

CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM ECOSSISTEMAS COSTEIROS DO RIO DE JANEIRO: *DESAFIOS & OPORTUNIDADES*

ORGANIZADORES

Marlise Araújo, Aline Aguiar & Paulo Harkot

PROJETO ILHAS DO RIO

Mar Adentro

ABLM
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMBATE AO LIXO NO MAR

ABLM_ebook_v10.indd 1 6/3/24 7:31 AM

CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM ECOSSISTEMAS COSTEIROS DO RIO DE JANEIRO: *DESAFIOS & OPORTUNIDADES*

ORGANIZADORES
Marlise Araújo, Aline Aguiar & Paulo Harkot

Este trabalho foi elaborado com recursos do Termo de Ajustamento de Conduta celebrado entre o Ministério Público Federal e a Petrobras, com a interveniência do FUNBIO, no âmbito do Inquérito Civil nº 1.30.001.000486/2019-08.

RIO DE JANEIRO
2024

ABLM_ebook_v10.indd 2 6/3/24 7:31 AM

Contaminação por microplásticos em ecossistemas costeiros do Rio de Janeiro: Desafios e Oportunidades

© Organizadores / Instituto Mar Adentro / Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

Organizadores
Marlise Araújo, Aline Aguiar e Paulo Harkot

Fotografias
Athila Bertonicini, Caio Salles e Fernando Moraes (Projeto Ilhas do Rio - Fases 1, 2 e 3)

Ilustrações e Infográficos
Bloom Ocean

Revisão de Texto
Bloom Ocean

Revisão científica
Capítulo 2 – Renato Carreira

Projeto Gráfico e Diagramação
Bloom Ocean

Subprojeto "Caracterização do microplástico que circula pela Unidade de Conservação do Monumento Natural das Ilhas Cagarras no Rio de Janeiro: subsídios para a fundamentação de Políticas Públicas"

Realização
Projeto Ilhas do Rio, Instituto Mar Adentro e

Correalização
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

Coordenador do Subprojeto
Paulo Harkot

Supervisão Geral Projeto Ilhas do Rio
Aline Aguiar/ Coordenação Científica

Supervisão Geral Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
Laura Pires Petroni/Gerente de Projetos

Presidente Instituto Mar Adentro
Paulo Guerra

Presidente Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar
Marlise Araújo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Contaminação por microplásticos em ecossistemas costeiros do Rio de Janeiro [livro eletrônico] : desafios e oportunidades / organizadores Marlise Araujo, Aline Aguiar, Paulo Harkot.
-- Rio de Janeiro : Instituto Mar Adentro -IMA, 2024.
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-85-68249-02-4

1. Baía de Guanabara (RJ) 2. Ecossistemas

3. Plásticos - Aspectos ambientais 4. Poluição -Aspectos ambientais 5. Resíduos plásticos 6. Zonas costeiras e marinhas - Gestão I. Araujo, Marlise. II. Aguiar, Aline. III. Harkot, Paulo.

24-209030 CDD-363.7282

Índices para catálogo sistemático:

1. Plástico : Lixo : Poluição : Meio ambiente : Problemas sociais 363.7282

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

AGRADECIMENTOS

À equipe do Subprojeto "Caracterização do microplástico que circula pela Unidade de Conservação do Monumento Natural das Ilhas Cagarras no Rio de Janeiro: subsídios para a fundamentação de Políticas Públicas".

Ao Projeto Ilhas do Rio, Instituto Mar Adentro e Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar.

Ao apoio do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) no âmbito do Projeto TAC Almoxarifados Submarinos, em especial à Laura Petroni, Gerente de Projetos.

Às instituições Parceiras do Subprojeto - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio): LabMAM e Dep de Biologia; Universidade Federal Fluminense - LAGEMAR; Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ / COPPETEC.

Ao Monumento Natural das Ilhas Cagarras pelo apoio e licença de pesquisa, em especial a Tatiana Ribeiro, chefe da Unidade de Conservação.

Ao Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar III, em especial presidente do Comitê Gestor, Arthur Ayres Neto, Gerente Operacional, Paulo Aragon e o Comandante Ivson e sua tripulação.

Aos revisores científicos dos capítulos, Renato Carreira, Ma. Luiza Pedrotti.

Aos colegas pelo apoio no trabalho de campo, análises laboratoriais, tratamento de dados e revisão bibliográfica: Acacio Rego, André Camacho, Andressa Monteiro, Diego Carvalho, Diene M. Ribeiro, Denise Mano, Ellen Santos, Elizabeth H. de La Taille, Felipe Kassler, Jakeline Prata, João Victor Sbano, José Antônio Baptista Neto, Leonardo Tourino, Lourdes M. de Souza, Luiz Lima, Manoel Padreca, Michelle Araújo, Paula Kreimer, Renato Carreira, Rodrigo Barreto, Rodrigo Moura, Rodrigo Souza, Tácio M. de Campos, Victor Carozo, Vitor Sales, Sérgio Jordão, Sidnei Paciornik.

À equipe Administrativo-Financeiro – Clerio Aguiar, Elionay Kibrite, Monica Matera, Vanessa Almeida e Eliade Klipel.

Autores - Aline Aguiar, Eduardo Paes, Laura Petroni, Maria Luiza Pedrotti, Marlise Araújo, Mauricio Cerda, Paulo Harkot, Paulo Rosman, Rafael Ferreira, Ricardo Portugal, Roberta Brasileiro, Silvia Schwamborn, Tatiana Ribeiro, Vinicius Vogel, Vitória Clem.

Alguns dos colaboradores acima participaram em mais de uma forma de apoio, mas pela limitação de espaço foram mencionados apenas uma vez.

As informações e análises aqui apresentadas são de responsabilidade dos autores podendo não refletir a posição dos organizadores.

ABLM_ebook_v10.indd 4 6/3/24 7:31 AM



“Mesmo se você nunca tiver a chance de ver ou tocar no oceano, o oceano toca em você em cada respiração que você faz, a cada gota de água que você bebe, a cada mordida do que você consome. Todos, em todos os lugares estão inextricavelmente conectados e totalmente dependentes da existência do mar.”

DRA SYLVIA EARLE,
OCEANÓGRAFA E LÍDER DA ALIANÇA MISSION BLUE

ABLM_ebook_v10.indd 5 6/3/24 7:31 AM

PREFÁCIO

Foi com grande satisfação que acompanhei a construção deste livro, uma obra que reúne os resultados de pesquisas científicas conduzidas por diversos especialistas, oferecendo uma análise multifacetada sobre a urgente problemática da poluição marinha.

Embora trate de assuntos técnicos, esta publicação foi elaborada de forma a propiciar uma leitura acessível, o que é um diferencial do Instituto Mar Adentro. Esta instituição, com quase duas décadas de atuação, se dedica não apenas à produção de conhecimento sobre ecossistemas aquáticos, mas também se empenha na sensibilização da sociedade para com as questões ambientais. Com seu lançamento sendo feito na Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), este documento cumpre o papel de ampliar o debate sobre a temática dos microplásticos, assunto transversal e complexo que tem ganhado força nacional e internacionalmente. Enquanto essas pequenas partículas de plástico degradado se espalham por todos os componentes do globo, inclusive sendo encontradas dentro dos tecidos dos seres vivos sem que tenhamos uma razoável compreensão de suas consequências, todos nós precisamos mobilizar esforços para a adoção de práticas mais sustentáveis.
Um passo inicial essencial consiste na expansão da base de dados, em diagnósticos específicos e minuciosos, o que é fundamental para construir pensamentos estruturados que possibilitem a implementação de ações eficazes e bem fundamentadas para o combate à poluição.

A localização escolhida para este estudo foi o entorno do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras, uma Unidade de Conservação que encanta por sua beleza singular, sendo uma preciosidade do Rio de Janeiro. Com suas águas claras abraçando formações rochosas impressionantes e atraentes, este local apresenta uma grande diversidade de espécies que desempenham um papel crucial na saúde dos ecossistemas marinhos, contribuindo significativamente para o equilíbrio ecológico.
Como bióloga, apaixonada por ambientes naturais e entusiasta da escalada, já tive o prazer de compor o conselho consultivo dessa área protegida e acredito que não poderiam ter escolhido

ABLM_ebook_v10.indd 6 6/3/24 7:31 AM

um cenário mais deslumbrante e convidativo do que este para a realização das pesquisas.

Desde a apresentação do local de estudo e consolidação das análises físicas e químicas, passando pela identificação das fontes de contaminação até as consequências para a biodiversidade, cada capítulo proporciona uma contribuição valiosa para a compreensão do problema. Não se limitando a diagnosticar os desafios, este livro destaca possíveis soluções, propondo estratégias que incluem o aprimoramento de instrumentos normativos e legais, além do importante papel da população, que deve ser estimulada por ações de conscientização. Dessa maneira, é um produto que traz subsídios para a fundamentação de políticas públicas e que deve ser aproveitado por diversos amantes dos oceanos, sendo de particular relevância para legisladores e tomadores de decisão.

Este trabalho é fruto de uma das iniciativas que foram contempladas pela Chamada de Projetos nº 16/2022, lançada pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) no âmbito do Projeto TAC Almoxarifados Submarinos, cujo objetivo foi apoiar pesquisas científicas relacionadas ao enfrentamento da poluição marinha. Trata-se, portanto, de parte das medidas compensatórias estabelecidas pelo Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta celebrado entre o Ministério Público Federal do Rio de Janeiro e a Petrobras, com a interveniência do FUNBIO. Neste contexto, este resultado se une a muitos outros, compondo um extenso conjunto de conhecimentos e ações que alimentam a esperança de que no futuro nós conseguiremos ser mais gentis com nossos oceanos e com a vida marinha, reconhecendo a essencialidade de ambos para a nossa existência.

LAURA PETRONI
FUNBIO

ABLM_ebook_v10.indd 7 6/3/24 7:31 AM

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS 9
APRESENTAÇÃO 10
O PROJETO ILHAS DO RIO E AS PESQUISAS CIENTÍFICAS SOBRE POLUIÇÃO MARINHA NO MONA CAGARRAS E ENTORNO 13
CAPÍTULO 1 | MONA Cagarras: a esperança que vem do mar 16
CAPÍTULO 2 | A poluição plástica e os microplásticos nos ambientes costeiros e marinhos 21
ORIGEM E TIPOS DOS MPs 23
FONTES, TRAJETÓRIAS E TRANSPORTES 26
IMPACTOS DOS MPs NOS ECOSSISTEMAS MARINHOS 29
IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA 31
IMPACTOS NO EQUILÍBRIO CLIMÁTICO 34
CONSIDERAÇÕES 35
RUMO A UM TRATADO JURIDICAMENTE VINCULATIVO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO POR PLÁSTICOS 36
CAPÍTULO 3 | Lacunas legais e oportunidades para melhorar as políticas públicas no estado do Rio de Janeiro, RJ 38
INTRODUÇÃO 39
CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 39
LACUNAS E OPORTUNIDADES 43
CAPÍTULO 4 | Diagnóstico inicial do microplástico no entorno do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras 52
INTRODUÇÃO 53
ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA / MATERIAL E MÉTODOS 57
RESULTADOS OBTIDOS 61
CONSIDERAÇÕES 76
CAPÍTULO 5 | Considerações Finais 80
REFERÊNCIAS 88

ABLM_ebook_v10.indd 8 6/3/24 7:31 AM

LISTA DE SIGLAS

ABLM	Associação Brasileira de Combate so Lixo no Mar
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
BPA	Bisfenol A
BG	Baía de Guanabara
CBH-BG	Comitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá
CO_2	Gás carbônico
CONEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CTCOST	Câmara Técnica Costeira
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
DVD	Disco óptico digital
ERJ	Estado do Rio de Janeiro
EPS	Poliestireno expandido
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUNBIO	Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IMA	Instituto Mar Adendro
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
LDPE	Polietileno de baixa densidade
MONA	Monumento Natural das Ilhas Cagarras
MP	Microplástico
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Poliamidas
PBDE	Polibromodifeniletos
PC	Policarbonato
PCB	Bifenílos policlorados
PE	Polietileno
PES	Poliéster
PET	Politereftalato de etileno
PIR	Projeto Ilhas do Rio
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PNCLM	Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PVC	Polivinilcloreto
RIAMFE	Programa - Rio Ainda Mais Fácil Eventos
RP	Resíduos plásticos
RS	Resíduos sólidos
SisBaHiA®	Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UC	Unidade de Conservação
UNEA	Assembleia Ambiental das Nações Unidas
VC	Cloreto de vinila
XPS	Poliestireno extrudado

ABLM_ebook_v10.indd 9 6/3/24 7:31 AM

APRESENTAÇÃO

ALINE AGUIAR
Instituto Mar Adentro

MARLISE A. V. ARAÚJO
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

A Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021 – 2030), declarada pela Organização das Nações Unidas, surgiu da necessidade de atuar em prol da saúde e do equilíbrio do oceano. Sendo assim, é indispensável convocar todos os setores da sociedade para fazer frente aos impactos antrópicos nos ecossistemas costeiros e marinhos.

Os microplásticos estão entre os contaminantes que mais despertam a atenção da sociedade, uma vez que representam um significativo risco para os organismos presentes no ambiente marinho, além de graves consequências para a própria saúde humana.

Contaminação por microplásticos em ecossistemas costeiros do Rio de Janeiro: Desafios e Oportunidades é uma obra fruto dos esforços entre o Projeto Ilhas do Rio/ Instituto Mar Adentro e a Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar. A publicação envolveu pesquisas científicas, revisão de literatura e instrumentos legais para o combate à contaminação por microplásticos na região costeira do Rio de Janeiro, especialmente no entorno do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras (MONA Cagarras).

O objetivo desta obra é fornecer um panorama da presença de polímeros plásticos e identificar as suas potenciais fontes de entrada na região estudada. Os resultados das análises e modelos de transporte de contaminantes podem fundamentar medidas de gestão e manejo na Unidade de Conservação, de modo a esclarecer o impacto dos microplásticos nos ecossistemas marinhos do MONA Cagarras e adjacentes.

Além de fornecer dados sobre as leis e normas vigentes nos níveis federal, estadual e municipal, a publicação também aponta lacunas nesses instrumentos legais, apresentando oportunidades de melhorias nas políticas públicas para o enfrentamento da poluição por microplásticos no Rio de Janeiro.

ABLM_ebook_v10.indd 10 6/3/24 7:31 AM

A presente obra pretende ainda, dentro do atual estágio da literatura, dos instrumentos legais existentes e do alto rigor científico, oferecer uma fonte de consulta prática para legisladores, tomadores de decisão de órgãos públicos, empresários e estudantes de áreas afins, além da sociedade em geral. É crucial que a informação propague para além do campo da geração, pesquisa e gestão de resíduos plásticos, de forma democrática e acessível a todos. A publicação, portanto, traz elementos que despertam a consciência e sensibilização do leitor sobre os impactos da economia linear e seus respectivos danos socioambientais.

A cada capítulo, será abordado um tema relevante para a causa, de forma sucinta, clara e abrangente, com base em referências bibliográficas indexadas e atualizadas. Dessa forma, o leitor tem a oportunidade de se apropriar do conhecimento, aguçar o senso crítico e exercitar a reflexão, compreendendo plenamente as interrelações entre os diferentes elementos envolvidos na complexa rede de causas e consequências que compõem o desafio do combate ao lixo no mar e do controle da poluição plástica. Apesar de apresentarem dados relevantes para a compreensão global do problema, os capítulos ainda são independentes entre si, sendo organizados da seguinte forma:

CAPÍTULO 1

MONA Cagarras: a esperança que vem do mar

Descreve o Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras como uma Unidade de Conservação periurbana. Traz uma contextualização ecológica e oceanográfica do Arquipélago das Cagarras, permitindo que o leitor compreenda a importância de promover ações, programas e políticas públicas para proteger os ecossistemas que constituem estas ilhas.

CAPÍTULO 2

A poluição plástica e os microplásticos nos ambientes costeiros e marinhos

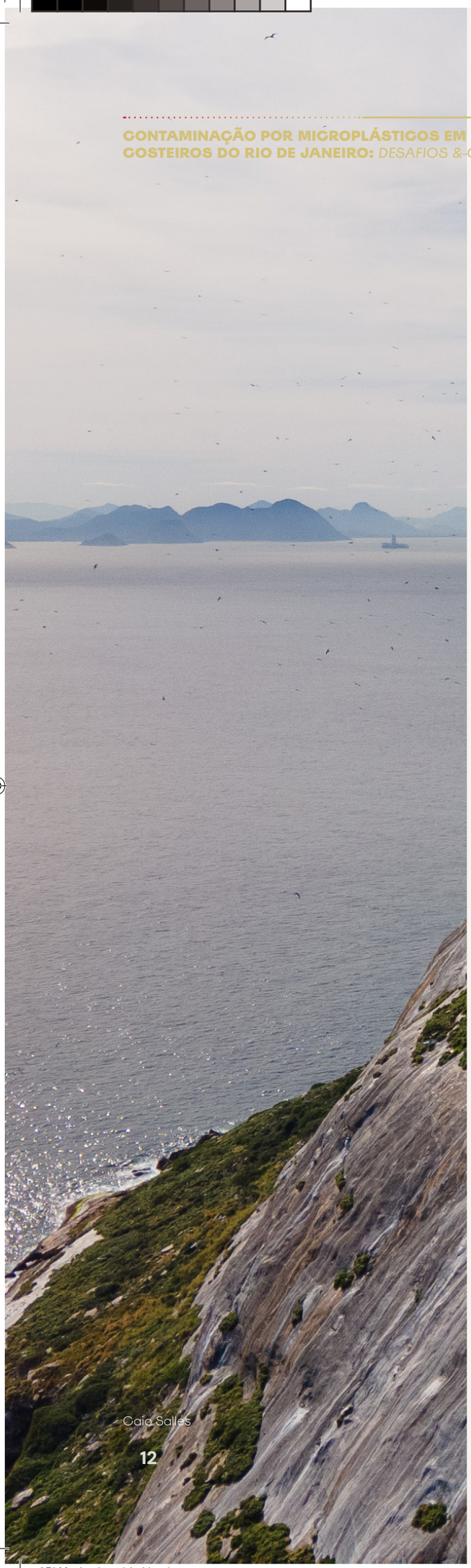
Apresenta uma descrição geral sobre o contexto que envolve a ampla disseminação destes contaminantes em todos os ambientes do planeta, registrando volumes de produção e descarte anual dos resíduos plásticos; origem e tipos dos MPs com definição e exemplos das duas categorias de MPs, com destaque para os principais polímeros e aditivos e suas respectivas aplicações; fontes, trajetórias e transporte apontando as possíveis rotas de dispersão dos MPs pelo globo terrestre para revelar a dificuldade de controlar e mitigar esse tipo de poluição; impactos nos ecossistemas marinhos, saúde humana e equilíbrio climático, abordando, a luz do conhecimento atual, qual é o potencial risco dos MPs afetarem a saúde de todos os organismos vivos e a homeostase dos ciclos biogeoquímicos que mantêm os biomas de todo o planeta.

CAPÍTULO 3

Lacunas legais e oportunidades para melhorar as políticas públicas no estado do Rio de Janeiro, RJ

Resume os principais resultados do diagnóstico sobre a legislação vigente para o controle e enfrentamento dos problemas relativos aos microplásticos.

ABLM_ebook_v10.indd 11 6/3/24 7:31 AM



Caio Salles

Identifica ainda as lacunas de regulamentação legal para proposição de iniciativas de monitoramento e combate às suas causas no Rio de Janeiro. As lacunas e oportunidades apresentam uma análise considerando as duas categorias de MPs: primários e secundários, distinguindo as possíveis medidas a serem implementadas em conjunto com as normas de lançamento de efluentes e drenagem urbana; pesca fantasma; atividades sujeitas ao licenciamento ambiental no Estado; restrições à produção, distribuição e comercialização de plásticos descartáveis no ERJ; e obrigatoriedade de boas práticas nos grandes eventos realizados em áreas costeiras e marinhas.

CAPÍTULO 4

Diagnóstico inicial do microplástico no entorno do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras

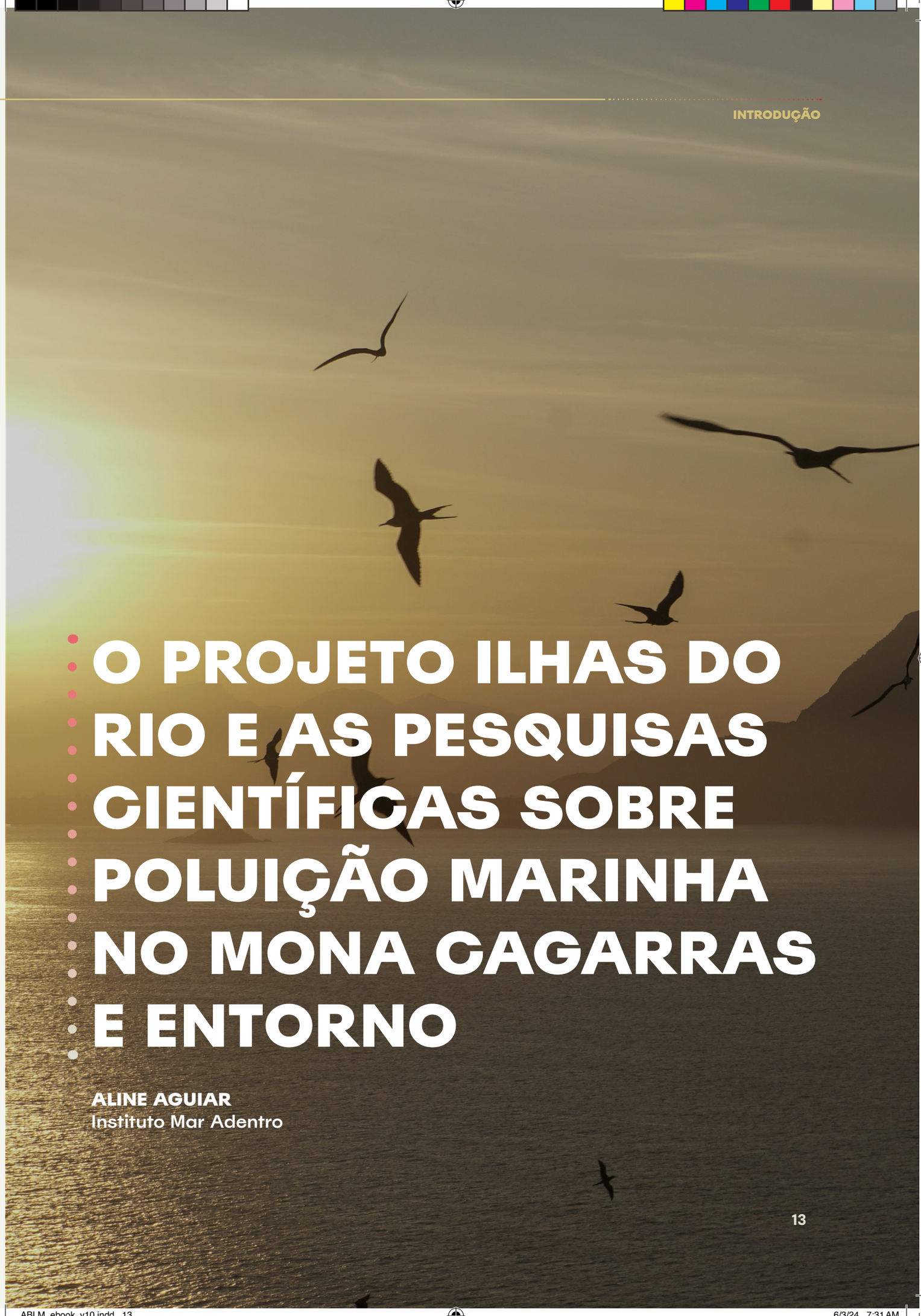
Discorre, de forma breve, sobre a metodologia utilizada para a caracterização física e química dos MPs prevalentes nos pontos onde as amostras foram coletadas, com base em dados obtidos na campanha de inverno/período seco; descreve uma análise dos resultados obtidos incluindo a modelagem da dispersão dos MPs lançados pelos emissários submarinos e canais costeiros, que são arrastados pelas correntes marinhas e podem atingir o MONA Cagarras.

CAPÍTULO 5

Considerações Finais

Apresenta a necessidade de adequação e aprimoramento dos instrumentos normativos e legais, a relevância das pesquisas e monitoramento, bem como uma perspectiva de futuro para a aplicação em fóruns de discussão, legisladores e a importância do conhecimento e da educação para a sociedade.

ABLM_ebook_v10.indd 12 6/3/24 7:31 AM



O PROJETO ILHAS DO RIO E AS PESQUISAS CIENTÍFICAS SOBRE POLUIÇÃO MARINHA NO MONA CAGARRAS E ENTORNO

ALINE AGUIAR
Instituto Mar Adentro

ABLM_ebook_v10.indd 13 6/3/24 7:31 AM

O **Instituto Mar Adentro** é uma organização ambiental que tem como objetivo proteger os diversos ecossistemas marinhos brasileiros, seja através da ciência aplicada para a conservação ou através da educação ambiental e da mobilização social. Um dos maiores exemplos de sucesso é o Projeto Ilhas do Rio, realizado pelo instituto desde 2011, com foco na conservação marinha do litoral do Rio de Janeiro.

O Projeto Ilhas do Rio teve início quando as principais ilhas do Arquipélago das Cagarras foram transformadas em Monumento Natural das Ilhas Cagarras (MONA Cagarras), uma unidade de conservação federal marinha. Uma vez identificada a carência de dados científicos e de informações da biodiversidade local, o trabalho teve início com o mapeamento de toda a fauna e flora, terrestre e marinha dessa nova área protegida.

O projeto tem como pilares principais a pesquisa científica aplicada, a educação ambiental e a comunicação. A partir desses norteadores, surge a missão de respaldar órgãos tomadores de decisão com dados de pesquisas e monitoramentos de longo prazo, visando a proteção das ilhas da região fluminense e conscientizar a sociedade sobre a importância da preservação ambiental e do uso sustentável de recursos.

Ao longo de mais de uma década, o projeto abrangeu diversas temáticas de pesquisa e ampliou os estudos para outras áreas e ilhas costeiras, contribuindo para o fortalecimento de Áreas Marinhas Protegidas, a diminuição da poluição marinha e para melhores práticas sustentáveis de pesca artesanal no Rio de Janeiro. Atualmente, esses tópicos são altamente relevantes, considerando a emergência da conservação do oceano face às alterações climáticas, à Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, à agenda de proteção de 30% da biodiversidade de áreas marinhas e terrestres até 2030, dentre outros tratados e compromissos mundiais.

O Projeto Ilhas do Rio também atua internacionalmente como Embaixador do Ponto de Esperança, nas Ilhas Cagarras e Águas do Entorno, nomeado em 2021 pela aliança internacional Mission Blue (**Cagarras Islands and Surrounding Waters - Mission Blue Hope Spot**), e membro da Aliança *RISE UP: A Blue Call to Action*. Todas essas oportunidades ajudam a promover o conhecimento e a necessidade de proteção das ilhas e mares no Rio de Janeiro, no Brasil e no mundo.

Em diferentes fases do projeto, foi gerada uma grande quantidade de dados e resultados científicos e técnicos fundamentais para embasar o monitoramento e o manejo dos ecossistemas do MONA Cagarras e do entorno. Tais resultados, bem como materiais educativos, encontram-se disponíveis em dezenas de **publicações relevantes** para a compreensão dos ecossistemas marinhos insulares da região.

As pesquisas realizadas revelaram que as Ilhas Cagarras e Águas do Entorno são refúgio para uma rica biodiversidade, que, até então, era considerada ini-

ABLM_ebook_v10.indd 14 6/3/24 7:31 AM

maginável para as águas metropolitanas do Rio de Janeiro. Os ecossistemas insulares abrigam centenas de espécies, dentre elas, espécies raras, ameaçadas de extinção e de grande valor comercial. Tartarugas-verdes jovens residem nos costões rochosos das ilhas, e baleias-jubarte usam a área como um corredor migratório durante o período reprodutivo, caracterizando a região como parte de habitats críticos para essas e muitas outras espécies.

Ainda existem, porém, muitos desafios nas Ilhas Cagarras e Águas do Entorno. A apenas 5 km da Praia de Ipanema, o MONA Cagarras está localizado em uma área costeira densamente povoada da cidade e, infelizmente, enfrenta múltiplos impactos antrópicos, como a piora da qualidade da água pelo despejo de esgoto *in natura*, o lixo marinho, as práticas de pesca não sustentável ou até ilegais e a presença de espécies marinhas exóticas (ICMBio, 2020).

A área está sujeita a diferentes fontes potenciais de poluição, entre elas o Emissário Submarino de Esgotos de Ipanema e as águas poluídas da Baía de Guanabara (Van Weerelt *et al.,* 2013; Torres, 2019). Dessa forma, buscando entender como esses fatores influenciam a região, além das pesquisas sobre a biodiversidade local, o Projeto Ilhas do Rio realiza estudos de qualidade ambiental e social, tais como: variações físico-químicas e microbiológicas da água no MONA Cagarras e áreas adjacentes; contaminação de mexilhões como monitores da poluição por esgoto no MONA Cagarras; impacto socioeconômico do lixo na pesca artesanal local.

Destaca-se a realização do Lixômetro, iniciado em 2022, em parceria com a Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar (ABLM). O estudo fornece uma estimativa dos resíduos sólidos urbanos presentes nas areias das praias de Copacabana, Ipanema e Leblon, que são utilizadas também em campanhas de sensibilização do público-alvo, e como estímulo para melhores práticas quanto ao descarte do lixo.

Dado o reconhecimento da relevância da ABLM no que diz respeito à questão da poluição marinha, a parceria foi aprimorada através da integração das pesquisas sobre microplásticos na água e sedimento marinho do MONA Cagarras e entorno, bem como a modelagem e compreensão das fontes de poluição. O subprojeto "**Caracterização do microplástico que circula pela Unidade de Conservação do Monumento Natural das Ilhas Cagarras no Rio de Janeiro: subsídios para a fundamentação de Políticas Públicas**", conta com o fomento do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO), no âmbito do Projeto TAC Almoxarifados Submarinos, além da parceria de importantes instituições de pesquisa.

A presente publicação, voltada principalmente para legisladores e tomadores de decisão, apresenta uma compilação de dados sobre a literatura, instrumentos legais vigentes e lacunas na legislação referente aos microplásticos. Além disso, apresenta uma fotografia da presença e transporte desse poluente no MONA Cagarras e proximidades.

ABLM_ebook_v10.indd 15 6/3/24 7:31 AM



CAPÍTULO 1

MONA CAGARRAS: A ESPERANÇA QUE VEM DO MAR

TATIANA RIBEIRO
ICMBio/MONA Cagarras

ABLM_ebook_v10.indd 16 6/3/24 7:31 AM

Ao contemplar a beleza das Ilhas Cagarras, um dos cartões postais da cidade do Rio de Janeiro, ficamos admirados com seus encantos, mas, à distância, não temos ideia dos problemas complexos que esta área enfrenta.

As ilhas fazem parte do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras (MONA Cagarras), a primeira Unidade de Conservação (UC) marinha de proteção integral do município do Rio de Janeiro. Criada em 2010 por meio da Lei federal 12.229/2010 e administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a área abrange seis ilhas, sendo a mais próxima localizada a apenas 5km da costa carioca, e uma área marinha de dez metros ao redor de cada uma delas (Figura 1).

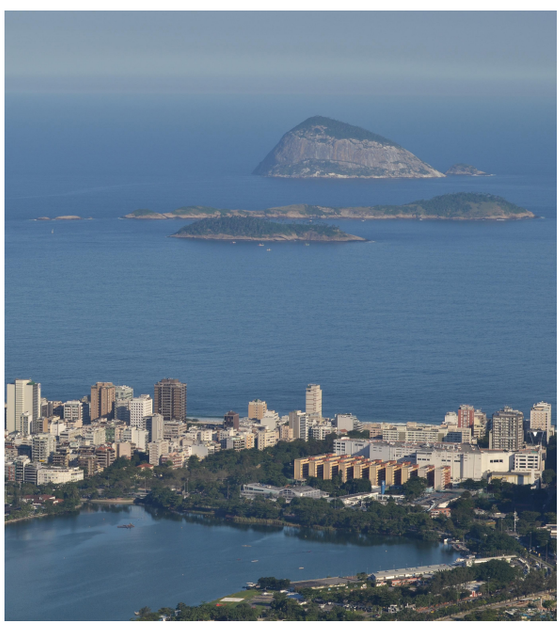


FIGURA 1. Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras.

A categoria de Unidade de Conservação "Monumento Natural" tem como objetivo preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica (Lei 9985/2000). No MONA Cagarras, não é diferente. Esta UC se destaca na paisagem carioca, consagrada como área de lazer e importante na conservação de uma rica biodiversidade (ICMBio, 2020).

A Unidade de Conservação foi criada para preservar esta paisagem, bem como os remanescentes do ecossistema insular de Mata Atlântica e uma área de refúgio e nidificação de aves marinhas. Esses atributos, somados à biodiversidade marinha, ao sítio arqueológico Tupiguarani da Ilha Redonda e às oportunidades para prática de pesquisa, esporte e lazer, são os denominados Recursos e Valores Fundamentais da UC (ICMBio, 2020), que norteiam a gestão desta área.

O arquipélago abriga e protege mais de 500 espécies de fauna e flora, considerando sua área terrestre e marinha, incluindo cinquenta espécies ameaçadas de extinção, como a palmeira *Allagoptera arenaria*, as bromélias *Alcantarea glaziouana*, *Neoregelia cruenta* e *Tillandsia araujei*, o cacto *Coleocephalocereus fluminensis*, a orquídea *Cattleya forbesii*, e espécies marinhas como a garoupa (*Epinephelus marginatus*), a raia-viola (*Pseudobatos horkelii*), o cavalo marinho-de-focinho-longo (*Hippocampus reidi*), o trinta-réis real (*Thalasseus maximus*) e diversas espécies de invertebrados marinhos como a estrela do mar (*Astropecten brasiliensis*) (Moraes *et al.*, 2013) (Figura 2).

