

**INSTITUTO FEDERAL**

Rio de Janeiro

Campus Arraial do Cabo

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*  
ESPECIALIZAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
EM ÁREAS COSTEIRAS**

*Campus Arraial do Cabo*

Jéssica de Macêdo Figueiredo

Distribuição temporal da concentração de microplásticos  
na região marítima do Brasil

Arraial do Cabo - RJ

2023

Jéssica de Macêdo Figueiredo

Distribuição temporal da concentração de microplásticos  
na região marítima do Brasil

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos necessários para  
a obtenção do título de Especialista em  
Ciências Ambientais em Áreas Costeiras.

Orientador(a): Dra Vanessa Trindade Bittar

Arraial do Cabo - RJ

2023

F475

Figueiredo, Jéssica de Macêdo.

Distribuição temporal da concentração de microplásticos na região marítima do Brasil / Jéssica de Macêdo Figueiredo. – Arraial do Cabo, RJ, 2023.

47 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2023.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Vanessa Trindade Bittar

1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Poluição Marinha – Brasil. 3. Poluentes – Costa (Brasil). I. Bittar, Vanessa Trindade. II. Título.

IFRJ/CAC/CoBib

CDU 502.51:504.5

Ficha catalográfica elaborada por  
Marcia da Silva - CRB7 5299

Jéssica de Macêdo Figueiredo

Distribuição temporal da concentração de microplásticos na  
região marítima do Brasil

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do título de  
Especialista em Ciências Ambientais em  
Áreas Costeiras.

Aprovado em 14 / 07 / 2023 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 VANESSA TRINDADE BITTAR  
Data: 12/11/2023 18:01:56-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Vanessa Trindade Bittar (Orientadora (IEAPM))

Documento assinado digitalmente  
 OMAR SOUZA NICOLAU  
Data: 09/11/2023 08:39:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Omar Souza Nicolau (IFRJ/Arraial do Cabo)

Documento assinado digitalmente  
 MARGARETE PEREIRA FRIEDRICH  
Data: 26/10/2023 21:09:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Margarete Pereira Friedrich (IFRJ/Arraial do Cabo)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à força presente em cada detalhe da Vida. Aos professores que acreditaram em meu potencial. Agradeço o incentivo do meu companheiro. Ao meu pai que amou esta região, me ensinou mais do que pude aprender e hoje é Um com o mar. E à minha mãe a quem tudo devo.

“A compreensão é como a luz que dissipa a escuridão.”  
(Jiddu Krishnamurti)

FIGUEIREDO, Jéssica de Macêdo. Distribuição temporal da concentração de microplásticos na região marítima do Brasil. Trabalho de conclusão de curso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Arraial do Cabo, Arraial do Cabo, RJ, 2023.

## RESUMO

Esta pesquisa investiga a presença, a concentração de microplásticos e sua variabilidade temporal na região costeira do Brasil. O trabalho foi dividido em dois segmentos, o primeiro é o levantamento do contexto histórico sobre resíduos sólidos no Brasil e no mundo. O segundo é a análise de dados referente a presença de microplásticos na região marítima do território brasileiro, adquiridos através da base de dados do satélite *Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS)* da *National Administration Space Agency (NASA)*, que foram trabalhados através de georreferenciamento, gerando mapas de distribuição das concentrações mensais de microplásticos entre abril/2015 e setembro/2018. Esse trabalho tem como perspectiva mapear a presença e concentração de microplásticos na superfície da região marítima do Brasil, registrar períodos de movimentação entre a região costeira e o mar aberto no período estudado. A partir daí, investigar quais períodos são os de maiores concentrações costeiras, inferir possíveis fatores que podem contribuir para as maiores concentrações costeiras e sinalizar a importância de programas de monitoramento e gestão de resíduos sólidos contínuos nesses ambientes.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos, gestão de resíduos, poluição marinha, lixo marinho, poluentes emergentes.

## ABSTRACT

This research investigates the presence and the concentration of microplastics and their temporal variability in the coastal region of Brazil. The work was divided into two segments: the first is a survey of the historical context of solid waste in Brazil and around the world. The second is the analysis of data regarding the presence of microplastics in the maritime region of the Brazilian territory, acquired through the database of the Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS) satellite of the National Administration Space Agency (NASA), which was worked through georeferencing, generating distribution maps of monthly concentrations of microplastics between April 2015 and September 2018. This work has the perspective of mapping the presence and concentration of microplastics on the surface of the maritime region of Brazil and recording periods of movement between the coastal region and the open sea in the period studied. From there, investigate which periods have the highest coastal concentrations, infer possible factors that may contribute to the highest coastal concentrations, and signal the importance of monitoring programs and continuous solid waste management in these environments.

**Keywords:** solid waste, waste management, marine pollution, marine litter, emerging pollutants.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Participação de países na má gestão de resíduos plásticos. Fonte: Adaptado de OurWorldInData.org (RITCHER, 2018).....	13
Figura 2 - Imagem do sítio da <i>Physical Oceanography Distributed Active Archive Center</i> (PODAAC).....	14
Figura 3 - Cadeia produtiva da indústria do plástico.....	16
Figura 4 - Estimativa de microplásticos na superfície dos oceanos.....	17
Figura 5 - Percentual da origem de microplásticos.....	19
Figura 6 - Categorias de partículas e devidas escalas de diâmetro.....	19
Figura 7 - Distribuição de indústrias de transformados plásticos em território brasileiro.....	20
Figura 8 - Tamanho da <i>Great Pacific Garbage Patch</i> (Grande Mancha de Lixo no Pacífico).....	21
Figura 9 - Distribuição etária do plástico no ambiente oceânico global em 2015.....	22
Figura 10 - Média mensal de concentração superficial de microplásticos na região costeira do território brasileiro entre abril de 2017 e setembro de 2018 .....	22-31
Figura 11 - Destinação de resíduos no território brasileiro.....	33
Figura 12 - Percentual de domicílio brasileiros contemplados por coleta.....	34
Figura 13 - Média anual de predominância de correntes marítimas.....	34
Figura 14 - Média anual de predominância de ventos.....	35
Figura 15 - Principais Rios de escape a partir das bacias hidrográficas.....	36
Figura 16 - Vida útil de produtos plásticos.....	38
Figura 17 - ODS 14 e cidades brasileiras.....	40
Figura 18 - Maiores indústrias de plásticos.....	41
Figura 19 - Principais marcas e respectiva produção de embalagens plásticas por toneladas ao ano em 2019.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CYGNSS - *Cyclone Global Navigation Satellite System*

NASA - *National Administration Space Agency*

PODAAC - *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center*

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABIPLAST - Associação Brasileira de Indústria de Plásticos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OCDE - Organização para a Cooperação de Desenvolvimento Econômico

