar, bem como os microplásticos representam perigo para a saúde das pessoas.

Figura 7 - PCA (geral - A e por praia - B), indicando a relação das respostas fornecidas pelos entrevistados nas praias (Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, localizadas em Sergipe - Brasil) com o perfil etário (ID) e educacional (FC-fundamental completo; FI-fundamental incompleto; MC-médio completo; MI-médio incompleto; PG-pós-graduação; SC-superior completo; SI=superior incompleto) cujas respostas obtiveram variação entre "sim", "não" e "não sabe. Q seguida do número indica as questões utilizadas.



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Fazendo uma comparação entre as praias, os frequentadores de AR e AT têm melhor percepção do tema do que nas demais praias, sendo que PB e AB foram os locais onde o entendimento público foi menor (Figura 7-B). Seguindo a mesma tendência da presente pesquisa, Pereira *et al.* (2021) ao realizarem um estudo sobre a percepção ambiental em relação aos MPs em cidades do Rio de Janeiro (Sudeste do Brasil), e concluíram que o nível de escolaridade foi determinante para reconhecer os impactos provocados pelos MPs (PEREIRA *et al.*, 2021). Entretanto, frisa-se que em PB e AB a maioria dos entrevistados não eram moradores do local, conforme descrito anteriormente.

No estudo de Henderson e Green (2020), a respeito da compreensão das pessoas sobre o tema no Reino Unido, poucas estabeleceram uma conexão entre o uso próprio do plástico e a poluição, embora o comportamento humano seja o responsável pelo quantitativo de plásticos no ambiente. No presente estudo, aspecto semelhante foi observado, pois em todas as praias, 100% dos entrevistados consideram que o lixo plástico pode causar impactos para os organismos da zona costeira, mas suas respostas em relação aos demais impactos não foram no mesmo sentido, não estabelecendo uma relação entre os impactos do plástico macro e micro.

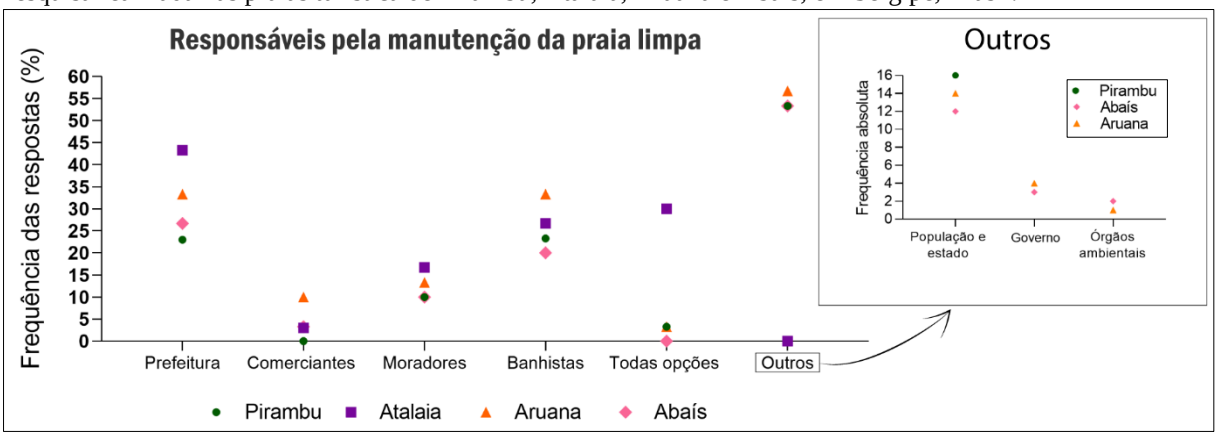
Na revisão realizada por Heidbreder *et al.* (2019), sugere-se que embora exista a conscientização sobre a problemática, as vantagens proporcionadas pelos plásticos e os hábitos de consumo dificultam as ações das pessoas. No cotidiano, os consumidores podem não pensar nos problemas ambientais relacionados aos resíduos plásticos e/ou MPs, ao tomarem a decisão de adquirir o material, levando em conta apenas a sua praticidade, por exemplo (HEIDBREDER *et al.*, 2019).

A realização de questionários no estudo de Deng *et al.* (2020), em Xangai (China) traduz que a maioria dos entrevistados acredita que a falta de conhecimento e consciência ambiental sobre os MPs é a maior dificuldade para se estabelecer a redução da poluição ocasionada pelos detritos. Quando os entrevistados foram informados sobre os possíveis danos que os MPs podem provocar na saúde humana, mais da metade demonstraram preocupação.

Nesse contexto, Yoon *et al.* (2021) concluíram que a percepção sobre os riscos atribuídos aos MPs tende a levar os sujeitos sociais a repensarem e ampliar a sensibilização sobre as questões ambientais envolvidas no uso excessivo de plásticos. Em contraponto, segundo Deng *et al.* (2020), o entendimento público sobre os impactos negativos causados pelos plásticos não é suficiente, considerando que o risco percebido sobre os MPs marinhos deve ser visto como um fator multidimensional, que leva em consideração os riscos sociais, econômicos, ambientais e físicos (YOON; JEONG; CHON, 2021).

Em termos de responsabilidade pela poluição das praias aqui analisadas, as respostas mais mencionadas pelos entrevistados foram "população e estado", "prefeitura" e "banhistas", em uma tendência de responsabilização não isolada, ou seja, muitos entrevistados consideram mais de um responsável por manter a praia limpa (Figura 8). No Reino Unido, em termos de responsabilização, houve uma variação nas respostas dos entrevistados entorno de "governantes", "indústria", "humanos" e "China" (segundo maior gerador de resíduos plásticos) (HENDERSON; GREEN, 2020).

Figura 8 - Resultado das respostas dos entrevistados, sobre os responsáveis pela manutenção da praia limpa. Pesquisa realizada nas praias turística de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil.



Fonte: Trabalho de campo, novembro e dezembro de 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

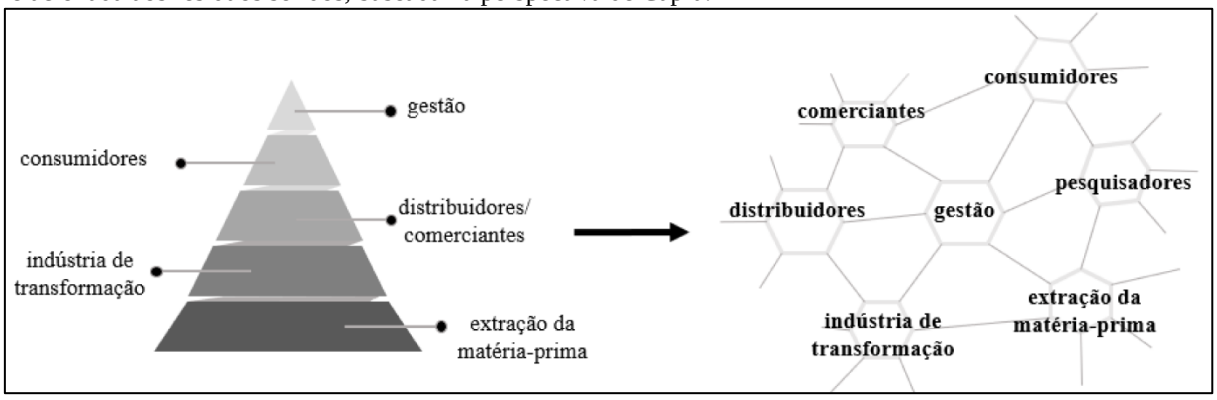
De uma maneira geral, a poluição por resíduos plásticos oferece uma perspectiva mais ampla sobre o problema-chave que o permite causar danos, a geração de resíduos sólidos e a ineficiência de gestão como um todo. O plástico passa a ser uma "imagem bandeira" e principal

agente para um crescente problema: o consumo exacerbado de itens de uso único, e consequente destinação e/ou disposição inadequada deles. Neste sentido, é necessário considerar que o sistema em que se insere a problemática ambiental é complexo, com inúmeros atores, envolvendo ações sistêmicas e interdisciplinares. Conforme expressa Capra (2006):

> Quanto mais estudamos os principais problemas de nossa época, mais somos levados a perceber que eles não podem ser entendidos isoladamente. São problemas sistêmicos, o que significa que estão interligados e são interdependentes. [...] esses problemas precisam ser vistos, exatamente, como diferentes facetas de uma única crise, que é em grande medida, uma crise de percepção (CAPRA, 2006, p.23).