ABLM_ebook_v10.indd 17 6/3/24 7:31 AM

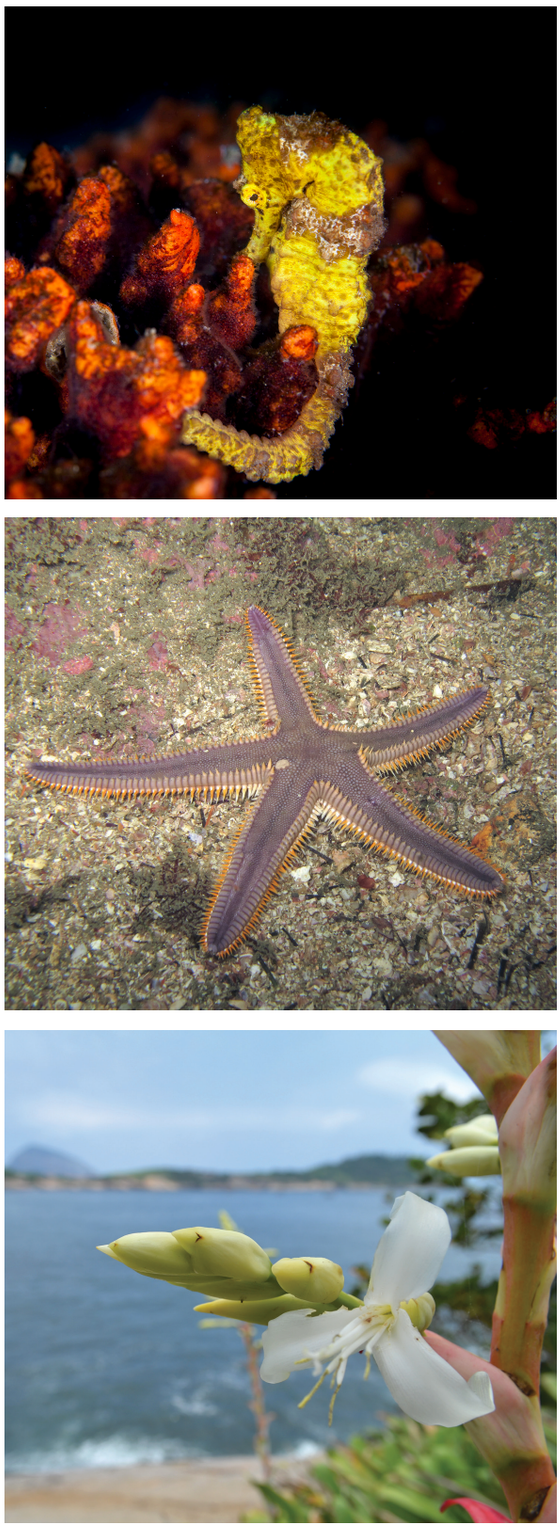


FIGURA 2. Algumas das espécies ameaçadas de extinção registradas no Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras.

Por estar próxima à metrópole do Rio de Janeiro, é considerada uma Unidade de Conservação periurbana, com todos os desafios e oportunidades inerentes às áreas protegidas nesta situação. Unidades de Conservação periurbanas são consideradas uma boa estratégia de conservação em áreas densamente habitadas, sendo capazes de proteger e manter consideráveis níveis de biodiversidade (Alvey, 2006).

Justamente por estar localizada em uma metrópole tão relevante e por abrigar uma rica biodiversidade, o MONA Cagarras e seu entorno foram reconhecidos, em 2021, como um Ponto de Esperança (*Hope Spot*) pela Aliança Mission Blue.

Os "pontos de esperança" são locais considerados críticos para a saúde do oceano e, por conta disso, precisam de proteção. Elas oferecem esperança devido à alta diversidade de espécies, habitats ou ecossistemas, populações de espécies raras, ameaçadas ou endêmicas, potencial para reverter danos de impactos humanos negativos, presença de processos naturais, como grandes corredores de migração ou áreas de desova, valores históricos, culturais ou espirituais significativos e/ou importância econômica para a comunidade.

O Ponto de Esperança Ilhas Cagarras e Águas do Entorno engloba o MONA Cagarras num polígono que inclui desde a região da entrada da Baía de Guanabara, com a Ilha de Cotunduba e Praia Vermelha, passando pelas praias da Zona Sul carioca, como Leblon e Copacabana, até Barra de Guaratiba na Zona Oeste (Figura 3).

ABLM_ebook_v10.indd 18 6/3/24 7:31 AM



FIGURA 3. Ponto de Esperança Cagarras e Águas do Entorno. Fonte: ilhasdorio.org.br.

Um dos principais impactos observados no MONA Cagarras é a poluição marinha, que nesta região tem como principais fontes a Baía da Guanabara, que sofre intensos lançamentos de dejetos industriais e domésticos, e do emissário de esgotos - Emissário Submarino de Ipanema - cujo lançamento, sem tratamento, ocorre a cerca de 2km da Ilha de Palmas, bem como o lançamento de águas pluviais e descargas fluviais costeiras que alcançam a área marítima diretamente, trazendo resíduos sólidos. O intenso trânsito de embarcações na região e atividades associadas, tais como áreas de fundeio e bota-fora oceânicos também contribuem para a poluição marinha (Moraes *et al.*, 2013, ICMBio, 2020).

Apesar da poluição marinha ser um impacto já conhecido e da gravidade de suas consequências para a biodiversidade e a saúde humana, poucas pesquisas debruçaram-se sobre o tema na região do MONA Cagarras. Pesquisas lideradas pelo Projeto Ilhas do Rio realizaram análises da água, encontrando clara influência do Emissário Submarino de Ipanema sobre sua qualidade nas regiões da UC mais próximas a esta estrutura. Em pesquisas deste projeto sobre contaminação de aves marinhas e mexilhões, foram encontrados níveis dentro de padrões tidos como aceitáveis, porém próximos a valores relatados como prejudiciais (Moraes *et al.*, 2013). Há ainda duas pesquisas em andamento sobre presença de outros contaminantes em mexilhões (Carreira, dados não publicados e Paranhos, dados não publicados).

O tema da contaminação marinha por

ABLM_ebook_v10.indd 19 6/3/24 7:31 AM

plásticos veio à tona mais recentemente na Unidade. Atualmente existem duas pesquisas em andamento sobre o tema: uma cujo objetivo é determinar a toxicidade de poluentes plásticos para a biota e processos biológicos e evidenciar seus impactos a nível do funcionamento e serviços ecossistêmicos de ambientes aquáticos (Neves *et al.*, 2024); e por fim, o Projeto Caracterização do microplástico que circula pela Unidade de Conservação do Monumento Natural das Ilhas Cagarras no Rio de Janeiro: subsídios para a fundamentação de Políticas Públicas, objeto da presente obra, focada nos microplásticos.

Tal estudo vem agregar valiosas informações sobre a presença destes componentes nesta Unidade de Conservação e contribuições à elaboração de políticas públicas, corroborando para que esta área continue sendo um Ponto de Esperança e um dia seja possível reverter alguns dos impactos ali existentes.



ABLM_ebook_v10.indd 20 6/3/24 7:31 AM

CAPÍTULO 2

A POLUIÇÃO PLÁSTICA E OS MICROPLÁSTICOS (MPs) NOS AMBIENTES COSTEIROS E MARINHOS

MARIA LUIZA PEDROTTI
Universidade Sorbonne, Laboratório de Oceanografia de Villefranche (LOV), França

MARLISE A. V. ARAÚJO
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

SILVIA H. L. SCHWAMBORN
Universidade Federal de Pernambuco – Laboratório de Cordados Marinhos (LACMAR)

ABLM_ebook_v10.indd 21 6/3/24 7:31 AM

Em 2015, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) reuniu líderes de 193 países para propor a Agenda 2030 com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visando promover a prosperidade para todos os povos e a proteção do planeta. Nesse contexto, a Década da Ciência Oceânica e da Restauração, que se estende de 2021 até 2030, busca consolidar estratégias e instrumentos para ampliar o conhecimento das diferentes áreas relacionadas ao bioma Oceano, integrando os saberes tradicionais, de forma a minimizar o desequilíbrio climático e a perda de biodiversidade marinha. A ODS 14 – Vida na Água expôs a necessidade de enfrentar a poluição por resíduos sólidos, com destaque para a poluição plástica, nos ecossistemas costeiros e marinhos.

Os primeiros plásticos sintéticos, como a baquelite, surgiram, no início do século XX. O uso ampliado, porém, se deu a partir da década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, com a produção de 2 milhões de toneladas anuais. Em dados de 2015, este número saltou para cerca de 380 milhões (Geyer *et al.*, 2017) e, ademais, o recente relatório da OCDE (2022) aponta que a geração de resíduos de plástico (RP) duplicou nas últimas duas décadas. Uma parte significativa desses polímeros - derivados de hidrocarbonetos - não são biodegradáveis e são usados para fabricar produtos de curta duração, e são descartados em aterros sanitários, incineração ou depósitos não controlados (lixões). Apenas 9% desses resíduos são reciclados com sucesso.

A poluição plástica se tornou um dos maiores desafios ambientais do século XXI. A Assembleia Ambiental das Nações Unidas (UNEA) aprovou uma resolução histórica em março de 2022: até o final de 2024 será elaborado um documento internacional que se adeque ao cenário atual de poluição por plásticos (Resolução 5/14 da UNEA), com o objetivo de enfrentar esse problema.

Estima-se que cerca de 4,8 a 12,7 milhões de toneladas de RP foram descartados no oceano, número que tem aumentado a cada dia (Jambeck *et al.*, 2015). Os resíduos podem apresentar vários tamanhos: mega e macroplásticos – visíveis e fáceis de serem retirados do ambiente; os MPs – menores que 5 milímetros, menos visíveis aos olhos humanos; e os nanoplásticos – estes últimos difíceis de serem pesquisados pelo limite das atuais técnicas, por serem menores que 1 micrômetro.
Os macroplásticos presentes no meio ambiente e nas águas oceânicas estão sujeitos à fragmentação por vários processos oxidativos avançados e métodos de degradação, como fotodegradação, fotocatálise, oxidação eletroquímica, atividade enzimática bacteriana e decomposição mediada por fungos (Du *et al.*, 2021). Como resultado, são gerados fragmentos cada vez menores – chamados de micro e nanoplásticos. Modelos para estimar o volume de MPs no oceano ainda carecem de mais dados consolidados.

Lebreton e seus colegas (2019) utilizaram um modelo convergente parametrizado para estimar o volume global de fragmentos de plástico que flutuam

ABLM_ebook_v10.indd 22 6/3/24 7:31 AM

no oceano. Uma fração significativa da massa (32,3%) pode já ter se degradado em MPs (<0,5 cm), com volume entre 22,3 e 60,4 milhões de toneladas na linha costeira e 0,29 a 0,80 milhão de toneladas no oceano. Estudos mais recentes estimam que haja 24,4 trilhões de fragmentos de MPs flutuantes nos oceanos, podendo totalizar entre 82.000 e 578.300 toneladas destes poluentes (Isobe *et al.*, 2021).

ORIGEM E TIPOS DOS MPs

Estudos indicam que os MPs se encontram em todos os ecossistemas do planeta. Diversas pesquisas já detectaram essas partículas no assoalho oceânico do Ártico (Bergmann *et al.* 2017), na neve da Antártica (Aves *et al.*, 2022), no ar de Paris (Dris *et al.*, 2018) e em diversas espécies, incluindo os seres humanos (Ragusa *et al.*,2021).

Existem duas categorias de MPs contaminando o oceano: primários e secundários, conforme proposto por um estudo norueguês (Sundt *et al.*, 2014):

- **Microplásticos primários** - esferas de tamanho milimétrico ou submilimétrico usadas na fabricação de diversos produtos de limpeza, de higiene pessoal, cosméticos (por exemplo, géis de esfoliação, creme dental), fibras sintéticas utilizadas para fabricação de roupas e diferentes vetores de medicamentos. Podem surgir da abrasão de grandes objetos de plástico durante processos de fabricação; da utilização de impressoras 3D, que podem gerar partículas com tamanhos menores que 1 µm, sendo classificadas como nanoplásticos (Stefen *et al.*, 2013). De modo geral, as microesferas (< 2 mm) podem ser compostas de polietileno (PE), polipropileno (PP) e grânulos de poliestireno (PS), comumente usadas em cosméticos e de itens de saúde.

- **Microplásticos secundários** - gerados a partir da fragmentação de plásticos maiores, de acordo com os diferentes fatores de intemperismo ambiental: fotodegradação, degradação termo-oxidativa, degradação térmica, hidrólise e ação microbiana. Em alguns casos, a fragmentação pode ocorrer antes das partículas serem liberadas no meio ambiente. É o caso das fibras que são desprendidas durante a lavagem de roupas sintéticas ou semi-sintéticas. Se não forem retiradas durante o processo de tratamento dos efluentes domésticos, chegam aos corpos hídricos e ao oceano.

Embora sejam necessários mais estudos para entender a relevância das diferentes fontes de MPs, uma estimativa sugerida por Bouchet e Friot (2017) apontou que as principais fontes de MPs primários são fibras as sintéticas e têxteis (35%), seguida da abrasão de pneus (28%) e da poeira urbana (24%). Outras fontes relevantes são os marcadores de pavimentos (7%), os revestimentos marítimos (4%), os materiais de higiene (2%) e os grânulos plásticos (1%) É preciso aprofundar os estudos para avaliar o tempo de degradação dos diversos polímeros que compõem a ca-

ABLM_ebook_v10.indd 23 6/3/24 7:31 AM

tegoria dos MPs secundários, mas o trabalho de Lebreton e colegas (2019) sugere que, devido à resistência dos polímeros plásticos em ambientes naturais, os MPs encontrados atualmente no oceano mundial resultam principalmente da degradação de objetos produzidos nos anos 1990 e anteriores.

Os MPs primários e secundários são classificados de acordo com a sua composição, a morfologia e a cor. Os polímeros plásticos mais comuns e suas aplicações industriais estão listados na Quadro 1 (da Costa *et al.*, 2017). Ao longo do processo de fragmentação que gera os MPs, as partículas resultantes podem apresentar morfologias diferentes. A Quadro 2 (Free *et al.*, 2014) apresenta as cinco morfologias dos MPs mais frequentes em amostras coletadas em ambientes naturais e urbanos: fibras, fragmentos, filmes, espuma e microesferas. Além disso, os polímeros plásticos podem apresentar diferentes cores, sejam elas originais de sua fabricação ou modificadas por meio de processos de intemperismo (Zhao *et al.*, 2022).

QUADRO 1. Polímeros plásticos mais comuns e suas aplicações (da Costa *et al.*, 2017).

TIPO DE POLÍMERO	APLICAÇÕES
Polietileno (PE)	Garrafas plásticas, sacolas de supermercado
Polipropileno (PP)	Embalagens, tampas de garrafas, carpetes, equipamento de laboratório, canudos
Poliéster (PES)	Têxteis
Poliestireno (PS)	embalagens de isopor, copos descartáveis, contentores de alimentos, CDs, material de construção
Poliamidas (PA)	Têxteis, cerdas de escova de dente, linhas de pesca
Policarbonato (PC)	CDs, DVDs, material de construção, eletrônicos, lentes
Polivinilcloreto (PVC)	Tubulações, molduras de janelas, pisos, cortinas de chuveiro
Politereftalato de etileno (PET)	Garrafas de refrigerante, embalagens de alimentos, isolamento térmico, plástico bolha
Polietileno de baixa densidade (LDPE)	Embalagens, recipientes de uso geral, cortinas de chuveiro, revestimento de piso
Acrilonitrila butadieno estireno (ABS)	Instrumentos musicais, impressoras, monitores de computador, tubos de drenagem, equipamentos de proteção

ABLM_ebook_v10.indd 24 6/3/24 7:31 AM

QUADRO 2. Morfologias mais comuns de MPs e suas principais aplicações (Free *et al.*, 2014).

MORFOLOGIA MPS	DESCRIÇÃO	APLICAÇÕES
Fibra	Fino, reto	Redes de pesca, têxteis
Fragmento	Recortado	Plásticos resistentes
	Irregular	Garrafas
	Duro	
Filme	Fino, flexível	Sacos plásticos
	Frágil	Envoltório, invólucros
		Revestimento
Espuma	Leve e esponjoso	Isopor, amortecimento, boias de piscina
Microesferas	Duro e esférico	Grânulos de resina virgem
		Produtos de limpeza facial

Além da sua composição primária, os polímeros plásticos, ao serem utilizados na fabricação de diversos produtos, sofrem alterações na sua composição devido ao acréscimo de aditivos de diferentes categorias químicas. Para atender às características desejadas de cada item, muitos deles adquirem relevantes propriedades de toxicidade que podem ser danosas para a vida marinha e humana.

A química que compõe os plásticos pode ser dividida em quatro categorias: 1. monômeros e polímeros – as unidades básicas de construção dos plásticos; 2. aditivos: adicionados para atender às características desejadas de cada produto; 3. substâncias adicionadas intencionalmente durante a fabricação dos plásticos para atender ao processo de fabricação; 4. substâncias adicionadas não intencionalmente ao longo do processo, como impurezas, restos de agentes de limpeza, etc.

Em relação aos aditivos (Geyer *et al.*, 2017), estima-se que as proporções das principais categorias de aditivos sejam: 34% plastificantes (tornam os plásticos mais flexíveis e leves); 28% preenchedores (ocupam espaços sem modificar as características funcionais); retardantes de chamas (reduzem a inflamabilidade e previnem a disseminação das chamas); outros agentes como corantes, antioxidantes, estabilizantes, lubrificantes, biocidas, e outros. Os diversos produtos, da fábrica até o mercado consumidor e de descarte, percorrem

ABLM_ebook_v10.indd 25 6/3/24 7:31 AM

caminhos relacionados aos seus diversos usos e ciclos de vida.

A fragmentação dos plásticos presentes nos mares e no oceano resulta em pedaços de diferentes tamanhos que interagem com a biota, causando danos em função das suas características. O esquema a seguir ilustra algumas das situações observadas.

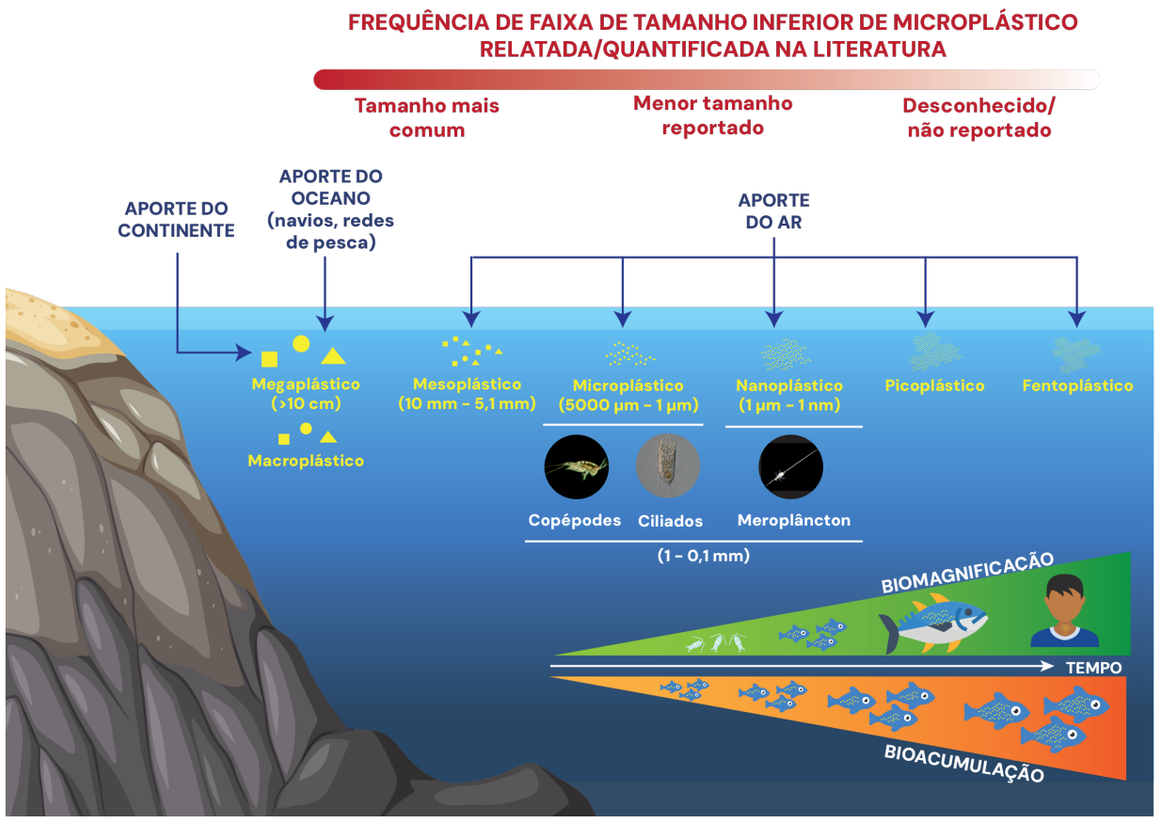


FIGURA 1. Fragmentação de microplásticos, classificação por tamanho, e a relação dos diversos fragmentos com a microbiota marinha. Faixas de tamanho: nanoplásticos: 1 µm – 1 nm (nanômetros); microplásticos: 1–5000 µm (micrômetros); mesoplásticos: 5,1–10 mm (milímetros); macroplásticos: > 1 cm (centímetros). Adaptada de Bermúdez, JR, Swarzenski PW. 2021. *A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods.*

FONTES, TRAJETÓRIAS E TRANSPORTES

Os MPs, sejam eles primários ou secundários, são provenientes de uma grande variedade de produtos utilizados em todos os setores da sociedade. Com a crescente produção, o uso e a má gestão dos resíduos plásticos, eles se acumulam em locais inadequados e são transportados pelas ações dos ventos, chuvas, inundações e marés para os corpos d'água.

Estudos vigentes estimam que 80% dos plásticos que chegam ao oceano

ABLM_ebook_v10.indd 26 6/3/24 7:31 AM

vêm de fontes terrestres. No entanto, diversos trabalhos registraram a presença de MPs em locais distantes dos centros urbanos e industriais: na neve da Antártica e no assoalho oceânico ártico, o que indica que a dispersão dessas partículas ocorre tanto pelas correntes oceânicas quanto atmosféricas.

Um estudo utilizando modelos de meta-análise estimou as proporções dessas partículas nas amostras provenientes dos ambientes urbanos e remotos (Fox *et al.*, 2024). A figura 2 demonstra que os MPs se comportam como poluentes transfronteiriços, pois se dispersam entre os ambientes terrestres, aquáticos e na atmosfera, carreados pela lixiviação, correntes oceânicas e ventos.

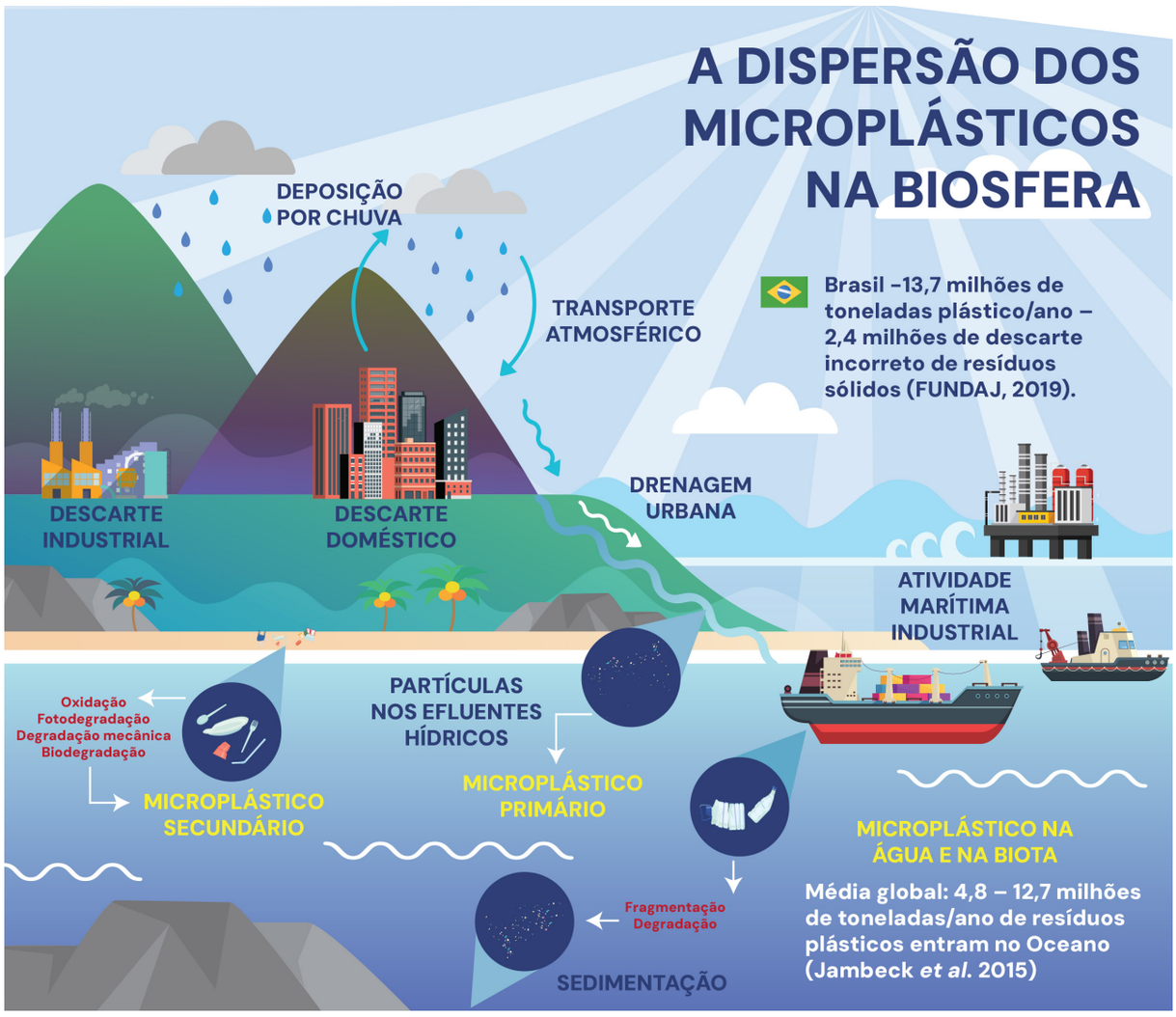


FIGURA 2. Transporte dos microplásticos: primários e secundários a partir das fontes de emissão para a atmosfera, sujeitos à deposição resultando em movimentos descendentes de MPs nos ecossistemas terrestres, aquáticos ou suspensos na troposfera e entorno. Adaptado de Fox *et al., Environmental Pollution*, 2023.

ABLM_ebook_v10.indd 27 6/3/24 7:31 AM

O estudo com uso de meta-análise utilizou dados publicados por diversos autores e verificou que, nas amostras coletadas em áreas urbanas ou remotas, a morfologia de MPs predominante nas diferentes amostragens é a de fibra seguida pelos fragmentos. As fibras compuseram as principais partículas presentes nas amostras de áreas remotas (67,8%), ao passo que o percentual foi de 39,3% em amostras urbanas. Esses dados consolidam as evidências de que as partículas micro e nanoplásticas podem ser transportadas a grandes distâncias e depositar-se em todos os ecossistemas.

As consequências relacionadas ao risco de interferência em processos naturais, como o sequestro de carbono oceânico, podem ser vitais para o equilíbrio entre sistemas bióticos e abióticos (Shen *et al*., 2020). A interferência, que coloca em risco a homeostase ecológica, estabelece fortes vínculos entre a poluição por MPs e a crise climática.

Nesse contexto, é urgente implementar estratégias e instrumentos que aprimorem os sistemas de gestão dos resíduos plásticos ao longo da cadeia produtiva, desde a extração da matéria prima, a fabricação dos produtos, a comercialização e o descarte ao final da vida útil dos produtos. O relatório "Fechando a torneira: como o mundo pode acabar com a poluição plástica" do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2023) indica que a poluição plástica poderá ser reduzida em 80% até 2040 se países e empresas fizerem as correções necessárias nas políticas e nos mercados de todos os setores, convergindo esforços.

A educação e a educomunicação devem potencializar valores, hábitos e atitudes que contribuam para a diminuição da dependência do uso de produtos plásticos, a eliminação dos plásticos desnecessários e para a implementação da economia circular.

O Brasil é o 4º maior produtor mundial de lixo plástico. De acordo com dados publicados pela Fundação Heinrich Böll (2020), das 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos produzidos por ano, 13,5% são de plástico, o que corresponde a 11,3 milhões de toneladas anuais. Deste total, 325 mil toneladas chegam aos ambientes marinhos (Oceana, 2020). Paralelo a isso, o descarte incorreto de resíduos sólidos em aterros não controlados propicia que volumes significativos de plásticos se degradem nos ambientes terrestres, gerando MPs que são lixiviados e penetram nos lençóis freáticos, nos rios, lagos e atingem os mares e o oceano.

De acordo com o PNUMA, estamos enfrentando uma tripla crise planetária: mudança climática de origem antropogênica, perda de biodiversidade e aumento da poluição, com destaque para a poluição plástica. Esses três vetores interconectados são alimentados por uma produção e consumo não sustentável de energia, produtos químicos, materiais e tecnologias, o que representa um risco significativo para a humanidade e os ecossistemas (Villarrubia-Gómez *et al.,* 2022).

ABLM_ebook_v10.indd 28 6/3/24 7:31 AM

De acordo com Atlas do Plástico, a Baía de Guanabara, um dos mais emblemáticos cartões postais do Brasil, sofre com os graves impactos da poluição plástica.

De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (Inea), entre os meses de junho e setembro de 2020, foram retiradas 697 toneladas de resíduos das águas da Baía de Guanabara. Corroborando esse quadro, uma pesquisa realizada na PUC-Rio – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, em 2016, publicada na Marine Pollution Bulletin (Olivatto *et al.*, 2019), revelou que a concentração de MPs nas amostras coletadas variou de 1,40 a 21,3 partículas/m³, o que coloca a Baía de Guanabara entre os sistemas costeiros mais contaminados por MPs em todo o mundo.

IMPACTOS DOS MPs NOS ECOSSISTEMAS MARINHOS

Os MPs têm propriedades que os qualificam como um "poluente marinho persistente", uma vez que os micro e nanoplásticos permanecem por muito tempo no oceano, têm distribuição global, são bioacumulados e podem afetar desde a base da teia trófica até predadores do topo da cadeia (Oliveira e Almeida, 2019; Peng *et al.*, 2020; Worm *et al.*, 2017). Assim, os MPs se tornam biodisponíveis para praticamente todos os componentes da biota, desde bactérias até aves marinhas (Zettler *et al.*, 2013; Steer *et al.*, 2017; Botterell *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021; Rapp *et al.*, 2021; Gunaalan *et al.*, 2023; Carrillo-Barragán *et al.*, 2024; Lacerda *et al.*, 2024a; Lacerda *et al.*, 2024b).

A biodisponibilidade dos plásticos pode resultar em interações entre os MPs e a biota marinha por vias diretas ou indiretas, como a ingestão e/ou a interação física (habitação, colonização de suas superfícies, emaranhamento, aprisionamento) (Wright *et al.*, 2013). Existem muitas evidências que os plásticos disponíveis podem ser potenciais falsos alimentos (Botterell *et al.*, 2019; Justino *et al.*, 2022; Gunaalan *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2023; Carrillo-Barragán *et al.*, 2024), habitats artificiais (Katsanevakis e Verriopoulos, 2004; Pedá *et al.*, 2022) e superfícies de colonização (Yang *et al.*, 2020; Lacerda *et al.*, 2024a; Lacerda *et al.*, 2024b; Li *et al.*, 2024).

Em recente revisão, Santos *et al.* (2021) constatou a ingestão de plásticos (macro e MPs) por 1288 espécies marinhas, incluindo peixes, aves, invertebrados, mamíferos e répteis. Levando em consideração que esse número não inclui a ingestão de plásticos por organismos planctônicos, o número de espécies é ainda maior. As faixas de tamanho dos plásticos serão mais amplas se a ingestão das partículas for considerada (Zaki e Aris, 2022) e mesoplásticos (Jabeen *et al.*, 2017; Karami *et al.*, 2018; Jawad *et al.*, 2021; Rice *et al.*, 2021) - faixas ainda pouco investigadas, especialmente, em relação a esses últimos (Shi *et al.*, 2023). A ingestão de MPs foi observada em uma grande variedade de organismos

ABLM_ebook_v10.indd 29 6/3/24 7:31 AM

zooplanctônicos (Botterell *et al.*, 2019), com diferentes escalas de tamanho: copépodos (Cole *et al.*, 2013; Desforges *et al.*, 2015; Gunaalan *et al.*, 2023); larvas de moluscos (Cole *et al.*, 2013; Cole e Galloway, 2015) equinodermos (Richardson *et al.*, 2021); medusas – representantes do macrozooplâncton (Botterell *et al.*, 2019; Rapp *et al.*, 2021); crustáceos (Cole *et al.*, 2013; Botterell *et al.*, 2019; Carrillo-Barragán *et al.*, 2024) e peixes (Phillis and Bonner, 2015; Steer *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2017; Carrillo-Barragán *et al.*, 2024). O número de espécies encontrado por Santos e seus colegas (2021) foi sete vezes superior ao número encontrado por Laist em 1997. Embora essa pesquisa não inclua organismos planctônicos e considere apenas a ingestão, esse elevado número de espécies não apenas demonstra o relevante e positivo aumento no esforço de investigação, mas também, nos aproxima da dimensão numérica e da abrangência dos grupos da biota marinha que ingerem esses falsos alimentos.

Dentre as possíveis interações físicas dos plásticos com a biota marinha, observa-se que os macroplásticos podem se tornar habitats artificiais para polvos (Katsanevakis e Verriopoulos, 2004; Katsanevakis *et al.,* 2007; Pedá *et al.,* 2022), caranguejos ermitões (Lavers *et al.,* 2020). Em outra escala de tamanho, superfícies de partículas microplásticas podem ser colonizadas por vírus (Lacerda *et al.,* 2024a), bactérias (Yang *et al.,* 2020; Lacerda *et al.,* 2024a), fungos (Yang *et al.,* 2020), microalgas (Arias-Andres *et al.,* 2018; Yang *et al.,* 2020; Lacerda *et al.,* 2024a). À medida que as investigações progridem em relação ao biofilme associado às superfícies de plásticos, mais organismos e suas relações com esses materiais são elucidados. É o caso dos tardígrados, que foram registrados pela primeira vez em biofilmes associados especificamente ao polipropileno (Lacerda *et al.,* 2024b). Vale ressaltar que os plásticos presentes nos ambientes aquáticos, especialmente no oceano, cujas superfícies apresentam biofilmes microbianos com associações com outras espécies, são considerados um novo ecossistema (Arias-Andres *et al.,* 2018). Quando uma comunidade microbiana está associada a MP, é chamada de plastisfera (Zettler *et al.,* 2013).