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

ISLU - Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos

GPGP - *Great Pacific Garbage Patch* (Grande Mancha de Lixo no Pacífico)

PICPlast - Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (PICPlast)

EPRPE - Estoque Potencial de Resíduo Plástico propenso a Escape

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

GEE - Gases de Efeito Estufa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<b>5 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## INTRODUÇÃO

Padrões de produção e consumo insustentáveis são as principais causas de deterioração do ambiente natural, devido à grande quantidade de resíduos gerados que não são gerenciados de maneira adequada. Em 1907 foi produzido o primeiro plástico moderno, mas só em 1940, após sofrer modernização, que a produção foi gerada em grande escala. Com a acelerada produção, em 2009, o consumo de plástico já tinha alcançado cerca de 8% da produção global de petróleo (VICENTE, 2018). A extensa utilização do plástico vem da sua versatilidade enquanto produto para diversos setores, material barato, leve, flexível, impermeável, não perecível e com alta durabilidade (NUCCI, 2010 p.5). O que torna o plástico ideal para conveniência, o torna um pesadelo para a natureza.

Compostos por polímeros sintéticos, os plásticos são facilmente moldados pelo calor e pressão e são produzidos através do processo químico da polimerização (VICENTE, 2018). Já os microplásticos são fragmentos com tamanho inferior a 5 milímetros. Os principais fatores para a degradação dos plásticos em microplásticos são o efeito da radiação Solar, chamado processo foto-oxidativo, somado à mecânica de ondas nos corpos d'água. Dessa forma, o plástico fragmenta-se até atingir níveis moleculares (IVAR do SUL, 2014,p.1).

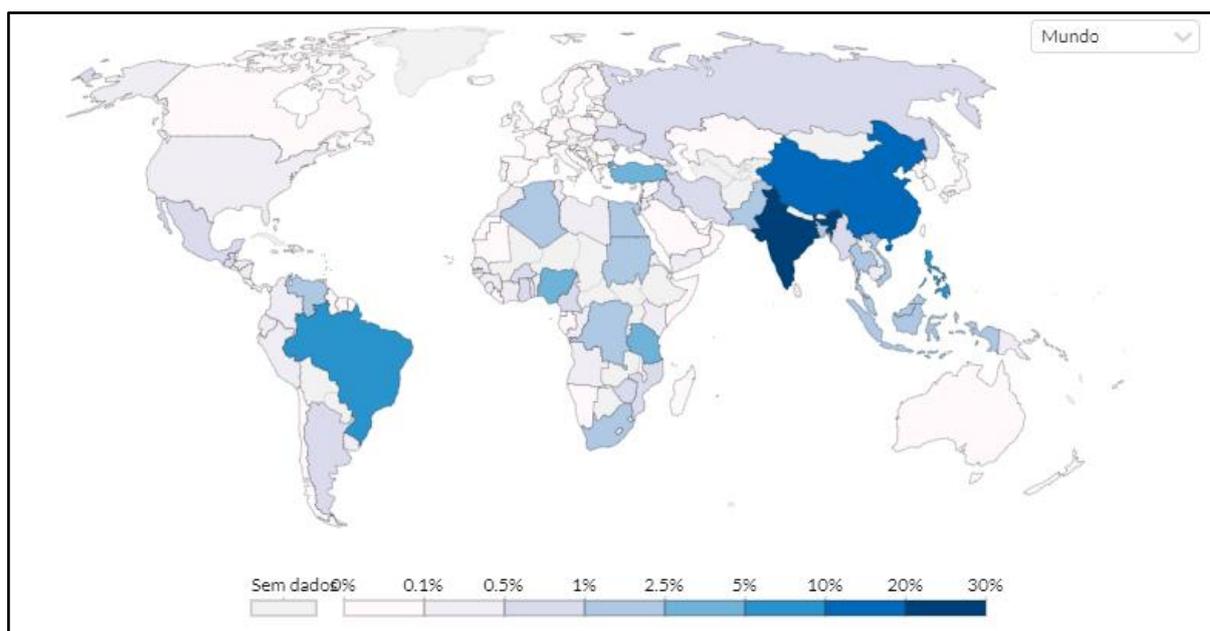
Os resíduos presentes no meio marinho são o resultado da má infraestrutura e falha em procedimentos de gestão de resíduos de origem antrópica, sendo muitas vezes oriundos de aterros abertos e não regulamentados. Plásticos mal administrados após o uso são mais propensos a serem transferidos para áreas onde os rios desaguam para os oceanos, onde são posteriormente dispersados. Estima-se que os detritos plásticos sejam responsáveis por cerca de até 85% do resíduo marinho presente nos oceanos (EVANS, 2021). De acordo com estimativas, há tendência de aumento da produção de plástico em até 5% ao ano, sendo que cerca de 40% dos plásticos produzidos, são descartados dentro de um ano (SOBRAL, 2011). Se o ritmo de descartes de itens de uso único permanecer, em 2050 haverá mais plástico que peixes nos oceanos (GRECHINSKI, 2020).

O transporte e distribuição desses materiais no globo terrestre podem variar de acordo com diversos fatores como ventos, fluxo de rios, variações de marés e correntes oceânicas (VAN SEBILLE, 2020). A concentração destes pode atingir longas distâncias até áreas remotas, influenciadas por “giros” oceânicos. Devido a esses vórtices oceânicos, ocorrem as formações de ilhas de plástico, com extensão de superfície de até 400 mil Km<sup>2</sup>, como é o caso do Oceano Pacífico Norte (NUCCI, 2010). Além disso, grande parte desses resíduos também chegam até as praias. Consequentemente, danificam a biota marinha, trazem risco à qualidade da água, saúde humana e ambiental, além de prejudicar atividades econômicas como a pesca e o turismo.

A maior parte do lixo plástico chega ao mar pelos rios (SCHMIDT et al., 2017). De todo o volume de lixo plástico, 90% são provenientes de apenas dez rios, sendo oito localizados na Ásia e dois na África (BRASIL, 2019). Contudo, o Brasil representa importante fonte poluidora no cenário mundial devido à sua ampla área geográfica, extensa região costeira, população humana em crescimento, grandes bacias hidrográficas, crescente urbanização e industrialização. Representa 5,34% a nível global, no que se refere a má gestão de resíduos plásticos como mostra a

figura 1. De acordo com o panorama realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o Brasil gerou cerca de 82,5 milhões de toneladas no ano de 2021, equivalente a um quilo diário por habitante em média. O Sudeste brasileiro é a região onde há maior geração de resíduos, atingindo 113 mil toneladas diárias, sendo assim, responsável por aproximadamente 50% dos resíduos do território nacional. Em 2020, cerca de 40% dos resíduos sólidos urbanos não foram coletados com destinação adequada no país (ABRELPE, 2021).