E a percepção envolve interpretar o ambiente em seu entorno. Posto isso, inserir-se numa perspectiva sistêmica, inclui mudanças de padrões (que vai ao encontro da percepção), algo necessário ao tema tratado nessa pesquisa. Segundo, Capra (2006), essa mudança envolve uma alteração na organização social, passando de hierarquia para redes (Figura 9).

Figura 9 - Representação esquemática da transição de hierarquia para uma visão sistêmica, na organização social relacionada aos resíduos sólidos, baseada na perspectiva de Capra.



Fonte: Capra, 2006. Organização: Ana Alice Santos, 2022.

De acordo com Capra (2006), existe uma rede de relações embutidas em outras redes, sendo necessário colocar as interações entre elas em um contexto mais amplo, pois o reconhecimento da necessidade de uma mudança profunda de percepção acerca das problemáticas dentro na sociedade, ainda não atingiu efetivamente todos os atores envolvidos no processo, incluindo governantes, corporações, administradores e universidades.

3.3.3 O Princípio da Precaução como ação antecipada diante do risco: microplásticos

As atividades econômicas repercutem na utilização do capital natural e apresentam custos socioambientais que não são considerados. Assim é com a fabricação e utilização de plásticos de uso único de forma excessiva. Dessa forma, segundo Amado (2021), a aplicação

do princípio da precaução tem forte relação com a avaliação prévia das atividades humanas, para então avaliar os meios de evitar prejuízos. Lidar com as questões associadas a esta problemática exige ações interdisciplinares, buscando práticas antecipadas diante de um risco ainda pouco conhecido, como os causados pelos microplásticos.

De acordo com Machado e Aragão (2022), o principal efeito do conceito de precaução é dar às autoridades certa margem para decidir se uma determinada medida de proteção ambiental é realmente necessária, ou não. E desse modo, o princípio constitucional da precaução caracteriza-se por como o dano decorrente de uma ação ou inação é incerto, diante da situação atual de conhecimento científico; existe a probabilidade de efeitos graves e irreversíveis ao ambiente; e este princípio comanda diretamente as autoridades locais (MACHADO; ARAGÃO, 2022).

No Brasil, vários instrumentos legais dialogam com o gerenciamento de resíduos, como a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Saneamento Básico, a Política de Educação para o Consumo Sustentável, e mais especificamente a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada apenas em 2022 com o Decreto nº 10.936, o qual instituiu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e criou o Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR).

A Lei nº 12.305/2010, além de definir os instrumentos para a sua consecução, previu alguns princípios ambientais que fundamentam o sistema jurídico, dentre eles a visão sistêmica, o desenvolvimento sustentável, princípio da prevenção e o princípio da precaução. Ademais, os estudos envolvendo os resíduos plásticos e seu impacto no ambiente costeiro e marinho, fomentou a criação do Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, em 2019 (BRASIL, 2019).

A natureza impactante dos resíduos plásticos se estende aos mais diversos ambientes, e grande parte desses resíduos são originados a partir de plásticos descartáveis. Tal aspecto negativo recai sobre a qualidade ambiental, e intrinsecamente ao ser humano. Segundo Machado e Aragão (2022), o dano ambiental deve ser evitado através da prevenção no tempo certo, combatendo a incerteza através da pesquisa e estudos constantes dos fatos e métodos, sendo tal aspecto imprescindível para afastar a ocorrência de danos socioambientais.

Nessa ótica, a inserção dos plásticos como uma ameaça ambiental oficialmente descrita é uma das discussões mundiais da atualidade, visando conter seu crescente dano, que pode ocorrer durante todo ciclo de vida do produto (CIEL, 2019; EVERAERT *et al.*, 2020; GESAMP, 2019; WWF, 2020, 2019b). Assim, segundo Carvalho (2020), existe a necessidade de prevenir e evitar na origem, os fatores prejudiciais à saúde humana e ambiental, necessidades estas, que dependem das ações dos seres humanos em agirem com a prévia avaliação das consequências.

Em síntese, os estudos sobre a influência de MPs na saúde humana avançam, mas estabelecer de fato os riscos físicos, químicos e biológicos destes itens ainda é um desafio, cabendo utilizar o termo "potencialmente" ao referir-se aos danos provocados pelos MPs. Tal termo envolve não apenas o dano que não se tem dúvida, como também o dano incerto e o dano pouco provável, consoante o princípio da precaução, conforme expõe Machado e Aragão (2022). Segundo a legislação brasileira, consoante a Resolução nº 1 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1986), os impactos ambientais consistem em alterações físicas, químicas e biológicas do ambiente, provocadas por atividades humanas, as quais, direta ou indiretamente afetem as atividades socioeconômicas, a saúde humana e ambiental, a segurança das pessoas e as condições sanitárias do ambiente.

Nisso, no âmbito legal, cabe a elaboração de mecanismos que ajudem a diminuir as externalidades negativas decorrentes dos plásticos de uso único, sob a ótica do princípio da precaução. Tal ponto é diretamente relacionado ao gerenciamento de resíduos sólidos, o qual deve considerar as variáveis socioambientais, segundo a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, existe uma ordem de prioridade a ser seguida: a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Um dos objetivos do PNLR é "possibilitar a sinergia entre os sistemas", ou seja, a cooperação entre os atores envolvidos de forma a "estruturar, implementar e operar os sistemas de logística reversa, por meio do retorno dos produtos e das embalagens após o uso pelo consumidor". Esses instrumentos dificilmente se aplicarão aos plásticos de uso único, dada as suas dificuldades de aproveitamento, justamente em função das suas características (CRAWFORD; QUINN, 2017c).

Diante disso, vale ressaltar a Política Nacional de Educação para o Consumo Sustentável (Lei n.º 13.186/2015) a qual articula-se com Lei n.º 12.305/2010. A primeira tem o objetivo geral de estimular a adoção de práticas de consumo e técnicas ambientalmente sustentáveis e o primeiro de seus objetivos específicos é "incentivar mudanças de atitude dos consumidores na escolha de produtos que sejam produzidos com base em processos ecologicamente sustentáveis" (BRASIL, 2015).

Segundo Sarlet e Fenstersseifer (2021), algo a ser enfrentado é o custo das medidas de prevenção, sejam elas adotadas pelo país, região ou local. Sendo seu custo de acordo com cada país, isso pois, a responsabilidade ambiental é comum a todos, mas deve ser vista de forma diferenciada dada as diferentes realidades econômicas. E, quando a Administração Pública não

procura prever os danos ao ser humano e ao ambiente por meio da prática de medidas de precaução, ela deixa de buscar a eficiência, provocando prejuízos.

3.3.4 Ponderação dos riscos: políticas públicas que envolvem a poluição por plástico em Sergipe

Ao passo que a degradação ambiental se intensifica, reflexos negativos nos usos dos recursos naturais, tanto na presente quanto nas futuras gerações, são esperados (WEETMAN, 2019), sendo esse um caminho divergente ao que preza o *caput* do Art. 225 da Constituição Federal: "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" (BRASIL, 1988).

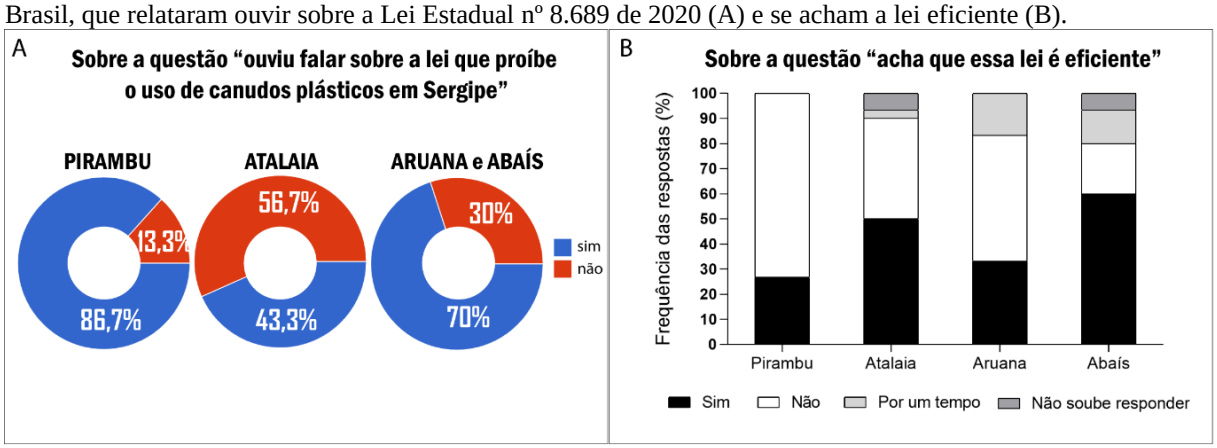
Atribuir ao Poder Público e a coletividade defender e preservar o ambiente, assim como incentivar mudanças de atitudes pró-ambientas, descritas na Lei n.º 13.186/2015 anteriormente mencionada, muitas vezes, requer aplicação de penalidades e multas. Do ponto de vista da regulação ambiental, estes mecanismos são chamados de instrumentos de comando e controle e econômico, de natureza coercitiva e de mercado, respectivamente. Eles buscam direcionar o comportamento dos atores sociais e econômicos através de restrições, regulamentações ou normatizações, além de impor taxas sobre produtos poluentes (MOURA, 2016).