É importante salientar, ainda, que a ingestão e/ou a interação física são a base dos impactos negativos no organismo e, consequentemente, no ambiente marinho. A ingestão de MPs (de organismos zooplanctônicos até aves e mamíferos aquáticos), apresenta riscos de danos relacionados à passagem dos plásticos pelo organismo e/ou ao seu acúmulo em órgãos. Embora existam muitos estudos sobre a ingestão (Santos *et al.,* 2021), os que investigam impactos resultantes dela ainda são escassos e, em sua maioria, estão relacionados a animais comerciais, como os peixes. Alguns estudos registram a associação de partículas plásticas com danos mecânicos em órgãos (Cole *et al.,* 2013, Wright *et al.,* 2013, Ahrendt *et al.,* 2020; Pirsaheb *et al.,* 2020; Wang *et al.,* 2020) e à toxicidade de componentes presentes nos plásticos (Hartmann *et al.,* 2017; Barboza *et al.,* 2018; Cole *et al.,* 2015). Os danos podem ser causados pelo processo de fabricação dos plásticos, pela

ABLM_ebook_v10.indd 30 6/3/24 7:31 AM

incorporação de diferentes aditivos no polímero (Hahladakis *et al.,* 2018) ou pela interação dos MPs com outros contaminantes presentes no ambiente (metais tóxicos e POP, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HAPs, os bifenilos policlorados - PCBs, os éteres difenílicos polibromados - PBDEs e o dicloro-difenil-tricloroetano - DDT (Barboza *et al.,* 2018 e Guzzetti *et al.,* 2018).

Efeitos toxicológicos de plásticos em organismos marinhos estão relacionados à indução de estresse oxidativo em baleias (Fossi *et al.,* 2016), em peixes (Oliveira *et al.,* 2013), expressões genéticas alteradas em tubarões (Mancia *et al.,* 2020), genotoxicidade em mexilhões (Brandts *et al.,* 2018), neurotoxicidade em peixe (Oliveira *et al.,*2013) e em mexilhões (Avio *et al.,* 2015; Ribeiro *et al.,* 2017), por exemplo. Em microalgas marinhas (fitoplâncton), revisões recentes (Nava e Leoni, 2021; Casabianca *et al.,* 2021) mostraram que a exposição do fitoplâncton a MPs causou redução no crescimento populacional, na eficiência fotossintética, no conteúdo de clorofila e no conteúdo lipídico e de ácidos graxos. No caso do zooplâncton a ingestão de MPs resultou na redução do forrageio, da atividade reprodutiva e na excreção, como revisado por Gunnaalan *et al.* (2023) em estudos realizados em laboratório. Além dos impactos negativos no organismo, que contribuem para a aumentar a morbidade e mortalidade, a biota contaminada pela ingestão de plásticos torna-se, por interações tróficas, potencial vetor de partículas, bem como de seus possíveis componentes tóxicos e/ou biofilmes associado aos plásticos dentro da teia trófica marinha. A transferência trófica de MPs no ambiente marinho foi evidenciada em estudos *in situ* (Welden *et al.,* 2018) e em condições laboratoriais (Setälä *et al.,* 2014; Nelms *et al.,* 2018). Embora sejam necessárias mais investigações, considerando a possibilidade de processos de bioacumulação e biomagnificação dos plásticos ao longo da teia trófica, esses processos implicam no aumento potencial dos efeitos tóxicos dos contaminantes e patogênicos nos níveis tróficos mais elevados, o que pode, em última análise, afetar a saúde humana (Barboza *et al.,* 2018).

IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA

Os resíduos de produtos químicos sintéticos, incluindo plásticos, na terra e nos oceanos atingiram um ponto crítico que atende aos critérios de ameaças relacionadas aos limites planetários (Persson *et al.,* 2022). De acordo com esses autores, quando essas entidades apresentam persistência, ampla distribuição e acumulação em organismos e no meio ambiente, elas têm impactos negativos na saúde e na estabilidade do sistema planetário.

Apesar da carência de pesquisas diretas mais detalhadas, existem evidências robustas de que a poluição plástica impacta significativamente a saúde humana, especialmente devido à exposição diária e às múltiplas vias de contaminação (Sigmund *et al.,* 2023; Landrigan *et al.,* 2022).

ABLM_ebook_v10.indd 31 6/3/24 7:31 AM

As principais fontes de contaminação por MPs são a ingestão e a inalação (Smith *et al.,* 2018). Os MPs também podem adsorver produtos químicos tóxicos presentes na água do mar. A ingestão de peixes e crustáceos contaminados, como ostras e mexilhões, é uma das principais vias de exposição humana a micro e nanopartículas plásticas e seus contaminantes químicos (Rochman *et al.,* 2015; Smith *et al.,* 2018). As nanopartículas podem se infiltrar no corpo humano por diversas vias, incluindo inalação, ingestão e absorção cutânea. Embora os efeitos na saúde humana não estejam completamente esclarecidos, algumas pesquisas sugerem que eles podem ter efeitos prejudiciais. Uma vez dentro do corpo, é provável que ultrapassem as barreiras das células e órgãos, causando respostas inflamatórias, danos celulares e distúrbios hormonais (Rochman e Kross, 2018; Rai *et al.,* 2021). Quantificar os níveis de nanopartículas no ambiente e nos tecidos biológicos é um novo desafio que contribuirá com a compreensão mais aprofundada dos efeitos a longo prazo dessas partículas na saúde humana. Embora nossos conhecimentos atuais sobre os riscos à saúde associados às micro e nanopartículas plásticas sejam limitados, eles fornecem indicações suficientes para justificar uma ação imediata para impedir a contínua poluição plástica nos oceanos.

Sem uma regulamentação adequada, os aditivos adicionados aos polímeros plásticos podem, por lixiviação, serem liberados no ambiente, gerando riscos para a saúde humana. Atualmente, mais de 13.000 aditivos são encontrados em plásticos comerciais, dos quais 25% têm efeitos tóxicos comprovados nos organismos e apenas 4% são proibidos no mercado (Aurisano *et al.,* 2021; Wiesinger *et al.,* 2021). Além disso, centenas de produtos químicos tóxicos foram encontrados em plásticos reciclados, incluindo pesticidas e produtos farmacêuticos. O risco para a saúde humana ocorre quando essas substâncias químicas migram das embalagens plásticas (incluindo as recicladas) para os alimentos ou bebidas, especialmente durante o aquecimento, contato prolongado ou uso repetido da embalagem (Muncke, 2021). A reciclagem pode contribuir para a solução da crise de poluição por plásticos, mas a indústria de plásticos deve restringir os produtos químicos potencialmente perigosos.

Os bisfenóis e ftalatos são compostos químicos reconhecidos como os disruptores endócrinos mais comumente associados à contaminação de embalagens de alimentos. Existem evidências da relação destes compostos com impactos na saúde incluindo infertilidade, diabetes, distúrbios da tireoide, distúrbios de crescimento e distúrbios neurológicos (Meeker *et al.,* 2009; Trasande *et al.,* 2020). Os custos de saúde resultantes são muito altos, mas há poucas análises de risco disponíveis atualmente (Trasande *et al.,* 2024).

Os ftalatos (derivados do ácido ftálico) são comumente usados como plastificantes, especialmente no policloreto de vinila (PVC) usado em tecidos, revestimentos de piso ou cabos elétricos; e filmes de PVC são usados principalmente para fabricar embalagens. O bisfenol

ABLM_ebook_v10.indd 32 6/3/24 7:31 AM

(BPA) está presente em plásticos para alimentos (galões de água, latas de conserva, latas, mamadeiras) ou não alimentares (DVDs, óculos, tomadas e interruptores elétricos, papéis térmicos, etc.) (Quadro 3).

QUADRO 3. Principais aditivos plásticos e seus impactos na saúde humana.

NOME DO ADITIVO	UTILIZAÇÕES	TIPOS DE PLÁSTICOS	PERIGOS OU TOXICIDADES PARA OS HUMANOS	REFERÊNCIAS
Bisfenol A (BPA)	Revestimentos internos de latas, garrafas plásticas, embalagens alimentares	Policarbonato (PC)	Disruptor endócrino, distúrbios hormonais, risco de câncer	Vandenberg *et al.* (2007); Rochester (2013)
Ftalatos	Plastificantes em brinquedos, cosméticos	PVC	Disruptor hormonal, risco de câncer, distúrbios de crescimento em crianças	Heudorf *et al.* (2007); Hauser & Calafat (2005)
Polibromodifeniletos (PBDE)	Retardadores de chama em móveis, embalagens, garrafas	Poliestireno (PS)	Disruptor hormonal, distúrbios de crescimento em crianças	Hale *et al.* (2003); Costa & Giordano (2007)
PBDE	Eletrônicos, filmes em geral, embalagens	Polietileno (PE)	Déficits cognitivos, risco de câncer	
PBDE	Embalagens, brinquedos, eletrodomésticos	Polipropileno (PP)	Problemas de reprodução	
Chumbo e Cádmio	Estabilizadores em PVC, pigmentos de cor	PVC	Toxicidade neurológica, renal, problemas de desenvolvimento	Navas-Acien *et al.* (2007); USEPA (2012);
Cloreto de vinila (VC)	Usado para fabricar PVC, componente de revestimentos	PVC	Irritação respiratória, risco de câncer de fígado, pulmão e osso	Ward *et al.* (2000); IARC Working Group (2013)

ABLM_ebook_v10.indd 33 6/3/24 7:31 AM

Os plásticos são uma fonte de poluição onipresente ao longo de seu ciclo de vida, abrangendo a produção, o uso e a gestão de resíduos. O aumento da produção de plástico tem resultado em uma crescente acumulação de resíduos marinhos que interferem nos ciclos biogeoquímicos e favorecem a proliferação de espécies invasoras, patógenos e genes de resistência a antibióticos (Landrigan *et al.,* 2023). Os danos causados durante a produção de plástico são avaliados em 595 trilhões de dólares. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente estima em oito bilhões de dólares os danos anuais causados globalmente aos ambientes marinhos. Além disso, a poluição plástica acarreta muitos outros custos invisíveis para a economia global como os impactos nos setores da pesca ou turismo - não quantificados economicamente.

IMPACTOS NO EQUILÍBRIO CLIMÁTICO

O oceano cobre cerca de 75% da superfície do planeta e desempenha um papel importante na manutenção de serviços vitais, tais como: a produção primária marinha, responsável por aproximadamente 80% da produção total de oxigênio total da Terra; a regulação climática; alimentos e empregos. Segundo a ONU (2021) o oceano sustenta mais de 3 bilhões de pessoas. Outro serviço vital do bioma oceânico é ser um dos maiores sumidouros naturais de dióxido de carbono, desempenhando papel fundamental na diminuição dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera. Se o sequestro do dióxido de carbono pelos ambientes marinhos e oceânicos for perturbado, ocorrerá um impacto negativo no ciclo global do carbono e na saúde humana (Shen *et al.,* 2020).

O fitoplâncton, por meio da fotossíntese, exerce um papel significativo na fixação do dióxido de carbono, gerando a síntese de compostos orgânicos e a liberação de oxigênio, do qual dependem todos os seres aeróbicos, incluindo os humanos. A interação do fitoplâncton com micro e nanoplásticos pode afetar a taxa de fotossíntese e, consequentemente, o sequestro do carbono atmosférico. O aumento do nível de carbono não sequestrado, que fica dissolvido nos corpos d'água marinhos, está resultando na acidificação do oceano.

O trabalho publicado por Shen e seus colegas (2020) destacou que as mudanças climáticas intensificam o impacto dos MPs no meio ambiente. O aumento das temperaturas pode acelerar a degradação do plástico, resultando em maior fragmentação e na liberação de partículas menores de MPs em ambientes naturais.

Embora sejam necessários mais estudos para compreender a complexidade do problema, pesquisas apontam que os MPs afetam o desenvolvimento e reprodução do fito e zooplâncton, podendo afetar o sequestro de carbono pelo oceano. Ensaios *in vitro* revelaram que algumas espécies de fitoplâncton podem ser afetadas pela exposição às partículas de micro e nanoplástico, reduzindo a taxa de fotossíntese (Sjollema *et al.,* 2016) e distúrbios na síntese

ABLM_ebook_v10.indd 34 6/3/24 7:31 AM

de clorofila A (Bhattacharya *et al.,* 2010; Besseling *et al.,* 2014).

Além disso, é importante considerar que o impacto na população do fitoplâncton marinho afeta a população de zooplâncton, causando um desequilíbrio na teia trófica nos ambientes marinhos e oceânicos. O zooplâncton, por sua vez, desempenha um papel vital na regeneração de nutrientes marinhos, no ciclo de elementos biogênicos, no fluxo de massa, energia e na degradação de poluentes ambientais (Shen *et al.,* 2020). Ao se alimentar, incorporar o carbono na biomassa e se depositar no sedimento do oceano, essa população exerce um relevante papel na regulação da concentração de CO_2 atmosférico e das mudanças climáticas globais. Uma pesquisa realizada por Cole *et al.* (2015) relatou que a presença de MPs pode não só gerar danos ao zooplâncton (copépodes), mas também reduzir a absorção e o consumo de carbono devido à ingestão de MPs, o que, assim como nas espécies maiores, causa saciedade e ocasiona o desequilíbrio metabólico, que prejudica a reprodução desse grupo, fundamental para a manutenção da teia trófica nos ambientes marinhos e oceânico.

CONSIDERAÇÕES

A literatura atual demonstra que os MPs estão distribuídos em todos os ecossistemas terrestres e marinhos. Considerando que os MPs já foram detectados em diversos pontos do nosso dia a dia, como no sal de cozinha, na água potável ou no ar (FAO, 2017), bem como em diversos tecidos humanos e em diferentes espécies em toda a cadeia trófica, é relevante refletirmos sobre os riscos que os MPs representam para o equilíbrio dos ecossistemas marinhos e a proteção da biodiversidade. Portanto, é preciso buscar caminhos para minimizar a poluição causada por plásticos e MPs.

Embora existam poucos dados analíticos mais detalhados sobre os diversos impactos negativos dos MPs, são muitas as evidências de seus riscos potenciais para a vida silvestre, marinha e humana. Dada a inevitável exposição de todos os seres vivos, incluindo microrganismos, vitais para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos, base do equilíbrio da biosfera, é fundamental ampliar e integrar o conhecimento sobre as interações dos MPs com a biota e suas implicações ambientais ao longo de todo o seu ciclo de vida.

As implicações socioambientais da saúde dos organismos e da biosfera pela potencial contribuição dos MPs para a ecotoxicidade geral precisam ser aprofundadas. Para isso, é preciso implementar sistemas contínuos de monitoramento da liberação de resíduos plásticos e da remoção de MPs durante a remediação. Pesquisadores analisaram como melhorar ferramentas que avaliem o ciclo de vida (Life Cicle Assessement - LCA) dos MPs em diversos compartimentos onde podem ser encontrados (Jiao *et al.,* 2024). Trata-se de uma ferramenta analítica padronizada projetada para auxiliar nas tomadas de decisões, identificando as opções ou soluções que apresentem o melhor potencial para diminuir o impacto ambiental (Askham *et al.,* 2023). Os desafios são

ABLM_ebook_v10.indd 35 6/3/24 7:31 AM

muitos e os obstáculos a serem superados requerem esforços conjuntos de todos os setores da sociedade para que as tomadas de decisões sejam eficazes e sustentáveis.

ALERTA!

Em artigo publicado na Science Daily, em novembro de 2023, foi apresentada mais uma preocupante notícia sobre os caminhos para remediar a poluição plástica via reciclagem. Disse a Professora Bethanie Carney Almroth, da Universidade de Gothenburg:

> *"A reciclagem dos plásticos tem sido apresentada como uma solução para a crise de poluição dos plásticos, mas os produtos químicos tóxicos nos plásticos complicam sua reutilização e descarte, e dificultam a reciclagem".*

Os cientistas examinaram *pellets* de plástico reciclado coletados em 13 países e encontraram centenas de produtos químicos tóxicos, incluindo pesticidas e produtos farmacêuticos.

Nesse complexo e difuso contexto de proteção dos ecossistemas costeiros e marinhos, as unidades de conservação marinhas e sua biodiversidade, além de preencher as lacunas de conhecimento e fortalecer as parcerias entre os diversos setores da sociedade, é fundamental ampliar as redes nacionais e internacionais para gerar e disseminar dados confiáveis e consistentes, que possam apoiar programas de educação ambiental crítica, políticas públicas e sistemas de governança adequados para prevenir e mitigar os riscos da poluição por MPs.

RUMO A UM TRATADO JURIDICAMENTE VINCULATIVO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO POR PLÁSTICOS

Na quinta sessão da Assembleia Ambiental das Nações Unidas, em fevereiro de 2021, 140 Estados expressaram seu interesse em um acordo global sobre plásticos. Em setembro do mesmo ano, uma conferência ministerial foi organizada por 76 Estados, com o apoio do PNUMA, e solicitou a criação de um comitê de negociação. Em 2 de março de 2022, no Quênia, foi adotada a Resolução 5/14 do PNUMA com o objetivo de colocar um fim à poluição plástica, rumo a um instrumento internacional juridicamente vinculativo.

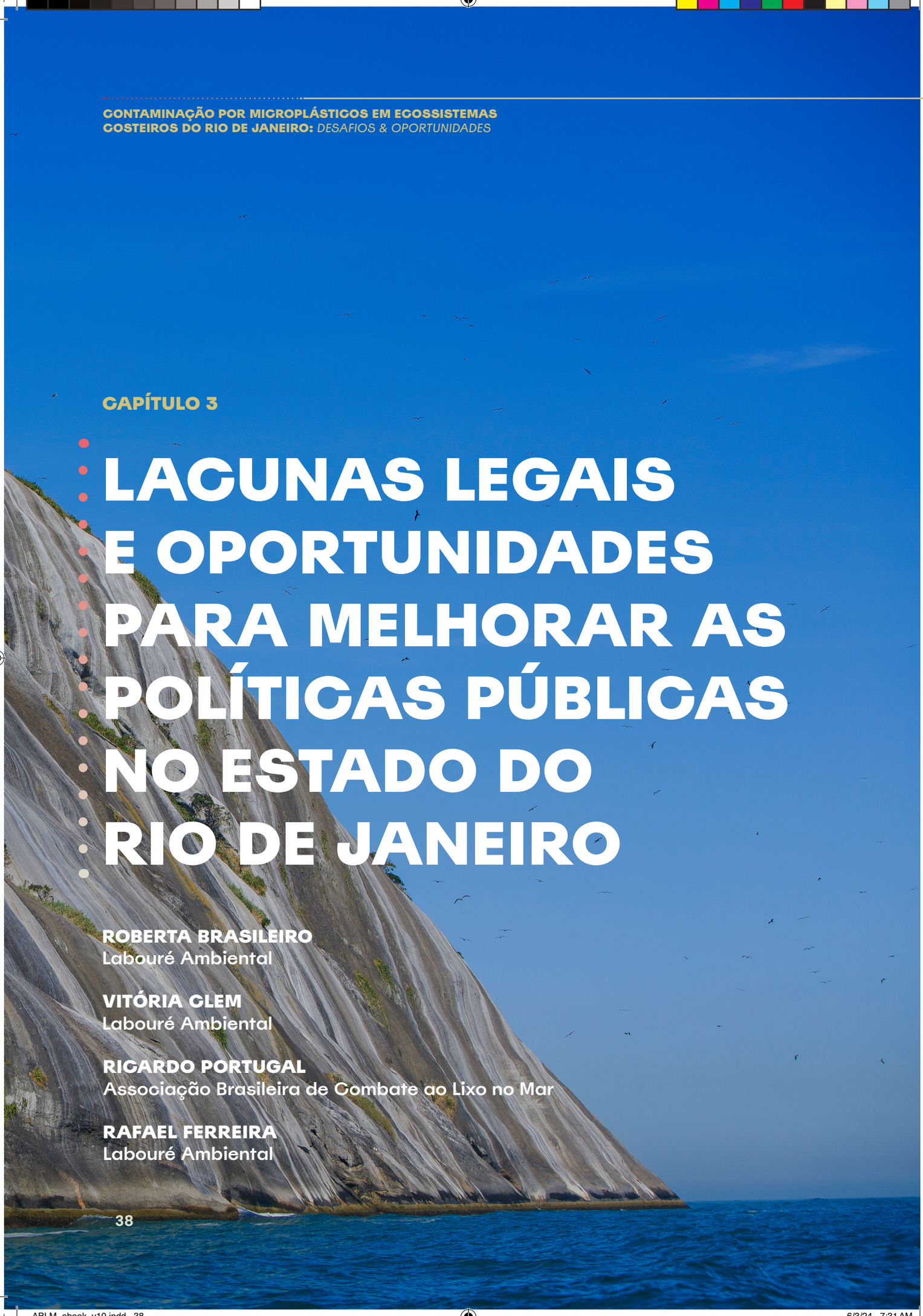
O Tratado deve ser concluído até o final de 2024, em reunião a ser realizada no outono na República da Coreia. Várias propostas de obrigações fundamentais para o Tratado foram discutidas: a redução da descarga de MPs - com opções propostas que abrangem seu uso intencional e descargas não intencionais; a promoção do uso de produtos substitutos sustentáveis e seguros; a

ABLM_ebook_v10.indd 36 6/3/24 7:31 AM

melhoria da pesquisa e do desenvolvimento de novos materiais, designs e sistemas de produção, por exemplo. O Tratado pode conter medidas obrigatórias e voluntárias, abrangendo todo o ciclo de vida dos plásticos, promovendo o gerenciamento de resíduos e baseando-se na ecologia circular.



ABLM_ebook_v10.indd 37 6/3/24 7:31 AM



CAPÍTULO 3

LACUNAS LEGAIS E OPORTUNIDADES PARA MELHORAR AS POLÍTICAS PÚBLICAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ROBERTA BRASILEIRO
Labouré Ambiental

VITÓRIA GLEM
Labouré Ambiental

RICARDO PORTUGAL
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

RAFAEL FERREIRA
Labouré Ambiental

ABLM_ebook_v10.indd 38 6/3/24 7:31 AM

INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados e conclusões de estudo que promoveu um diagnóstico sobre a legislação referente ao controle e enfrentamento do problema relacionado aos microplásticos (MPs), buscando lacunas na regulamentação legal para a proposição de iniciativas do seu monitoramento e combate no Rio de Janeiro.

O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa e levantamento da base legal e artigos científicos relacionados, bem como da busca por precedentes e entendimentos técnicos existentes, a formatação de um banco de dados para a inserção da base legislativa e dos artigos científicos levantados, além de entrevistas com personalidades e instituições de relevância temática de setores diversos.

Para compor o banco de dados, foi realizado o levantamento de instrumentos legais nacionais nas três esferas de poder (legislativo, executivo e judiciário) que pudessem auxiliar no entendimento do estudo sobre o tema, ainda que não citassem explicitamente os termos de MPs ou plástico.

Embora se trate de uma área de atuação bastante abrangente, sobretudo no que diz respeito à legislação nacional, o trabalho teve foco nos arranjos existentes no estado do Rio de Janeiro (ERJ), notadamente pela área de influência da Região Hidrográfica V, Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, onde se localiza o Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras, Unidade de Conservação foco do projeto. Em suma, o estudo apresentou uma gama de possíveis iniciativas para a melhoria do monitoramento e ao controle do problema dos MPs nos ecossistemas aquáticos no estado do Rio de Janeiro.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Estima-se que apenas 29% do plástico produzido no mundo entre 1950 e 2017 permanecem em uso nos dias atuais. Eles estariam em produtos como eletrodomésticos ou materiais de construção (Iwanicki, 2020). Os demais 71% se tornaram resíduos ao longo do tempo, dos quais apenas 9% foram reciclados, enquanto 14% foram incinerados e 77% seguem depositados em aterros sanitários, lixões ou dispersos no ambiente. A poluição por plásticos no ambiente é observada desde 1970, quando já havia sido detectada a presença de plástico no trato digestivo de tartarugas e aves marinhas no hemisfério norte (Iwanicki, 2020). A partir dos anos 2000, pesquisadores e jornalistas começaram a alertar sobre grandes ilhas de plástico flutuantes no meio do oceano.

O plástico na superfície se revela apenas como “a ponta do iceberg”, existindo uma mancha de poluição de plástico abaixo dela. Estima-se que, na superfície, vemos apenas 0,5% de todo o plástico encontrado no oceano. Os outros 39% estão em mar aberto fora da superfície, 33,7% em fundos marinhos e 26,8% em águas costeiras (Grotrian, 2022).

ABLM_ebook_v10.indd 39 6/3/24 7:31 AM

Neste cenário, o plástico, ao ser exposto ao oceano, sofre abrasão, esmagamento e decomposição ao longo do tempo, diminuindo cada vez mais suas partículas, até se tornarem MPs, termo que se refere às partículas com dimensões inferiores a 5 mm (Gesamp, 2015), podendo ser encontradas até mesmo no fundo do mar (Shahnawaz, 2019).

De forma geral, os MPs podem apresentar efeitos específicos de interação com os organismos vivos, o que representa um risco significativo para a biota presente no ecossistema marinho e para a saúde humana. Isso se deve à capacidade dessas partículas de adsorver uma variedade de poluentes orgânicos, transportar patógenos e, devido aos aditivos presentes na sua composição, sofrer lixiviação e liberar substâncias tóxicas capazes de atuar como disruptores endócrinos (Sociedade de Endocrinologia, 2020).

O Brasil, sendo o 4º maior produtor de lixo plástico no mundo e gerando em média 11,3 milhões de toneladas por ano (Bizu, 2020), está no centro desta discussão. Na Baía de Guanabara, por exemplo, localizada na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, MPs já foram encontrados em sua coluna d'água e em ambientes costeiros próximos (Drabinski, 2023).

O gerenciamento adequado de resíduos sólidos desempenha um papel crucial na proteção dos ecossistemas marinhos, principalmente na redução da poluição por plásticos no oceano. Implementar práticas como a reciclagem e a instalação de barreiras flutuantes é um importante passo na diminuição das fontes de MPs secundários, provenientes da degradação dos plásticos originais.

No estado do Rio de Janeiro, segundo resultados do **ICMS Ecológico do ano de 2022**, apenas 43 dos 92 municípios possuem coleta seletiva. Se considerarmos apenas a Região Hidrográfica V, composta pela região metropolitana do estado, apenas 08 dos 17 municípios possuem coleta seletiva: Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Petrópolis e Rio de Janeiro.

De acordo com o Plano de Manejo do Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras (ICMBio, 2020), a poluição, principalmente proveniente da Baía da Guanabara e do Emissário Submarino de Ipanema, está entre os principais impactos para aquela Unidade de Conservação da Natureza.

Embora o Emissário de Ipanema tenha sido construído antes da maioria das normas que asseguram a redução da carga orgânica, como a Lei Estadual n.º 2.661/1996, que determina níveis mínimos de tratamento de esgotos sanitários antes de seu lançamento em corpos d'água, sua operação deve ser adequada à nova realidade de saúde pública da sociedade.

Neste sentido, pesquisas indicaram que efluentes domésticos contaminados por MPs primários provenientes do uso de produtos de higiene pessoal e/ou beleza, juntamente com MPs secundários derivados de tecidos sintéticos

ABLM_ebook_v10.indd 40 6/3/24 7:31 AM

resultantes da lavagem de roupas, são as prováveis explicações para a alta quantidade desse poluente encontrada em pontos analisados na Baía de Guanabara (Olivatto, 2017; Alves, 2019; Silva *et al.,* 2023).

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), embora não tenham sido originalmente projetadas para a remoção de MPs, demonstram eficiência considerável na eliminação desse material, alcançando taxas de remoção que variam de 72% a 99.9%. Os tratamentos terciários, porém, ainda apresentam maior eficiência no processo (Pereira, 2021).

Nos últimos anos, a pauta da poluição plástica marinha tem sido tratada com maior protagonismo em conferências e declarações internacionais. Durante a Conferência dos Oceanos em Lisboa no ano de 2022, a Declaração de Lisboa estabeleceu compromissos de prevenir, reduzir e eliminar o lixo plástico marinho, incluindo plásticos de uso único e MPs. Além disso, sugeriu a ampliação dos sistemas de reciclagem, da garantia do consumo e de padrões de produção sustentáveis por meio do desenvolvimento de alternativas para consumidores e indústrias, incluindo conseguir a negociação de um tratado legal internacional sobre poluição plástica.

Também no ano de 2022, em Nairobi, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA celebrou acordo para acabar com a poluição plástica até 2024. Esta Resolução estabeleceu a criação de um Comitê Intergovernamental de Negociação e, até o presente momento, foram realizadas quatro sessões para o desenvolvimento de um instrumento internacional juridicamente vinculativo sobre a poluição plástica. O texto deve apresentar alternativas para abordar o ciclo de vida completo dos plásticos, materiais reutilizáveis e recicláveis, bem como a necessidade de cooperação internacional para facilitar o acesso à tecnologia, capacitação e cooperação científica e técnica. A última sessão foi realizada em abril de 2024 e a próxima já se encontra agendada para dezembro de 2024.

Ainda no cenário internacional, a Convenção de Ramsar, através de um tratado intergovernamental, estabeleceu marcos para ações nacionais e para a cooperação entre países com o objetivo de promover a conservação e o uso racional de áreas úmidas no mundo.

Esse tratado foi definido, originalmente, com o objetivo de proteger os habitats aquáticos para a conservação de aves migratórias. Ao longo do tempo, o arranjo ampliou sua atenção para as demais áreas úmidas, de modo a promover sua conservação e uso sustentável, bem como o bem-estar das populações humanas que delas dependem.

A Convenção de Ramsar está em vigor desde 21 de dezembro de 1975 e foi incorporada ao arcabouço legal do Brasil em 1996, pelo Decreto nº 1.905/96. Adicionalmente, tendo como base a relevância do tema abordado pela Convenção, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos editou a Resolução n.º 148, de 13 de dezembro de 2012, aprovando o *detalhamento operativo do Programa IX - Gestão de Recursos Hídricos Inte-*

ABLM_ebook_v10.indd 41 6/3/24 7:31 AM

gradas ao Gerenciamento Costeiro, incluindo as Áreas Úmidas junto ao Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

Nesta linha, o referido *Programa IX* apresentou como objetivo geral a promoção, a articulação e a integração entre as políticas de recursos hídricos e o gerenciamento costeiro, considerando as Áreas Úmidas.

Em âmbito nacional, o governo brasileiro lançou, em 2019 o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (PNCLM) com o objetivo de enfrentar o problema crescente da poluição por resíduos sólidos nos oceanos. O PNCLM foi elaborado com base em princípios de cooperação entre diferentes setores da sociedade, incluindo governos, indústrias, organizações não governamentais e comunidades locais. Este plano estabeleceu metas e diretrizes para diversas áreas de atuação, visando à prevenção, mitigação e a remoção do lixo marinho.

No estado do Rio de Janeiro, destaque para a Rede Oceano Limpo - RJ, com o movimento de internalização do enfrentamento ao lixo no mar em políticas públicas estaduais que, desde 2022, mobiliza atores, articula propostas e reúne informações acerca do cenário de poluição por lixo no estado.

Dentre as ações capitaneadas pela Rede, a consolidação do Grupo de Trabalho do Lixo no Mar (GT), instituído em outubro de 2023 mediante a Resolução da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade, revelou-se como o resultado da construção de um diálogo para a governança da questão do lixo no mar no estado.

Em sua linha atuação, em maio de 2024, a Rede lançou o documento Recomendações para a Estratégia Estadual de Enfrentamento ao Lixo no Mar no Rio de Janeiro, que sistematiza resultados de interações e consultas a atores importantes sobre o tema e do levantamento de informações junto ao governo do ERJ ao longo dos anos de 2022 e 2023 (Rede Oceano Limpo, 2024).

O documento apresenta diversas ações estratégicas de combate ao lixo no mar no estado do Rio de Janeiro, divididas em eixos temáticos a partir de análises de documentos oficiais e da literatura especializada, tratando de planos de combate ao lixo no mar em todo o Brasil.

Ainda na esfera estadual, o Comitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CBH-BG), instituído pelo Decreto Estadual nº 38.260 de 16 de setembro de 2005 e cuja redação foi alterada pelo Decreto Estadual nº 45.462 de 25 de novembro de 2015, expandiu a área de atuação, incluindo as áreas dos sistemas lagunares de Jacarepaguá, Lagoa Rodrigo de Freitas, Itaipu/Piratininga e Maricá-Guarapina.

Por intermédio de sua Resolução nº 110, de 17 de janeiro de 2022, o CBH institui a Câmara Técnica Costeira – CTCOST, com a finalidade de promover a integração entre as gestões hídrica e costeira por meio da avaliação do impacto regulatório e do cumprimento das normas de referência, objetiva orientar e acompanhar o uso dos recursos naturais na zona costeira.

ABLM_ebook_v10.indd 42 6/3/24 7:31 AM

É necessário atuar de forma estratégica para diminuir a poluição dos MPs no estado e, para isso, é preciso compreender fatores socioeconômicos, físicos, químicos e ambientais que influenciam a produção, distribuição, uso, descarte e contaminação ambiental do plástico.
O estudo realizado identificou possíveis iniciativas que poderiam incentivar a prevenção e o controle da poluição decorrente do problema dos MPs em suas origens a partir do arcabouço legal já existente, sobretudo no âmbito dos entes federativos envolvidos na área de interesse do presente trabalho.

LACUNAS E OPORTUNIDADES

É importante destacar que um ponto chave para compreensão das lacunas e possíveis oportunidades de enfrentamento dos MPs reside na sua divisão por origem, relacionadas como primária e secundária, conforme brevemente comentado.

Os MPs de origem primária são aqueles fabricados com tamanhos micrométricos ou submicrométricos (nanoplásticos), adicionados diretamente na composição de itens durante sua produção (cosméticos, detergentes e produtos de limpeza), e que após consumo, na falta de tratamentos adequados dos efluentes domésticos podem ser levados para o oceano.

Por sua vez, os MPs de origem secundária são gerados a partir dos processos de abrasão, esmagamento, reação térmica, ou mesmo atividade microbiana do plástico em qualquer tamanho, ou seja, decorrentes do processo de degradação do plástico junto ao meio ambiente.