Figura 1 - Participação de países na má gestão de resíduos plásticos.



Fonte: Adaptado de OurWorldInData.org (RITCHER, 2018).

Na ausência de novas políticas, o uso de plásticos crescerá a uma taxa maior do que outros materiais no mesmo período. O principal motivo é o crescimento econômico, mas o crescimento populacional também contribui de forma significativa (OCDE, 2022). Setores que dependem desse material, como a construção civil, embalagens e transportes, representam cerca de 60% do consumo global de plásticos. Estimativas alertam que se pode triplicar a produção global de plásticos até 2060 (OCDE, 2022). Nos últimos 65 anos, a produção cresceu a ponto de superar qualquer outro material fabricado, com aproximadamente 42% destinado à utilização de embalagens. Sendo assim, em países de renda média e alta, a participação de plásticos em resíduos sólidos urbanos expandiu cerca de 10% desde 1960 (GEYER, 2015).

## Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é investigar a presença, a concentração e a propagação espaço-temporal de microplásticos na superfície do oceano Atlântico, com foco na costa brasileira.

## Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral utilizamos as seguintes fases específicas:

- Identificar espaço temporalmente a presença de microplásticos a partir de informações de satélite processadas via geoprocessamento.
- Detectar variações nas concentrações e indicar os epicentros de acúmulo de microplásticos.
- Investigar potenciais fontes e fatores poluidores de microplásticos na costa brasileira e no oceano Atlântico.
- Identificar se há padrões da relação oceano-atmosfera que interferem na concentração de microplásticos na região marítima do Brasil.
- Investigar as influências socioeconômicas e ambientais da presença de microplásticos na costa brasileira e a permanência dos mesmos.

## Materiais e métodos

Para desenvolver esse trabalho, primeiramente buscou-se uma fonte de dados livres, gratuitos e georreferenciados sobre a presença e concentração de microplásticos que abrangesse o oceano Atlântico, especialmente a região marítima brasileira. Através de pesquisas, encontrou-se o banco de dados disponível *online* do *Cyclone Global Navigation Satellite System* (CYGNSS, tradução livre: Sistema Global de Navegação por Satélite) da *National Administration Space Agency* (NASA, Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) (CYGNSS, 2021). Por intermédio do sítio da *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center* (PODAAC, Centro de Arquivo Ativo Distribuído de Oceanografia Física) [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS\\_L3\\_MICROPLASTIC\\_V1.0](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS_L3_MICROPLASTIC_V1.0)., pode-se acessar a opção *Data Access* (Acesso aos dados), como mostra a figura 2 sublinhado em vermelho.

Figura 2 - Imagem do sítio da *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center* (PODAAC).



The screenshot shows the PODAAC website interface. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, FIND DATA, ACCESS DATA, RESOURCES, ABOUT, HELP, and CLOUD DATA. Below the navigation bar, the breadcrumb trail reads 'Home » Dataset Discovery'. The main content area displays the dataset title 'CYGNSS L3 Ocean Microplastic Concentration V1.0 (CYGNSS\_L3\_MICROPLASTIC\_V1.0)'. Below the title, there is a horizontal menu with five tabs: Information, Coverage, Data Access, Documentation, and Citation. The 'Data Access' tab is highlighted with a red underline. Below the tabs, a table provides metadata for the dataset:

<b>Version</b>	1.0
<b>Processing Level</b>	3
<b>Start/Stop Date</b>	2017-Apr-02 to 2018-Sep-25
<b>Short Name</b>	CYGNSS_L3_MICROPLASTIC_V1.0

Fonte: [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS\\_L3\\_MICROPLASTIC\\_V1.0](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS_L3_MICROPLASTIC_V1.0).

O sítio apresenta em seguida, uma página com tópicos de pesquisa *Browse Granule Listing* (Tradução livre: Navegar na listagem de grânulos), onde há direcionamento a uma página de cadastro no sítio a seguir: [urs.earthdata.nasa.gov](https://urs.earthdata.nasa.gov). Após a realização do cadastro, foi possível a realização do *download* dos dados. No programa *Python* (*Python Software Foundation*), foram confeccionadas as médias mensais, a partir dos dados diários.

Os dados utilizados consistem na estimativa de concentração de microplásticos realizada por radares CYGNSS a bordo de satélites em órbita baixa da Terra. Esses dados abrangem o período de 2 de abril de 2017 a 25 de setembro de 2018, com resolução temporal diária e resolução espacial de 0,25 graus latitude/longitude. Os radares utilizados são projetados para medir a intensidade do vento na superfície do oceano. Esses sistemas de satélites produzem campos globais de ventos sobre o oceano, que são amplamente utilizados para aplicações atmosféricas e oceanográficas. Além disso, a geração de resultados em imagens através de dados satélites é uma metodologia que vem se aprimorando ao longo dos anos, também muito utilizado na identificação da presença de clorofila.

De acordo com Evans e Ruf (2022), a intensidade da reflexão do sinal do radar na superfície do oceano varia de acordo com a rugosidade da superfície, a qual é gerada pelo vento. Os radares usados para medir os ventos utilizam uma relação entre a intensidade do vento e a rugosidade da superfície do oceano. As medições de radar são utilizadas para estimar as concentrações de microplásticos oceânicos examinando desvios na relação entre a rugosidade da superfície e a intensidade do vento na superfície do oceano. Desta forma, observa-se desvios, indicando que houve uma ausência de rugosidade na superfície em algumas áreas, mesmo com a presença de vento no oceano. Ou seja, quando há material flutuante na água, os ventos não causam rugosidades, tornando a superfície do oceano mais "lisa". Além disso, a magnitude do desvio indica a concentração estimada de microplásticos presentes (EVANS E RUF, 2022). De acordo com Evans e Ruf (2022), foi necessário estabelecer uma comparação entre valores medidos e valores previstos, onde utilizaram o NOAA *Global Data Assimilation System* (Sistema Global de Assimilação de Dados) (EVANS E RUF, 2022).

A presença de microplásticos é acompanhada por moléculas tensoativas, também conhecidas como surfactantes. Sabe-se que os surfactantes se acumulam nas zonas de convergência oceânica junto com os microplásticos, portanto, possivelmente os seus mecanismos de transporte podem ser semelhantes. Desta forma, materiais flutuantes no oceano, incluindo partículas de plástico, surfactantes, óleos e organismos marinhos podem se agregar em locais comuns, transportados por correntes da superfície (EVANS E RUF, 2022).