Um exemplo disso seria o quantitativo de canudos plásticos descartados no ambiente, atrelado aos danos provocados especialmente em ambientes costeiros, resultando na proibição desses itens em diversos países (NETO *et al.*, 2021; VIERA *et al.*, 2020) entre eles Argentina, Peru, México, Canadá e Colômbia (NETO *et al.*, 2021). No Brasil, existem 12 regulamentações estaduais e 183 municipais, pesquisadas entre fevereiro de 2019 e setembro de 2020 (NETO *et al.*, 2021). Em Sergipe, primeiro houve a criação da Lei Municipal nº 5.203 de 2019, e depois da Lei Estadual nº 8.689 de 2020 de mesmo objetivo (SERGIPE, 2020), que se resume em proibir o fornecimento de canudos produzidos em plástico no comércio, substituindo-os por canudos de papel reciclável, material comestível ou biodegradável.

Em Aracaju, ainda existe a lei municipal que proíbe o uso de sacolas para acondicionar frutas das concessionárias de serviço público (Lei n.º 5.431/2021), considerando também a substituição por itens biodegradáveis (ARACAJU, 2021).Em relação ao ponto tratado neste tópico, ao questionar se os entrevistados já ouviram falar sobre a Lei Estadual nº 8.689 de 2020 e se eles acham esta lei eficiente, destaca-se que em Pirambu, Aruana e Abaís foram os locais onde os entrevistados mais tem conhecimento sobre essa lei. Sobre a eficiência, grande parte

das pessoas a consideram ineficiente, principalmente em PB e AR (valores acima de 60 %) (Figura 10). As respostas “não” e “por um tempo”, muitas vezes foram atribuídas pelos entrevistados à ausência de fiscalização dos órgãos competentes.

Figura 10 - Frequência de entrevistados nas praias turísticas de Pirambu, Atalaia, Aruana e Abaís, em Sergipe, Brasil, que relataram ouvir sobre a Lei Estadual nº 8.689 de 2020 (A) e se acham a lei eficiente (B).



Fonte: Trabalho de campo, 2022. Elaboração: Ana Alice Santos, 2022.

Os mecanismos de monitoramento incidem em custos de policiamento, e os governos locais muitas vezes não conseguem cobrir tais custos por um longo período, havendo um fracasso nos programas de fiscalização (BHARADWAJ; SUBEDI; CHALISE, 2021). De acordo com Bharadwaj; Subedi e Chalise (2021), recorrer ao voluntariado é uma opção, contudo, envolver membros da comunidade por um longo período, para fazer cumprir a proibição, é difícil. Segundo esses autores, uma estratégia utilizada é a sensibilização sobre a proibição por meio da comunicação em massa. Entretanto, a mídia, assim como as redes sociais, informa a notícia da proibição por um tempo, e com o passar dele, a fiscalização, o envolvimento das partes interessadas, a cobertura da mídia e o interesse das pessoas diminuem. Essa mesma problemática pode estar ocorrendo em Sergipe.

Segundo Machado e Aragão (2022), os Estados devem ser responsabilizados pela ineficiência na implementação da sua legislação, devendo atingir seus agentes políticos e funcionários. Dessa forma, se quer que os custos da má gestão recaiam sobre os autores dos danos ambientais, e não sobre a população. Para isso, as políticas públicas bem planejadas são um ponto de partida essencial diante do crescente descarte de plásticos de uso único no ambiente, porém, a criação de leis gera conflitos em diferentes esferas, perante os atores que estão envolvidos. Logo, a lei referente a proibição de canudos plásticos deslocou-se no mesmo sentido.

A criação de políticas públicas, de fato eficientes, entra em um dilema sobre a falta de um olhar sistêmico das carências sociais e a relação do homem com o ambiente, conforme Jenks e Obringer (2020). Desse modo, para aplicar instrumentos coercitivos e de mercado, é necessário analisar o contexto em que se aplica, pois a adesão de práticas sustentáveis acaba sendo motivada por questões econômicas, as quais geram outros tipos de externalidades.

A exemplo disso, a demanda de biodegradáveis modificou o tipo de consumo, e intensificou o que é o chamado de *greenwashing*, técnica do mercado para melhorar a imagem e engajamento de determinada empresa, enganando consumidores sobre suas condutas ambientais ou benefícios que um determinado produto pode oferecer (VIERA *et al.*, 2020). Tal abordagem, somada as limitações existentes para atestar a biodegradabilidade do produto podem levar a ineficiência das restrições aplicadas (VIERA *et al.*, 2020).

Muitas vezes, esses produtos ficam restritos a quem pode pagar por eles, cerca de 5 a 15% mais caros que os convencionais (de plástico), sendo que alguns tipos de "plástico verde" e de biodegradáveis ainda seguem produzindo muitos resíduos, produtos estes que desencadearam uma nova onda de consumo, conforme dados do Atlas do Plástico (2020). Assim, incentivar as pessoas utilizarem o canudo quando necessário, evita que seu uso se torne rotineiro, como seria se fossem fornecidos automaticamente ou estando facilmente à vista (NETO *et al.*, 2021).

O Projeto de Lei n.º 4.186/20 visa proibir a comercialização e o uso do plástico descartável no Brasil, a partir de 2022, com exceção de produtos essenciais à saúde pública, à alimentação e à produção industrial. Segundo o texto do PL, que está em andamento (chegando ao ano de 2023) (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023), o poder público deverá incentivar o uso de itens biodegradáveis e a reciclagem dos produtos. O descumprimento dessa medida sujeitará o infrator à advertência, na primeira autuação; multa de R$ 400,00, na segunda autuação; multa de R$ 800,00, na terceira autuação; e multa de R$ 4 mil e à suspensão do alvará de funcionamento, na quarta autuação (BRASIL, 2020).

Dentro do aspecto econômico, especialmente em relação a proibição de canudos e/ou sacolas fabricados em plásticos, envolve toda uma logística que deve ser considerada, ressaltando a importância da visão sistêmica. Isso porque a obrigatoriedade da substituição dos plásticos por outros materiais pode gerar nos fabricantes de produtos alternativos dificuldades em atender as demandas imediatas, acrescendo o valor final do item, o que pode implicar em dificuldades de adesão dos proprietários dos estabelecimentos atingidos com a regulação, principalmente os comerciantes de pequeno porte.

Outro ponto remete-se a certas características relacionadas a praticidade e comodidade que os plásticos proporcionam. Estas, podem ser dispensadas por muitos, porém são essenciais para outros. Os canudos, por exemplo, permitem que certas pessoas com deficiência tenham liberdade e capacidade de se alimentarem, e ter acesso aos itens em substituição ao plástico convencional traz limitações diante do preço mais caro, além de serem possivelmente difíceis de limpar (JENKS; OBRINGER, 2020). Ressalta-se dessa forma, a importância de políticas públicas equitativas, tendo em vista que elas devem ser elaboradas com o objetivo de atender o interesse público.

Em termos de resolução da problemática dos resíduos sólidos, especialmente os plásticos, o conceito de economia circular é discutido. Na economia circular, em substituição ao sistema de economia linear (extração da matéria-prima, produção e descarte), adota-se o uso de recursos eliminando os resíduos no desenho do produto, abrangendo todo o ciclo de vida do item, incluindo fornecimento, fabricação, distribuição e venda (WEETMAN, 2019).