Para o enfrentamento do problema dos MPs de origem primária, identificou-se a existência de uma lei estadual bastante restritiva quanto à produção e fabricação de produtos que contenham microesferas de plástico, inclusive com proibição envolvendo sua exportação, importação, divulgação, uso ou descarte em rios, lagos, lagoas, no mar e no solo, a teor da Lei Estadual nº 8.090, de 30 de agosto de 2018.

A vedação de tais produtos é prevista no art.1º da referida Lei, que se apresenta taxativa quanto à proibição relacionada (grifamos):

> *"Art. 1º Proíbe a produção, fabricação, distribuição, comercialização, venda, estocagem, armazenagem, consignação, seja para exportação e importação, divulgação, uso e* ***descarte nos rios, córregos, lagos, lagoas, lagunas, no mar e no solo,*** *de qualquer produto cosmético, de higiene pessoal e de limpeza que contenham microesferas de plástico, sejam elas ocas ou maciças, provenientes de polímeros de polietileno, polipropileno (pp), poliacetal (delrin ou pom), tereflalato, polimetilmetacrilato, náilon (poliamida ou pa), ou similares, no Estado do Rio de Janeiro."*

Como é possível notar, o comando legal imposto pela norma já é taxativo quan-

ABLM_ebook_v10.indd 43 6/3/24 7:31 AM

to à proibição da utilização de microesferas plásticas em sua versão primária no território. Dessa forma, foi necessário avaliar qual oportunidade de reforço normativo tende à efetivação do comando legal imposto pela norma.

Embora a Assembleia Legislativa do Estado possua mecanismos para acompanhamento do cumprimento das leis por ela estabelecidas, essa medida se enquadra na atuação dos órgãos de controle do Poder Executivo, que, via de regra, têm a função de fiscalizar as atividades que se instalam e que operam no estado do Rio de Janeiro.

Dessa forma, um dos instrumentos mais importantes para políticas públicas ambientais é o licenciamento, que permite o controle das atividades humanas que interferem nas condições ambientais, procurando conciliar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade dos ecossistemas em suas variabilidades físicas, bióticas, socioculturais e econômicas.

No Rio de Janeiro, o licenciamento ambiental é exercido, como regra, pelo Estado, através do INEA, e pelos municípios, através dos seus órgãos municipais de meio ambiente, geralmente as Secretarias Municipais de Meio Ambiente.

Com base no arranjo estabelecido pela Lei Complementar n.º 140, de 08 de dezembro de 2011, foi atribuída competência ao Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONEMA de expedir a regulamentação de tipologias de atividades que causam ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade.

Este cenário, bem como a condição preponderante do CONEMA sobre a distribuição entre os entes federativos para o exercício do controle ambiental, que o estudo identificou a possibilidade de atuação do referido Conselho na definição de diretrizes expressas no sentido de se fazer valer as vedações impostas pela Lei Estadual nº 8.090, de 30 de agosto de 2018, no âmbito de cada órgão licenciador no estado do Rio de Janeiro.

Tal medida teria o objetivo de vincular cada ação dos órgãos licenciadores ao comando do Conselho Estadual sobre a matéria. A partir de um rol de atividades pré-selecionadas e relacionadas com a potencial utilização de plásticos, ou mesmo de MPs, em suas atividades, caberia ao Conselho deliberar pela necessidade de se constar expressamente, em cada licença ambiental expedida, a obrigatoriedade de inclusão de condicionante específica de validade relacionada à proibição imposta pela Lei.

Com essa iniciativa, espera-se que os efeitos e o comando legal oferecido pela Lei estadual de 2018 atinjam boa parte dos órgãos de controle que atuam na ponta, aprovando e autorizando o funcionamento de atividades potencialmente poluidoras, sobretudo aquelas que estão ligadas ao setor industrial do estado, ampliando o controle e a fiscalização quanto à vedação do uso das microesferas plásticas em sua condição originária.

Quanto aos MPs referente a sua origem

ABLM_ebook_v10.indd 44 6/3/24 7:31 AM

secundária, verificou-se a possibilidade de atuação em diversos segmentos. Esta frente do problema se revelou extremamente complexa e pode demandar um universo de ações que, certamente, extrapolam a possibilidade de se esgotar as medidas legais para enfrentamento do problema apenas com o presente estudo.

No entanto, foram identificadas algumas iniciativas de fomento à prevenção e controle da poluição decorrente dos MPs, seja de origem primária ou secundária (Figura 1). Os itens a seguir discutem potenciais medidas a serem trabalhadas junto a normas relacionadas com: (i) Lançamento de efluentes: emissário submarino e drenagem urbana; (ii) Pesca fantasma - recolhimento de petrechos de pesca abandonados e inutilizados; (iii) Atividades sujeitas ao licenciamento ambiental no Estado - incremento do plástico como item de potencial poluidor; (iv) Restrição à produção, distribuição e comercialização de plásticos descartáveis no ERJ; (v) Revogação de leis que obrigam a disponibilização de utensílios plásticos; e (vi) Obrigatoriedade a grandes eventos, com utilização de garrafas ou copos de uso próprio para consumo de água.

I - Lançamento de Efluentes e Drenagem urbana

Foi visto que no estado do Rio de Janeiro vigora a Lei nº 2.661, de 27 de dezembro de 1996, que regulamenta a exigência de níveis mínimos de tratamento do esgoto sanitário, antes de seu lançamento em corpos d'água.

A lei foi posteriormente alterada pela Lei nº 4.692, de 29 de dezembro de 2005, que estabeleceu, nas hipóteses de lançamento de esgoto sanitário em alto mar através de emissários submarinos, valores máximos para a carga poluidora lançada no ponto de disposição final, de acordo com as normas de tratamento primário completo.

No âmbito da regulamentação infralegal editada pelo Estado, a Norma Operacional NOP-45 do INEA, aprovada pela Resolução Conema nº 90, de 08 de fevereiro de 2021, estabeleceu critérios e padrões para o lançamento de esgoto sanitário, inclusive por meio de emissário submarino, definindo limites para parâmetros como o pH, a temperatura, a ausência de sólidos grosseiros e materiais flutuantes, a eficiência de remoção de sólidos suspensos totais e de remoção de DBO.

Esta norma determinou que os efluentes de sistemas de tratamento de esgoto por meio de emissários submarinos podem ser submetidos a testes de ecotoxicidade em caso de interferência de efluentes com características potencialmente tóxicas ao corpo receptor, a critério do órgão ambiental competente, e conforme estabelecido na legislação vigente.

No entanto, embora se reconheça o grande avanço no sentido de minimizar os impactos ambientais negativos causados pela disposição oceânica de esgotos domésticos, de acordo com os regulamentos acima, não há qualquer previsão regulamentar para lidar com a questão dos MPs presentes nos efluen-

ABLM_ebook_v10.indd 45 6/3/24 7:31 AM



FIGURA 1. Oportunidades jurídicas na prevenção e controle da contaminação por microplásticos de origem primária e secundária.

ABLM_ebook_v10.indd 46 6/3/24 7:31 AM

tes, o que se torna uma relevante lacuna da legislação atual e uma oportunidade de melhoria desse arranjo legal.

Considerando a ausência de exigências específicas para a análise, monitoramento e a retenção de MPs, é possível incluir dispositivos legais específicos sobre o MPs, sobretudo a partir de possível alteração da base legal estadual mencionada.

A implementação de obrigatoriedade de análises detalhadas de MPs nos estudos ambientais como parte integrante do processo de avaliação de projetos parece ser uma alternativa eficaz, uma vez que estabelece diretrizes para o monitoramento contínuo da presença de MPs nos efluentes tratados, a fim de identificar fontes de contaminação e avaliar a eficácia das medidas de mitigação implementadas. Este conjunto de comandos se adequaria à eventual alteração da base legal definida pela Lei nº 2.661, de 27 de dezembro de 1996.

Além disso, tais alterações legais poderiam prever a necessidade de adoção de peneiramento no tratamento preliminar de emissários ou, levando em conta a viabilidade técnica e econômica, de tecnologias mais avançadas de tratamento de águas residuais, como filtros de membrana e sistemas de oxidação avançada, que têm demonstrado eficácia na remoção de MPs primários e secundários.

A drenagem urbana é uma questão que remete à discussão dos parâmetros e diretrizes presentes no respectivo licenciamento ambiental dessas atividades. Ao implantar um novo sistema de drenagem urbana em determinado local, ou determinar a abertura de uma nova estrada ou rodovia, tal execução deve ser precedida de específica análise ambiental, que deve avaliar as condições propostas para a atividade em relação às normas e diretrizes ambientais para tanto.

A Lei Estadual nº 9.164, de 28 de dezembro de 2020, também é passível de revisão. Atualmente, ela cumpre o papel de regulamentar os procedimentos para armazenamento e retardo de água de chuva em perímetros urbanos para aproveitamento e sua descarga na rede pública, porém ela tem o potencial de incorporar medidas voltadas à questão do plástico, sobretudo quanto aos possíveis controles nas descargas junto à rede pública.

II - Pesca Fantasma

Nas atividades de pesca, é comum, durante a operação da embarcação, abandonar, perder ou descartar alguns dos seus instrumentos no mar. No entanto, a crescente preocupação em relação a esses instrumentos abandonados, em comparação com outros tipos de detritos plásticos, deve-se aos impactos adicionais que causam.

A depender de como o material foi abandonado, perdido, ou descartado, seu tipo de equipamento e as condições ambientais locais (correnteza, profundidade e localização), o material pode continuar "pescando" mesmo não sendo mais controlado (Link, 2019), o que é chamado de pesca fantasma.

ABLM_ebook_v10.indd 47 6/3/24 7:31 AM

No entanto, entre a legislação levantada pelo estudo, sobretudo aquelas que dizem respeito à área de interesse do trabalho, não foram encontradas ações efetivas para o controle, prevenção e mitigação dos efeitos da pesca fantasma nos ecossistemas marinhos, o que se revela uma lacuna e oportunidade para implementação de regulamentações para o tema.

Foram identificadas leis que poderão servir de base para a implementação de dispositivos e comandos legais futuros, como a Lei Estadual nº 9.466/2021, que institui a Política Estadual de Incentivo à Economia do Mar, e a Lei Municipal nº 5.973/2015, que institui o Sistema Municipal de Desenvolvimento Sustentável da Pesca no município do Rio de Janeiro.

Uma iniciativa identificada em experiências internacionais e que parece oferecer efetividade junto à rotina da atividade seria a instalação de espaços nos principais portos pesqueiros do estado para o recolhimento de instrumentos antigos ou recuperados no mar pelos pescadores. A medida teria como principal finalidade incentivar os pescadores a não abandonarem seus instrumentos de forma intencional e até mesmo a resgatarem instrumentos abandonados por outras embarcações. A partir de uma adequada previsão legal sobre o assunto, o incentivo econômico necessário para viabilizar as contrapartidas pelo recolhimento voluntário pode ser originado, inicialmente, pelo poder público, seja estadual ou municipal, de acordo com o aprimoramento do programa, até que a medida se torne sustentável ao acrescentar valor ao produto recolhido, sem a necessidade de outros subsídios.

III - Atividades sujeitas ao licenciamento ambiental no Estado - incremento do plástico como item de potencial poluidor

No estado do Rio de Janeiro, a Resolução do Instituto Estadual do Ambiente - INEA nº 251, de 31 de março de 2022, que aprovou a revisão 3 da Norma Operacional NOP-INEA-46, é o regulamento que define o enquadramento de empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento e demais procedimentos de controle ambiental.

O enquadramento definido pela Norma é realizado para dimensionar a classe de impacto ambiental de um determinado empreendimento ou atividade, considerando a natureza, o porte e o potencial de poluição ambiental.

A gradação do impacto existe em função da natureza da atividade. Determinados aspectos ambientais, como as emissões atmosféricas, não são simples de serem dimensionados no ato do enquadramento, uma vez que ele antecede a análise técnica, onde serão apresentados os estudos ambientais.

Com base na referida Norma, é possível concluir que boa parte das atividades que envolvem o manejo do plástico em sua origem tem Potencial Poluidor Inicial definido como baixo ou até desprezível, o que, certamente, resulta na divisão de competência do ente a licenciar,

ABLM_ebook_v10.indd 48 6/3/24 7:31 AM

bem como na possibilidade, inclusive, de tornar a atividade inexigível frente ao licenciamento ambiental.

O item "GRUPO XVII - PRODUTOS DE MATÉRIAS PLÁSTICAS", constante do Anexo I da referida norma, revela que, das sete atividades relacionadas à fabricação de matérias plásticas, como a fabricação de espuma de material plástico expandido em blocos e lâminas, e a fabricação de laminados planos ou tubulares de material plástico, apenas uma delas aparece com potencial poluidor médio, com as demais figurando pelo potencial poluidor baixo.

Dessa forma, o estudo identificou essa situação normativa como passível de revisão e reformulação pelo órgão ambiental estadual, considerando que boa parte das atividades por ela relacionadas como baixo potencial poluidor se revelam como potenciais atividades geradoras de MPs de origem secundária.

IV - Produção, distribuição e comercialização de plásticos descartáveis

A Lei Estadual nº 7.957/2018 estabeleceu o uso prioritário de canudos e copos reutilizáveis ou fabricados com produtos biodegradáveis nos estabelecimentos comerciais. Já a Lei Municipal do Rio de Janeiro nº 6.458/2019 obrigou estabelecimentos comerciais, ambulantes e similares autorizados pela Prefeitura a usarem e fornecerem canudos fabricados exclusivamente com material biodegradável e/ou reciclável.

No entanto, o estudo constatou uma lacuna legal em relação ao uso de outros tipos de materiais plásticos de uso único, como talheres, pratos e agitadores para bebidas, revelando uma oportunidade de abordagem para possível alteração legal com vistas à proibição desse tipo de operação.

De forma semelhante, no município de São Paulo, a Lei nº 17.261, de 13 de janeiro de 2020, proibiu o fornecimento de copos, pratos, talheres, agitadores para bebidas e varas para balões de plásticos descartáveis aos clientes de hotéis, restaurantes, bares e padarias, entre outros estabelecimentos comerciais. Com tal medida restritiva, a norma definiu que estes produtos plásticos devem ser fornecidos em materiais biodegradáveis, compostáveis e/ou reutilizáveis, a fim de permitir a reciclagem e impulsionar a transição para uma economia circular.

O Distrito de Fernando de Noronha também é um exemplo de iniciativa que pode ser seguido pelos entes federativos do ERJ. Através do Decreto Distrital nº 002, de 12 de dezembro de 2018, foi proibida a entrada, comercialização e uso de diversos produtos descartáveis, como garrafas plásticas de bebidas com capacidade inferior a 500 ml; canudos plásticos descartáveis; copos plásticos descartáveis; pratos plásticos descartáveis; talheres plásticos descartáveis; sacolas plásticas; entre outros.

O Projeto de Lei nº 2524/2022, que tramita junto ao Congresso Nacional em

ABLM_ebook_v10.indd 49 6/3/24 7:31 AM

âmbito Federal, proíbe a fabricação, a importação, a distribuição, o uso e a comercialização dos seguintes produtos plásticos de uso único, a exemplo de canudos; talheres; pratos, inclusive os confeccionados em espuma de poliestireno expandido (EPS) e em poliestireno extrusado (XPS); misturadores de bebidas, entre outros.

A proposta proíbe, ainda, a fabricação e a importação de produtos de higiene, cosméticos ou de qualquer outra aplicação que contenha microesferas plásticas em sua composição, e estabelece algumas metas de reciclagem das embalagens plásticas colocadas à disposição do usuário final.

V - Revogação de leis que obrigam a disponibilização de utensílios plásticos

Durante a elaboração do trabalho, foram encontradas algumas leis ainda válidas que obrigam a distribuição de utensílios plásticos descartáveis nos estabelecimentos comerciais, sobretudo na esfera municipal. Tais leis devem ser revisadas para que se adequem às normas mais atuais, visando a obrigatoriedade de distribuição de materiais ambientalmente degradáveis.

Um exemplo prático de como esta mudança pode ser realizada é a substituição da então Lei Municipal do Rio de Janeiro nº 3.655/2003, que obrigava estabelecimentos comerciais a fornecerem canudos de plástico individual, sendo revogada pela Lei nº 6.384/2018 e posteriormente alterada pela Lei nº 6458/2019, com vistas à obrigatoriedade de fornecimento de canudos de material biodegradável e/ou reciclável.

No entanto, percebe-se que, ainda no município do Rio de Janeiro, vigora a Lei nº 4.327, de 27 de abril de 2006, que determina a disponibilização de sacos plásticos para recolhimento de fezes de animais domésticos por parte de condomínios residenciais.

Outro caso ocorre junto à legislação do município de Duque de Caxias, a partir da Lei nº 2.251, de 28 de abril de 2009, que determina a obrigatoriedade de disponibilização ao público de molhos, tempero de mesa, congêneres e também canudos plásticos embalados hermeticamente e indevassáveis.

A revogação de leis que promovem o uso de plásticos de uso único representa um avanço fundamental na minimização dos impactos associados a esses materiais, que são fontes para a poluição por MPs secundários. A possibilidade de revisão dessas normas pode refletir como um reconhecimento crescente dos problemas causados pela poluição plástica e sua persistência nos ecossistemas terrestres e aquáticos.

VI - Grandes eventos - utilização de garrafas ou copos de uso próprio para consumo de água

Iniciativas como a Lei municipal de Niterói nº 3.878/2024, que obriga a disponibilização de água potável em grandes eventos e permite a entrada de garrafas

ABLM_ebook_v10.indd 50 6/3/24 7:31 AM

para consumo, têm enorme potencial de plástico transparente de uso próprio para diminuir a geração de resíduos em eventos de grande porte.

É possível que outros municípios e o legislativo estadual, inclusive, promovam medidas semelhantes para condicionar a realização de grandes eventos em seus territórios à possibilidade de utilização de itens de consumo próprio pelo público presente, sobretudo de água potável.

No Rio de Janeiro, o Decreto n.º 43.219/2015 criou o programa "Rio Ainda Mais Fácil Eventos – RIAMFE", definindo os procedimentos necessários para a autorização e realização de eventos em áreas públicas e particulares. Este regulamento condiciona a realização de eventos na cidade, sobretudo grandes eventos, à autorização do Poder público.

Quando o evento envolve a utilização de áreas sensíveis e de interesse ambiental, o pedido de autorização passa previamente aos órgãos ambientais do município, que definem medidas de controle e compensação. Exemplos disso são os eventos realizados nas áreas da Área de Proteção Ambiental – APA da Orla Marítima, sobretudo nas praias, nos quais a unidade participa do processo de aprovação, definindo medidas para mitigar os impactos ambientais e solicitando a compensação ambiental.

Com base nessa experiência municipal, é possível ampliar e melhorar a legislação vigente para aumentar o controle, as medidas de mitigação e até mesmo a definição de medidas compensatórias para as hipóteses de uso de plástico e itens de consumo próprio pelo público. Em suma, além da possibilidade de replicar tal medida para outros órgãos, há como adequar normas municipais para a inclusão de elementos relacionados ao combate aos MPs.



ABLM_ebook_v10.indd 51 6/3/24 7:31 AM

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO INICIAL DO MICROPLÁSTICO (MP) NO ENTORNO DO MONUMENTO NATURAL DO ARQUIPÉLAGO DAS ILHAS CAGARRAS

PAULO HARKOT
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

PAULO ROSMAN
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

MAURICIO CERDA
Laboratório de Biogeoquímica de Ambientes Aquáticos, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense - UFF
Centro de Investigación Climático, Faculdad de Ciencias, Universidad Santo Tomás

EDUARDO TAVARES PAES
Laboratório de Ecologia Marinha e Oceanografia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

VINICIUS VOGEL
Laboratório de Biogeoquímica de Ambientes Aquáticos, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense - UFF

ABLM_ebook_v10.indd 52 6/3/24 7:31 AM

INTRODUÇÃO

O microplástico é um tipo de poluente emergente surgido a partir da disseminação do uso e introdução das substâncias plásticas em praticamente todas as atividades desenvolvidas em nossa sociedade.

É um tipo de contaminante encontrado em todos os ambientes, organismos, bem como na cadeia trófica, podendo apresentar toxicidade por adsorver, junto à sua superfície, poluentes orgânicos persistentes, produtos farmacêuticos e diversos aditivos utilizados na sua fabricação. Portanto, tem potencial para causar danos à saúde dos seres vivos devido às propriedades tóxicas, carcinogênicas, ou disruptivas endócrinas que impactam a fisiologia e metabolismo dos indivíduos, o que pode causar danos às populações expostas a esse tipo de contaminante.

Apesar da relevância e urgência do tema, e dos recentes estudos que confirmam a alta concentração de MP nos sedimentos marinhos da plataforma continental do município do Rio de janeiro, existem muitas lacunas no conhecimento sobre o perfil dos microplásticos introduzidos por diversos tipos de fontes terrestres que, ao chegar às águas da Baía de Guanabara e região costeira, podem, graças às correntes e ventos, atingir as águas, os sedimentos e diversos tipos de organismos presentes no Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras (MONA Cagarras).

Os resultados preliminares por hora apresentados são consequência da estratégia adotada para elaborar um diagnóstico inicial para avaliar a contaminação, por MP, das águas e sedimento na região de entorno do território da Unidade de Conservação de Proteção Integral MONA Cagarras. No presente caso, apresentam-se os resultados obtidos na campanha de inverno / período seco 2023, a constituir uma "fotografia preliminar" desse tema no período considerado.

Para orientar os trabalhos e integrar os resultados obtidos, foram definidas as seguintes perguntas norteadoras:

- Constata-se a presença de microplástico na água e sedimento do ambiente estudado? Qual a concentração estimada?
- Qual o tipo de microplástico presente na região considerada?
- Onde as partículas de microplástico se distribuem na região de entorno do território do MONA Cagarras?
- Por que as partículas e fragmentos de microplástico lá estão?
- E, por derradeiro, qual a relação entre os diversos tipos de microplástico presentes na região?

Para fins de elucidar as perguntadoras norteadoras apresentadas inicia-se, a seguir, a descrição do ambiente que influencia intensamente a área de estudo, abarcado pela Região Hidrográfica V - da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá além das características meteorológicas, hidrológicas e oceanográficas da região de estudo.

ABLM_ebook_v10.indd 53 6/3/24 7:31 AM

Região Hidrográfica V - Baía de Guanabara e Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

A Região Hidrográfica - RH - V, que circunda a Baía de Guanabara, tem uma área aproximada de 4.800 km^2, com mais de 10 milhões de habitantes distribuídos em 17 municípios com seus territórios total ou parcialmente inscritos dentre seus limites drenados por 21 sub-bacias hidrográficas, cujos rios, quando urbanos, estão muito degradados e trazem água contaminada para a Baía de Guanabara e região costeira adjacente, nas proximidades do MONA Cagarras (Figura 1).

A Baía de Guanabara, o principal corpo hídrico dessa RH, tem uma área de 384 km^2 com um espelho d'água de 328 km^2 e 56 km^2 de ilhas presentes no seu interior, com formato quase circular, com 30 km de extensão no sentido norte-sul e 28 km no sentido leste-oeste em seus pontos mais afastados. O perímetro aproximado de 131 km de extensão abriga 53 praias, a maioria imprópria para banho (Sampaio, 2003; Kjerve, 1997; KCI, 2013; Coimbra *et al.,* 2021). A entrada, ou barra, apresenta boca de 1,6 km entre o Forte São João na margem oeste, no Rio de Janeiro, e a Fortaleza de Santa Cruz no ponto leste, em Niterói.

A Lei Nº 11.445/07, conhecida como Lei do Saneamento, define saneamento

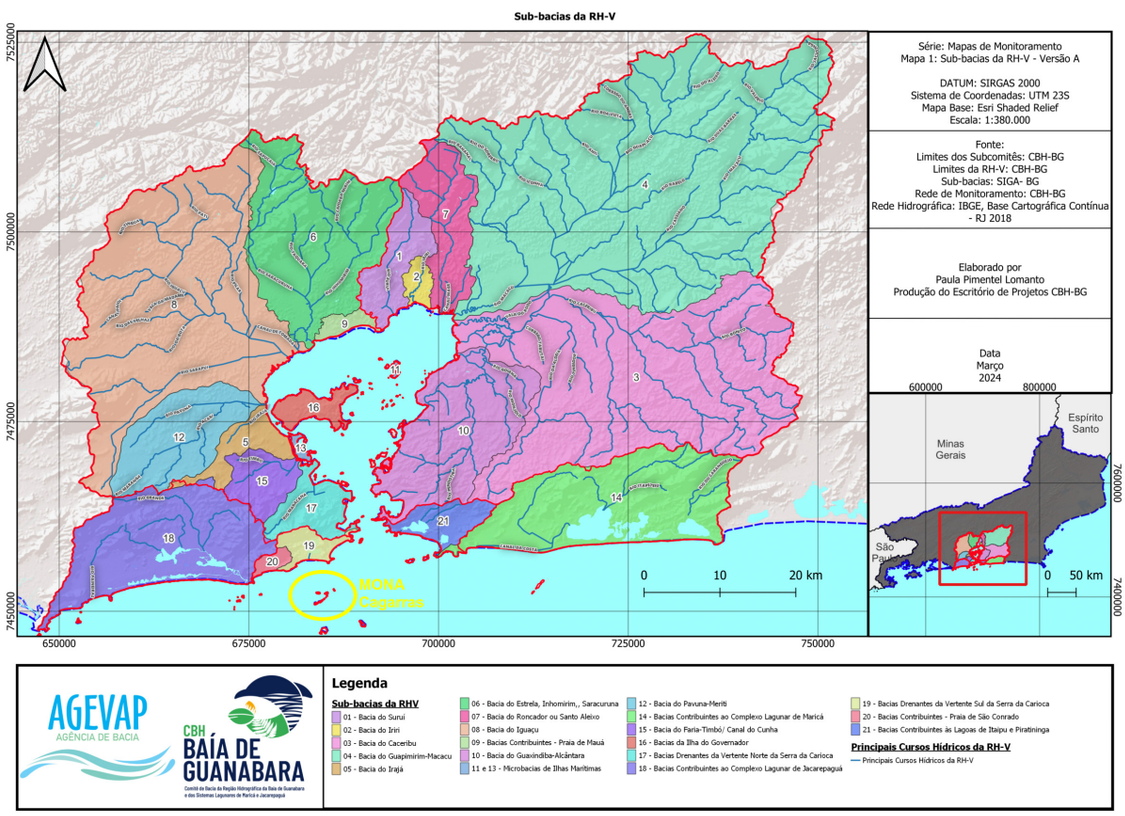


FIGURA 1. Principais rios e sub-bacias hidrográficas da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara e, inscrito no círculo amarelo, o MONA Cagarras e área de estudo. Fonte: adaptado de Coimbra *et al.* (2021).

ABLM_ebook_v10.indd 54 6/3/24 7:31 AM

básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais voltadas a assegurar o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas a serem adequadamente assegurados à população, um requisito fundamental para a atenuação das contribuições de microplástico para as águas por meio dessas fontes (FUNASA, 2015).

Devido à alta densidade demográfica – pode atingir 2.100 hab/km² –, ao elevado nível médio de urbanização que atinge 99,5% da população, à falta de planejamento, à má gestão dos recursos econômicos investidos e à descontinuidade administrativa de governos anteriores, a infraestrutura de saneamento é precária. Cerca de apenas 68% da população é atendida por algum tipo de sistema de esgotamento sanitário e, nesse recorte, apenas 35% do contingente tem seu esgoto tratado.

Com a ressalva de que o esgoto da população atendida pelos emissários submarinos de Icaraí, Niterói, Ipanema e Barra da Tijuca, Rio de Janeiro – cerca de 1,8 milhão de habitantes, correspondendo a mais de 22% e 50% da população do Rio de Janeiro e Niterói, respectivamente - contam apenas com pré-condicionamento e, eventualmente, tratamento primário, o que não é tecnicamente considerado adequado, uma vez que não impede o lançamento de contaminantes químicos e microplástico (Coimbra *et al.,* 2021).

Com relação aos resíduos sólidos, são geradas mais de 13,9 mil toneladas/dia na RH-V. Dos resíduos sólidos domiciliares, 73% dos domicílios eram atendidos diretamente por serviços de limpeza e de coleta de resíduos sólidos domésticos, 7,13% eram atendidos por caçambas, enquanto 3,5% dos domicílios não eram atendidos pelos serviços de coleta pública e seus resíduos eram queimados, enterrados ou lançados em corpos d'águas (Bernardino e Franz, 2016; Franz, 2011).

No que diz respeito à limpeza e drenagem urbana, que são importantes fontes de MP, ainda é necessário avançar na caracterização e estimativa da magnitude da contribuição.

É importante também destacar o papel da dragagem dos berços de atracação e canais de navegação com respectiva disposição do material dragado na área de disposição oceânica, também conhecida como "bota fora", situada nas imediações do MONA Cagarras. Esse procedimento tem o potencial para biodisponbilizar substâncias contaminantes, incluindo partículas de MP, revolvidas do fundo por ocasião da dragagem e, em seguida, mantidas em suspensão quando do despejo nas águas oceânicas costeiras.

As complexas e degradadas características de uma grande parte dos tributários que drenam a Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara somam-se ao conjunto dos principais contribuintes na geração de microplástico que contaminam a região costeira e, particularmente, o território do MONA Cagarras, como já apresentado por Marinho (2021).

ABLM_ebook_v10.indd 55 6/3/24 7:31 AM

Variáveis meteorológicas, hidrológicas e oceanográficas e importância para o estudo de microplástico e conhecimento da oceanografia costeira do entorno das Ilhas Cagarras

A coleta de dados oceanográficos e meteorológicos é crucial para entender os processos relacionados à presença e movimentação de MP no MONA Cagarras. Esses dados são essenciais para compreender como o MP se dispersa na água e como pode impactar os ecossistemas marinhos. As condições oceanográficas, como a temperatura e salinidade da água, têm uma influência direta na distribuição e transporte do MP. Portanto, compreender essas condições é fundamental para prever a movimentação das partículas e desenvolver abordagens eficazes para a pesquisa e monitoramento da contaminação por microplástico.

A análise das características das massas de água específicas para a região permite inferir o papel das águas costeiras na contribuição para a contaminação por MP. Além disso, destaca-se a importância das águas oceânicas na limpeza do ambiente marinho. O estudo das variações espaço-temporais das variáveis oceanográficas ao longo do tempo é essencial para identificar padrões e associá-los à concentração do microplástico nos pontos de amostragem.

A hidrologia, especialmente durante períodos de chuva intensa, desempenha um papel fundamental no transporte de sedimentos, material biológico e microplástico para o mar, principalmente através dos rios que deságuam na Baía da Guanabara e região costeira.

A interconexão dos parâmetros meteorológicos e hidrológicos com os cenários oceanográficos pode influenciar a dispersão, a deposição e a concentração de microplástico na água e no sedimento. A integração dessas informações é crucial para desenvolver hipóteses que auxiliem no entendimento do problema da contaminação por microplásticos na região estudada.

Um fenômeno importante a ser considerado é a ressurgência costeira, que ocorre na região de Cabo Frio e provoca o afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), uma água fria e rica em nutrientes, que impacta a região em torno do MONA Cagarras, aumentando a produtividade primária devido às baixas temperaturas e altas concentrações de nitrato, principalmente durante eventos que ocorrem na primavera-verão.

Nessas situações, as águas que afluem à superfície podem remobilizar e transportar microplástico que estava depositado no sedimento. Ao atingir a superfície onde há alta proliferação de células do fitoplâncton, esses nutrientes podem causar uma explosão populacional, resultando em aglomerados desses microrganismos que alteram as condições físico-químicas da água e, consequentemente, podem concentrar elevado número de partículas de microplástico, aumentando sua concentração naquele local.

ABLM_ebook_v10.indd 56 6/3/24 7:31 AM

ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA / MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão descritos os procedimentos metodológicos adotados para a definição dos pontos de coleta, bem como protocolos para coleta, preparo e análise física e química das amostras coletadas.

Definição dos pontos amostrais

A escolha dos pontos de coleta de água e sedimento na região próxima ao território do MONA Cagarras considerou fatores como as características, os limites, o zoneamento e o Plano de Manejo da Unidade de Conservação (Oliveira, 2020).

Para este objetivo, foram adotados os limites estabelecidos pelo ICMBio, a partir dos quais torna-se necessária a autorização para a realização de atividades. Foram identificados cinco pontos de coleta ao redor do MONA Cagarras: Norte (N) - avaliar impacto do uso das praias; Oeste (O) - influência do emissário submarino da Barra da Tijuca; Leste (L) - avaliar a contribuição da pluma do Baía de Guanabara; Sul (S) - referência de uma área, provavelmente, menos impactada; Central (C) - avaliar a condição na área central da Unidade de Conservação (Figura 2).



ABLM_ebook_v10.indd 57 6/3/24 7:31 AM

Para garantir a compreensão da poluição por MP ao redor do MONA Cagarras, é preciso avaliar as fontes terrestres de poluentes para a região costeira e foram considerados mais seis pontos de coleta (Figura 2): Baía de Guanabara Oeste (BGO) e Leste (BGL); Emissário Submarino de Icaraí (ESIp); Emissário Submarino de Ipanema (ESIp); Canal Jardim de Alah (CJA) e Canal da Av. Visconde de Albuquerque (CVA).