### **Justificativa**

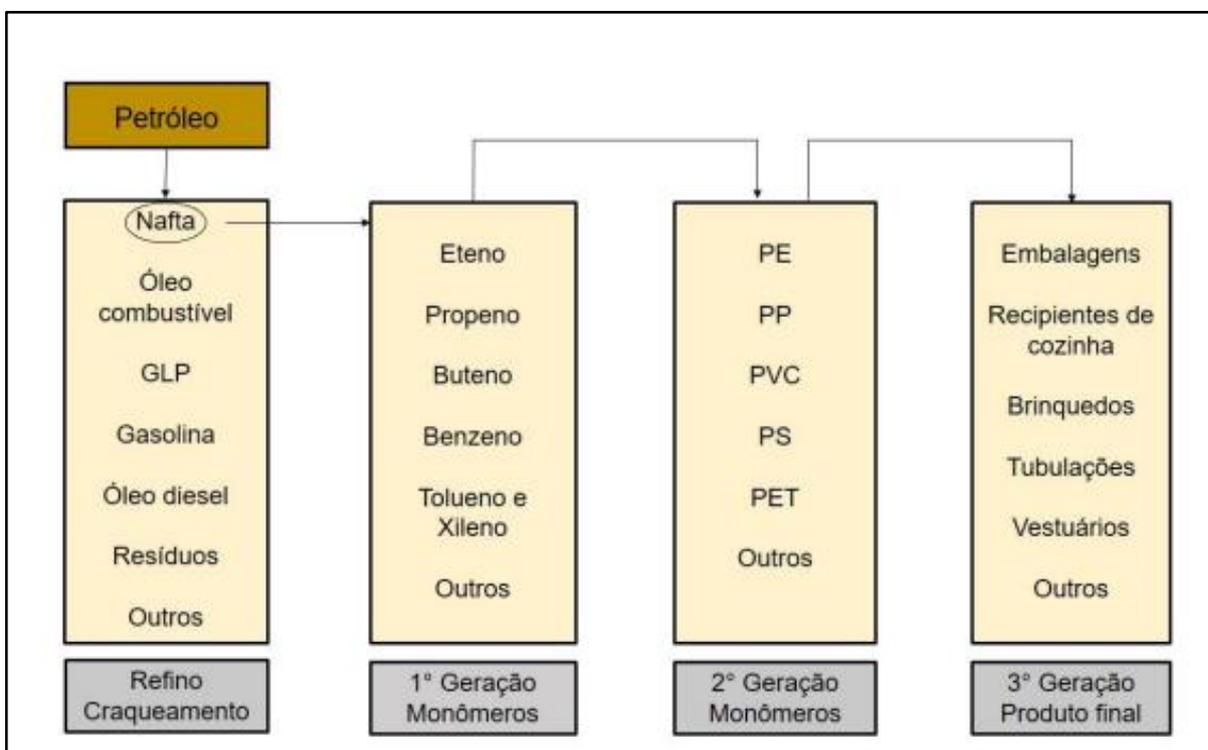
A principal motivação para esse trabalho surgiu da necessidade de entender a movimentação de microplásticos na zona costeira brasileira, tendo em vista que a utilização e presença de plástico está impactando no aquecimento global e poluição marítima e demais regiões do planeta.

### **Fundamentação teórica**

A poluição em ambiente marinho é um crescente problema em escala global que nos instiga a lidar com demandas ecológicas, econômicas e de saúde pública. O lixo marinho é entendido como todo e qualquer resíduo sólido gerado pelo homem em terra ou no mar, disposto diretamente em oceanos ou em ambientes que os transportem para o mar, como por exemplo, em rios. Para compreender a existência dos microplásticos na superfície da água nos oceanos, é necessário, primeiramente, buscar as principais motivações da progressiva circularidade desse material. Um dos principais motivos é a facilidade de modelar o plástico, a durabilidade do material e resistência (OLIVATTO, 2018).

A matéria prima principal usada no preparo do material plástico é derivada tanto do petróleo bruto quanto do gás natural. Mediante as diferentes etapas do processo de refino do petróleo bruto, é possível obter diversos produtos, como por exemplo a nafta, matéria prima fundamental na produção de material plástico. Em seguida, ocorrem outros processos em indústrias de primeira geração, dando origem aos monômeros. Estes são os principais materiais utilizados para a produção de plástico, como por exemplo, o eteno. Após essa fase, inicia-se a produção de *pellets* (resinas poliméricas), através de indústria de segunda geração. O processo finaliza na indústria de terceira geração (Transformadoras de plástico), encarregada em modelar e confeccionar os produtos e utensílios plásticos, podendo adicionar aditivos químicos para encontrar a característica desejada do produto final (OLIVATTO, 2018). De forma resumida, a figura 3 demonstra a cadeia produtiva do plástico.

Figura 3 -Cadeia produtiva da indústria do plástico.

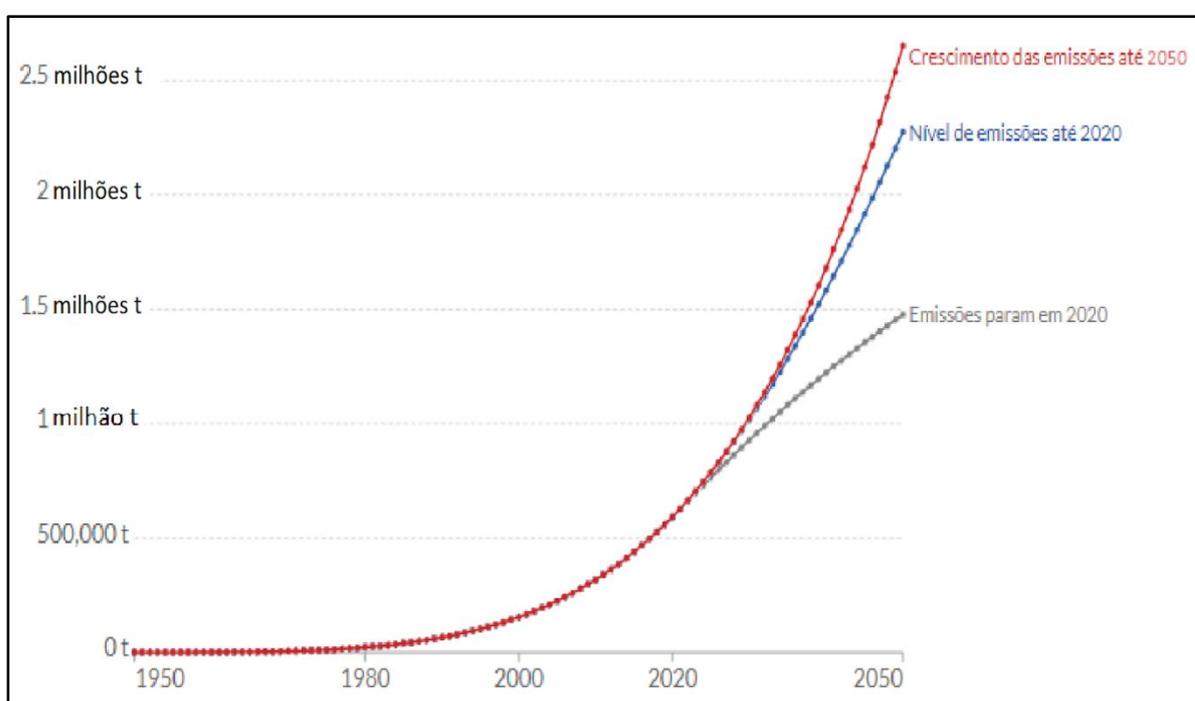


Fonte: OLIVATTO, 2018.