3.4 Conclusão

De forma geral, as PCA indicam que pessoas adultas e idosas (entrevistados com mais de 30 anos) e com maior escolaridade (ensino médio ou acima) tendem a perceber melhor os aspectos que envolvem a poluição por plástico nas praias, das quais, os entrevistados em PB foram os que apresentaram menor percepção acerca da problemática. Não houve uma conexão entre a poluição macro e microplástica para todos os entrevistados nas praias avaliadas. Observou-se que nem todos eles conheciam a lei que proíbe os usos de canudos plásticos em Sergipe (cerca de 13% a 57%), indicando a necessidade de melhor divulgação.

Os dados gerados sinalizam a necessidade de ações que incentivem o comportamento pró-ambiental das pessoas que utilizam o ambiente de praia como lazer e recreação, bem como das pessoas de uma forma geral (usuários ou não das praias). Ressalta-se aqui, que a maioria dos entrevistados em Pirambu e Abaís não eram moradores locais, logo ações de maneira pontual não são suficientes para melhorar a sensibilização dos frequentadores, acentuando assim a importância da visão sistêmica.

Repensar nossos padrões de consumo, de uma maneira estrutural enquanto sociedade, é o ponto principal para se chegar a possíveis remediações sobre essa problemática, evitando a descartabilidade desnecessária dos plásticos e, quando se pensa em substituir um produto por outro, deve-se ter um olhar sistêmico de forma a prever a menor externalidade negativa possível.

A mitigação dessa problemática requer ações da sociedade, setores socioeconômicos, turísticos, auxílio de pesquisadores e eficiência na gestão de resíduos sólidos como um todo. Deste modo, estudos futuros que aprofundem o entendimento das pessoas sobre as problemáticas ambientais que envolvem os resíduos plásticos são fundamentais, especialmente diferenciando o público e adotando estratégias particulares, respeitando suas singularidades socioambientais, incluindo sua relação com o plástico.

3.5 Referências

AMADO, F. **Direito Ambiental**. 12. ed. Salvador, BA: Juspodivm, 2021.

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, p. 110842, fev. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842.

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, ago. 2011. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.

ARACAJU. Lei nº 5431 DE 16/12/2021 - Municipal - Aracaju. 2021. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=424850. Acesso em: 9 jul. 2022.

ATLAS DO PLÁSTICO. **Atlas do Plástico: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2020.

BANIK, P.; HOSSAIN, M. B.; NUR, A.-A. U.; CHOUDHURY, T. R.; LIBA, S. I.; YU, J.; NOMAN, Md. A.; SUN, J. Microplastics in Sediment of Kuakata Beach, Bangladesh: Occurrence, Spatial Distribution, and Risk Assessment. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 860989, 13 abr. 2022. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.860989.

BEAUMONT, N. J.; AANESEN, M.; AUSTEN, M. C.; BÖRGER, T.; CLARK, J. R.; COLE, M.; HOOPER, T.; LINDEQUE, P. K.; PASCOE, C.; WYLES, K. J. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 189–195, maio 2019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022.

BHARADWAJ, B.; SUBEDI, M. N.; CHALISE, B. K. Where is my reusable bag? Retailers' bag use before and after the plastic bag ban in Dharan Municipality of Nepal. **Waste Management**, v. 120, p. 494–502, fev. 2021. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.019.

BOOTS, B.; RUSSELL, C. W.; GREEN, D. S. Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 19, p. 11496–11506, 2019. https://doi.org/doi.org/10.1021/acs.est.9b03304.

BRASIL. Cria, no litoral norte do Estado de Sergipe, a Reserva Biológica de Santa Isabel. 1988.

BRASIL. Dispõe sobre a proibição, em todo território nacional, da fabricação, comercialização e uso de produtos plásticos de único uso. 2020. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2259965. Acesso em: 3 jan. 2023.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010.

BRASIL. **Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar**. Brasília/DF: MMA, 2019. v. 1, .

BRASIL. Política de Educação Para o Consumo Sustentável. 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº001, de 23 de janeiro de 1986. 1986.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARPENTER, E. J.; SMITH, K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. **Science**, v. 175, n. 4027, p. 1240–1241, 17 mar. 1972. https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240.

CARVALHO, D. W. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, reposta e compensação ambiental.** São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020.

CIEL. **Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019.

COOK, C. R.; HALDEN, R. U. Ecological and health issues of plastic waste. **Plastic Waste and Recycling**. [*S. l.*]: Elsevier, 2020. p. 513–527. DOI 10.1016/B978-0-12-817880-5.00020-7. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128178805000207. Acesso em: 2 jan. 2022.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. The contemporary history of plastics. **Microplastic Pollutants**. [*S. l.*]: Elsevier, 2017. p. 19–37. DOI 10.1016/B978-0-12-809406-8.00002-5. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000025. Acesso em: 16 maio 2021.

DANOPOULOS, E.; JENNER, L.; TWIDDY, M.; ROTCHELL, J. M. Microplastic contamination of salt intended for human consumption: a systematic review and meta-analysis. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 12, 2020. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03749-0.

DENG, L.; CAI, L.; SUN, F.; LI, G.; CHE, Y. Public attitudes towards microplastics: Perceptions, behaviors and policy implications. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 163, p. 105096, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105096.

EVERAERT, G.; DE RIJCKE, M.; LONNEVILLE, B.; JANSSEN, C. R.; BACKHAUS, T.; MEES, J.; VAN SEBILLE, E.; KOELMANS, A. A.; CATARINO, A. I.; VANDEGEHUCHTE, M. B. Risks of floating microplastic in the global ocean. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115499, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115499.

FERRAZ, M.; BAUER, A. L.; VALIATI, V. H.; SCHULZ, U. H. Microplastic Concentrations in Raw and Drinking Water in the Sinos River, Southern Brazil. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3115, 6 nov. 2020. https://doi.org/10.3390/w12113115.

FONSECA, V.; VILAR, J. W. C.; SANTOS, M. A. N. Reestruturação territorial do litoral de Sergipe, Brasil. **Território, meio ambiente e turismo no litotal sergipano**. São Cristáovão: Universidade Federal de Sergipe-UFS, 2010. v. 1, p. 336.

GERCO SE. **Versão final do Plano de Gerenciamento Costeiro do estado de Sergipe**. Sergipe: [*s. n.*], 2019.

GESAMP. **Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019(, 99).

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment**, n. 93. [*S. l.*]: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2016.

HEIDBREDER, L. M.; BABLOK, I.; DREWS, S.; MENZEL, C. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1077–1093, jun. 2019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.437.

HENDERSON, L.; GREEN, C. Making sense of microplastics? Public understandings of plastic pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 152, p. 110908, mar. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110908.

IBGE. Cidades – Sergipe. 2021. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/itaporanga-dajuda/panorama. Acesso em: 4 jun. 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, n. 6223, p. 768–771, 13 fev. 2015. https://doi.org/10.1126/science.1260352.

JENKS, A. B.; OBRINGER, K. M. The poverty of plastics bans: Environmentalism's win is a loss for disabled people. **Critical Social Policy**, v. 40, n. 1, p. 151–161, fev. 2020. https://doi.org/10.1177/0261018319868362.

KARAMI, A.; GOLIESKARDI, A.; CHOO, C. K.; LARAT, V.; KARBALAEI, S.; SALAMATINIA, B. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 1380–1386, jan. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7.** https://CRAN.R-project.org/package=factoextra: [*s. n.*], 2020.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, 2008. DOI 10.18637/jss.v025.i01. Disponível em: http://www.jstatsoft.org/v25/i01/. Acesso em: 11 jan. 2023.

LI, L.; LUO, Y.; LI, R.; ZHOU, Q.; PEIJNENBURG, W. J. G. M.; YIN, N.; YANG, J.; TU, C.; ZHANG, Y. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 11, p. 929–937, 1 nov. 2020. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0567-9.

LIAO, Z.; JI, X.; MA, Y.; LV, B.; HUANG, W.; ZHU, X.; FANG, M.; WANG, Q.; WANG, X.; DAHLGREN, R.; SHANG, X. Airborne microplastics in indoor and outdoor environments of a coastal city in Eastern China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 417, p. 126007, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126007.

MACHADO, A. A. de S.; KLOAS, W.; ZARFL, C.; HEMPEL, S.; RILLIG, M. C. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 4, p. 1405–1416, abr. 2018. https://doi.org/10.1111/gcb.14020.