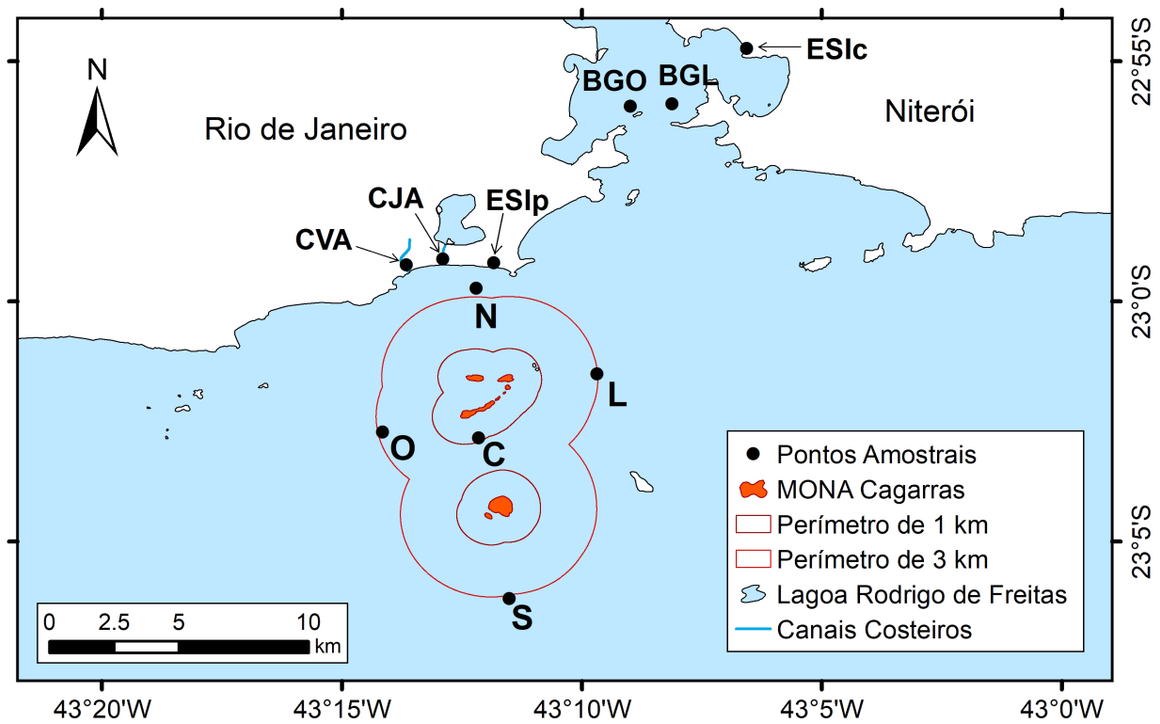


FIGURA 2. Localização dos pontos amostrais do compartimento marinho do entorno do MONA Cagarras e no compartimento terrestre junto a fontes poluentes. Norte (N); Oeste (O); Leste (L); Sul (S); Central (C); Baía de Guanabara Oeste (BGO) e Leste (BGL); Emissário Submarino de Icaraí (ESIp); Emissário Submarino de Ipanema (ESIp); Canal Jardim de Alah (CJA) e Canal da Av. Visconde de Albuquerque (CVA).

Protocolos para coleta de água e sedimento

Os procedimentos e protocolos para coleta de amostras de água e sedimento no compartimento marinho e terrestres, ao considerar os diferentes corpos d'águas, foram específicos para cada um deles, como descrito a seguir. As coletas em campo foram feitas nos meses de setembro e outubro e, para cada ponto de coleta, foram coletadas duas amostras de água – PUC Rio e FURG – e duas de sedimento – LAGEMAR/UFF e FURG -, sem réplicas.

ABLM_ebook_v10.indd 58 6/3/24 7:31 AM

Compartimento marinho

Para a primeira coleta de microplástico na camada superficial da água, que compreende a profundidade de 15 cm, foi utilizada rede manta com malha de 100 µm (uma micra = 1 mm/1.000), equipada com coletor em uma extremidade e, na outra, fluxômetro para registrar o volume de água filtrada. O arrasto foi realizado a velocidade constante de cerca de três knots (milhas náuticas por hora) e navegando em círculos por bombordo (lado esquerdo da embarcação) para assegurar que a rede coletasse água sem risco de contaminar a amostra com o material lixiviado da embarcação. Após o arrasto, a rede foi lavada e o material presente nas mangas foi concentrado no copo. Em seguida, o material foi transferido para frascos de vidro com aproximadamente um litro, devidamente etiquetados com o código da estação.

Após a verificação da profundidade local por meio da ecossonda da embarcação, foram registradas as coordenadas geográficas e definidas as profundidades das três coletas - superfície, média e fundo - com a garrafa Niskin. Após cada coleta, realizou-se a análise *in situ* dos parâmetros da água coletada para cada profundidade escolhida, incluindo temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade e sólidos dissolvidos, com uma sonda multiparâmetros (Hydrolab H7) previamente calibrada em laboratório. Em seguida, foi coletado um litro de água para a determinação das concentrações de amônia e fosfato em laboratório, segundo os protocolos de Grasshoff *et al.* (1999).

Em seguida, lançou-se o equipamento busca-fundo Van Veen, em algumas situações mais de uma vez em cada estação, para a coleta de sedimentos até completar cinco quilogramas de amostra, homogeneizada em bandeja de inox e acondicionada em pote de vidro rotulados para três litros.

Após a finalização da coleta de sedimento, a embarcação reiniciava a navegação para efetuar a segunda coleta com rede manta, repetindo o procedimento acima descrito.

Compartimento terrestre

Para a coleta de água e efluentes do compartimento terrestre, em cada estação, foram filtrados 50 litros de água em peneiras de aço inoxidável com aberturas de 4,75mm, 300 e 100 µm embaladas em papel alumínio descontaminado para a análise de MPs. Para cada um dos pontos amostrais, foram realizadas análises *in situ* dos parâmetros da água coletada, incluindo temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade e sólidos dissolvidos, com uma sonda multiparâmetros (Hydrolab H7) previamente calibrada em laboratório. Em seguida, foi coletado um litro de água para a determinação das concentrações de amônia e fosfato em laboratório, segundo os protocolos de Grasshoff *et al.* (1999).

Para a coleta de sedimento, utilizou-se pá de aço de corte devidamente acondicionada para a análise de MP. Todas as amostras coletadas foram rotuladas, acondicionadas e armazenadas e, em seguida, encaminhadas para serem analisadas em laboratório.

ABLM_ebook_v10.indd 59 6/3/24 7:31 AM

Protocolos para análise laboratorial

Os protocolos para o preparo das amostras de sedimento nos laboratórios do LAGEMAR e EQA / FURG, bem como para as amostras de água na PUC Rio e EQA / FURG foram, essencialmente, os mesmos, com pequenas adaptações caso-a-caso.

A primeira etapa da marcha analítica para a determinação do MP nas amostras de sedimento e água nos laboratórios da EQA/FURG foi a homogeneização do material e a retirada de uma alíquota de 50 g de sedimento / 50 ml de água para iniciar o procedimento de oxidação da amostra. A alíquota foi transferida para um becker a fim de obter digestão única utilizando a reação de Feton (Bertoldi *et al.,* 2020). Após a digestão dos compostos orgânicos na amostra, o material restante passou por uma sequência de procedimentos de filtragem. Primeiramente, um filtro de aço inox com abertura de 2 mm para a retirada do MP de maior tamanho. Depois, por filtro de 300 µm e, por fim, filtro de 100 µm, visando facilitar a identificação das partículas de menor tamanho. Ao final desse processo, os filtros foram colocados em placas de vidro e guardados em dessecador a 20° C até se iniciarem os procedimentos de caracterização física e química do material.

No laboratório LAGEMAR, as amostras de sedimento receberam a adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30% para a oxidação da matéria orgânica. Em seguida, foi adicionada uma solução hipersalina com 358,9g de Cloreto de Sódio / 1 litro de água destilada. Após decantação, o sobrenadante foi filtrado para retenção do microplástico.

No LabMAM PUC Rio, as amostras de água foram transferidas para um becker para digestão utilizando sulfato de ferro II em meio ácido, seguido por solução hipersalina para separação por densidade e, posteriormente, peróxido de hidrogênio a 35% seguida por filtragem. Apenas o material retido na membrana de 100 µm, portanto entre 100 e 300 µm, foi lavado com jatos de água ultra pura em um placa de petri e secado em estufa a 60°C para posterior análise física e química.

Caracterização física do microplástico

No laboratório EQA/FURG, a identificação e quantificação das partículas contidas nos filtros de aço inoxidável (2 mm, 300 µm e 100 µm) foi realizada por estereomicroscopia acoplada a uma câmera digital (OPTHD) e a um sistema de imagem (ImageView). Após a quantificação, os microplásticos foram caracterizados de acordo com o tamanho (0 a 1 mm; 1 a 2 mm; 2 a 3 mm; 3 a 4 mm e de 4 a 5 mm), com a forma (fibras, fragmentos, pellets, filmes) e com a cor (sem cor, colorido ou bicolor), conforme proposto por Bom e Sá (2021), Naji *et al.* (2018) e Ding *et al.* (2021), respectivamente, para esses três tipos de características.

No LabMAM PUC Rio, a caracterização física dos microplásticos se deu para a fração retida na malha de 100 µm, portanto entre 100 - 300 µm. O procedimento utilizou a metodologia adaptada

ABLM_ebook_v10.indd 60 6/3/24 7:31 AM

do método do manual NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (Masura, 2015).

Caracterização química do microplástico

A caracterização da composição química das partículas de MP retidas nos filtros de aço inoxidável se deu por meio de Espectroscopia Vibracional no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), em equipamento da Shimadzu com o módulo Prestige 21 de refletância difusa. Os dados foram adquiridos no modo de absorbância, com um intervalo de ondas padrão, entre 800 e 4000 cm^{-1}, utilizando uma resolução espectral de 4 cm^{-1}. Durante cada análise, foram adquiridos, no mínimo, 100 sinais. Cada sinal espectral foi gerado e tratado utilizando o software Origin Lab.

A interpretação das respostas espectrais foi realizada por comparação individual dos espectros (intervalo, formato e deslocamento do pico) com os dados da biblioteca espectral, resultado das leituras anteriormente realizadas no laboratório EQA/FURG, que considera os efeitos da degradação ambiental para os diferentes tipos de polímeros.

RESULTADOS OBTIDOS

Microplástico na área de estudo

Microplástico no compartimento marinho

A variação espacial das concentrações de MP na água, expressa em número de partículas por metro cúbico - MP/m^3, no inverno / período seco de 2023, na camada superficial da coluna de água - até 15 cm de profundidade-, nas estações de coleta S, C, O, L, N e BGL, revelou um padrão de concentração máxima na estação L, com um valor de 6,2 MP/m^3, seguida pela estação C, com 2,4 e valores mínimos para a estação S, 1,1, seguida pela estação N com 1,3. Figura 3A.

Em relação à forma - fibra, fragmento e pellet -, as fibras foram predominantes para todas as estações, com 91,2%, percentual médio considerando todos os pontos de coleta. As concentrações máximas constatadas foram no ponto L, 6,2 Fibras/m^3, seguida pela estação C, 2,2 Fibras/m^3 e 0,2 Fragmentos/m^3, enquanto as menores concentrações foram constatadas na estação S, 1 Fibra/m^3 e 0,1 Fragmentos/m^3, seguida pela estação N, 1,3 fibras/m^3 (Figura 3B).

Em relação aos tipos de polímeros (PA – Poliamida, PE – Polietileno, PP – Polipropileno, NBR – Nitrila, LATEX – Borracha natural e PS – Poliestireno), a predominância foi de PA em todas as estações, correspondendo a 93,6% do total coletado. A estação C, com 100% de PA, foi seguida pela estação S, com 96,4% de PA e 3,6% de PP. Os menores valores de PA foram obtidos no ponto L, com 87,1% PA, 8,6% NBR e 4,3% Látex, seguida pela estação O, com 92% PA e 4% PP (Figura 3C).

ABLM_ebook_v10.indd 61 6/3/24 7:31 AM

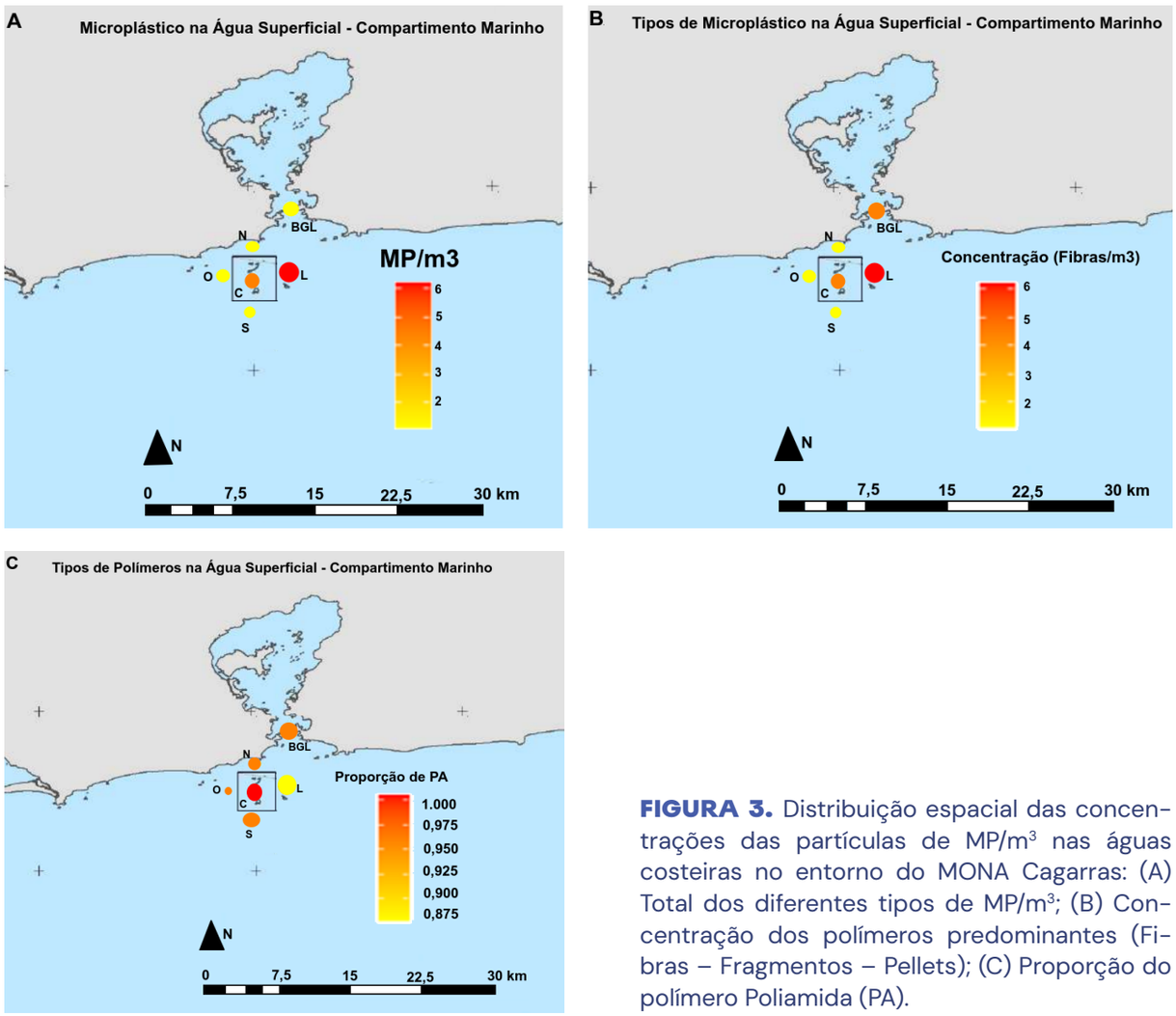


FIGURA 3. Distribuição espacial das concentrações das partículas de MP/m³ nas águas costeiras no entorno do MONA Cagarras: (A) Total dos diferentes tipos de MP/m³; (B) Concentração dos polímeros predominantes (Fibras – Fragmentos – Pellets); (C) Proporção do polímero Poliamida (PA).

Com relação aos microplásticos coletados no sedimento de fundo das estações S, C, O, L, N, BGL e BGO, os valores máximos de concentração foram encontrados na estação L, com 1.580 partículas de microplástico por quilograma de sedimento - MP/kg, seguidos pela estação BGL, com 1.540 MP/kg, enquanto as menores concentrações foram registradas na estação N, com 280 MP/kg (Figura 4A).

Em relação à forma – fibra, fragmento ou pellet – e considerando todos os pontos de coleta, a predominância foi de fibras, 95,8%, seguido por fragmentos com 4,2%. Já as concentrações máximas de fibras foram encontradas na estação L, com 1.580 Fibras/kg, seguidas pela estação BGL, com 1.540 Fibras/kg, representando 96% do total, com pouco mais de 4% de fragmentos. Os menores valores foram registrados na estação N, com 280 MP/kg, e, com concentração pouco maior, na estação BGO, com 400 MP/kg (Figura 4B).

ABLM_ebook_v10.indd 62 6/3/24 7:31 AM

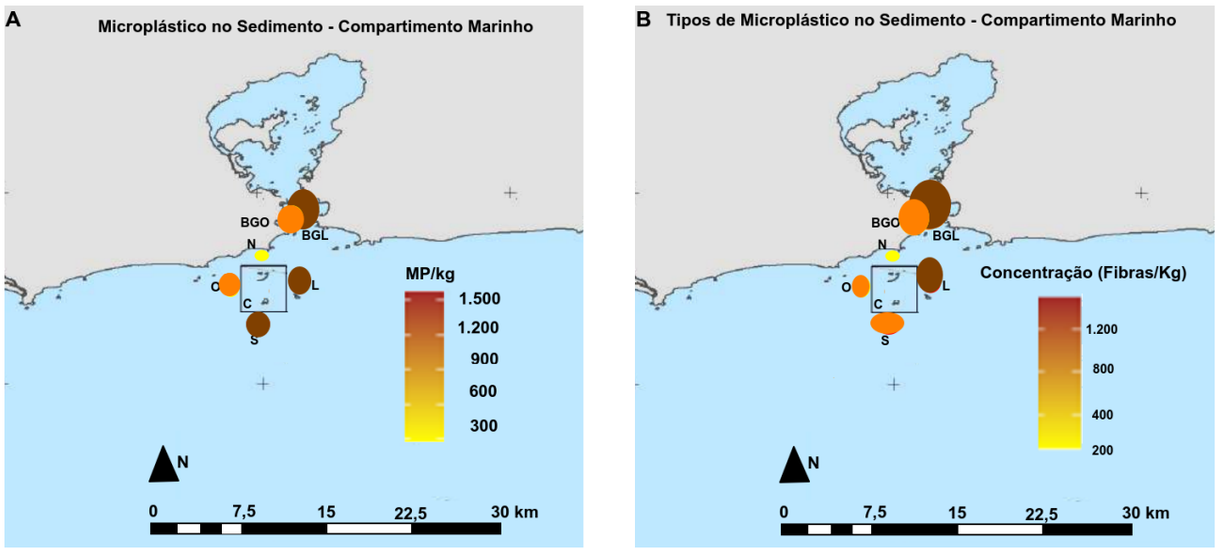


FIGURA 4. Distribuição espacial das concentrações de MP no sedimento superficial costeiro no entorno do MONA Cagarras: (A) Total dos diferentes tipos de MP/kg; (B) Concentração dos polímeros predominantes (Fibras – Fragmentos – Pellets).

As maiores concentrações de MP no sedimento foram observadas nos pontos L, BGL e S, em ordem decrescente. Essas concentrações são compostas, majoritariamente, por fibras sem coloração com ampla variedade de tamanho e constituição química, na sua maioria, de poliamida, provavelmente provenientes da lavagem de roupas sintéticas, como reconhecido pela literatura consultada.

Microplástico no compartimento terrestre

Com relação ao MP mensurado nas fontes do compartimento terrestre, a variação espacial do número de partículas de microplástico por metro cúbico de água, MP/m^3, para a campanha de inverno / período seco de 2023, nas diferentes estações de coleta de água superficial – CJA e CVA – e efluentes - ESIc e ESIp -, revelou um padrão de concentração máxima no ponto CVA, 1.220 MP/m^3, seguido por ESIp, 1.060 e mínima concentração de 940 para o ESIc e 600 para CJA (Figura 5A).

Em relação à forma – fibra e fragmento -, as fibras foram predominantes em todos os pontos, apresentando uma concentração média de 840 fibras/m^3. As concentrações máximas de fibras foram identificadas em ESIp, 1060 fibras/m^3, seguido por CVA, 960 Fibras/m^3 e 260 Fragmento/m^3, enquanto as menores concentrações ocorreram em CJA, 400 Fibras/m^3 e 200 Fragmentos/m^3 (Figura 5B).

Com relação ao MP no sedimento superficial, as maiores concentrações foram encontradas no ponto CVA, com 2.380 MP/kg e a menor no CJA, 760 MP/kg, apresentando uma média de 1.570 MP/kg (Figura 6A).

ABLM_ebook_v10.indd 63 6/3/24 7:31 AM

Ao considerar a forma (Fibra - Fragmento), as fibras apresentaram predominância de 96%, enquanto os fragmentos somaram 4%, com concentrações máximas nas estações CVA, 2.380 Fibras/kg, e CJA, 620 fibras/kg (Figura 6B).

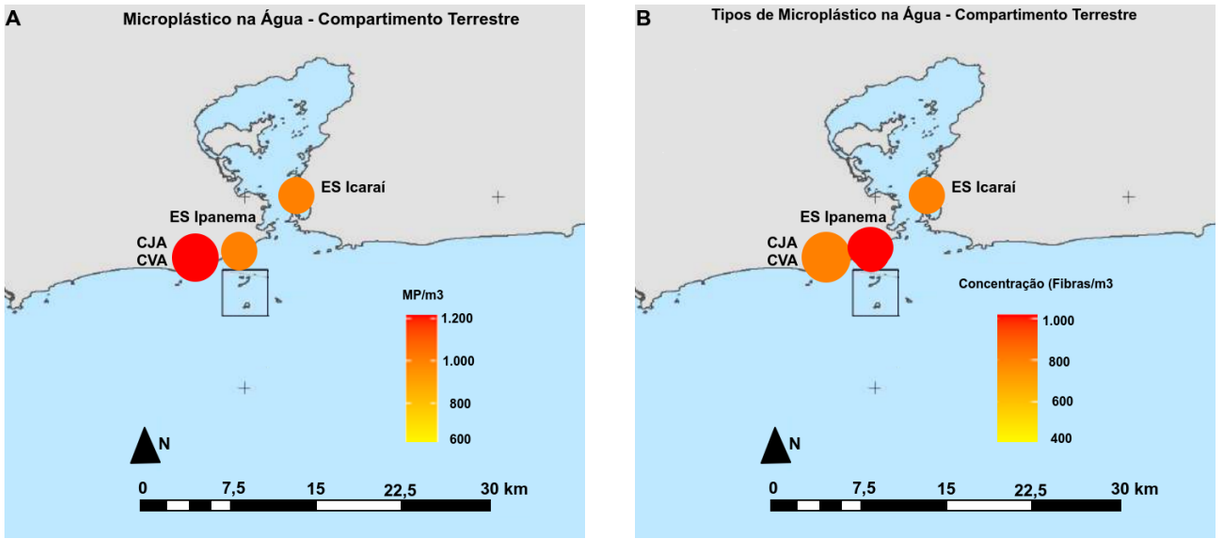


FIGURA 5. Distribuição espacial das concentrações de MP na água do compartimento terrestre: (A) Total dos diferentes tipos de MP/m³; (B) Concentração dos polímeros predominantes (Fibras – Fragmentos – Pellets).

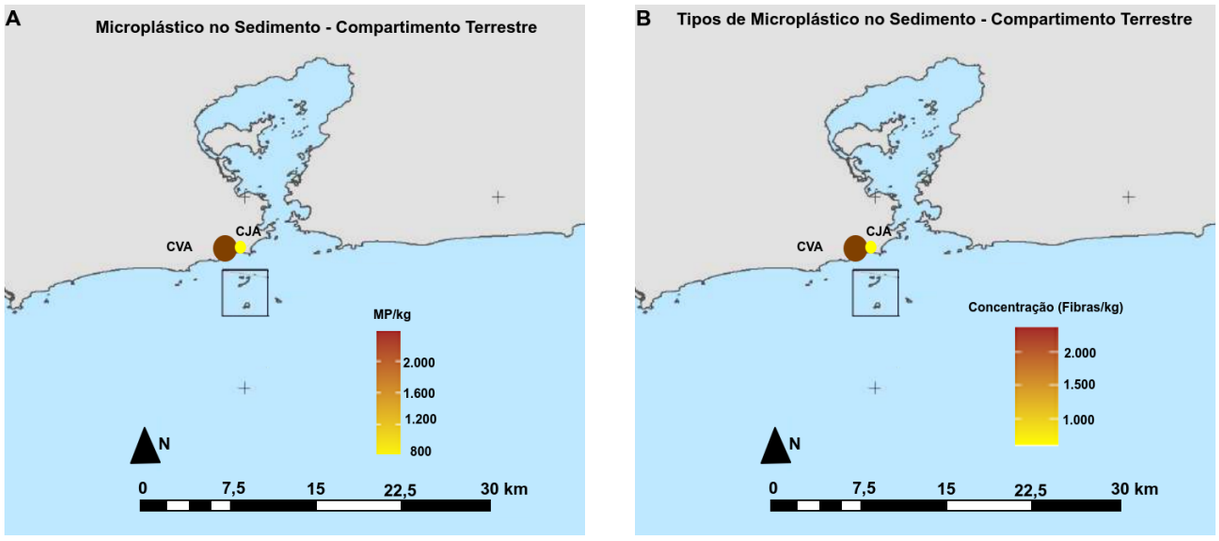


FIGURA 6. Distribuição espacial de microplásticos no sedimento do compartimento terrestre: (A) Número de partículas nos diferentes pontos de coleta; (B) Concentração em fibras/kg.

ABLM_ebook_v10.indd 64 6/3/24 7:31 AM

As maiores concentrações de microplástico no presente estudo foram constatadas no Canal Visconde de Albuquerque, Emissário Submarino de Ipanema, Icaraí e Canal do Jardim de Alah, que, juntamente com a Baía de Guanabara, são as principais fontes desse contaminante para a região costeira e entorno do MONA Cagarras. A predominância é de fibras sem coloração com ampla variedade de tamanhos constituída, majoritariamente, por poliamida.

Dados meteorológicos e oceanográficos para o período da coleta

Microplástico no compartimento marinho

As condições oceanográficas e meteorológicas identificadas nas coletas correspondem às encontradas durante o inverno na região da Plataforma Continental Sudeste do Brasil (PCSB), com ênfase na área ao redor do Monumento Natural Arquipélago das Ilhas Cagarras.

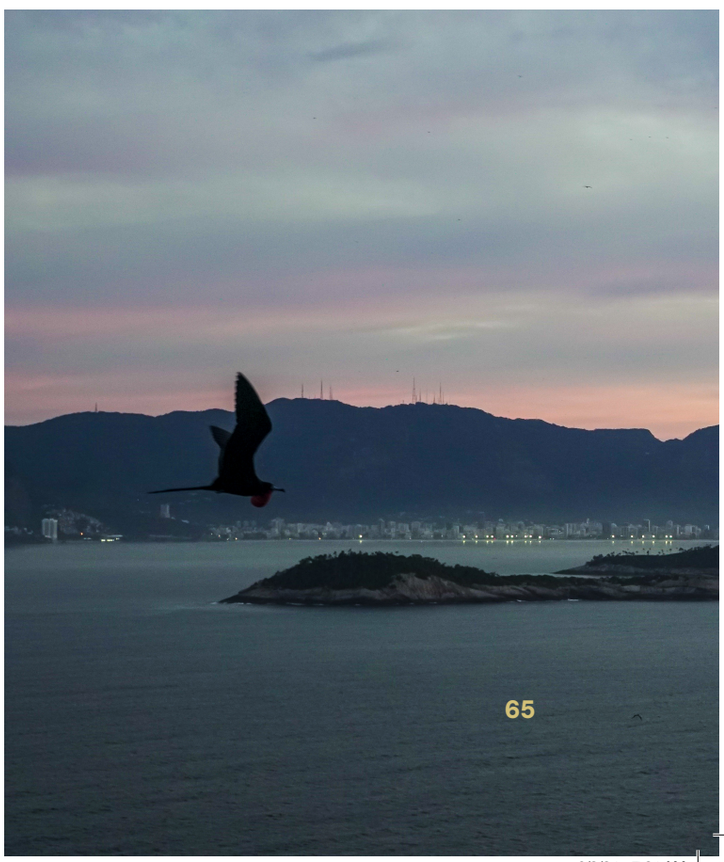
O diagrama T/S (temperatura *versus* salinidade) permite identificar as três principais massas de água presentes na PCSB: Água Tropical (AT), Água Costeira (AC) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Durante a coleta, as águas apresentam um alto grau de mistura, com predominância da Água Tropical e da Água Central do Atlântico, e uma leve contribuição da Água Costeira (Figura 7A).

Os registros de direção e velocidade dos ventos indicam predominância de ventos oriundos dos quadrantes N-E, E-S e S-W, com velocidades médias máximas variando de 2 m/s a 6,6 m/s para o vento de E-N e de 2 m/s a 13,9 m/s para os ventos de S-E e E-S (Figura 7B).

Durante a coleta de dados, não houve registro de precipitação, conforme indicado pela estação meteorológica do Forte de Copacabana.

A complexidade das condições oceanográficas na região costeira ao redor do MONA Cagarras é atribuída à interação entre diversas correntes e massas de água, intensificadas pela contribuição da Baía de Guanabara e de corpos d'água afluentes à região costeira.

Esses dados são essenciais para compreender as condições hidrodinâmicas na oceanografia costeira durante o inverno, além de aportar informações valiosas a respeito dos padrões climáticos e da dinâmica das massas de água na região.



ABLM_ebook_v10.indd 65 6/3/24 7:31 AM

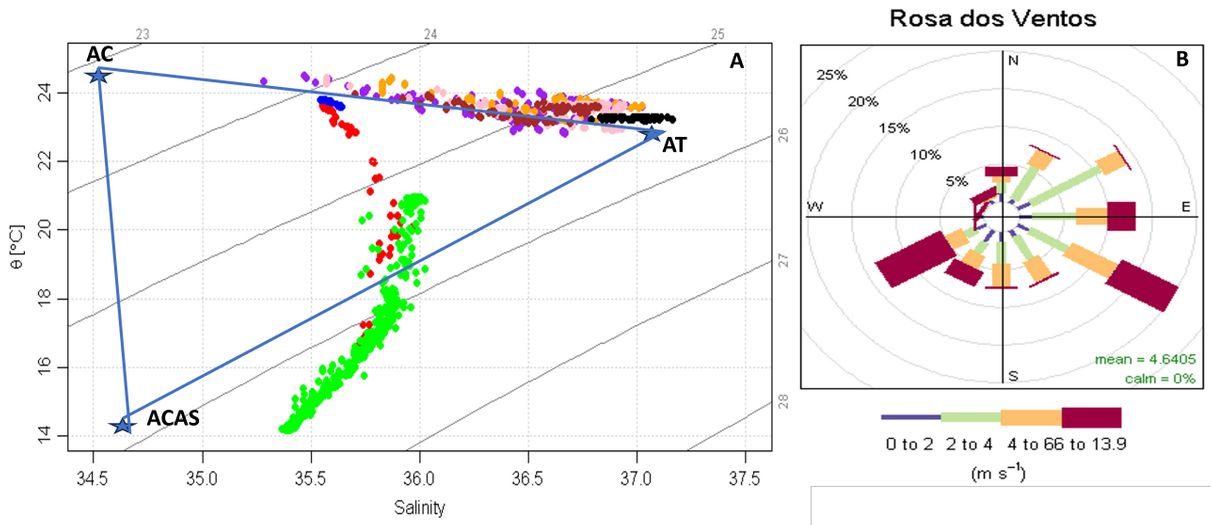


FIGURA 7. (A) Diagrama T/S para as diferentes estações oceanográficas com destaque nas principais massas d'água identificadas na coleta. (B) Rosa dos ventos que representa a variação e frequência da direção dos ventos (porcentagem) e a velocidade média dos ventos (m/s).

Integração de dados ambientais: utilização da amônia e fosfato para avaliar a variação espacial dos microplásticos contido na água

As águas ao redor do MONA Cagarras na ocasião da coleta apresentaram concentrações de amônia e fosfato inferiores aos limites estabelecidos pelo CONAMA nº 357/2005 para água marinhas classe 1 (CONAMA, 2005) (Figura 8).

Como regra, esses nutrientes apresentaram um gradiente vertical ao longo da coluna d'água. Contudo os valores médios de amônia (superfície - 13 µg/L, meio - 15 µg/L e fundo - 17 µg/L) e fosfato (7 µg/L, 9 µg/L e 12 µg/L, respectivamente) nas águas ao redor do MONA Cagarras não apontam para uma estratificação significativa desses nutrientes.

A maior concentração média de amônia na coluna d'água ocorreu no ponto C (21 µg/L), que foi seguido pelo L (18 µg/L), N (14 µg/L), S (12 µg/L) e O (11 µg/L). No caso do fosfato, a maior concentração média ocorreu no ponto N (12 µg/L) seguido pelos pontos C (10 µg/L), S (9 µg/L), L (8 µg/L) e O (6 µg/L).

A concentração de amônia no ponto C (21 µg/L), (Figura 8), é consideravelmente maior que a mediana de 3 µg/L obtida, nas proximidades do ponto, por meio de um monitoramento realizado por van Weerelt (2013), porém é bem inferior ao valor máximo observado (> 70 µg/L) no estudo citado.

Nesse sentido, cabe cogitar a eventual influência da pluma do emissário no ponto C durante a coleta, visto que, na ausência de corrente persistente que transporte e disperse o efluente do emissário, a sua pluma tende a se espalhar ao redor dos difusores, podendo,

ABLM_ebook_v10.indd 66 6/3/24 7:31 AM

em algumas situações, aflorar na superfície e ser transportada ao longo da costa, dependendo dos ventos predominantes naquele momento (Luca *et al.*, 1992). Outra hipótese pode estar afeita à influência da pluma da Baía de Guanabara, uma vez que as altas concentrações também ocorreram no ponto L (18 µg/L). Justamente nos dois pontos em que foram observadas as maiores concentrações dos microplásticos ao redor do MONA Cagarras, 2,4 e 6,2 MP/m^3 respectivamente pontos C e L.

No que diz respeito às fontes de nutrientes e MP para a região costeira, as concentrações de amônia e fosfato estão acima, ou muito próximas, dos limites do CONAMA nº 357/200. As médias na coluna d'água na saída da BG (respectivamente, 38 e 23 µg/L) foram consideravelmente superiores à média geral observada ao redor do MONA Cagarras (15 e 9 µg/L). Cabe destacar que as concentrações desses nutrientes na superfície e no meio da coluna d'água são duas vezes maiores que as medidas no fundo, camada na qual os valores ficaram muito próximos aos observados nos pontos no entorno da Unidade de Conservação (Figura 8).