Segundo Olivatto (2018), 26% da produção de resinas termoplásticas é feita pela China, seguida da União Europeia, Suíça e Noruega com cerca de 20% e o bloco econômico NAFTA (EUA, México e Canadá) com 19%, totalizando, aproximadamente, 300 milhões de toneladas no mundo. A participação do Brasil corresponde a 2,4 % da produção global.

Estima-se que nos últimos 50 anos, a taxa de consumo por material plástico aumentou em até seis vezes, enquanto houve um crescimento populacional de apenas 2,2 vezes (PARCIAS, 2020). A OCDE alerta para a possibilidade de triplicar a produção global de plásticos até 2060 (OCDE, 2022). Desde o início da fabricação de plásticos em 1950 até 2017 já foram produzidos mais de 9 bilhões de toneladas de plástico, o equivalente a uma tonelada por habitante. A grande maioria são produtos de uso único e apenas 24% continuam em uso (BÖLL, 2020).

Figura 4 - Estimativa de microplásticos na superfície dos oceanos (t = toneladas).



Fonte: Adaptado de OurWorldInData.org (RITCHER, 2018).

O plástico é um dos principais fatores que perpetuam as mudanças climáticas. Estimativa revela que cerca de 56 milhões de toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> podem ser lançadas na atmosfera até 2050, caso as tendências de produção de plásticos permanecerem. Sendo assim, menos de 10% do plástico gerado globalmente foram reciclados e cerca de 60% de todos os plásticos já produzidos foram descartados e estão se acumulando em aterros sanitários. No mundo natural, a uma taxa de 8 milhões de toneladas por ano, ou um caminhão de lixo por minuto (TANGPUORI, 2020). Ao longo dos processos biogeoquímicos, os plásticos descartados de maneira inadequada se espalham pelo planeta. Grande parte desse material se degrada em pedaços menores, microplásticos e nanoplásticos, distribuídos em quase todo o planeta, inclusive no interior dos seres vivos.

As taxas de consumo humano de microplásticos são alarmantes, estima-se que ingerimos o equivalente a um cartão de crédito em plástico a cada semana. Foi

documentada a presença de microplásticos em pulmão humano e corrente sanguínea, assim como as relações com o potencial crescimento de acoplagem de células cancerígenas e de covid-19. Mas não é apenas na comida, água e no ar que os plásticos nos causam danos. As consequências da má gestão de resíduos para a saúde humana tornaram-se uma crise silenciosa e tóxica, matando até 1 milhão de pessoas a cada ano em países de baixa e média renda. De fato, desde a extração e produção até o uso e descarte, todo o ciclo de vida do plástico apresenta sérios riscos tóxicos à saúde humana, contribuindo para o câncer, neurotoxicidade, problemas reprodutivos, desregulação endócrina e problemas genéticos em escala global. Mais de 12.000 produtos químicos perigosos para a saúde humana estão presentes em plásticos descartáveis (TANGPUORI, 2020).

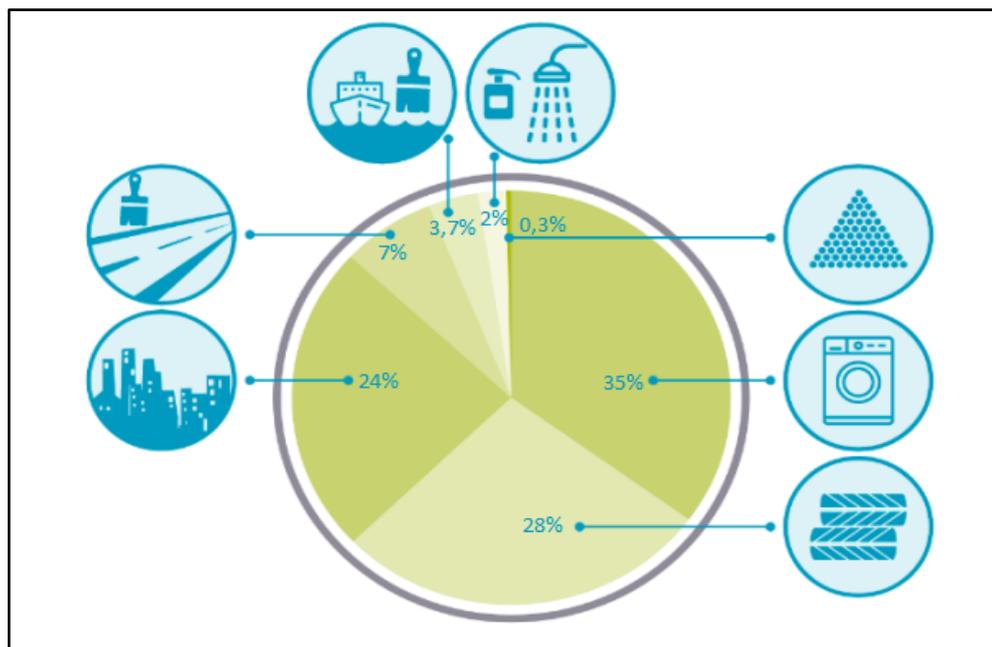
De acordo com a OMS, a poluição da água, direta ou indireta de lagos, rios, oceanos e aquíferos, é responsável por cerca de dois milhões de mortes em todo o mundo. Sendo um dos principais vetores de transmissão de diversas doenças como a cólera, malária, poliomielite, responsável por infecções gastrointestinais, problemas neurológicos, ósseos e do sistema reprodutivo, entre outras (WHO, 2016).

Para compreender o comportamento e os motivos pela presença dos microplásticos nos oceanos, é necessário entender as duas categorias que definem a proveniência de microplásticos. Para a fabricação de materiais plásticos, as indústrias utilizam resinas termoplásticas denominadas "*pellets*". É possível categorizar esse componente como microplástico primário devido às diversas cores, formatos e tamanhos microscópicos. São usados na elaboração de produtos cosméticos e de higiene pessoal como, creme dental e sabonete esfoliante. Por ser utilizado em domicílios, esses produtos geralmente são conduzidos para cursos hídricos através de efluentes domésticos (BOUCHER, 2017).