MACHADO, P. A.; ARAGÃO, M. A. de. **Princípios de Direito Ambiental**. São Paulo: JusPodivm, 2022.

MACLEOD, M.; ARP, H. P. H.; TEKMAN, M. B.; JAHNKE, A. The global threat from plastic pollution. **Science**, v. 373, n. 6550, p. 61–65, 2 jul. 2021. https://doi.org/10.1126/science.abg5433.

MOURA, A. M. M. de (Org.). **Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2016.

NETO, A. M.; GOMES, T. S.; PERTEL, M.; VIEIRA, L. A. V. P.; PACHECO, E. B. A. V. An overview of plastic straw policies in the Americas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 172, p. 112813, nov. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112813.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. Records of marine litter contamination in tropical beaches (Sergipe, Brazil) with different uses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112532, set. 2021a. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112532.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. What remains on the beach after tourists leave? The case of Abaís beach (Sergipe, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 171, p. 112700, out. 2021b. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112700.

PABORTSAVA, K.; LAMPITT, R. S. High concentrations of plastic hidden beneath the surface of the Atlantic Ocean. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 4073, dez. 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17932-9.

PAIVA, B. O.; DE SOUZA, A. K. M.; SOARES, P. L.; DA SILVA, J. R. P.; VENDEL, A. L. Elevada ingestão de microplásticos pela corvina Micropogonias furnieri (Acanthuriformes: Sciaenidae). **Gaia Scientia**, v. 15, n. 4, p. 83–96, 2022. https://doi.org/10.22478/ufpb.1981.

PATCHAIYAPPAN, A.; AHMED, S. Z.; DOWARAH, K.; JAYAKUMAR, S.; DEVIPRIYA, S. P. Occurrence, distribution and composition of microplastics in the sediments of South Andaman beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111227, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111227.

PEREIRA, M. L. O. V. C.; FRAGEL-MADEIRA, L.; SANTOS, R. F. dos; SOUZA, T. V. de A.; ALVES, G. H. V. S. A percepção pública como instrumento de educação ambiental: Um

estudo sobre microplásticos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e45210715411, 28 jun. 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15411.

PEREZ-VENEGAS, D.; PAVÉS, H.; PULGAR, J.; AHRENDT, C.; SEGUEL, M.; GALBÁN-MALAGÓN, C. J. Coastal debris survey in a Remote Island of the Chilean Northern Patagonia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 125, n. 1–2, p. 530–534, 2017.

PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. PL 4186/2020. 2023. **Portal da Câmara dos Deputados**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2259965. Acesso em: 4 jan. 2023.

PREFEITUTA MUNICIPAL DE ESTÂNCIA. Prefeitura Municipal de Estância. 2021. Disponível em: https://www.estancia.se.gov.br/. Acesso em: 5 jul. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria: [*s. n.*], 2020. Disponível em: https://www.R-project.org/.

RAGUSA, A.; SVELATO, A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C. A.; BAIOCCO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274.

RANGEL-BUITRAGO, N.; ARROYO-OLARTE, H.; TRILLERAS, J.; ARANA, V. A.; MANTILLA-BARBOSA, E.; GRACIA C., A.; MENDOZA, A. V.; NEAL, W. J.; WILLIAMS, A. T.; MICALLEF, A. Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112685, set. 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112685.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria: [s.n.].2020.

ROTHSTEIN, S. I. PLASTIC PARTICLE POLLUTION OF THE SURFACE OF THE ATLANTIC OCEAN: EVIDENCE FROM A SEABIRD. **Condor**, v. 75, p. 344–345, 1973. .

SANTOS, A. A.; NOBRE, F. S. de 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, p. 111015, abr. 2020. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111015.

SARLET, I. W.; FENSTERSSEIFER, T. **Direito constitucional ecológico: constituição, direitos fundamentais e proteção da natureza.** 7ª ed. São Paulo: RT, 2021.

SCOTT, P. G. Plastics packaging and coastal pollution. **International Journal of Environmental Studies**, v. 3, n. 1–4, p. 35–36, jan. 1972. https://doi.org/10.1080/00207237208709489.

SERGIPE. Proíbe, no Estado de Sergipe, o fornecimento de canudos confeccionados em material plástico, e dá providências correlatas. 2020.

SHRUTI, V. C.; PÉREZ-GUEVARA, F.; ELIZALDE-MARTÍNEZ, I.; KUTRALAM-MUNIASAMY, G. First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks - Future research and environmental considerations. **Science of The Total Environment**, v. 726, p. 138580, jul. 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138580.

SILVA, A. C. D. **Proposta de retificação e atualização dos limites da Reserva Biológica de Santa Isabel, no Estado de Sergipe**. [*S. l.*: *s. n.*], 2010.

TORRES-AGULLO, A.; KARANASIOU, A.; MORENO, T.; LACORTE, S. Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 800, p. 149555, dez. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149555.

UN ENVIRONMENT. A Campanha. 14 dez. 2021. **Clean Seas**. Disponível em: http://www.cleanseas.org/pt-br/SOBRE. Acesso em: 14 jan. 2022.

UN ENVIRONMENT. **Marine Litter Socio Economic Study, United Nations Environment Programme**. Nairobi. Kenya.: [*s. n.*], 2017.

VIEIRA, K. S.; BAPTISTA NETO, J. A.; CRAPEZ, M. A. C.; GAYLARDE, C.; PIERRI, B. da S.; SALDAÑA-SERRANO, M.; BAINY, A. C. D.; NOGUEIRA, D. J.; FONSECA, E. M. Occurrence of microplastics and heavy metals accumulation in native oysters Crassostrea Gasar in the Paranaguá estuarine system, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 166, p. 112225, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112225.

VIERA, J. S. C.; MARQUES, M. R. C.; NAZARETH, M. C.; JIMENEZ, P. C.; CASTRO, Í. B. On replacing single-use plastic with so-called biodegradable ones: The case with straws. **Environmental Science & Policy**, v. 106, p. 177–181, abr. 2020. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.007.

WEETMAN, C. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. 1. ed. São Paulo: [*s. n.*], 2019.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York: [*s. n.*], 2016.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and Human Health: A Micro Issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634–6647, 20 jun. 2017. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423.

WWF. **The business case for a UN treaty on plastic pollution**. [*S. l.*: *s. n.*], 2020.

WWF, W. W. F. **No Plastic in Nature: Assessing Exposure to Plastic in People from Nature**. Switzerland: Gland, 2019.

XIONG, X.; TU, Y.; CHEN, X.; JIANG, X.; SHI, H.; WU, C.; ELSER, J. J. Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (Carassius auratus): influence of color and

morphological features. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e03063, dez. 2019. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03063.

YAN, Z.; LIU, Y.; ZHANG, T.; ZHANG, F.; REN, H.; ZHANG, Y. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. **Environmental Science & Technology**, p. 414–421, 22 dez. 2021. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03924.

YOON, A.; JEONG, D.; CHON, J. The impact of the risk perception of ocean microplastics on tourists' pro-environmental behavior intention. **Science of The Total Environment**, v. 774, p. 144782, jun. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144782.

CONCLUSÕES GERAIS

As praias de Sergipe apresentam intervenções antrópicas que propiciam a deposição de resíduos plásticos e consequente distribuição de fragmentos plásticos, ao longo da sua costa, assim como em várias outras regiões, devido à ubiquidade destes itens. As regiões costeiras são ambientes frágeis e sua utilização deve ser ambientalmente adequada, visando a conservação. Contudo, realizar de fato o que é exposto em lei é complexo, principalmente diante das inúmeras externalidades negativas resultantes de atividades humanas.

A ocorrência de MPs em praias do litoral norte, centro e sul sergipano foi registrada neste estudo, bem como a percepção dos frequentadores das praias acerca dos possíveis impactos provocados pelos MPs. De acordo com o artigo 2, refuta-se a hipótese levantada nesta dissertação, tendo em vista que a quantidade de MPs conforme os índices aplicados não foram consideradas elevadas de um modo geral. Entretanto, ressalta-se que as praias ainda assim, apresentam poluição por MPs, e todas as tipologias frequentemente relatadas em outros estudos ao redor do mundo também foram registradas em Sergipe (fragmentos, filamentos/fibras, espuma/isopor, pellets e filmes).