Entretanto, os valores de MP no ponto BG (2,1 MP/m^3) podem ser interpretados como baixos, tendo em vista a variação da amônia entre os pontos e considerando que a concentração de MP ficou na mesma faixa do ponto C e foi três vezes menor em relação ao ponto L.

Nos canais Jardim de Alah (CJA) e Visconde de Albuquerque (CVA), os valores de amônia estão em uma ordem de grandeza acima dos observados no ponto BG e ao redor do MONA Cagarras. No caso do fósforo, os valores ainda estão na mesma ordem de grandeza, mas chegam a ser oito vezes maior que a média no MONA Cagarras (Figura 9).

Mesmo considerando que a concentração de MP nesses canais foi avaliada considerando a faixa de 100 e 300 µm, os valores observados são bastante elevados - 0,6 x 10^3 e 1,2 x 10^3 MP/m^3, no CJA e CVA, respectivamente -, e estão em diferentes ordens de grandeza acima dos demais valores encontrados, assim como a concentração de amônia.

A diferença nas concentrações de nutrientes e MP entre os canais se deve ao fato de que o CJA transporta água oriundas de um ambiente lêntico de sedimentação com grande volume de água, a Lagoa Rodrigo de Freitas, enquanto o CVA recebe água diretamente de diversos tributários da região que afluem para esse canal.

Os efluentes dos emissários submarinos de Ipanema (ESIp) e de Icaraí (ESIc) apresentaram notoriamente elevadas concentrações de amônia (9,6 x 10^3 e 6,5 x 10^3 µg/L, respectivamente) e de fosfato (2,1 x 10^3 e 2,7 x 10^3 µg/L), que estão duas ordens de grandeza acima dos valores observados nas águas ao redor do MONA Cagarras. Como nos canais costeiros, os efluentes apresentaram concentrações elevadas de MP (1,1 x 10^3 e 0,9 x 10^3 MP/m^3), com tamanhos entre 100 a 300 µm.

A variação na ordem de grandeza nas concentrações de nutrientes entre o

ABLM_ebook_v10.indd 67 6/3/24 7:31 AM

território MONA Cagarras, Baía de Guanabara, canais afluentes à região costeira e efluentes dos emissários, era sugerida. A constatação de que as concentrações de MP também apresentaram essa mesma variação observada para os nutrientes, principalmente no caso da amônia, demonstra que a utilização de indicadores de eutrofização pode auxiliar a investigação da poluição por MP nas águas ao redor do MONA Cagarras.

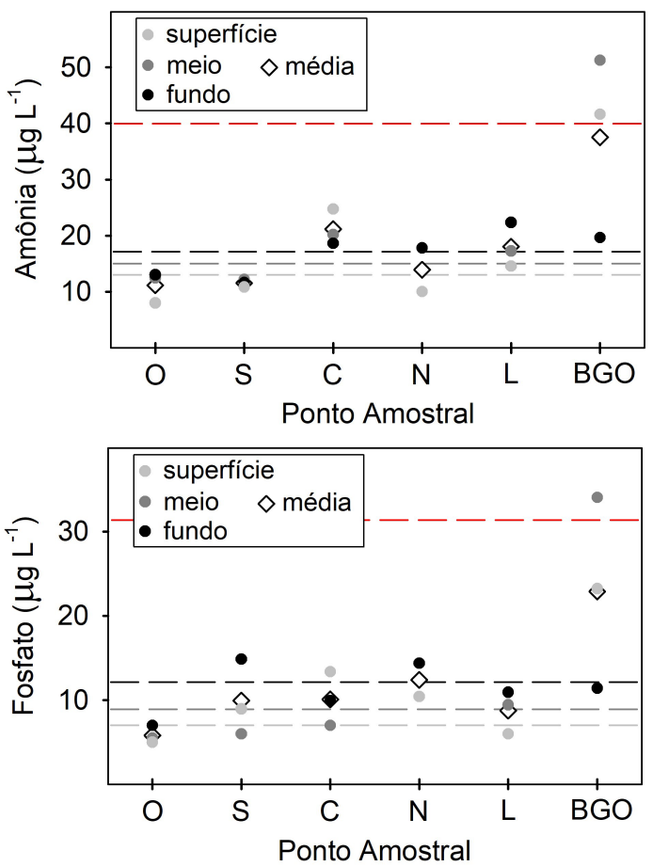


FIGURA 8. Concentração de amônia e fosfato na coluna d'água (superfície, meio e fundo) nos pontos de coleta O, S, C, N, L e BG, na campanha de inverno / período seco 2023. Linha vermelha - limite da Res. CONAMA nº 357/05 para água marinha classe 1. Linhas cinza, cinza escuro e preta - as médias na superfície, meio e fundo, respectivamente, nas águas ao redor do MONA Cagarras.

ABLM_ebook_v10.indd 68 6/3/24 7:31 AM

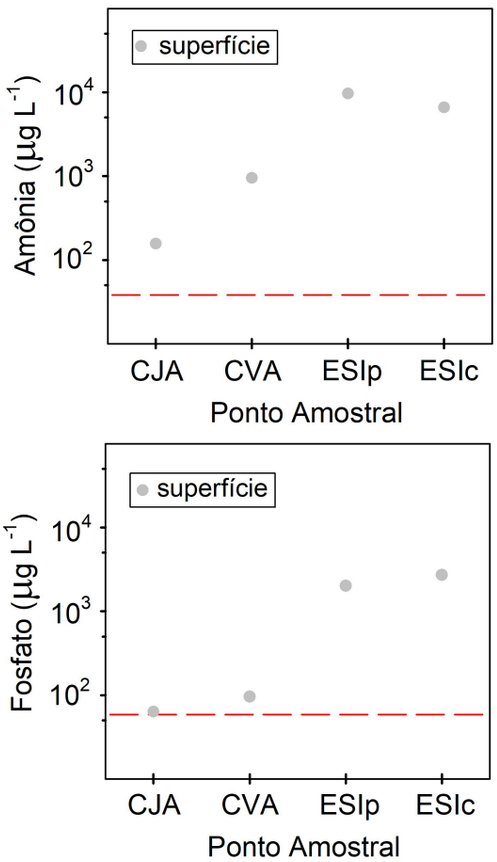


FIGURA 9. Concentração de amônia e fosfato nas águas do CJA, CVA, e nos efluentes de ESIp e ESIc. Linha vermelha - limite do CONAMA nº 357/05 para águas salobras classe 1.

Análise geral dos padrões globais de distribuição das diferentes categorias do microplástico na região de estudo

Após a análise de todos os resultados, foram identificadas 20 categorias de partículas individualizadas do microplástico, em função da sua forma, cor e tamanho. Com o propósito de comparar as concentrações das diversas categorias encontradas em amostras de água e de sedimento, e, portanto, com diferentes unidades de medida, os valores das concentrações foram padronizados e reescalonadas (conforme sugestão de Legendre e Gallagher, 2001) e, por fim, apresentados em forma de proporção no Quadro 1. Dentre as 20 categorias encontradas, constatou-se que apenas cinco categorias de partículas de microplástico foram responsáveis por pouco mais de 75% de todas as partículas encontradas. Apenas uma categoria - Fibras / Sem Cor/ de 1000 a 2000 µm, representou cerca de 25% do total.

ABLM_ebook_v10.indd 69 6/3/24 7:31 AM

QUADRO 1. Relação dos níveis de ocorrência (Nível), ordem de abundância relativa (Rk – ranking), categorias de microplástico encontradas (Categoria), siglas utilizadas (Sigla), proporção da abundância total padronizada (Proporção) e proporção acumulada (AC%) nas coletas de inverno / período seco 2023.

NÍVEL	Rk	CATEGORIA	SIGLA	PROPORÇÃO	Ac%
Principal	1	Fibra / sem cor / 100 µm - 2000 µm	FS1-2	0,2489	0,25
	2	Fibra / sem cor / 0 - 1000 µm	FS0-1	0,1576	0,41
	3	Fibra / sem cor / 2000 µm - 3000 µm	FS2-3	0,1414	0,55
	4	Fibra / sem cor / > 5000 µm	FS>5	0,1193	0,67
	5	Fibra / sem cor / 3000 µm - 4000 µm	FS3-4	0,0898	0,76
Intermediário	6	Fibra / Colorida / 1000 µm- 2000 µm	FC1-2	0,0457	0,80
	7	Fibra / Colorida / 2000 µm- 3000 µm	FC2-3	0,0368	0,84
	8	Fibra / sem cor / 4000 µm- 5000 µm	FS4-5	0,0295	0,87
	9	Fibra / Colorida / > 5000 µm	FC>5	0,0280	0,90
	10	Fibra / Colorida / 0 - 1000 µm	FC0-1	0,0250	0,92
	11	Fibra / Colorida / 3000 µm- 4000 µm	FC3-4	0,0221	0,94
	12	Fragmento / Colorido / 0 - 1000 µm	FrC0-1	0,0221	0,97
	13	Fragmento / sem cor / 0 - 1000 µm	FrSC0-1	0,0147	0,98
	14	Fibra / Colorida / 4000 µm- 5000 µm	FC4-5	0,0103	0,99
Residual	15	Fibra / Bi-color / > 5000 µm	FB>5	0,0015	0,99
	16	Fragmento / Colorido / 1000 µm-2000 µm	FrC1-2	0,0015	0,99
	17	Fragmento / Colorido / 2000 µm- 3000 µm	FrC2-3	0,0015	1,00
	18	Fragmento / sem cor / 3000 µm - 4000 µm	FrSC3-4	0,0015	1,00
	19	Fragmento / sem cor / 4000 µm- 5000 µm	FrSC4-5	0,0015	1,00
	20	Fragmento / sem cor / > 5000 µm	FrSC>5	0,0015	1,00

ABLM_ebook_v10.indd 70 6/3/24 7:31 AM

As 20 categorias encontradas apresentaram um padrão geral de ocorrência (Figura 10) que permitiu dividi-las em três níveis de participação: Principal, Intermediário e Residual (Quadro 1).

O nível **Principal** reuniu as partículas de maior abundância relativa e foi responsável, no seu conjunto, por 76% do total do microplástico constituído por fibras sem cor, na totalidade. O nível **Intermediário**, que corresponde a 23% do microplástico coletado, foi constituído por fibras coloridas em todas as faixas de tamanho, fragmentos coloridos e sem cor. O nível **Residual**, composto por fibras e fragmentos coloridos e sem cor, respondeu por apenas 1% do microplástico encontrado nas campanhas de amostragem.

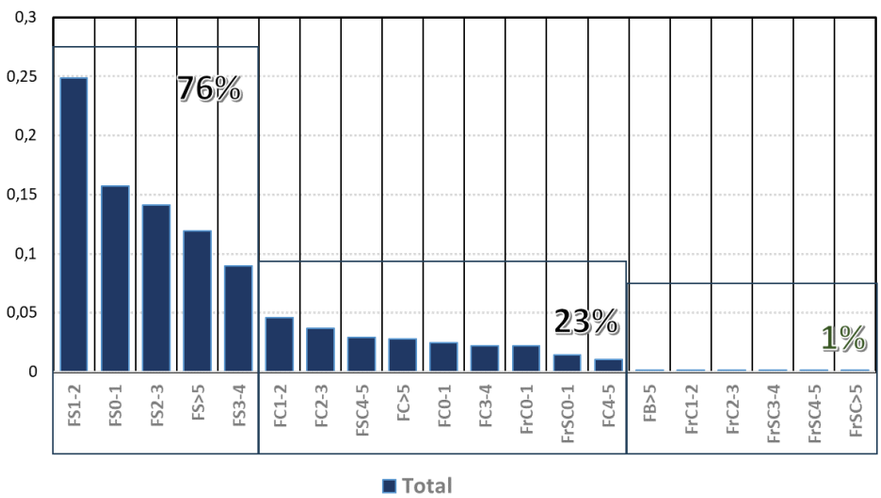


FIGURA 10. Abundância relativa de microplástico considerando todos os pontos de coleta nos compartimentos terrestre e marinho agrupados nos três níveis: Principal, Intermediário e Residual.

QUADRO 2. Valores percentuais dos três níveis de importância das categorias de microplástico por ambientes sedimentares e nas coletas de água.

COMPARTIMENTO	PRINCIPAIS	INTERMEDIÁRIAS	RESIDUAIS
Sedimentos de fundo nos canais afluentes	83	17	0
Sedimentos de fundo da Baía de Guanabara	81	19	0
Sedimentos de fundo da Região Costeira e no entorno da MONA Cagarras	69	31	0,5
Águas superficiais na região costeira e território do MoNa Cagarras	73	24	2

ABLM_ebook_v10.indd 71 6/3/24 7:31 AM

Apesar de o padrão geral da proporção dos tipos de partículas ter sido semelhante, as fibras principais variaram de 69% a 83% ao considerar o sedimento na região costeira e nos canais afluentes, ao passo que esse padrão se inverteu ao se considerar a ocorrências das partículas intermediárias, ou seja, a menor proporção (17%) se deu no sedimento dos canais e a maior (30,5%) no sedimento da costa.

Ainda que pouco representativo, é importante ressaltar que as partículas residuais, constituídas na sua ampla maioria por fragmentos, foram identificadas apenas, e quase que exclusivamente, nas águas superficiais.

Transporte de microplástico na região costeira e entorno do MONA Cagarras

O microplástico lançado ao mar por diferentes fontes no litoral do Rio de Janeiro é transportado pelas correntes e disperso em uma vasta área, que inclui o território do MONA Cagarras. Nesta seção, com auxílio de uma modelagem computacional de hidrodinâmica ambiental, discute-se como as correntes transportam diferentes tipos de microplásticos.

A densidade do MP influencia significativamente a sua distribuição. O MP com densidade inferior à da água do mar tende a boiar e, por isso, é transportado pelas correntes superficiais, e sofre fortes efeitos dos ventos. O MP com densidade neutra, tende a se distribuir na coluna de água, sendo seu transporte melhor representado pelas correntes médias na vertical. Já o MP com uma densidade superior tende a afundar e, portanto, têm seu destino definido pelas correntes próximas ao fundo.

O MP com densidade superior comporta-se como sedimento e pode se depositar, se as correntes junto ao fundo forem suficientemente fracas. Eventualmente, se as correntes aumentarem de velocidade, o MP depositado pode ser ressuspenso e novamente transportado, para mais adiante voltarem a se depositar em outro lugar. Os sucessivos ciclos de ressuspensão, transporte e deposição são chamados de processos sedimentológicos. O MP com densidade inferior ou neutra em relação à água do mar não se deposita e, por isso, acaba por se espalhar mais que o MP denso.

O MP com densidade inferior ou equivalente à da água do mar tende a não se depositar quando não têm sua superfície colonizada por biofilme que, ao aumentar a densidade, faz com que o microplástico com densidade menor que a da água do mar sedimente.

Os resultados apresentados a seguir mostram o espalhamento dos diferentes tipos de microplástico provenientes dos emissários submarinos de Icaraí, Ipanema e Barra da Tijuca, além de fontes litorâneas apontadas com as siglas ESI Icaraí, ESEI e ESBT (Figura 11). As análises apresentadas cobrem o período de coleta de água, sedimento e parâmetros meteorológicos e oceanográficos, entre 15 de setembro e 01 de novembro de 2023, e foram desenvolvidas com suporte de modelagem computa-

ABLM_ebook_v10.indd 72 6/3/24 7:31 AM

cional por meio do SisBaHiA® – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, veja detalhes em **www.sisbahia.coppe.ufrj.**

Amplos dados sobre os condicionamentos oceanográficos, meteorológicos e hidrológicos nas modelagens, bem como sobre a calibração dos modelos, podem ser consultados no Relatório de Resultados do Subprojeto "Caracterização do microplástico que circula pela Unidade de Conservação do Monumento Natural das Ilhas Cagarras no Rio de Janeiro: subsídios para a fundamentação de Políticas Públicas", Objetivo Específico A2 - Identificação do comportamento do microplástico nos compartimentos da água e sedimento nas Ilhas Cagarras e entorno, provenientes das diferentes fontes dos emissários submarinos de Icaraí, Ipanema e Barra da Tijuca (2023).

A modelagem ajuda a visualizar de maneira abrangente como os diferentes tipos de microplástico são transportados pelas correntes e locais onde transitam com mais frequência. Desta forma, é possível planejar campanhas de campo para amostragem e quantificação dos microplásticos, em especial nas cercanias do MONA Cagarras.

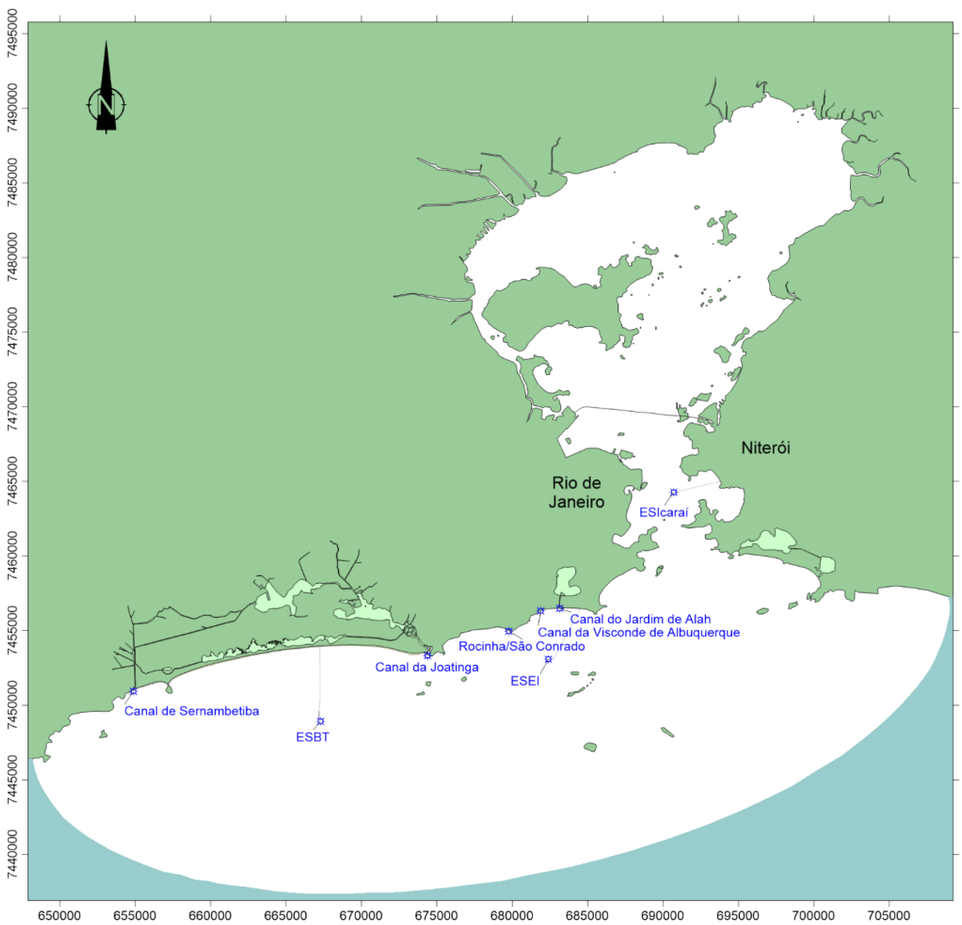


FIGURA 11. Mapa da área de interesse com indicação dos emissários submarinos e fontes ao longo do litoral.

ABLM_ebook_v10.indd 73 6/3/24 7:31 AM

No que diz respeito ao comportamento do microplástico a partir das respectivas densidades - dados de literatura, **(https://omnexus.specialchem.com/polymer-property/density**) as Figuras 12, 13 e 14 apresentam as isolinhas de frequência de passagem do MP no período de medições, entre 15 de setembro e 01 de novembro de 2023.

A Figura 12 retrata o MP que flutua na camada com menos de um metro próximo da superfície da água. A Figura 13 demonstra a passagem do MP com densidade neutra misturado em toda a coluna de água. E, a Figura 14, o MP mais denso, transportado pelas correntes próximas do fundo.

Analisando as Figuras 12 a 14, observa-se que:

- Nos três mapas, o sentido dominante das correntes externas à Baía de Guanabara é para oeste. As correntes para oeste são mais comuns durante o bom tempo, quando a predominância do vento é leste. Correntes para leste ocorrem principalmente com a propagação de ondas de plataforma geradas no litoral sul do Brasil, e, por vezes, mes-

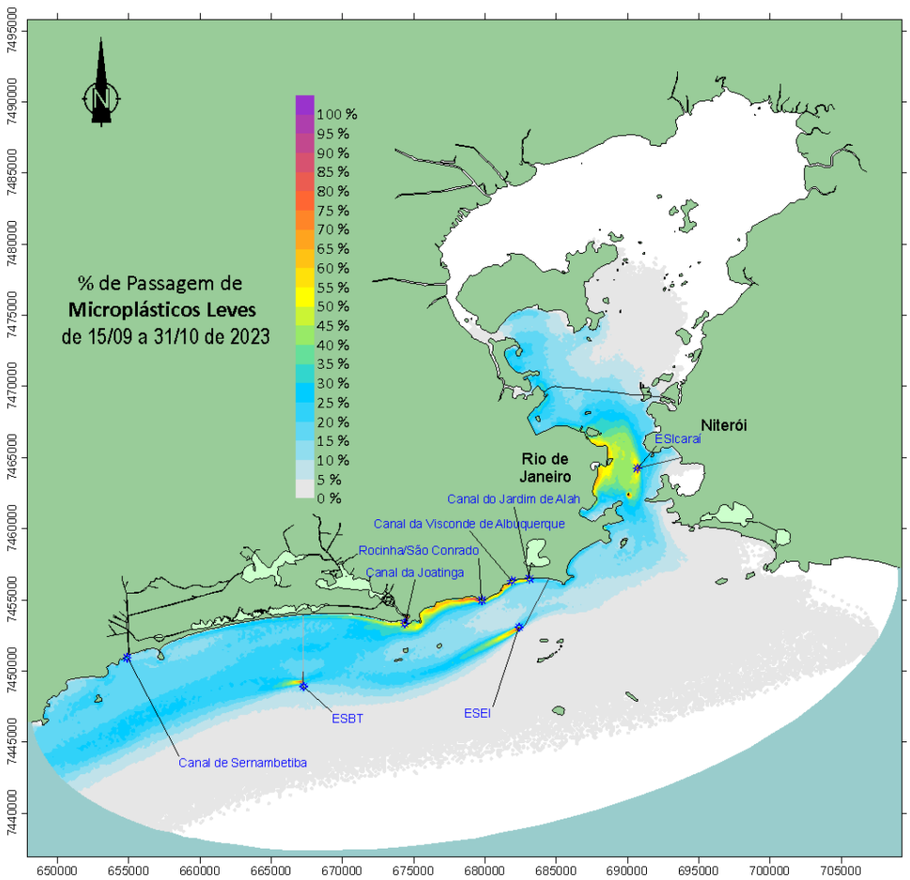


FIGURA 12. Mapa de isolinhas de passagem de microplásticos leves no período das coletas de água, sedimento e dados oceanográficos, entre 15/9 e 01/11/23.

ABLM_ebook_v10.indd 74 6/3/24 7:31 AM

mo no Uruguai e Argentina, devido a eventos meteorológicos associados a frentes frias.

- No interior da Baía de Guanabara, as correntes são dominadas pelas enchentes e vazantes de maré. Isso se demonstra ao verificar que as isolinhas de passagem do MP lançado pelo emissário de Icaraí se estendem no sentido norte-sul com frequências similares.

- O MP com densidade mais baixa é o que mais se espalha por ser transportado pelas correntes superficiais, que, além de mais intensas, são diretamente afetadas pela ação dos ventos, que é muito variável e influencia rapidamente as correntes superficiais. É notável que a frequência de passagem de MPs no MONA Cagarras foi inferior a 5% do tempo entre 15/09 e 01/11/2023.

- O MP com densidade neutra lançado pelas fontes litorâneas, Canal Jardim de Alah e Canal Visconde de Albuquerque, por exemplo, tende a ficar próximo do litoral.

- O MP com maior densidade é transportado pelas correntes de fundo espalha-se menos, uma vez que,

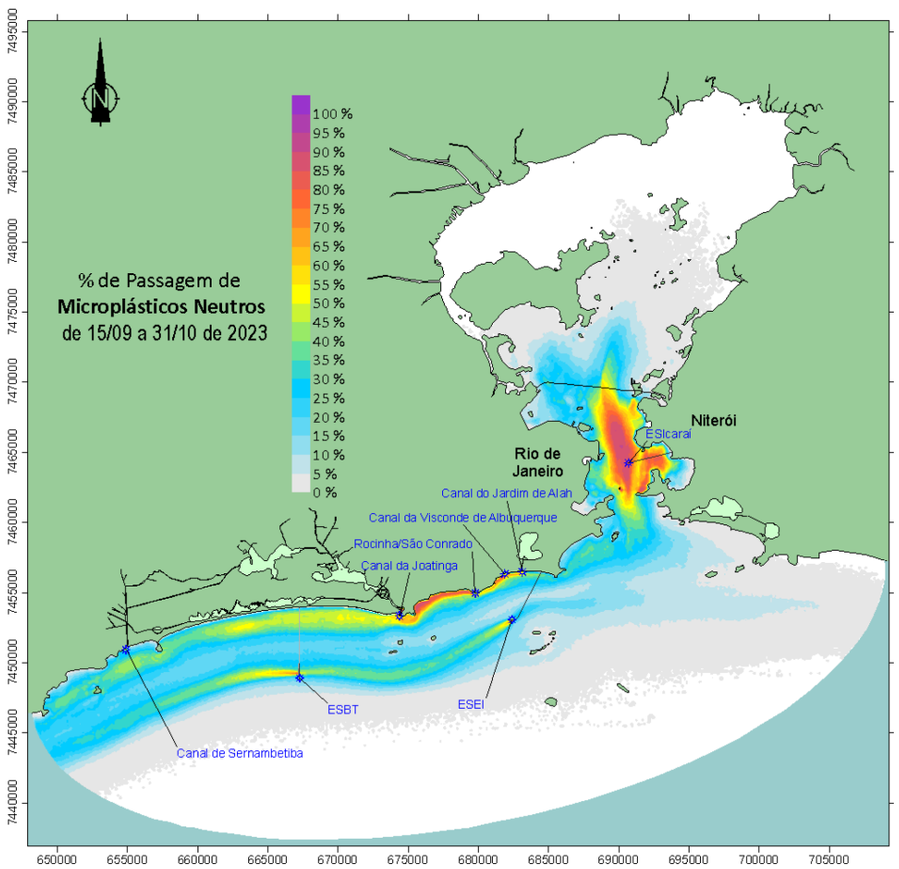


FIGURA 13. Mapa de isolinhas de passagem de microplásticos neutros no período das coletas de água, sedimento e dados oceanográficos, entre 15/09 e 01/11/23.

ABLM_ebook_v10.indd 75 6/3/24 7:31 AM

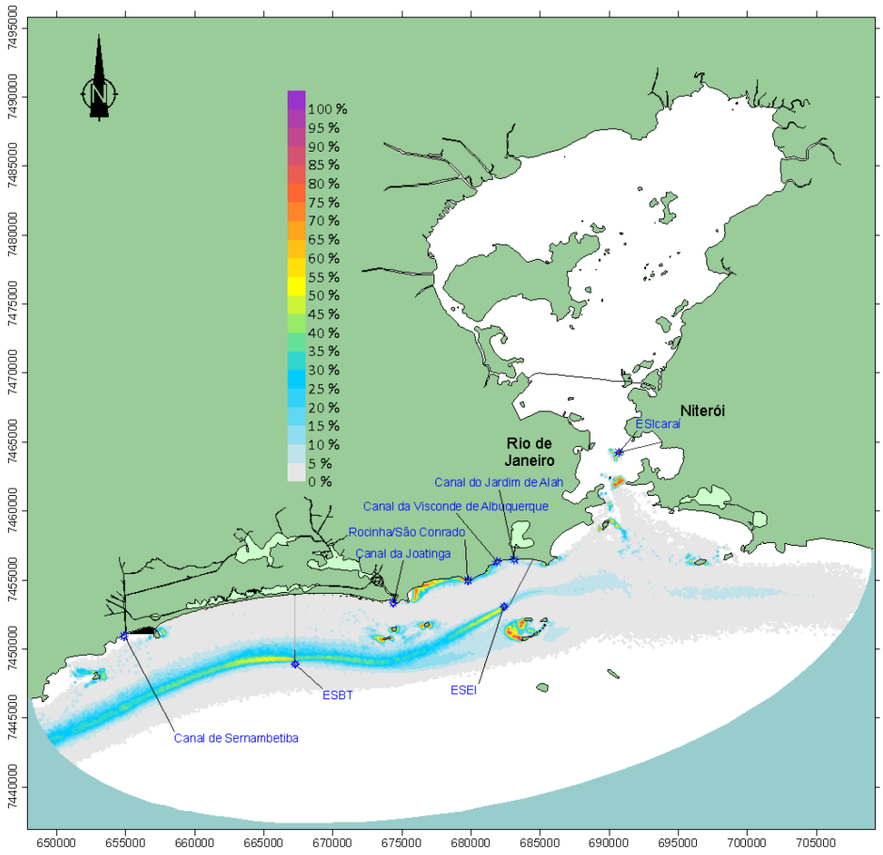


FIGURA 14. Mapa de isolinhas de passagem de microplásticos densos no período das coletas de água, sedimento e dados oceanográficos, entre 15/09 e 01/11/23.

parte significativa acaba se sedimentando no substrato, em locais com menor hidrodinâmica.

A Figura 15 apresenta a região de sedimentação ao final do período de simulação e revela o impacto do MP sedimentável ao longo da costa do Rio de Janeiro e nas cercanias do MONA Cagarras. Ao mesmo tempo, a análise dos resultados dos MPs com maior densidade, seguido pelos com densidade neutra, oriundos do Emissário Submarino de Ipanema, são os que têm maior percentagem de passagem nas águas próximas ao MONA Cagarras.

CONSIDERAÇÕES

A predominância do MP observada nas amostras do presente estudo nas águas superficiais e sedimento da região costeira sob influência da Baía de Guanabara, no município do Rio de Janeiro é, em sua grande maioria, de 75%, de fibras sem cor de poliamida.

No entorno da Unidade de Conservação do MONA Cagarras, a água superficial apresentou 73% de fibras sem cor com ampla variedade de tamanhos. O MP no sedimento apresentou um padrão se-

ABLM_ebook_v10.indd 76 6/3/24 7:31 AM

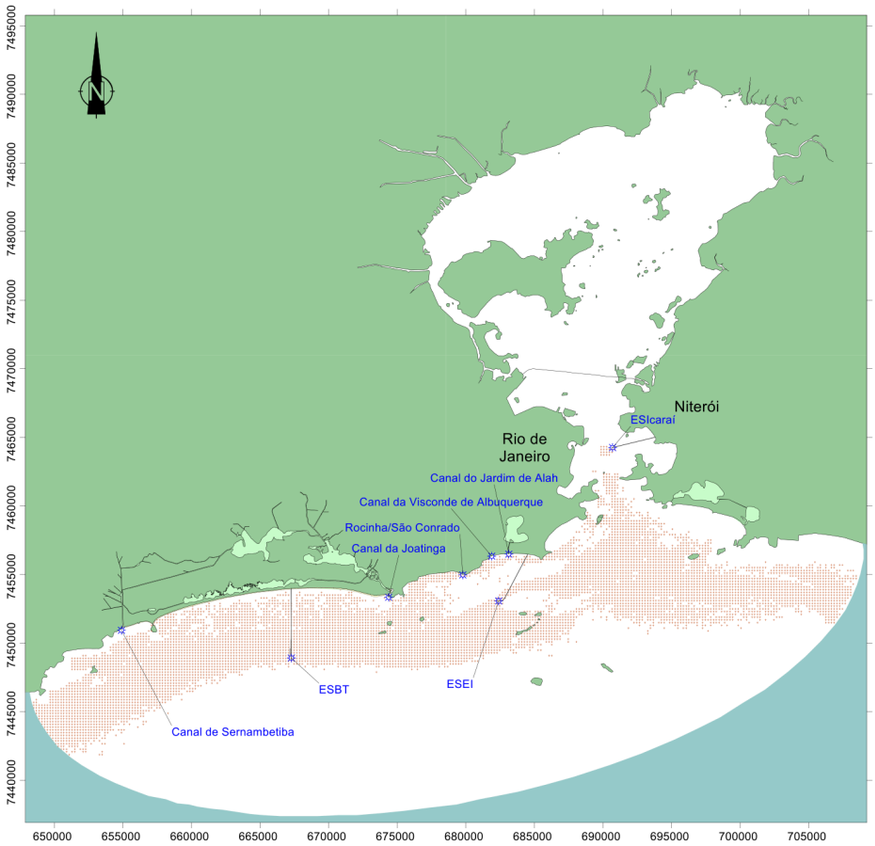


FIGURA 15. Região de sedimentação no final do período de simulação mais concentrada na parte oeste do MONA Cagarras.

melhante, com 69% do mesmo tipo de fibra, na sua maioria constituídos por poliamida.

Com relação às prováveis fontes de MP para a região estudada – Baía de Guanabara, canais afluentes e emissários submarinos – a porcentagem de fibras sem cor na água foi de 63%, a mais baixa encontrada. Em contrapartida, no sedimento, foram encontrados os maiores valores, de 80 a 85%, das mesmas fibras já citadas.

Os resultados apresentados demonstram, assim como outros estudos realizados na região e em outros países, que o MP já faz parte dos ambientes e ecossistemas costeiros (Quadro 3).

Os presentes achados retratam uma fotografia inicial e preliminar para representar o problema ambiental gerado pela presença de MP na água superficial e sedimento no compartimento marinho, bem como nas fontes do compartimento terrestre - água, efluentes e sedimento - modulados pelos processos meteorológicos, hidrológicos e oceanográficos responsáveis pelo transporte, circulação e deposição desse contaminante no ambiente considerado.