A utilização de *pellets* na formulação de cosméticos foi proibida no Brasil em 2019 através da aprovação por unanimidade no Projeto de Lei Federal PL 6528/2016 (BRASIL, 2016). Além de proibir a manipulação e fabricação, a lei impede a importação e comercialização de cosméticos que possuam microplásticos em todo o território nacional. Essas partículas plásticas podem alcançar ambientes marinhos facilmente, mediante perda acidental durante a locomoção ou descarte inapropriado em processos industriais, bem como através de erosão de pneus em contato com asfalto ou produtos têxteis sintéticos quando lavados. Geralmente, podem ser encontrados em complexos industriais ou em proximidades de portos (BOUCHER, 2017).

Lavar tecidos sintéticos feitos de poliéster, polietileno, acrílico ou elastano, geram microplásticos primários através da abrasão e derramamento de fibras que então são descarregados na água do esgoto e potencialmente acabam no oceano (BOUCHER, 2017). Calcula-se que até 31% dos microplásticos presentes no oceano são de fontes primárias. Dentre estes, 35% provém de lavagem de roupas sintáticas, 28% de desgaste de pneus em rodovias e 2% de produtos de cuidados pessoais e cosméticos. Quase dois terços dessas partículas provêm da lavagem de têxteis sintéticos e da abrasão dos pneus, como mostra a figura 5. Fontes como pintura em navios, cosméticos e produtos de higiene pessoal não passam de 6%.

Figura 5 – Percentual da origem de microplásticos.



Fonte: BOUCHER, 2017

Já os microplásticos secundários originam-se principalmente da degradação de plásticos quando expostos à intempéries. Essa fragmentação ocorre devido a diversos processos degradativos, tal como incidência de radiação Ultravioleta (fotodegradação), degradação termal e termo-oxidativa. O tipo de polímero que constitui o microplástico interfere na forma como as propriedades físicas e químicas irão se fragmentar no meio ambiente (OLIVATTO, 2018). Entre 69% a 81% dos microplásticos encontrados nos oceanos são de fontes secundárias (PARLAMENTO EUROPEU, 2018). Na figura 6, é possível identificar as categorias de partículas e suas devidas escalas de diâmetro.

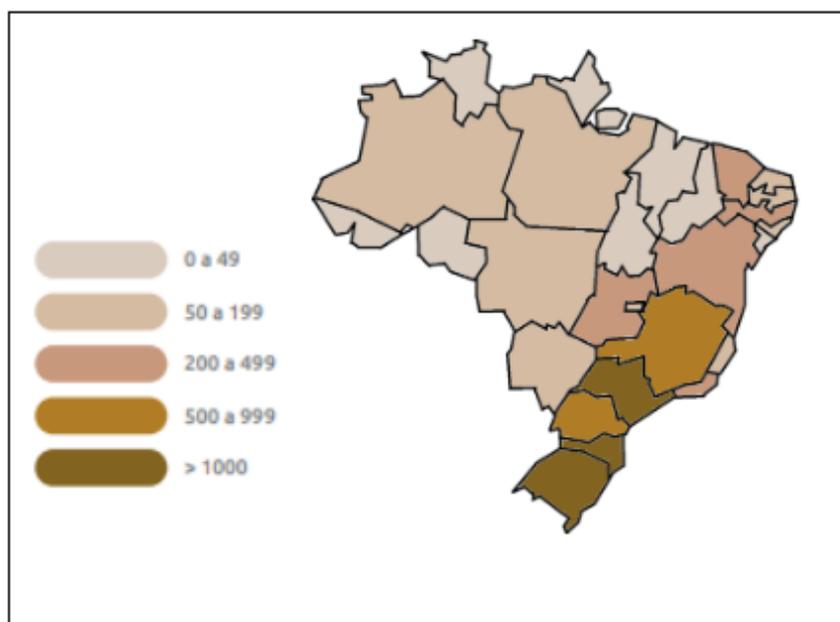
Figura 6 - Categorias de partículas e devidas escalas de diâmetro.

Categoria de partículas	Escala do diâmetro (mm = milímetros)
Nanoplásticos	< 0,0001 mm (0,1µm)
Microplásticos pequenos	0,00001 - 1 milímetro
Microplásticos de grande porte	1 - 4,75 milímetros
Mesoplásticos	4,76 - 200 milímetro
Macroplásticos	>200 milímetros

Fonte: Adaptado de OurWorldInData.org (RITCHER, 2018).

É possível identificar a presença de microplásticos em ambientes marinhos devido ao escoamento de perdas em processos industriais. Deste modo, um dos principais responsáveis pela ocorrência de microplásticos em ambientes, também provém da cadeia de pré-consumo de produtos plásticos, como indústrias de segunda e terceira geração como as produtoras e transformadoras, respectivamente. Na figura 7, é possível visualizar a disposição dessas indústrias em território brasileiro.

Figura 7 - Distribuição de indústrias de transformados plásticos em território brasileiro.



Fonte: Adaptado de (ABIPLAST, 2021)

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria de Plásticos (ABIPLAST), cerca de 85% das empresas de transformados plásticos estão localizadas nas regiões sudeste e sul do Brasil. O país possui cerca de 11.032 indústrias desse setor em todo território nacional, onde 42,6% está situada apenas no estado de São Paulo, seguido de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Minas Gerais (ABIPLAST, 2021). Para além da produção, no Brasil, o consumo de plásticos por habitante poderá ultrapassar 35 kg/ano, totalizando 6,5 milhões de toneladas/ano. Isso faz com que o Brasil se torne o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia (ADVISORS, 2019).

Aproximadamente dez grandes rios são as principais fontes fluviais de poluição a nível global, sendo oito deles localizados na Ásia. A maioria desses resíduos provém do lixo exportado por nações pertencentes ao G7. Desde 1988, cerca de metade dos resíduos plásticos do planeta foram enviados para China, no intuito de serem derretidos e transformados em *pellets*. Os maiores exportadores são Estados Unidos, Japão, Alemanha e Reino Unido, porém em 2018, a China modificou legislações locais dificultando a importação de resíduos plásticos, tornando outros países do sudeste asiático como destinação do lixo do mundo

(BÖLL, 2020). Países como Tailândia e Malásia obtiveram um aumento de importações de sucata plástica em até sete vezes, enquanto as importações chinesas caíram 90% (BÖLL, 2020).