Ainda que a presença de microplásticos nas praias de Sergipe seja considerada baixa, existe a necessidade de mais estudos sobre o tema, tendo em vista que a poluição por macro e microplásticos, pode ter implicações negativas na ecologia, na produção e qualidade dos recursos providos, bem como propiciar potenciais riscos à saúde humana através do acúmulo de microplásticos e compostos potencialmente tóxicos em água potável, sal de cozinha, ar, e nos tecidos dos alimentos consumidos, especialmente porque os efeitos da poluição por MPs não são bem explicitados. Desta forma é necessário tomar atitudes antecipadas (preventivas) diante de um risco incerto. Ademais, destaca-se que microplásticos foram encontrados em áreas da Reserva Biológica de Santa Isabel (Unidade de Conservação de Proteção Integral), um importante sítio de nidificação de tartarugas-marinhas, e tal fato intensifica os potenciais riscos em função da poluição por microplásticos nestes locais.

Assim, pesquisas futuras sobre esse tema são essenciais, não só no aspecto quali-quantitativo, mas também químico e ecotoxicológico, estabelecendo suas relações socioambientais. O entendimento sobre a percepção das pessoas de uma maneira geral, sejam usuários, ou não das praias, sobre os MPs, e ações de educação, evidenciando a problemática, são estratégias complementares e essenciais, considerando o papel dos atores sociais no uso de plásticos descartáveis.

As possíveis soluções para os problemas socioambientais tornam-se mais efetivas se as ações forem aplicadas dentro do contexto particular em que se encontram as áreas onde o fenômeno está sendo estudado. Por fim, os resultados gerados aqui podem contribuir para o fornecimento de dados sobre a problemática no estado de Sergipe e então podem ajudar ampliando os esforços, ao menos locais, que podem contribuir com o fomento de práticas mitigadoras de poluição, pois uma abordagem socioambiental amplia a possibilidade de estratégias que podem ser aplicadas na gestão e planejamento ambiental

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRAIAS DO LITORAL NORTE

LAGOA REDONDA

Fonte: Trabalho de campo, 2022.

PIRAMBU

Fonte: Trabalho de campo, 2022. As estacas representam as marcações dos ninhos de tartaruga-marinha.

APÊNDICE B – PRAIAS DO LITORAL CENTRO

Atalaia, Aracaju, Sergipe-Brasil

Fonte: Trabalho de campo, 2022. Linha tracejada e indicação da inclinação elaborada por Ana Alice Santos.

Aruana, Aracaju Sergipe-Brasil

Fonte: Trabalho de campo, 2022

Inclinação na praia de Atalaia, Aracaju, Sergipe-Brasil

Fonte: Trabalho de campo, 2022. Linha tracejada e indicação da inclinação elaborada por Ana Alice Santos.

APÊNDICE C – PRAIA DO LITORAL SUL

Abaís, Estância, Sergipe-Brasil

Fonte: Trabalho de campo, 2022.

Processo de erosão na praia do Abaís, Estância, Sergipe-Brasil

Organização: Ana Alice Santos, 2022. Fonte: Trabalho de campo, 2022.

APÊNCIDE D - DETRITOS PLÁSTICOS ENCONTRADOS NA MARGEM DO RIO JAPARATUBA, EM PIRAMBU, LITORAL NORTE DE SERGIPE

Organização: Ana Alice Santos, 2022. Fonte: Trabalho de campo, 2022. Detritos circulados em vermelho.

APÊNDICE E-RESÍDUOS MARINHOS ENCONTRADOS NAS PRAIAS ANALISADAS

Lagoa Redonda: A -copo descartável e fragmentos grandes; B-garrafas e embalagem de alimento; C-corda

Pirambu: D- item de isopor; E- garrafas

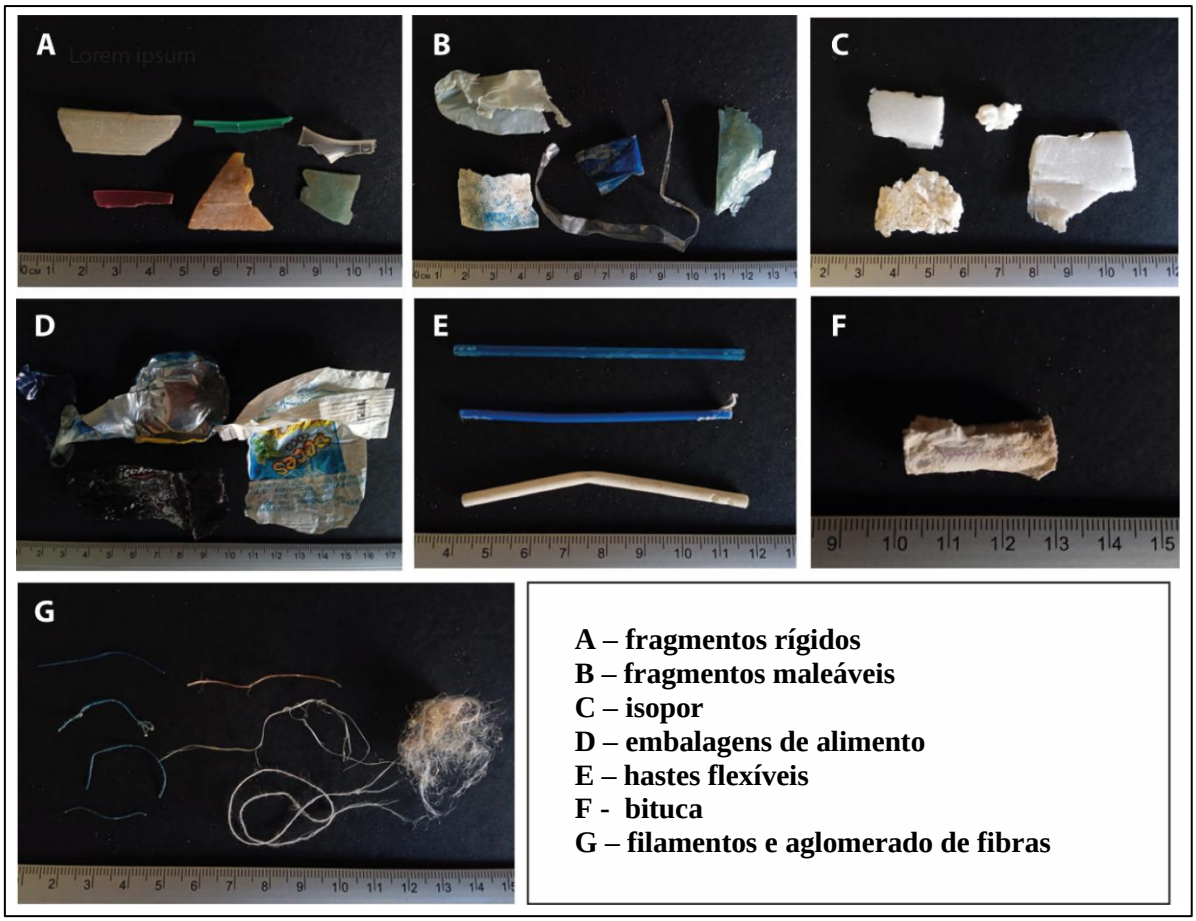
Atalaia: F-lacre; G- embalagem de alimento

Aruana: H-embalagem de cosmético; I - embalagem de alimento

Abaís: J- corda desgastada; K- embalagem de óleo para motor; L-embalagem de alimento

Fonte: Trabalho de campo, 2022. Organização: Ana Alice Santos, 2021.

APÊNDICE F - MACRO E MESOPLÁSTICO ENCONTRADOS NAS PRAIAS ANALISADAS



Organização: Ana Alice Santos, 2021. Fonte: Trabalho de campo, 2022.

Resíduo plástico em processo de fragmentação. Praia da Aruana, Aracaju-Sergipe (Brasil).

Organização: Ana Alice Santos 2022. Fonte: Trabalho de Campo, 2022.

APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário a participar da pesquisa intitulada "Ocorrência e impactos de microplásticos no litoral sergipano: uma abordagem socioambiental" desenvolvida por Ana Alice Santos, discente do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe, sob orientação do professor Dr. Jailton de Jesus Costa. Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a ocorrência e os impactos socioambientais que podem ser causados pela presença de microplásticos nas praias do litoral sergipano, especificamente, referindo-se aos voluntários da pesquisa, objetiva-se avaliar a percepção ambiental dos frequentadores das praias em relação aos microplásticos.