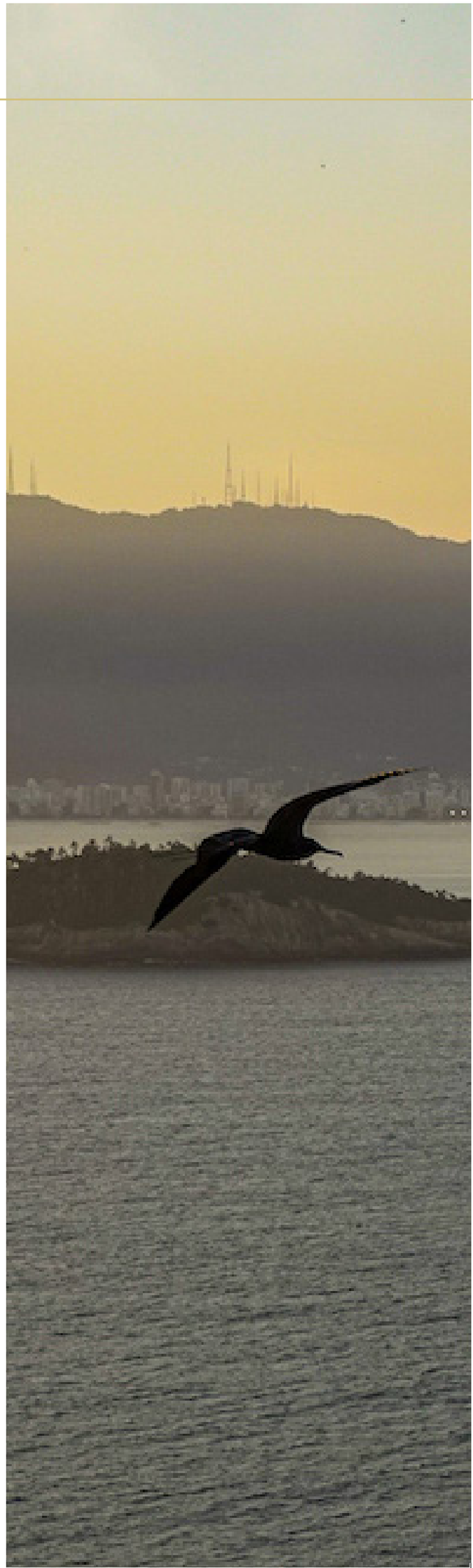
ABLM_ebook_v10.indd 77 6/3/24 7:31 AM

A simulação realizada com dados de 15/09 a 01/11/23 e apresentada como síntese da interação dos fenômenos meteorológicos e oceanográficos, principalmente vento e corrente, apresenta panorama geral e não faculta identificar os eventos periódicos decorrentes da chegada de sistemas frontais provenientes do sul.

As frentes frias, quando atingem a região, alteram a corrente e determinam como a pluma de efluentes do Emissário Submarino de Ipanema flui para a região do MONA Cagarras, como constatado em diversas ocasiões pelas equipes em trabalhos de campo naquele local.

Ademais, a disposição de material dragado no Polígono de Disposição Oceânica - PDO, também denominado "Bota-Fora", com elevada concentração de microplástico (Olivatto, 2017; Olivatto *et al.,* 2019), também pode ser considerada uma fonte importante desse contaminante a fluir diretamente para o MONA Cagarras nas ocasiões em que a deposição do dragado ocorre na presença de vento Leste.

Os resultados apresentados apontam as lacunas de conhecimento sobre o problema alvo deste estudo, e a necessidade de se melhorar a metodologia para identificar as fontes desse contaminante, os processos que o introduzem, mobilidade, deposição e dispersão. Além disso, é fundamental avaliar com maior profundidade a resposta do meio e o nível de risco para as espécies presentes no MONA Cagarras, sejam elas endêmicas ou de passagem, o que justifica a necessidade da continuidade do presente trabalho visando fornecer subsídios para o enfrentamento desse tipo de contaminação seja através de políticas públicas ou educação ambiental.

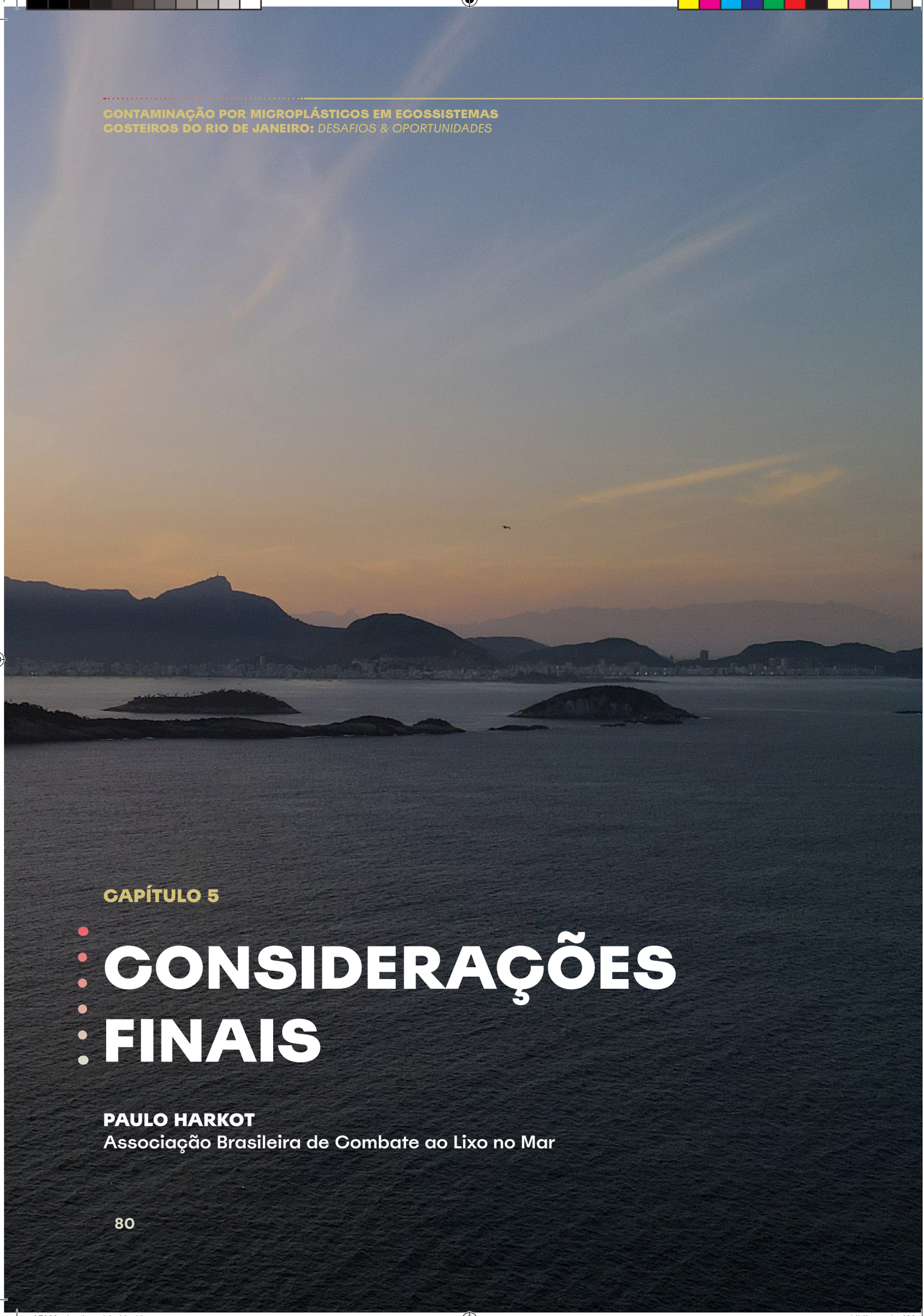


ABLM_ebook_v10.indd 78 6/3/24 7:31 AM

QUADRO 3. Concentração de microplástico na água e sedimento da região costeira, Baía de Guanabara e ambientes costeiros situados em outras localidades, para fins de comparação com os resultados obtidos no presente estudo.

LOCAL E ANO	TIPO DE AMBIENTE	NUM. PARTÍCULAS	FORMA DAS PARTÍCULAS	CONSTITUIÇÃO QUÍMICA	REFERÊNCIA
Região costeira e entorno MONA Cagarras	Água superficial	1,1 a 6,2 NP/m^3 2,5 ± 2,0 NP/m^3	97,6% fibras 2,4% fragmentos	81,4% PA 7,5% NBR – Nitrila 3,9% PP 3,7% Latex 3,5% PS	Presente contribuição
	Sedimento de fundo	280 a 1.580 NP/kg 935 ± 562 NP/kg	96,3 % fibras 3,7% frementos	81,4% PA 7,5% NBR – Nitrila 3,9% PP 3,7% Latex 3,5% PS	Presente contribuição
	Água superficial	2,0 a 5,8 NP/m^3 0,3 ± 1,2 NP/m^3	33,6–63,7 % frementos 24,7–47,4 % fibras 7,7–15,7 % esponja/espuma	78,9 % - PS 8,7 % - PE 8,7 % - PVC 1,9 % - PP 1,9 % - PA	(NEVES *et al.*, 2024)
	Água em diferentes profundidades	1,11 a 13,69 NP/m^3 3,05 ± 3,54 NP/m^3		PE seguido por PP e PU	(MARINHO, 2021)
	Sedimento de fundo	~100 NP/kg	47,8% fibras 28,6% filmes 23,1% fragmentos 0,5% pellets	Não identificado	(BAPTISTA NETO *et al.*, 2019)
Baía de Guanabara	Água superficial	2,1 NP/m^3	96,7% fibras 3,2% fragmentos	93,6% PA 6,4% PP	Presente contribuição
	Sedimento de fundo	400 a 1540 NP/kg 970 ± 570 NP/kg	94,8% fibras 5,2% frementos	99,2% PA 0,8% PE	Presente contribuição
	Água superficial porção oeste	Período seco 1,4 a 21,3 NP/m^3 2,7 ± 1,4 NP/m^3 Período úmido 6,4 a 21,3 NP/m^3 11,5 ± 6,9 MP/m^3	Filmes Fragmentos Fibras	81,7% - PE 16,2% - PP 2,1% - não identificável	(OLIVATTO *et al.*, 2019)
	Sedimento de fundo	160 a 1000 NP/kg 528 ± 30 NP/kg	Fibras Filmes Fragmentos	Não identificado	
Região costeira Guangdong, sul da China, 2021	Água superficial	850 a 3500 NP/m^3 2185 ± 833 NP/m^3	Fibra sem cor – 89,3% Fragmentos Pellets Filmes	Rayon – 38,2% PET – 16,4% Etileno / acetato de vinil -12,7% PA – 10%	(LI *et al.*, 2021)
	Sedimento	433,3 a 4.166,3 NP/kg 1444 ± 28 NP/kg	77,3% Fibra sem cor		
Baía de Brest, Bretanha, França, 2017	Água superficial	0,24 ± 0,35 NP/m3	Fragmentos – 53% Fibras – 25% Espumas – 11% Filmes – 8% Pellets – 3%	PE – 67,4% PP – 16,5% PS – 16,1%	(FRÈRE *et al.*, 2017)
	Sedimento	0,97 ± 2,1 NP/kg	Fragmentos – 71% Fibras – 21% Filmes – 8%	PE – 53,3% PP – 30% PS – 16,7%	

ABLM_ebook_v10.indd 79 6/3/24 7:31 AM



CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

PAULO HARKOT
Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar

ABLM_ebook_v10.indd 80 6/3/24 7:31 AM

O Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras (MONA Cagarras), a primeira Unidade de Conservação (UC) marinha federal de proteção integral do município do Rio de Janeiro, criada em 2010, abrange a porção terrestre de seis ilhas e área marinha de dez metros ao redor de cada uma delas, e abriga mais de 500 espécies da flora e fauna.

Considerada uma UC periurbana por estar situada próxima à metrópole do Rio de Janeiro apresenta desafios e oportunidades de grande importância a justificar, em 2021, ser reconhecida como um Ponto de Esperança (*Hope Spot*), pela Aliança Mission Blue.

Dentre os impactos ambientais observados na região do MONA Cagarras, destacam-se a contaminação decorrente das águas que drenam a Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara e carregam grande quantidade de efluentes industriais e urbanos, resíduos sólidos, águas negras e cinzas de embarcações que fluem por sua barra nas ocasiões de marés baixas. Bem como os efluentes dos emissários da região e, principalmente, do Emissário Submarino de Ipanema cujo lançamento, sem tratamento, ocorre a cerca de dois quilômetros da Ilha das Palmas. Sem deixar de mencionar o papel que a drenagem urbana e corpos d'águas costeiros aportando esgotos domésticos, contaminantes químicos e resíduos sólidos para a região costeira, além do intenso trânsito de embarcações, fundeio e atividades associadas como a dragagem dos canais e berços portuário com o consequente bota-fora de sedimento contaminado no Polígono de Disposição Oceânica – PDO contribuindo para tornar ainda mais grave o quadro de poluição marinha (Moraes *et al.,* 2013; ICMBio, 2020). Dentro da gama de contaminantes nas águas circundantes do MONA Cagarras está o microplástico, que abrange partículas de polímeros sintéticos com tamanho entre 5 e 0,1 mm.

Como conhecido, as principais fontes terrestres são responsáveis por cerca de 80% dos resíduos plásticos introduzidos no mar, e estão afeitas à processos de lavagem industrial de tecidos, micropartículas utilizadas em cosméticos e produtos de cuidado pessoal, polímeros de pneus, entre outros , além de lamas de estações de tratamento de esgoto doméstico, resíduos urbanos e aterros sanitários, varrição de ruas, embalagens, construção civil e atividades industriais (Pawar *et al.,* 2016; Qiu *et al.,* 2020; Xu *et al.,* 2020). Já as fontes marinhas, responsáveis por aproximadamente 20% restante, decorrem, principalmente, de atividades afeitas à pesca industrial e artesanal, maricultura, diferentes tipos de embarcações, atividades de prospecção e exploração de óleo e gás, dentre outros (Pawar *et al.,* 2016).

Tendo em vista o potencial de impacto do MP nos ecossistemas marinhos e costeiros, foram conduzidos estudos na costa do Rio de Janeiro, incluindo entorno do MONA Cagarras, que demonstraram diferentes graus de contaminação na água e sedimento (Baptista Neto *et al.,* 2019; Marinho, 2021; Olivatto, 2017; Olivatto *et al.,* 2019; Ribeiro, 2021).

Como a poluição por plásticos é consi-

ABLM_ebook_v10.indd 81 6/3/24 7:31 AM

derada um dos problemas ambientais mais emergentes na região, motivou o estudo realizado pelo Projeto Ilhas do Rio, Instituto Mar Adentro e Associação Brasileira de Combate ao Lixo no Mar – ABLM, com fomento do FUNBIO, focado no MONA Cagarras e região costeira adjacente, área sob influência direta das águas que drenam a Região Hidrográfica - V – Baía de Guanabara e Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá. Contaminantes emergentes distinguem-se por não serem incluídos em programas de monitoramento de qualidade ambiental e que podem se tornar candidatos para legislações futuras dependendo de pesquisas sobre a toxicidade, efeitos sobre a saúde, percepção pelo público e dados sobre sua ocorrência em vários ambientes (OW/ ORD Emerging Contaminants Workgroup, 2008; Rocha e Júnior, 2014)

Todas as amostras de água e sedimento coletadas na região possibilitaram identificar a presença de diferentes partículas de MP com a predominância de fibras, com constituição química constituída majoritariamente por poliamida. Essas partículas puderam ser agrupadas em 20 categorias de partículas individualizadas em função da sua forma, cor e tamanho. Dentre elas, constatou-se que apenas cinco categorias – fibra sem cor com tamanhos de variando entre 100 e 5.000 µm (micras), agrupadas em classes de 1.000 µm – representaram mais de 75% de todas as classes encontradas destacando-se, dentre elas, a fibra sem cor de 1.000 a 2.000 µm somou cerca de 25% do total. Essas partículas podem ter grande relação com as microfibras proveniente da lavagem de roupas sintéticas, principalmente.

Já a modelagem computacional a partir dos dados oceanográficos, meteorológicos e hidrológicos possibilitou visualizar como os diferentes tipos de MP são transportados pelas correntes, os locais onde transitam com mais frequência e onde podem se depositar. Pode, portanto, auxiliar na identificação das possíveis fontes de contaminação no MONA Cagarras e entorno.

Os dados do presente estudo são pontuais e tiveram o objetivo de apresentar um retrato da situação de contaminação por MP na região durante o período seco do ano de 2023. Devem, para tanto, ser interpretados dentro desse contexto limitante. Na ocasião em que foram coletadas as amostras de água e sedimento na região, a predominância das correntes externas à Baía de Guanabara foi para oeste em virtude da maior incidência de vento leste e ausência de sistemas frontais provenientes do sul do Brasil. No interior da Baía de Guanabara, como as correntes são dominadas pelas enchentes e vazantes de maré, o comportamento do MP lançado pelo emissário submarino de Icaraí reflete deslocamento no sentido norte-sul, com frequências similares às das marés.

O MP com menor densidade que a água do mar, é amplamente disperso, sendo transportado por correntes superficiais, influenciadas pela ação dos ventos frequentemente variáveis. O MP com densidade semelhante à água do mar lançados pelas fontes litorâneas como o Canal Jardim de Alah e Canal Visconde

ABLM_ebook_v10.indd 82 6/3/24 7:31 AM

de Albuquerque tende a permanecer próximo do litoral. Já o MP com densidade maior que das águas salinas, é transportado pelas correntes de fundo, espalha-se menos pois parte significativa acaba por se sedimentar no substrato próximo aos locais de introdução, em locais com menor hidrodinâmica.

Chamamos a atenção para a importância da continuidade e ampliação de estudos semelhantes ao ora apresentado, voltados para melhor avaliação da presença e origem do MP na região de entorno do MONA Cagarras, a subsidiar estratégias para monitoramento e identificação de medidas de mitigação desse problema. Relevante ainda é sempre considerar a interconexão dos parâmetros meteorológicos e hidrológicos com os cenários oceanográficos que podem influenciar a dispersão, deposição e concentração de MP na água e no sedimento. A integração dessas informações é crucial para desenvolver hipóteses que contribuam para o entendimento do problema da contaminação na região estudada.

Além da importância da realização de pesquisa e monitoramento ambiental na região do MONA Cagarras e entorno, é crítico analisarmos a legislação e arcabouço legal vigente, buscando lacunas e oportunidades de melhoria de forma a reduzir os impactos desse tipo de poluição nos ecossistemas marinhos e costeiros do MONA Cagarras e região costeira próxima, tal qual na saúde humana. Nesse sentido a presente obra em seu capítulo 3, traz valiosas informações para os tomadores de decisão se debruçarem sobre a adequação das leis e normativas legais, além da sociedade ter conhecimento para exercer seu poder de cobrança junto ao poder público.

Salienta-se, por exemplo a proibição de qualquer produto cosmético, de higiene pessoal e de limpeza que contenham microesferas de plástico, que apesar de já estar contemplada na Lei Estadual nº 8.090, necessita aprimoramento mediante mecanismo para avaliação do cumprimento das proibições do Art. 1. Outras medidas paralelas podem ser consideradas para, em conjunto, avaliar a eficácia e aprimorar o Programa Cumpra-se, proposto pelo Dep. Estadual Carlos Minc, bem como aprimorar e divulgar, junto à população, o Painel voltado ao acompanhamento e monitoramento da eficácia dos instrumentos legais e normativos, a partir dos mecanismos de avaliação já definidos pela ALERJ.

Há necessidade ainda do reforço na fiscalização das atividades que se instalam e operam nos municípios da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara. Portanto, no que tange ao licenciamento ambiental no estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente - INEA e o Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONEMA, são peças chave para revisão e reformulação dos instrumentos regulatórios. Vale destacar que boa parte das atividades que envolvem o manejo do plástico em sua origem tem Potencial Poluidor Inicial definido como baixo, ou até mesmo desprezível, resultando na divisão de competência do ente a licenciar, bem como na possibilidade, inclusive, de tornar a atividade

ABLM_ebook_v10.indd 83 6/3/24 7:31 AM

de inexigível de licença frente ao licenciamento ambiental. Tal classificação é preocupante visto a quantidade de estudos recentes demonstrarem os deletérios impactos desse tipo de poluente nos diversos ambientes e na saúde humana.

No que tange ao esgotamento sanitário, é clara a urgência de adequação das normativas vigentes. Há necessidade de inclusão de dispositivos legais específicos e referências a respeito dos plásticos, notadamente a partir de possível alteração da base legal estadual. Na Resolução CONAMA nº 357/2005 buscando ampliar a descrição do item referente à "materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes", reconhecendo a existência de macro, micro e nano resíduos poliméricos, não biodegradáveis, a serem mensurados e avaliados pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas. Já a norma Operacional NOP-45 do INEA é outro instrumento que apesar de ter estabelecido critérios e padrões de lançamento de esgoto sanitário, inclusive por meio de emissário submarino, definiu limites para diversos parâmetros, mas não de MP.

Em relação à drenagem urbana, importante fonte de micro e nanopartículas poliméricas coloca-se como urgente linha de ação tanto no que respeita aos estudos que precedem o licenciamento ambiental abarcando o monitoramento, bem como a implantação de estruturas para retenção e abatimento do MP carreado pelas enxurradas por ocasião das chuvas, ações largamente utilizadas nos países desenvolvidos com ótimos resultados e comumente conhecidas como "*storm water system*".

E, vale ressaltar, a importância da varrição das ruas, sob atribuição da prefeitura de cada município, que pode ser significativamente aprimorada se, no planejamento das atividades, levar em conta a previsão meteorológica para a região objeto de atenção para que as equipes sejam alocadas sempre antes das grandes chuvas.

No que respeita aos impactos negativos causados pela perda, abandono e descarte de petrechos de pesca no mar, por sua vez, não foram identificados instrumentos legais vigentes específicos. No entanto, reconhece-se o grande potencial de reuso na cadeia circular e *upcycling* em novos produtos como observados em iniciativas de impacto socioambiental (ex: Minha Redinha e Marulho). A Lei Estadual nº 9.466/2021, que institui a Política Estadual de Incentivo à Economia do Mar, e a Lei Municipal nº 5.973/2015, que institui o Sistema Municipal de Desenvolvimento Sustentável da Pesca no município do Rio de Janeiro podem servir de base para a adoção de dispositivos e comandos legais em curto prazo, como a adoção de procedimento para assegurar espaço nos principais portos de embarcações pesqueiras para recolhimento de petrechos sem serventia, recuperados ou resgatados mediante contrapartida assegurada pelos fabricantes e revendedores desse tipo de produto plástico.

Não podemos esquecer dos instrumentos legais já existentes que proíbem a produção, distribuição e comercialização de plástico de uso único, como ca-

ABLM_ebook_v10.indd 84 6/3/24 7:31 AM

nudos e copos descartáveis. Há latente necessidade de fazer frente a ausência de regulação no Rio de Janeiro relacionada ao uso de diversos tipos de materiais plásticos de uso único, como talheres, pratos e agitadores para bebidas, entre outros, revelando oportunidade de abordagem para possível alteração legal com vistas à proibição desse tipo de operação, tal qual como realizado em São Paulo e Fernando de Noronha. O plástico de uso único é um item frequentemente encontrado no ambiente e, portanto, é uma fonte importante de introdução de microplástico secundário.

Nesse sentido a participação da sociedade civil é imprescindível tanto na escolha por uso de itens reutilizáveis, quanto na cobrança aos parlamentares para aprovação do Projeto de Lei nº 2524/2022, que tramita junto ao Congresso Nacional e que proíbe a fabricação, a importação, a distribuição, o uso e a comercialização de produtos plásticos de uso único, como canudos; talheres; pratos; misturadores de bebidas, entre outros, além de estabelecer metas de reciclagem das embalagens plásticas colocadas à disposição do usuário final.

Outra medida de grande impacto local, é a revogação de leis que obrigam a disponibilização de utensílios plásticos, como o caso da Lei nº 2.251, de 28 de abril de 2009, do município de Duque de Caxias. Nesse sentido ressaltamos a importância da mobilização de membros do legislativos e executivos dos municípios inscritos à Região Hidrográfica – V – Baía de Guanabara quanto à necessidade de revogação desse tipo de instrumento legal concomitantemente à identificação de alternativas para assegurar a higiene e higidez dos produtos e utensílios bem como a segurança dos usuários.

Acerca dos eventos com grande concentração de público e, portanto, geradores de elevada quantidade de resíduos plásticos e MP, é importante a adoção de leis, como no município de Niterói, voltada à permissão da entrada de garrafas de uso próprio para consumo. Nesse tipo de evento, também é importante destacar que quando envolve a utilização de áreas sensíveis e de interesse ambiental, o pedido de autorização passa previamente pelos órgãos ambientais do município, que definem medidas de controle e compensação. Sobretudo nas praias, o processo de aprovação define medidas para mitigar os impactos ambientais, além de possibilitar compensação ambiental.

Cabe ressaltar os fóruns de discussão e assessoramento técnico que devem, necessariamente, ser utilizados como espaço de congregação de esforços eficientes para avançar nas adequações dos arcabouços legais balizados por visão de continuidade política da ação do Estado.

Nesse sentido, por exemplo, é importante a mobilização da SEAS, INEA, Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERHI, CBH-BG, Ministério Público do Rio de Janeiro – MPRJ, Ministério Público Federal – MPF, universidades e sociedade – para avaliar e resguardar iniciativas perenes voltadas para a contenção,

ABLM_ebook_v10.indd 85 6/3/24 7:31 AM

retirada, aproveitamento e adequada destinação de lixo nos corpos d'água. Nesse sentido, destaca-se a operação das 17 barreiras de contenção de resíduos sólidos / lixo, comum e incorretamente tratadas como eco-barreiras, nos principais rios drenantes para o espelho d'água da Baía de Guanabara, ação descontinuada sem nenhuma justificativa plausível, retomada apenas em 2023 pelo governo estadual.
Fortalecendo e ampliando, junto aos demais municípios da RH – V – Baía de Guanabara, medida adotada no município do Rio de Janeiro para controle e remoção de lixo flutuante na rede hidrográfica municipal.

Ao considerar as atribuições do Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH Baía de Guanabara e Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, e especificamente no que tange às atribuições de suas Câmaras Técnicas, entende-se que é importante estimular, por meio do acionamento das instâncias do executivo, Ministério Público do Rio de Janeiro – MPRJ e mecanismos para divulgação e mobilização da sociedade, para que cumpram suas atividades específicas no que tange à consideração dos macro, micro e nano polímeros sintéticos como contaminantes ambientais capazes de diminuir a disponibilidade e comprometer a qualidade das águas doces, salobras e salinas da RH – V – Baía de Guanabara. Além disso, considerando os objetivos e atividades a serem desempenhadas pela Câmara Técnica Costeira – CTCost desse CBH-BG, tendo em conta a Resolução CBH-BG n° 110/2022, Res. CNRH n° 148/2012, Decreto n° 1.905/96 que promulga a Convenção Ramsar no Brasil, Lei n° 7.661/88 que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, Lei n° 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e os respectivos instrumentos, passe a dirigir seu foco de atuação também para o MP presente na região costeira e seus impactos para o ambiente, coleções hídricas, fauna, flora e ecossistemas.

Já com relação ao Projeto Orla, observa-se também a relevância em se abarcar, por ocasião da realização do Plano de Gestão Integrada – PGI, a subsidiar o Termo de Adesão à Gestão de Praias – TAGP, temas afeitos aos macro, micro e nano resíduos poliméricos gerados pelo município em questão.

Outra oportunidade, levando em conta a possível retomada das ações do executivo estadual no âmbito do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC, está afeita à necessidade de implementação de seus instrumentos dentre os quais se destaca o Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira - SMA-ZC. Tal sistema deve se constituir na estrutura operacional de coleta de dados e informações, de forma contínua, de modo a acompanhar os indicadores de qualidade socioambiental da Zona Costeira e propiciar o suporte permanente para atualização e adequação dos Planos de Gestão. Destaca-se ainda a relevância do Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira – RQA-ZC no âmbito do estado, procedimento de consolidação periódica dos resultados produzidos pelo monitoramento ambiental e, sobretudo, de avaliação da eficiência e eficácia das

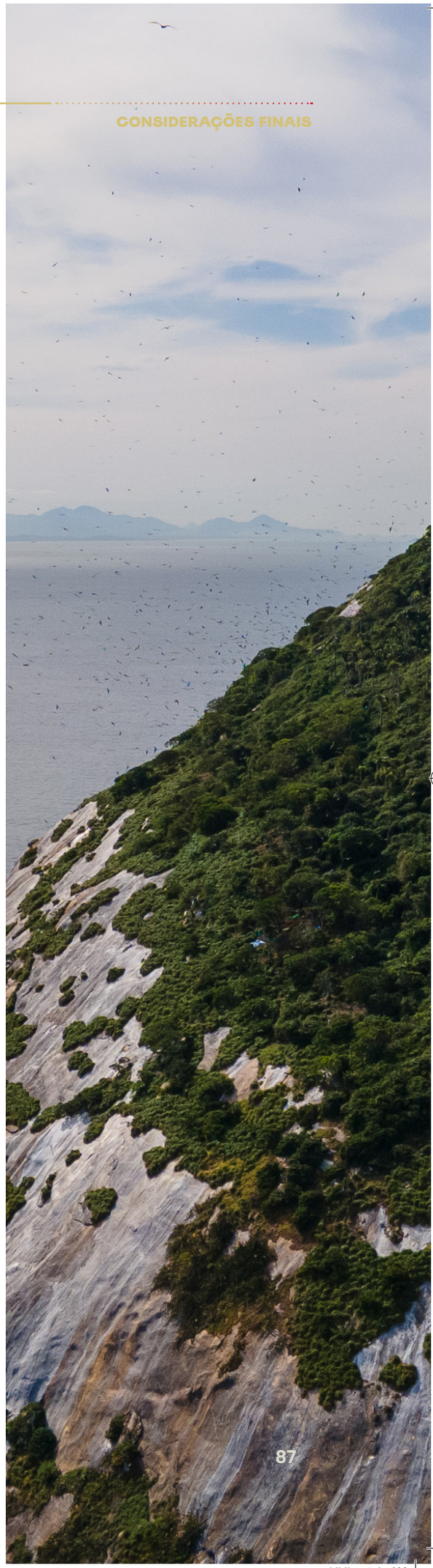
ABLM_ebook_v10.indd 86 6/3/24 7:31 AM

medidas e ações da gestão desenvolvidas.

Vale lembrar a forte pressão sempre exercida por *lobbyes* do setor produtivo que dificulta, quando não impede, avanços na adequação e criação de instrumentos legais voltados à contenção e diminuição da produção de material plástico. Portanto, destaca-se ainda a necessidade de alterar a postura dos órgãos de controle do sistema ambiental, como o INEA, no caso do Rio de Janeiro, tornando-o não apenas fiscalizador, mas também, indutor de ações voltadas à reciclagem de resíduos sólidos. E ainda estimular os entes responsáveis no nível estadual para desenvolver incentivos reais e atrativos para promover e estimular a reciclagem de plástico coletado e retirado das águas, mesmo considerando as dificuldades técnicas que apresentam.

A sociedade civil é peça fundamental na cobrança e fiscalização do poder público em busca de uma mudança positiva no combate à contaminação por plásticos. Para tal ressalta-se que é crucial a divulgação de informações a respeito das implicações, impactos e riscos do MP nos serviços e ecossistemas costeiros, tanto por meio de programas de educação ambiental e comunicação como também no ensino formal, nos diversos níveis de ensino escolar, como estratégia para acessar a população por meio de seus filhos e jovens.

Finaliza-se chamando atenção de que não há mais espaço para ações superficiais nos três níveis de governo no combate à poluição marinha com foco apenas nas consequências dos problemas. A presente obra visa contribuir chamando atenção para as causas e especialmente oportunidades de avanço no enfrentamento a poluição plástica, incluindo a questão do lixo no mar, micro e nanoplástico, agora no centro da agenda, não fique apenas no campo de uma agenda positiva ineficiente, tal qual ocorrido no Brasil nas décadas passadas.



ABLM_ebook_v10.indd 87 6/3/24 7:31 AM

REFERÊNCIAS

INTRODUÇÃO II

ICMBio. **Plano de Manejo do Monumento Natural das Ilhas Cagarras**, 2020. 89 p.

ILHAS DO RIO. Ilhasdorio.org.br/publicacoes. Rio de Janeiro, 2024. https://ilhasdorio.org.br/ . Acesso em: 10 de março de 2024.

TORRES, C. L. **Qualidade das Águas no MONA Cagarras**. *In:* Monografia para o curso de Ciências Biológicas especialidade Biologia Marinha. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. 106p.

VAN WEERELT, M., Cunha, L., Dorneles, P. R., Padilha, J, Ormond, J., Torres, F., Torres, J.P., Batista, D., Nudi, A., Wagener, A., Cabral, A., Pinto, F & Paranhos, R. **Monitoramento da qualidade das águas e dos poluentes no MoNa das Ilhas Cagarras e entorno**. *In:* MORAES, F.; Bertoncini, Aguiar, A. *In:* História, pesquisa e biodiversidade do Monumento Natural das Ilhas Cagarras. Rio de Janeiro. Museu Nacional, 2013. p.229-243.

CAPÍTULO 1

ALVEY, A. A. **Promoting and preserving biodiversity in the urban forest**. Urban Forestry & Urban Greening, 2006. 5 (4):195-201.

CARREIRA, R. **Determinação de contaminantes orgânicos em moluscos do MoNA Cagarras**. Autorização SISBIO no 81583.

ICMBio, 2020. **Plano de Manejo do Monumento Natural das Ilhas Cagarras**. 89 p. www.ilhasdorio.org.br.

MORAES, F.; BERTONCINI, A.; AGUIAR, A. (Eds.). **História, pesquisa e biodiversidade do Monumento Natural das Ilhas Cagarras**. (Série Livros; 48). Ed. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2013. pp 299

NEVES, R. A. F., RODRIGUES, N.,...& SANTOS, L.N. **Evidence of plastics contamination and sewage-derived residues in a Brazilian Hope Spot for conservation of marine biodiversity - Cagarras Islands and surrounding waters**. Marine Pollution Bulletin, 2024. 203: 116407.

PARANHOS, R. **Mexilhões como monitores de poluição de esgoto no MONA Cagarras, RJ**. Autorização SISBIO no 84265.

CAPÍTULO 2

AHRENDT, C., PEREZ-VENEGAS, D. J., URBINA, M., GONZALEZ, C., ... & GALBÁN-MALAGÓN, C. **Microplastic ingestion cause intestinal lesions in the intertidal fish Girella laevifrons**. Marine Pollution Bulletin, 2020. 151: 110795.

ARIAS-ANDRES, M., KETTNER, M. T., MIKI, T., & GROSSART, H. P. **Microplastics: New substrates for heterotrophic activity contribute to altering organic matter cycles in aquatic ecosystems**. Science of the Total Environment, 2018. 635: 1152-1159.