Esses materiais plásticos provindos de diversos rios do mundo, chegam em zonas remotas dos oceanos, criando grandes “ilhas” de detritos flutuantes. A maior delas é o *Great Pacific Garbage Patch* (GPGP - Grande Mancha de Lixo no Pacífico). Cerca de 99% de todo o material flutuante é de origem plástica. Estima-se que o GPGP se estende por 1,6 milhões de km<sup>2</sup>. Isso equivale, aproximadamente, a mais de quatro vezes a área da Alemanha (LEBRETON, 2018). Em ambientes mais profundos e diferentes, por exemplo em zona afótica, os detritos podem sofrer uma rápida desincrustação e ressurgir para uma repetição do mesmo ciclo de eventos. No entanto, em profundidades mais rasas, os detritos podem eventualmente atingir o sedimento bentônico marinho ou encalhar diretamente nas costas.

Figura 8 - Tamanho da GPGP.



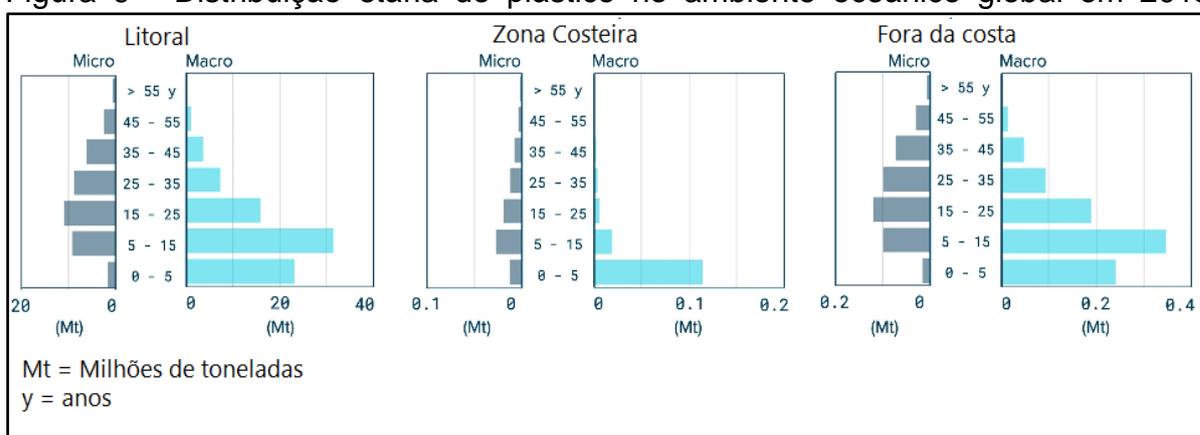
Fonte: BÖLL, 2019.

O plástico gradualmente se move para outras localidades, seja em direção a águas mais rasas ou para o fundo do mar. Apesar de ser leve, o plástico é um material que não permanece em flutuação por muito tempo. Estima-se que 98,8% de todo plástico presente no oceano desde 1950 fragmentou-se ou afundou (BÖLL, 2019).

Modelos de dispersão e observações sugerem que detritos liberados de fontes terrestres e acumulados em giros oceânicos costeiros requerem vários anos para atingir essas áreas oceânicas remotas. Além disso, um estudo analisou a idade de objetos plásticos encontrados no giro subtropical do Pacífico Norte, identificando datas de produção de microplásticos coletados no mar, e relatou um número significativo de objetos com décadas de idade, datando da década de 1970 (LEBRETON, 2019).

O tempo de decomposição de materiais plásticos é de aproximadamente 300 anos (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2004). A figura 9 mostra a distribuição de idade modelada em 2015 para plásticos introduzidos no ambiente oceânico. A maior parte do plástico flutuante (79%) presente na camada superficial costeira é proveniente de objetos com menos de 5 anos. Para a camada superficial fora da costa, onde os objetos macrolásticos mais antigos tiveram mais tempo para se acumular, apenas 26% da massa plástica possui menos de 5 anos. Os macrolásticos com mais de 15 anos contribuem com quase metade da massa total (47%). Finalmente, a distribuição de idade de microplásticos secundários gerados a partir da degradação de macrolásticos mostra que a maior parte (74%) da massa plástica degradada no oceano vem de objetos produzidos na década de 1990 (27%) e anteriores (47%) (LEBRETON, 2019).

Figura 9 - Distribuição etária do plástico no ambiente oceânico global em 2015.