Para a coleta de dados, será realizada a aplicação de questionários de caráter estruturado, com perguntas formuladas na mesma sequência para todos os entrevistados, por meio de um roteiro pré-estabelecido. Assim, a sua participação consistirá em responder perguntas do questionário ao pesquisador do projeto. Segundo a Resolução 466/12, toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e graus variados, os quais podem estar relacionados ao desconforto e até mesmo estresse pela abordagem do pesquisador, ou ainda, constrangimento, devido à exposição do pensamento do participante ao pesquisador. Nisso, haverá o cuidado para não fazer cobranças indevidas. Salienta-se que o participante tem garantia de assistência gratuita no que se refere aos possíveis riscos associados a esta pesquisa por parte do pesquisador, patrocinador e as instituições e/ou organizações envolvidas nas diferentes fases da pesquisa, conforme resolução CNS n° 466/12.

Como benefício, pode haver a promoção da sensibilização ambiental em relação ao tema geral tratado na presente pesquisa: impactos socioambientais relativos ao uso indiscriminado de itens de plásticos descartáveis, e, consequente geração de resíduos sólidos que propiciam o incremento de microplásticos no ambiente, potenciais causadores de danos adversos.

Os questionários serão armazenados para análise e somente terão acesso aos mesmos, a pesquisadora e seu orientador. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. Os pesquisadores irão tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar
deste estudo. Caso o(a) participante sofra qualquer tipo de dano resultante de sua participação nesta pesquisa, previsto ou não neste Termo, têm direito à indenização, por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa (Resolução CNS n° 466 de 2012).

Após ser esclarecido(a) sobre as informações da pesquisa, caso aceite fazer parte do estudo preencha as duas vias do termo com todos os dados requisitados. Uma via deste consentimento informado será arquivada pelos pesquisadores e outra será fornecida a você. Desde logo, fica garantido o sigilo das informações, em caso de recusa

você não será penalizado(a) de forma alguma. A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DO(A) PARTICIPANTE

Eu, _____, declaro compreender as informações dispostas nesse termo de consentimento e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito. Em caso de dúvidas poderei entrar em contato com a estudante pesquisadora Ana Alice Santos ou o professor orientador Jailton de Jesus Costa, respectivamente nos e-mails anali@academico.ufs.br e jailton@academico.ufs.br, ou no telefone (79)[redacted]

Para também esclarecer dúvidas, fazer reclamações ou denúncia, o participante pode entrar em contado com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe. O CEP tem a finalidade de defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade dentro de padrões éticos. Endereço do CEP: Rua Cláudio Batista s/nº Bairro: Sanatório – Aracaju CEP: 49.060-110 – SE Contato por e-mail: cep@academico.ufs.br Telefone e horários para contato: (79) 3194-7208 – Segunda a Sexta-feira das 07 às 12h.

_____, _____ de _____ de 2022

_____
Assinatura do(a) participante

_____
Assinatura da Pesquisadora Responsável

APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO

cód.: _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

PRODEMA - UFS

Avaliação do perfil dos frequentadores das praias estudadas quanto a poluição causada por microplásticos marinhos.

1.Você vê algum lixo na praia?
( )sim ( )não
Caso SIM:Qual tipo de lixo você mais observa nesta praia?
( )plástico ( )papel ( )vidro ( )metal ( )madeira
( )restos de alimento:_____
( )outro: _____

2.Para onde você acha que vai o lixo gerado nesta praia?
( )lixão ( )aterro ( )mar ( )não sabe
( )outro: _____

3.O que você faz com o lixo que você gera na praia?
( ) jogo na lixeira próxima/ da rua ( )deixo na barraca/mesa
( )deixo na areia ( )não gera ( )outro: _____

4.Você acha que o lixo plástico causa impactos negativos para a saúde dos organismos da praia e do mar?
( )sim ( )não ( )não sabe

5. Você acha que o lixo plástico causa impactos negativos para a saúde das pessoas?
( )sim ( )não ( )não sabe

6.Quem você considera responsável pela manutenção da praia limpa?
( )prefeitura ( )comerciantes ( )moradores ( )banhistas
( )todas opções ( )outros: _____

7.Você já ouviu falar sobre a lei que proíbe o uso de canudos de plástico no comércio de Sergipe?
( )sim ( )não

8.Você acha que essa lei é eficiente?
( )sim ( )não ( ) por um tempo ( )não sabe

9.Você já ouviu falar sobre microplásticos?
( )sim ( )não
Caso SIM: Em qual meio você ouviu falar sobre microplásticos?: ( ) TV ( )internet/rede social
( )acadêmico ( )outro: _____

10.Qual local você acha que existe mais microplástico?
( )terra ( )oceano ( )animais e plantas ( )ar ( )rios e lagos/água doce ( )areia da praia ( )não sabe outros:_____

11.Você acha que os microplásticos representam um perigo para os organismos da praia e do mar?
( )sim ( )não ( )não sabe

12.Você acha que os microplásticos representam um perigo para a saúde das pessoas?
( )sim ( )não ( )não sabe

13.Você acha que a presença de microplásticos na praia e no mar pode gerar prejuízos econômicos?
( )sim ( )não ( )não sabe

14. Você acha que come/ingere microplásticos?
( )sim ( )não ( )não sabe
Caso SIM: A partir de que? (Por qual fonte):
( )peixes e frutos do mar ( )ar que respiramos ( )água doce/mar ( ) alimentos industrializados/embalados
( ) não sabe ( )todas opções ( )outro: _____

15. Quando as máscaras eram obrigatórias por causa da pandemia, você utilizava máscaras descartáveis ou de pano (tecido)?
( )descartável ( )tecido ( )ambas

16.Você pensa em diminuir o uso de plásticos descartáveis?
( )sim ( )sim, mas acho difícil ( )não

Perfil do frequentador

17.Gênero:
( )feminino ( )masculino outro:_____

18.Faixa etária:
( )18 – 20 ( )21 – 30 ( )31 – 39
( )40 – 49 ( )50 – 59 ( )60 ou mais

19.Escolaridade:
( )fundamental completo ( )fundamental incompleto
( )médio completo ( )médio incompleto
( )superior completo ( )superior incompleto
( )outro: _____

20. Renda mensal (salários mínimos):
( ) menos de 1 salário ( )1-2 salários ( )1-2 ( )3-4 salários
( ) 4-5 salários ( )maior que 5 salários ( )desempregado
( )não respondeu

21.O entrevistado é:
( )morador ( )turista/visitante ( )veranista/possui 2ªresidência

ANEXOS

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS NA RESERVA BIOLÓGICA DE SANTA ISABEL

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 82371-1	Data da Emissão: 18/03/2022 14:17:17	Data da Revalidação*: 18/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

SISBIO

Nome: JAILTON DE JESUS COSTA [redacted]	
Título do Projeto: Pesquisa de Campo da Dissertação de Mestrado de Ana Alice Santos, por mim orientada, no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFS.	
Título: OCORRÊNCIA E IMPACTOS DE MICROPLÁSTICOS NO LITORAL SERGIPANO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL	
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Sergipe	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de sedimentos e microplásticos	03/2022	06/2022

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Ana Alice Santos	Pesquisadora	[redacted]	Brasileira

Observações e ressalvas

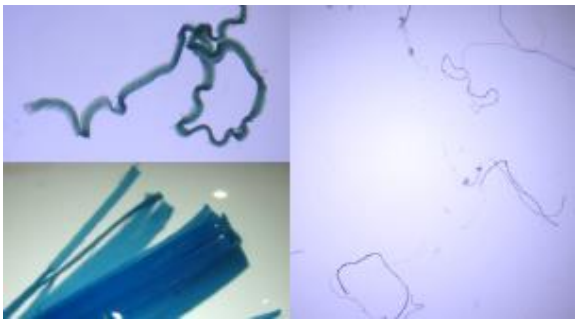
1	Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas.
2	Esta autorização NÃO libera o uso de substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO libera o uso de substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros)
4	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiarem a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que específica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen.
8	O titular de licença ou autorização e os membros de sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0823710120220318 **Página 1/3**