ASKHAM, C., PAUNAA, V. H., BOULAY, A-M., ... & HAJJAR, C., **Generating environmental sampling and testing data for micro- and nanoplastics for use in life cycle impact assessment**. 2023. Science of the Total Environment, 2023. 859: 160038.

AURISANO, N., WEBER, R., & FANTKE, P., **Enabling a circular economy for chemicals in plastics**. Current

ABLM_ebook_v10.indd 88 6/3/24 7:31 AM

Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 2021. 31: 100513.
AVES, A. R., REVELL, L. E., ... & MCDONALD, A. J., **First evidence of microplastics in Antarctic snow**, The Cryosphere, 2022.16: 2127–2145.
AVIO, C. G., GORBI, S., & REGOLI, F. **Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea**. Marine environmental research, 2015. 111: 18-26.
BARBOZA, L. G. A., VETHAAK, A. D., LAVORANTE, B. R., ... & GUILHERMINO, L. **Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health.** Marine pollution bulletin, 2018. 133: 336-348.
BHATTACHARYA, P., LIN, S., TURNER, J. P. & KE, P. C., **Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis**. J. Phys. Chem. C., 2010.114:16556–16561.
BERGMANN, M., WIRZBERGER, V., ... & GERDTS, G., **High Quantities of *Microplastic in Arctic Deep-Sea Sediments from the HAUSGARTEN***. Observatory. Environmental Science & Technology, 2017.51:19, 11000-11010.
BERMÚDEZ, J. R. & SWARZENSKI, P.W., **A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods**. Methods X, 2021. 8: 101516.
BESSELING, E., WANG, B., LURLING, M. & KOELMANS, A. A., **Nanoplastic Affects Growth of *S. obliquus* and Reproduction of *D. magna***. Environ. Sci. Technol, 2014. 48: 12336-12343.
BOUCHER, J. & FRIOT D., **Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources**. Gland, Switzerland, 2017. IUCN. 43pp.
BOTTERELL, Z. L., BEAUMONT, N., DORRINGTON, T., STEINKE, M., ... & LINDEQUE, P. K., **Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review**. Environmental Pollution, 2019. 245: 98-110.
BRANDTS, I., TELES, M., GONÇALVES, A. P., ... & OLIVEIRA, M., **Effects of nanoplastics on Mytilus galloprovincialis after individual and combined exposure with carbamazepine**. Science of the total environment, 2018. 643: 775-784.
CARRILLO-BARRAGÁN, P., FITZSIMMONS, C., ... & SUGDEN, H. **Fifty-year study of microplastics ingested by brachyuran and fish larvae in the central English North Sea**. Environmental Pollution, 2024. 342: 123060.
CASABIANCA, S., BELLINGERI, A., CAPELLACCI, S., ... & PENNA, A. **Ecological implications beyond the ecotoxicity of plastic debris on marine phytoplankton assemblage structure and functioning**. Environmental Pollution, 2021. 290: 118101.
COE, J. M., & ROGERS, D. (Eds.). **Marine debris: sources, impacts, and solutions**. Springer Science & Business Media, 2012. 435 pp
COLE, M., & GALLOWAY, T. S. **Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae**. Environmental science & technology, 2015. 49 (24): 14625-14632.
COLE, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., & Galloway, T. S. **The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus***. Environmental science & technology, 2015. 49(2): 1130-1137.
COLE, M., LINDEQUE, P., FILEMAN, E., ..., & GALLOWAY, T. S. **Microplastic ingestion by zooplankton**. Environmental science & technology, 2013. 47(12): 6646-6655.
COSTA, L. G. & GIORDANO, G., **Developmental neurotoxicity of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants**. Neurotoxicology, 2007. 28(6):1047-1067.
Da COSTA, J.P., DUARTE, A.C., ROCHA-SANTOS, T.A.P., **Microplastics –occurrence, fate and behaviour in**

ABLM_ebook_v10.indd 89 6/3/24 7:31 AM

the environment. *In:* Rocha-Santos, T.A.P., Duarte, A.C. (Eds.), Comprehensive Analytical Chemistry, Characterization and Analysis of Microplastics. 2017. Elsevier, pp. 1–24.

DESFORGES, J. P. W., GALBRAITH, M., & ROSS, P. S. **Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean**. Archives of environmental contamination and toxicology, 2015. 69: 320-330.

DE STEPHANIS, R., GIMÉNEZ, J., CARPINELLI, E., ... & C., CAÑADAS, A. **As main meal for sperm whales: Plastics debris**. Mar. Pol. Bull., 2013. 69, (1-2). p. 206-14.

DRIS, R., GASPERI, J., TASSIN, B., **Sources and Fate of Microplastics in Urban Areas: A Focus on Paris Megacity.** *In:* Wagner, M., Lambert, S. (eds) Freshwater Microplastics The Handbook of Environmental Chemistry, 2018: 58. Springer, Cham.

DU, H., XIE, Y., WANG, J., **Microplastic degradation methods and corresponding degradation mechanism: research status and future perspectives**. J. Hazard. Mater., 2021. 418: 126377

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2017. **Microplastics in fisheries and aquaculture Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.** *In:* Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 615. ISBN 978-92-5-109882-0

FERREIRA, G. V., Justino, A. K., Eduardo, L. N., ... & Lucena-Frédou, F., **Plastic in the inferno: Microplastic contamination in deep-sea cephalopods (*Vampyroteuthis infernalis* and *Abralia veranyi*) from the southwestern Atlantic**. Marine Pollution Bulletin, 2022. 174: 113309.

FOSSI, M. C., MARSILI, L., BAINI, M., ... & PANTI, C., **Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios**. Environmental Pollution, 2016. 209: 68-78.

FOX, S., STEFANSSON, H., ÁSBJÖRNSSON, E., & ZLOTSKIY, E., **Physical characteristics of microplastic particles and potential for global atmospheric transport: A meta-analysis**. Environmental Pollution, 2023.1:342:122938.

FREE, C., JENSEN, O., MASON, S., ..., BOLDGIV, B., **High levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake.** 2014. Mar. Pollut. Bull. 85: 156–163.

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL, Atlas do Plástico, 2020. https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20Plástico%20-%20versão%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf

GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L., **Production, use, and fate of all plastics evermade**. Sci. Adv., 2017. 3: 3–8.

GUNAALAN, K., NIELSEN, T. G., RODRÍGUEZ TORRES, R., ... & ALMEDA, R., **Is zooplankton an entry point of microplastics into the marine food web?** Environmental science & technology, 2023. 57(31): 11643-11655.

GUZZETTI, E., SUREDA, A., TEJADA, S., & FAGGIO, C., **Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects**. Environmental toxicology and pharmacology, 2018. 64: 164-171.

HAHLADAKIS, J. N., Velis, C. A., Weber, R., ... , & Purnell, P., **An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling**. Journal of hazardous materials, 2018. 344: 179-199.

HARTMANN, N. B., Rist, S., Bodin, J., Jensen, ... & Baun, A., **Microplastics as vectors for environmental contaminants: Exploring sorption, desorption, and transfer to biota**. Integrated environmental assessment and management, 2017. 13(3): 488-493.

HAHLADAKIS, J. N., VELIS, C. A., WEBER, R., ..., & PURNELL, P., **An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling**. Journal of hazardous materials, 2018. 344, 179-199.

HALE, R. C., ALAEE, M., MANCHESTER-NEESVIG, J. B. , ... & IKONOMOU, M. G., **Polybrominated diphenyl**

ABLM_ebook_v10.indd 90 6/3/24 7:31 AM

ether flame retardants in the North American environment. Environment International, 2003. 29(6):771-779.

HARTMANN, N. B., RIST, S., BODIN, J., ... & BAUN, A., **Microplastics as vectors for environmental contaminants: Exploring sorption, desorption, and transfer to biota.** Integrated environmental assessment and management, 2017.13(3), 488-493.

HAUSER, R. & CALAFAT, A. M., **Phthalates and human health.** Occupational and environmental medicine, 2005. 62(11): 806-818.

HEUDORF, U., MERSCH-SUNDERMANN, V. & ANGERER, J., **Phthalates: toxicology and exposure. International journal of hygiene and environmental health,** 2007.10(5):623-634.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water**. *In:* IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 2013. 101(3):9-471.

ISOBE, A., AZUMA, T., CORDOVA, M. R., ... & ZHANG, W., **A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean and the Laurentian Great Lakes**. Microplastics and Nanoplastics, 2021. 1:16

JABEEN, K., SU, L., LI, J., ..., & SHI, H., **Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China.** Environmental pollution, 2017. 221: 141-149.

JAMBECK, J.R., Andrady, A., Geyer, R., ... & Law, K., **Plastic waste inputs from land into the ocean**, Science, 2015. 347: 768-771.

JAWAD, L. A., ADAMS, N. J., & NIEUWOUDT, M. K., **Ingestion of microplastics and mesoplastics by *Trachurus declivis* (Jenyns, 1841) retrieved from the food of the *Australasian gannet Morus serrator*: First documented report from New Zealand**. Marine Pollution Bulletin, 2021. 170: 112652.

JIAO, H., ALI, S. S., ALSHARBATY, ... & SUN, J. **A critical review on plastic waste life cycle assessment and management: Challenges, research gaps, and future perspectives**. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2014. 271: 115942.

KARAMI, A., GOLIESKARDI, A., CHOO, C. K., ..., & SALAMATINIA, B., **Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats**. Science of the total environment, 2018. 612: 1380-1386.

KATSANEVAKIS, S., & VERRIOPOULOS, G., **Den ecology of Octopus vulgaris Cuvier, 1797, on soft sediment: availability and types of shelter**. Scientia Marina, 2004. 68(1): 147-157.

LACERDA, A. L., BRIAND, J. F., LENOBLE, V., ..., & PEDROTTI, M. L.,. **Assessing the Plastisphere from Floating Plastics in the Northwestern Mediterranean Sea, with Emphasis on Viruses.** Microorganisms, 2024a.12(3): 444.

LACERDA, A. L., FRIAS, J., & PEDROTTI, M. L., T**ardigrades in the marine plastisphere: New hitchhikers surfing plastics.** Marine Pollution Bulletin, 2024b. 200, 116071.

LAIST, D.W. **Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records.** *In:* Coe, J.M., Rogers, D.B. (eds) Marine Debris. Springer Series on Environmental Management. Springer, New York, NY. 1997, pp 99- 138. ISBN 978-1-4613-8488-5

LANDRIGAN PJ, RAPS H, CROPPER M, ... & DUNLOP, S. **The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health.** Annals of Global Health. 2023. 89(1): 23: 1–215.

LAVERS, J. L., SHARP, P. B., STUCKENBROCK, S., & BOND, A. L., **Entrapment in plastic debris endangers hermit crabs.** 2020. Journal of hazardous materials, 387: 121703.

LEBRETON, L., EGGER, M., SLAT, B., **A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean.** Scientific RepoRtS, 2019. 9:12922

ABLM_ebook_v10.indd 91 6/3/24 7:31 AM

LI, C., GILLINGS, M. R., ZHANG, C., ... & Jin, L., **Ecology and risks of the global plastisphere as a newly expanding microbial habitat.** The Innovation, 2024. 5(1).

MANCIA, A., CHENET, T., BONO, G., ..., & PASTI, L., **Adverse effects of plastic ingestion on the Mediterranean small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*).** Marine environmental research, 2020. 155, 104876.

MEEKER, J. D., SATHYANARAYANA, S., SWAN, S.H., **Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes.** Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci., 2009. 27364(1526): 2097-113.

MUNCKE, J. **Tackling the toxics in plastics packaging**. PLoS Biology, 2021.19(3): e3000961.

NAVA, V., & LEONI, B., **A critical review of interactions between microplastics, microalgae and aquatic ecosystem function.** Water research, 2021. 188: 116476.

NAVAS-ACIEN, A., GUALLAR, E., SILBERGELD, E. K. & ROTHENBERG, S. J., **Lead exposure and cardiovascular disease—a systematic review.** Environmental health perspectives. 2007. 115(3): 472-482.

NELMS, S. E., GALLOWAY, T. S., ... & LINDEQUE, P. K., **Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators.** Environmental pollution, 2018. 238: 999-1007.

OCEANA, 2020. **Reduzir o uso de produtos plásticos descartáveis.** https://brasil.oceana.org/campanhas/combate-a-poluicao-marinha-por-plasticos. Acesso em: 12 de março de 2024

OCDE, 2022. **Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short.** https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management--and-recycling-fall-short.htm. Acesso em 15/02/2024

OLIVATTO, G. P., MARTINS M. C. T.,, MONTAGNER C. C., ... & CARREIRA, R. S., **Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil**. Marine Pollution Bulletin, 2019. 139: 157-162

OLIVEIRA, M. & ALMEIDA, M., **The why and how of micro(nano)plastic research**, TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2019. 114, p 196-201.

OLIVEIRA, M., RIBEIRO, A., HYLLAND, K., & GUILHERMINO, L., **Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae)**. Ecological indicators, 2013. 34: 641-647.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, 2023. **L'incidence des produits chimiques, des déchets et de la pollution sur la santé humaine.** Projet de résolution proposé par le Canada, la Colombie, l'Equateur, le Mexique Monaco, le Pérou, la Suisse, l'Union Européenne et ses États membres et l'Uruguay. Publicado em 24/05/2023. https://apps.who.int/gb/f/f_wha76.html

PEDÀ, C., LONGO, F., BERTI, C., ... & Romeo, T., **The waste collector: information from a pilot study on the interaction between the common octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) and marine litter in bottom traps fishing and first evidence of plastic ingestion.** Marine Pollution Bulletin, 2022. 174: 113185.

PEREIRA, R., RODRIGUES, S. M., SILVA, D., ..., & RAMOS, S., **Microplastic contamination in large migratory fishes collected in the open Atlantic Ocean.** Marine Pollution Bulletin, 2023. 186: 114454.

PERSSON, L., CARNEY ALMROTH, B. M., COLLINS, ... & HAUSCHILD, M. Z., **Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities**. Environmental Science & Technology, 2022. 56(3), p. 1510-1521.

PHILLIPS, M. B., & BONNER, T. H., **Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico.** Marine pollution bulletin, 2015. 100(1): 264-269.

PIRSAHEB, M., HOSSINI, H., & MAKHDOUMI, P., **Review of microplastic occurrence and toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of inflammation.** Process Safety and Environ-

ABLM_ebook_v10.indd 92 6/3/24 7:31 AM

mental Protection, 2020. 142: 1-14.
PNUMA, 2023. **Relatório sobre a Lacuna de Adaptação Climática.** https://brasil.un.org/pt-br/251542-relat%C3%B3rio-sobre-lacuna-de-adapta%C3%A7%C3%A3o-clim%C3%A1tica-2023
RAI, P.K., Jechan Lee, J., Brown, R. J. C., Kim, K-H., **Environmental fate, ecotoxicity biomarkers, and potential health effects of micro- and nano-scale plastic contamination.** J. Hazard. Mater. 2021. 403: 123910.
RAGUSA, A., SVELATO A., SANTACROCE, C., ... & GIORGINI, E., **Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta.** Environment International, 2021. 146,106274, ISSN 0160-4120,
RAPP, J., HERRERA, A., BONDYALE-JUEZ, D. R., ... & GÓMEZ, M., **Microplastic ingestion in jellyfish *Pelagia noctiluca* (Forsskal, 1775) in the North Atlantic Ocean.** Marine Pollution Bulletin, 2021. 166: 112266.
RAI, P. K., LEE, J., BROWN, R.J.C. & KIM, K-H., **Environmental fate, ecotoxicity biomarkers, and potential health effects of micro- and nano-scale plastic contamination.** J. Hazard. Mater. 2021. 403: 123910
RIBEIRO, F., GARCIA, A. R., PEREIRA, B. P., ... & BEBIANNO, M. J., **Microplastics effects in *Scrobicularia plana*.** Marine pollution bulletin, 2017. 122 (1-2): 379-391.
RICE, N., HIRAMA, S., & WITHERINGTON, B., **High frequency of micro-and meso-plastics ingestion in a sample of neonate sea turtles from a major rookery.** Marine Pollution Bulletin, 2021. 167: 112363.
RICHARDSON, C. R., BURRITT, D. J., ALLAN, B. J., & LAMARE, M. D., **Microplastic ingestion induces asymmetry and oxidative stress in larvae of the sea urchin *Pseudechinus huttoni*.** Marine Pollution Bulletin, 2021. 168: 112369.
ROCHESTER, J. R., **Bisphenol A and human health: a review of the literature.** Reproductive toxicology, 2013. 42:132-155.
ROCHMAN C.M. & KROSS S.M., **Plastics in the oceans: Environmental and societal implications.** *In:* Encyclopedia of the Anthropocene. 2018. Elsevier: 203-208.
SANTOS, R. G., MACHOVSKY-CAPUSKA, G. E., & ANDRADES, R., **Plastic ingestion as an evolutionary trap: Toward a holistic understanding.** Science, 2021. 373 (6550): 56-60.
SETÄLÄ, O., FLEMING-LEHTINEN, V., & LEHTINIEMI, M., **Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web.** Environmental pollution, 2014. 185: 77- 83.
SHEN, M., YE, S., ZENG, G., ... & LIU, S., **Can microplastics pose a threat to ocean carbon sequestration?** Mar. Pollut. Bull., 2020. 150: 110712 DOI.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110712
SHI, H., FRIAS, J., SAYED, A. E. D. H., ... & SU, L., **Small plastic fragments: A bridge between large plastic debris and micro-& nano-plastics.** TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2023.117308.
SIGMUND, G., ÅGERSTRAND, M., ANTONELLI, A., ... & GROH, K., J., **Addressing chemical pollution in biodiversity research.** Glob. Change Biol., 2023. 29: 3240 –3255.
SMITH M., LOVE D. C. , ROCHMAN C. M. & RONI, A., **Microplastics in seafood and the implications for human health.** Current Environmental Health Reports, 2018. 5(3): 375–386.
STEER, M., COLE, M., THOMPSON, R. C., & LINDEQUE, P. K., **Microplastic ingestion in fish larvae in the western** English Channel. Environmental pollution, 2017. 226, 250-259.
STEPHENS, B., AZIMI, P., EL ORCH, Z., RAMOS, T., **Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers,** Atmos. Environ., 2013. 79: 334-339.
SUN, X., LI, Q., ZHU, M., ... & Zhao, Y., **Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea.** Marine pollution bulletin, 2017.115(1-2): 217-224.
SUNDT P, SCHULZE, P-E. & SYVERSEN, F., **Sources of microplastics-pollution to the marine environment. Report no: M-321|2015,** Mepex for Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet), 2014. http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M321/M321.pdf. Acesso em: 15 de março 2024.

ABLM_ebook_v10.indd 93 6/3/24 7:31 AM

TRASANDE, L., ZOELLER, R.T., HASS, U., ... & HEINDEL, J. J., **Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union.** J Clin Endocrinol Metab, 2020. 105(3): dgz096.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Chemicals in Plastics - A Technical Report. 2023**. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/42366.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME & SECRETARIAT OF THE BASEL, **Rotterdam and Stockholm Conventions Chemicals in Plastics: A Technical Report**, 2023

USEPA (2012): United States Environmental Protection Agency. **Cadmium Compounds (CASRN Various) Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS)**. Washington, DC: USEPA. 2012.

VANDENBERG, L. N., HAUSER, R., ... & WELSHONS, W.V., **Human exposure to bisphenol A (BPA).** Reproductive toxicology. 2007. 24(2):139-177.

VILLARRUBIA-GÓMEZ, P., CORNELL, S., ALMROTH, B., ... & ERIKSEN, M., **Plastics Pollution and the Planetary Boundaries framework.** 2022. Acessível em SSRN: https://ssrn.com/abstract=4254033 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4254033

WANG, W., Ge, J., & Yu, X.,. **Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A review**. Ecotoxicology and environmental safety, 2020. 189: 109913.

WARD, E., SCHULTE, P., GRAJEWSKI, B., ... & NEEDHAM, L. L., **Serum organochlorine levels and breast cancer: a nested case-control study of Norwegian women**. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2000. 9(12):1357–1367.

WELDEN, N. A., ABYLKHANI, B., & HOWARTH, L. M., **The effects of trophic transfer and environmental factors on microplastic uptake by plaice, *Pleuronectes plastessa*, and spider crab, *Maja squinado***. Environmental Pollution, 2018. 239: 351-358.

WIESINGER, H., WANG, Z., & HELLWEG, S., **Deep dive into plastic monomers, additives, and processing aids**. Environmental science & technology, 2021. 55(13): 9339-9351.

WRIGHT, S. L., THOMPSON, R. C., & GALLOWAY, T. S., **The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review**. Environmental pollution, 2013. 178: 483-492.

WORM, B., LOTZE, H. K., ...& Jambeck, J., **Plastic as a persistent marine pollutant**. Annual Review of Environment and Resources, 2017. 42:1 -26

YANG, Y., LIU, W., ZHANG, Z., GROSSART, H. P., & Gadd, G. M., **Microplastics provide new microbial niches in aquatic environments.** Applied microbiology and biotechnology, 2020. 104: 6501-6511.

ZAKI, M. R. M., & ARIS, A. Z., **An overview of the effects of nanoplastics on marine organisms.** Science of the Total Environment, 2022. 831: 154757.

ZETTLER, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A., **Life in the "plastisphere": microbial communities on plastic marine debris.** Environmental science & technology, 2013. 47(13): 7137-7146.

ZHAO, K., WEI, Y., DONG, J., ... & WANG. J., **Separation and characterization of microplastic and nanoplastic particles in marine environment**, Environmental Pollution, 2022. 297: 18773.

CAPÍTULO 3

ALVES, V. E. N., **Microplásticos na Baía de Guanabara, RJ: acumulação nos sedimentos e ingestão pela corvina, *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

DEME, G. G., EWUSI-MENSAH, D., OLAGBAJU, O. A., ... & SANGANYADO, E., 2022. **Macro problems from**

ABLM_ebook_v10.indd 94 6/3/24 7:31 AM

microplastics: Toward a sustainable policy framework for managing microplastic waste in Africa. Science of the Total Environment, 2022. 804: 150170, Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721052475 . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

DRABINSKI, T. L., CARVALHO, D. G., GAYLARDE, C. C., ..., & BAPTISTA NETO, J. A., 2023. **Microplastics in Freshwater River in Rio de Janeiro and Its Role as a Source of Microplastic Pollution in Guanabara Bay, SE Brazil.** *In:* Micro. MDPI, 2023. p. 208-223. Disponível em: https://www.mdpi.com/2673-8023/3/1/15 . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024

GROTRIAN, G., **O plástico resíduos & eu: destrinchado! Fundação Heirich Böll (Eds), Rio de Janeiro**. 2022. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2023-10/boll_plasticbook_portugues_final_rev1.pdf . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

IWANICKI, L. & ZAMBONI, A., **Um oceano livre de plástico: desafios para reduzir a poluição marinha no Brasil.** 2020. Disponível em: https://brasil.oceana.org/wp-content/uploads/sites/23/umoceanolivrede-plastico_oceana_port_web_18dez2020.pdf . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024

LINK, J., SEGAL, B. & CASARINI, L. M. **Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear in Brazil: A review.** Perspectives in Ecology and Conservation, 2019. 17(1): 1-8. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301081. Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

OLIVATTO, G., **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** 2017. Dissertação (mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/29926/29926.PDF . Acesso em: 05 de março de 2024.

PAGOTTO, E., PAIVA, D., GONÇALVES-DIAS, S., VALLIN, I. & RIBEIRO, B. de C. I., **Por que os descartáveis são um problema?.** NOSS Repensando o Plástico, 2023. 4, Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Disponível em: https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1185 . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

PEREIRA, T. DA C., ARAÚJO, D. B., & BILA, D. M., **Microplásticos em estação de tratamento de esgoto – uma revisão**. Revista AIDIS De Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica, 2021. 14(2): 917–932. Disponível em: https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.2.75496 . Acesso em: 05 de março de 2024.

REDE OCEANO LIMPO, TURRA, A., GIMENEZ, B. G., ... & SCRICH. V. M. **Recomendações para a Estratégia Estadual de Enfrentamento ao Lixo no Mar no Rio De Janeiro**. Primeira edição. Rio de Janeiro: Rede Oceano Limpo, 2024, 92 p.

SHAHNAWAZ, M., SANGALE, M. & AVINASH, A., **Policy and Legislation/ Regulations of Plastic Waste Around the Globe**. Bioremediation Technology for Plastic Waste 2019. p 113-126, Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333324529_Policy_and_LegislationRegulations_of_Plastic_Waste_Around_the_Globe . Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

SILVA, V. C. C., ANDRADE, R. C., VERNIN, N. S., & TORRES NETTO, A., **Estudo das fontes de poluição por microplásticos recorrentes na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro**. Revista de Gestão de Água da América Latina, 2023. 20: 5. Disponível em: https://doi.org/10.21168/rega.v20e5 . Acesso em: 05 de março de 2024.

SOCIEDADE DE ENDOCRINOLOGIA E REDE INTERNACIONAL DE ELIMINAÇÃO DE POLUENTES. **Plásticos, perturbadores endócrinos e saúde: Guia sobre perturbadores endócrinos e plásticos para as organizações de interesse público e formuladores de políticas**. 2020. Disponível em: https://ipen.org/sites/default/files/documents/edc_guide_2020_v1_6b-pt-v2.pdf . Acesso em: 05 de março de 2024.

ABLM_ebook_v10.indd 95 6/3/24 7:31 AM

CAPÍTULO 4

ALVES, V. E. N. & FIGUEIREDO, G. M. **Microplastic in the sediments of a highly eutrophic tropical estuary**. Marine Pollution Bulletin, 2019. 146: 326–335.

BAPTISTA NETO, J. A., CARVALHO, D. G., MEDEIROS, K., ... & DOS SANTOS FO., J. R., **The impact of sediment dumping sites on the concentrations of microplastic in the inner continental shelf of Rio de Janeiro/ Brazil.** Marine Pollution Bulletin, 2019. 149: 110558.

BERNARDINO, B. & FRANZ, B., **Lixo flutuante na Baía de Guanabara: passado, presente e perspectivas para o futuro**, Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2016. 38: 231–252.

BOM, F. C. & SÁ, F., **Concentration of microplastics in bivalves of the environment: a systematic review**. Environmental Monitoring and Assessment, 2021. 193: 1-30.

BERTOLDI, c., Pena, A. de C. C., ... & GUTTERREZ, M., **Photodegradation of Emerging Contaminant 2-(thiocyanomethylthio) Benzothiazole (TCMTB) in Aqueous Solution: Kinetics and Transformation Products.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2020. 105: 433 - 439

CASTRO B. M. D., LORENZZETTI J. A., SILVEIRA I. C. A & MIRANDA L.B., **Estructura termohalina e circulação na região entre o cabo de São Tome (RJ) e o Chuí (RS).** *In:* ROSSI WONGTSCHOWSKI C. L. D. B. & MADUREIRA L. S-P (eds). **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil.** EDUSP, São Paulo, 2006. 472 pp.

COIMBRA, J. P. P. (Org), **Atlas da Região Hidrográfica V: Baía de Guanabara e Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.** 1a. ed. Resende, RJ, AGEVAP, 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 20/03/2024

DING, R., TONG, L. & ZHANG, W., **Microplastics in Freshwater Environments: Sources, Fates and Toxicity**. Water, Air, & Soil Pollution. 2021. 232: 10.1007/s11270-021-05081-8.

FRANZ, B., **O Lixo Flutuante em Regiões Metropolitanas Costeiras no mbito de Políticas Públicas: O Caso da Cidade do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2011. 162 pp.

FRÈRE, L., PAUL-PONT, I., RINNERT, E., ... & HUVET, A., I**nfluence of environmental and anthropogenic factors on the composition, concentration and spatial distribution of microplastics: A case study of the Bay of Brest (Brittany, France)**. Environmental Pollution, 2017. 225: 211–222

FUNASA. **Manual de Saneamento.** 4a. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde, 2015.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M. & KREMLING, K., **Methods of Seawater Analysis**. Wiley-VCH, 1999. 3 ed., Berlim: 632 pp.

KCI TECHNOLOGIES, INC. P02: **Diagnóstico do estado da Baía de Guanabara: Programa de Fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, RJ. Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro, 2013.

LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E., **Ecologically meaningful transformations for ordination of species data**. Oecologia, 2001. 129: 271-280

LI, Y., ZHANG, Y., CHEN, G., ... & WANG, J. **Microplastics in Surface Waters and Sediments from Guangdong Coastal Areas, South China.** Sustainability, 2021. 13 (5).

LUCA, A. D., WAGENER, R., BOUGH, C., ..., & WAGENER, K., **Environmental impact on coastal waters off**

ABLM_ebook_v10.indd 96 6/3/24 7:31 AM

Rio de Janeiro due to sewage discharge via submarine outfall. Chemistry and Ecology, 1992. 6(1-4): 19-39.

MARINHO, P. P. **Avaliação e caracterização de microplástico em águas superficiais costeiras entre a Baía de Guanabara e Ilhas Cagarras, Rio de Janeiro**. 2021. Dissertação de Mestrado - Departamento de Química da Pontifícia Católica do Rio de Janeiro, RJ.

MASURA, J. BAKER, J. FOSTER, G. ARTHUR, C. HERRING, C., **Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.** NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R48. Center for Urban Waters, U. O. W., Tacoma WA; Department of Chemistry and Biochemistry, G. M. U., FAIRFAX VA. 2015.

MATSUURA Y., **Contribuição ao Estudo da Estrutura Oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC).** 1986. Ciência e Cultura 38:1439-1450.

MIRANDA L. B., **Análise de Massas de Água da Plataforma Continental e da região oceânica Adjacente: Cabo de Sao Tome (RJ) à Ilha de São Sebastian (SP)** 1982. 194 pp.

NAJI, A., NURI, M. & VETHAAK, A., **Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf.** Environmental Pollution. 2018. 235: 113-120.

NEVES, R. A. F., RODRIGUES, N.,...& SANTOS, L.N. **Evidence of plastics contamination and sewage-derived residues in a Brazilian Hope Spot for conservation of marine biodiversity - Cagarras Islands and surrounding waters.** Marine Pollution Bulletin, 2024. 203: 116407

OLIVATTO, G. P. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** Dissertação de Mestrado— Departamento de Química da Pontifícia Católica do Rio de Janeiro, RJ., 2017.

OLIVATTO, G. P., MARTINS M. C. T.,, MONTAGNER C. C., ... & CARREIRA, R. S., **Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil.** 2019. Marine Pollution Bulletin, 139: 157-162

OLIVEIRA, F. V. de. **Patrimônio cultural e natural, turismo e desenvolvimento local no município de São José do Barreiro – SP: Uma esperança condicional**. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. 228 p.

PAIVA, M. P., **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos do Brasil.** Editora Universidade Federal do Ceará, 1997. Fortaleza, 278 pp

SILVA, J., **Características do fitoplâncton e hidrografia na plataforma continental e região oceânica do Estado de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 1991. 84 pp.

SILVEIRA I. C. A., MIRANDA L. B., BROWN W. S., **On the origins of the North Brazil,** 1994. Current. J Geophys Res Oceans 99(C11):22501–22512.

STRAMMA, L., **Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic.** 1991. J. Mar. Res., 49(2):281-294.

VAN WEERELT, M., CUNHA, L., DORNELES, P. R., ... & PARANHOS, R. **Monitoramento da qualidade das águas e dos poluentes no MoNa das Ilhas Cagarras e entorno. História, pesquisa e biodiversidade do Monumento Natural das Ilhas Cagarras.** Rio de Janeiro, Museu Nacional, 2013, 229-243.

CAPÍTULO 5

BAPTISTA NETO, J. A., CARVALHO, D. G., MEDEIROS, K., ... & DOS SANTOS FO., J. R., **The impact of sediment dumping sites on the concentrations of microplastic in the inner continental shelf of Rio de Janeiro/ Brazil**. Marine Pollution Bulletin, 2019. 149: 110558.

KERSHAW, P., TURRA, A. & GALGANI, F., **Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter**

ABLM_ebook_v10.indd 97 6/3/24 7:31 AM

in the Ocean. GESAMP, 2019.

MARINHO, P. P. **Avaliação e caracterização de microplástico em águas superficiais costeiras entre a Baía de Guanabara e Ilhas Cagarras, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado—Rio de Janeiro, Brazil: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2021.

MOSCOSO, P. W. A., ESPINOZA, K. S. Q., ... & VEJA, G.Y. O., **Detention of Plastic Microparticles in the Drinking Water Treatment System Tomebamba in Cuenca and Mahuarcay in the City of Azogues, Ecuador**. Journal of Survey in Fisheries Sciences, 2023. (10): 1827–1852

OLIVATTO, G. P. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** Dissertação de Mestrado— Departamento de Química da Pontifícia Católica do Rio de Janeiro, RJ., 2017.

OLIVATTO, G. P., MARTINS M. C. T., MONTAGNER C. C., ... & CARREIRA, R. S., **Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil.** 2019. Marine Pollution Bulletin, 139: 157-162

OW/ORD EMERGING CONTAMINANTS WORKGROUP. **Aquatic life criteria for contaminants of emerging concern Part I: General challenges and recommendations.** Washington/ EUA: United States Environmental Protection Agency, 2008.

PAWAR, P., SHIRGAONKAR, S. & PATIL, R. B., **Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity**. PENCIL Publication of Biological Sciences (OCEANOGRAPHY). 2016. 3(1): 40-54.

PROJETO ORLA: manual para elaboração do Plano de Gestão Integrada do Projeto Orla. 2022. https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/arquivos-anteriores-privados/projeto-orla/projeto-orla. Acesso em: 10 abril de 2024

QIU, R., SONG, Y., ... & HE, D., **Microplastics in Urban Environments: Sources, Pathways, and Distribution**. *In:* HE, D.; LUO, Y. (Eds.). Microplastics in Terrestrial Environments: Emerging Contaminants and Major Challenges. The Handbook of Environmental Chemistry. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 41–61.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 DE 17/03/2005, https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=102255. Acesso em: 10 abril de 2024

ABLM_ebook_v10.indd 98 6/3/24 7:31 AM

ISBN: 978-85-68249-02-4
CBL
9 788568 249024

PROJETO ILHAS DO RIO

MarAdentro

ABLM
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMBATE AO LIXO NO MAR

ABLM_ebook_v10.indd 99 6/3/24 7:31 AM