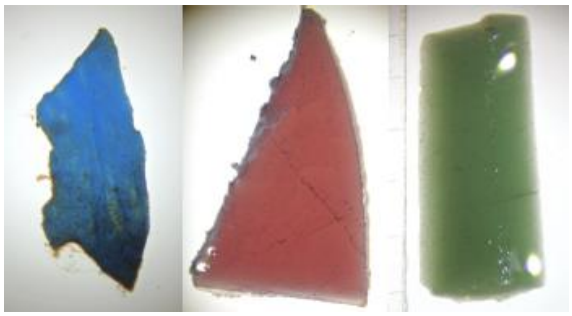
ANEXO B - GUIA DE IDENTIFICAÇÃO VISUAL DOS MICROPLÁSTICOS ENTRE 1 E 5MM

Filamento/fibra (1)

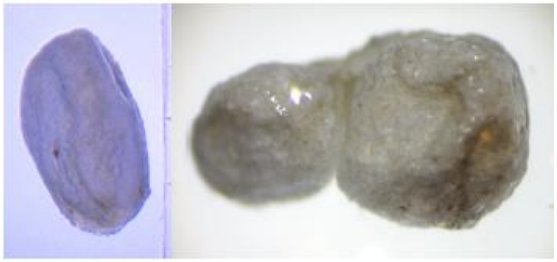


Filme (2)

Fragmento (3)



Espuma/Isopor (4)

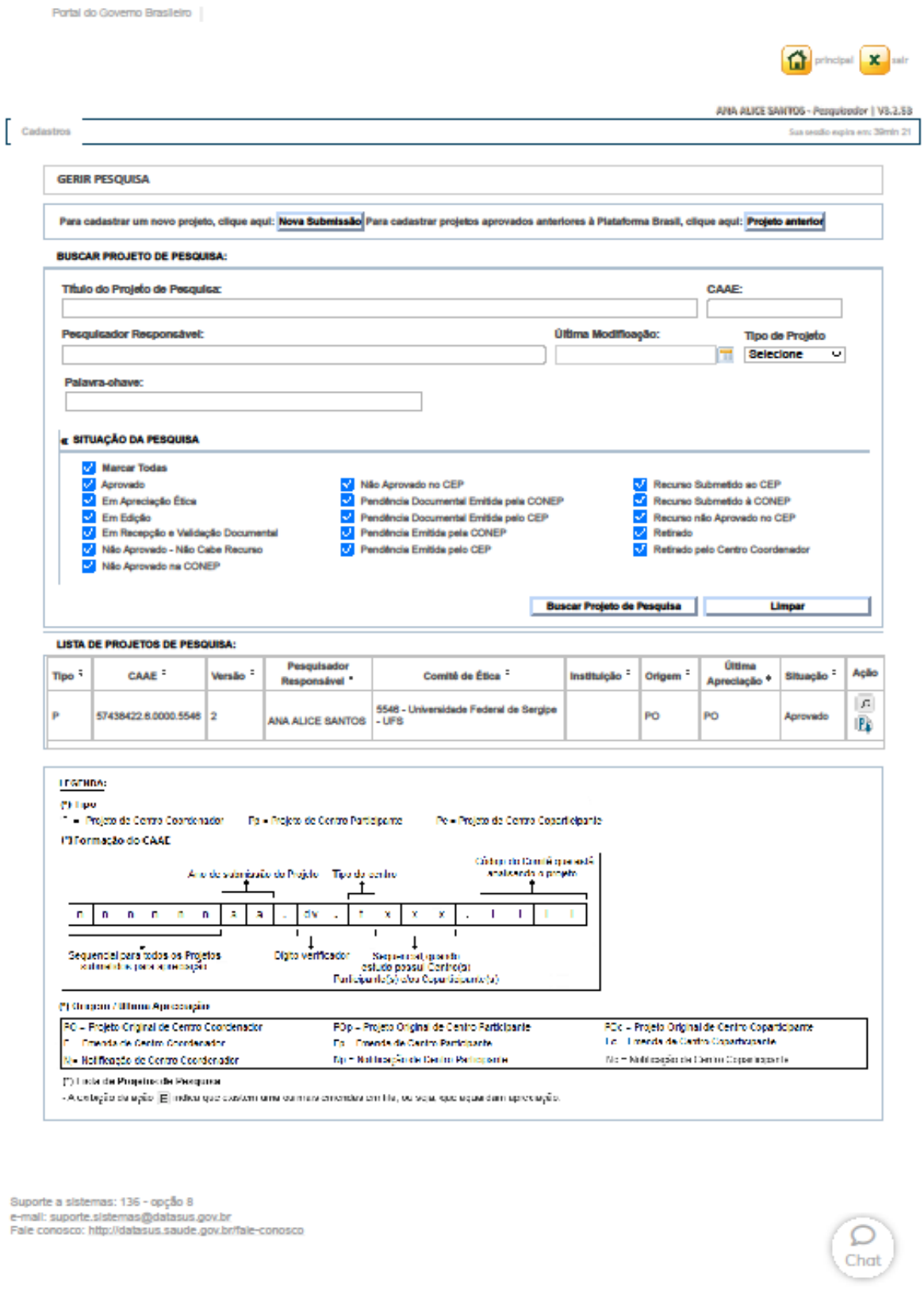


Pellet/esférula (5)

Descrição: 1 – monofilamentos, aspecto de linha, fibra; 2 – filmes, aspecto fino e maleável; 3 – partículas duras irregulares; 4 – aspecto macio; 5 – itens rígidos nas formas cilíndricas, ovoides ou esféricas.

Fonte: Adaptado de A Rocha Internacional (2018).

ANEXO C - AUTORIZAÇÃO PLATAFORMA BRASIL



Portal do Governo Brasileiro

principal sair

ANA ALICE SANTOS - Pesquisador | V3.2.53

Cadastros

Sua sessão expira em: 39min 21

GERIR PESQUISA

Para cadastrar um novo projeto, clique aqui: **Nova Submissão** Para cadastrar projetos aprovados anteriores à Plataforma Brasil, clique aqui: **Projeto anterior**

BUSCAR PROJETO DE PESQUISA:

Título do Projeto de Pesquisa:

CAAE:

Pesquisador Responsável:

Última Modificação:

Tipo de Projeto: Selecione

Palavra-chave:

SITUAÇÃO DA PESQUISA

- Marcar Todas
- Aprovado
- Em Apreciação Ética
- Em Edição
- Em Recepção e Validação Documental
- Não Aprovado - Não Cabe Recurso
- Não Aprovado na CONEP
- Não Aprovado no CEP
- Pendência Documental Emitida pela CONEP
- Pendência Documental Emitida pelo CEP
- Pendência Emitida pela CONEP
- Pendência Emitida pelo CEP
- Recurso Submetido ao CEP
- Recurso Submetido à CONEP
- Recurso não Aprovado no CEP
- Retirado
- Retirado pelo Centro Coordenador

Buscar Projeto de Pesquisa | Limpar

LISTA DE PROJETOS DE PESQUISA:

Tipo	CAAE	Versão	Pesquisador Responsável	Comitê de Ética	Instituição	Origem	Última Apreciação	Situação	Ação
P	57438422.8.0000.5546	2	ANA ALICE SANTOS	5546 - Universidade Federal de Sergipe - UFS		PO	PO	Aprovado	

LEGENDA:

(*) Tipo

P = Projeto do Centro Coordenador | Pa = Projeto do Centro Participante | Pc = Projeto do Centro Coparticipante

(*) Formação do CAAE

Ano de submissão do Projeto | Tipo do centro | Código do Comitê que está analisando o projeto

n n n n n n / d d . dv . t x x x . i i i i

Sequencial para todos os Projetos submetidos para apreciação | Dígito verificador | Sequencial quando estudo possui Centro(s) Participante(s) e/ou Coparticipante(s)

(*) Origem / Última Apreciação

PO – Projeto Original de Centro Coordenador	POp – Projeto Original de Centro Participante	POc – Projeto Original de Centro Coparticipante
E – Emenda de Centro Coordenador	Ep – Emenda de Centro Participante	Ec – Emenda de Centro Coparticipante
N – Notificação de Centro Coordenador	Np – Notificação de Centro Participante	Nc – Notificação de Centro Coparticipante

(*) Data de Projetos de Pesquisa

- A coleção de ação E indica que existem uma ou mais emendas em fila, ou seja, que aguardam apreciação.

Suporte a sistemas: 136 - opção 8
e-mail: suporte.sistemas@datasus.gov.br
Fale conosco: http://datasus.saude.gov.br/fale-conosco

Chat