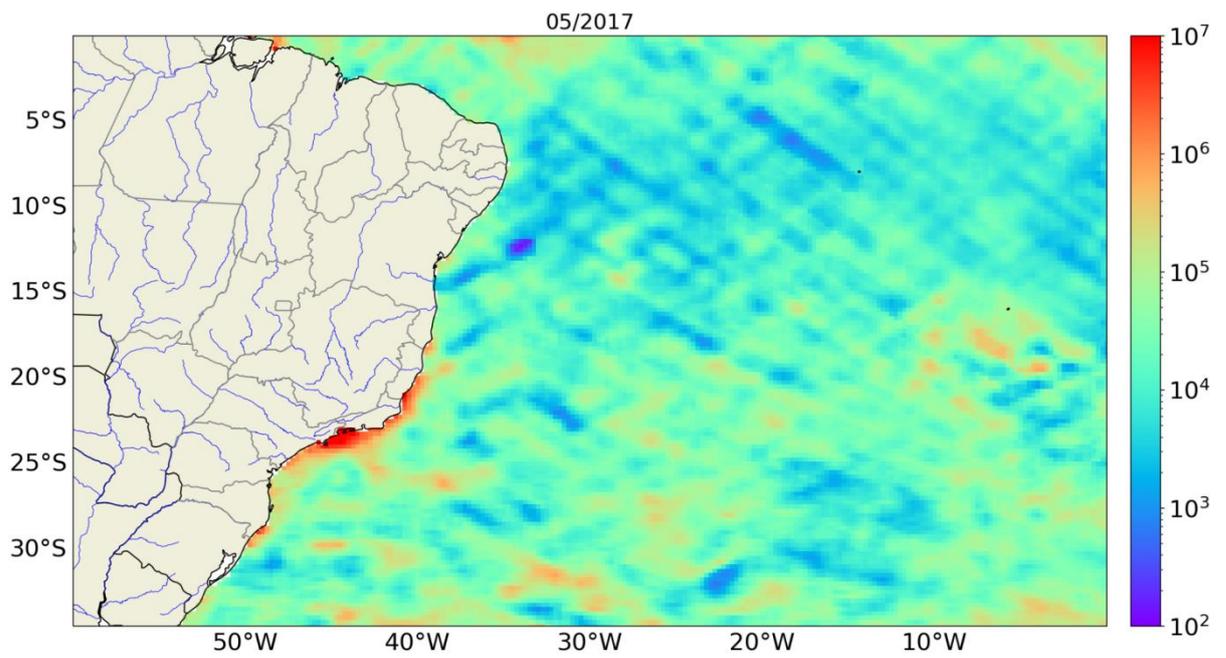
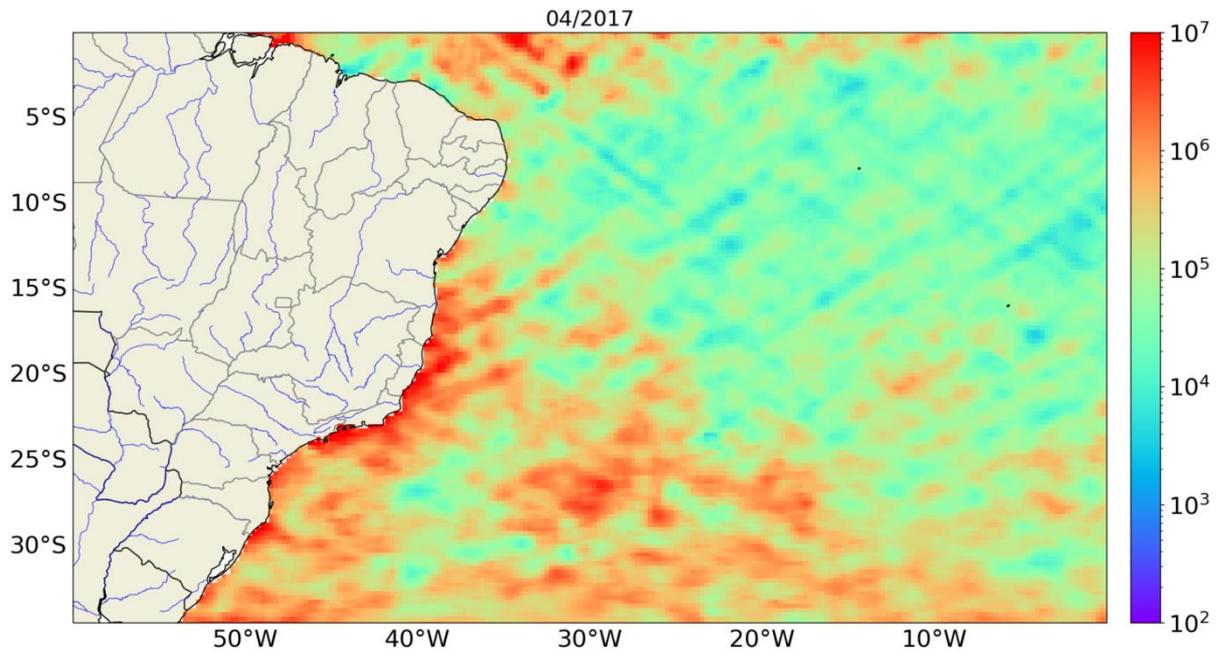


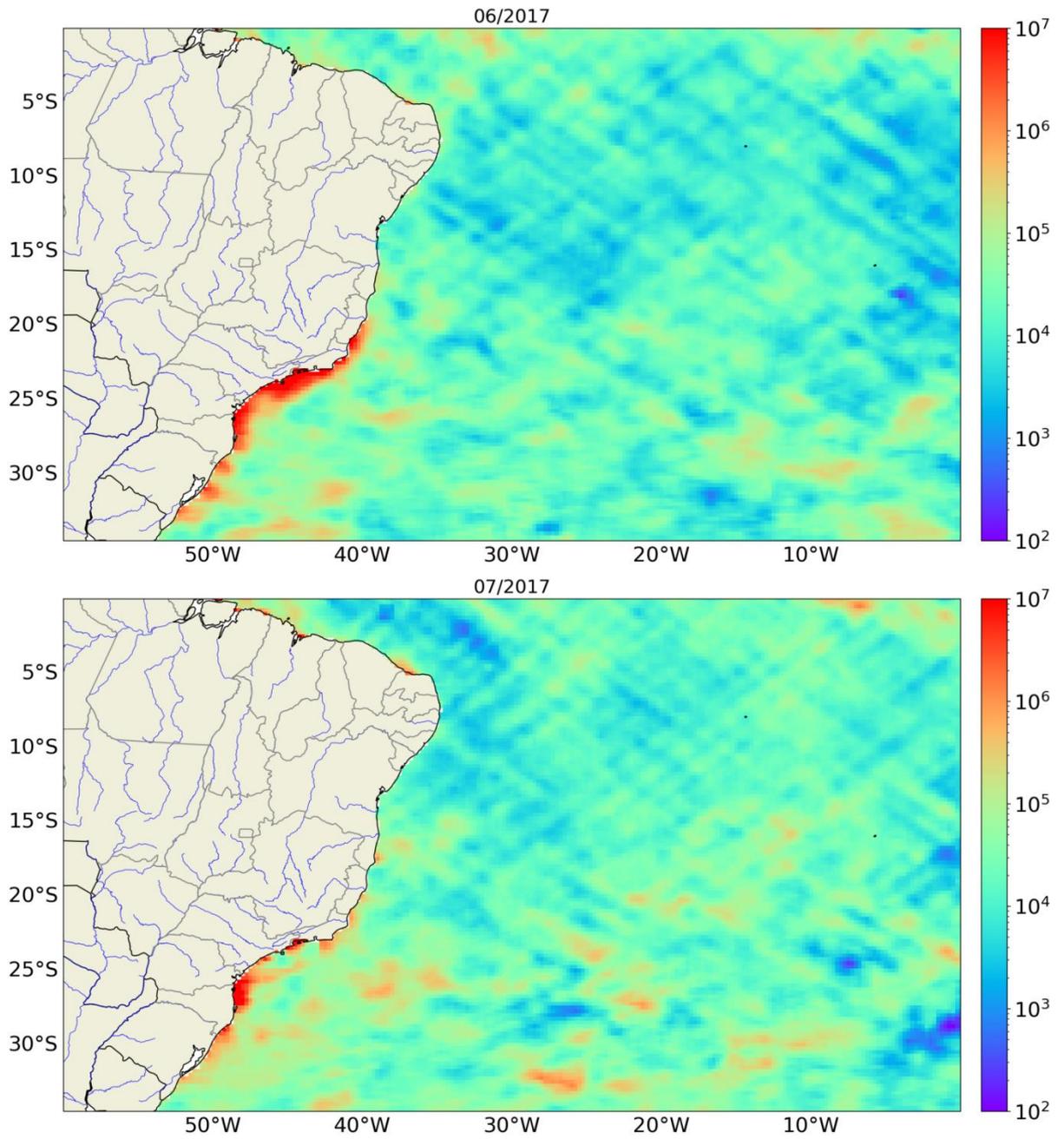
Fonte: Adaptado de LEBRETON, 2019

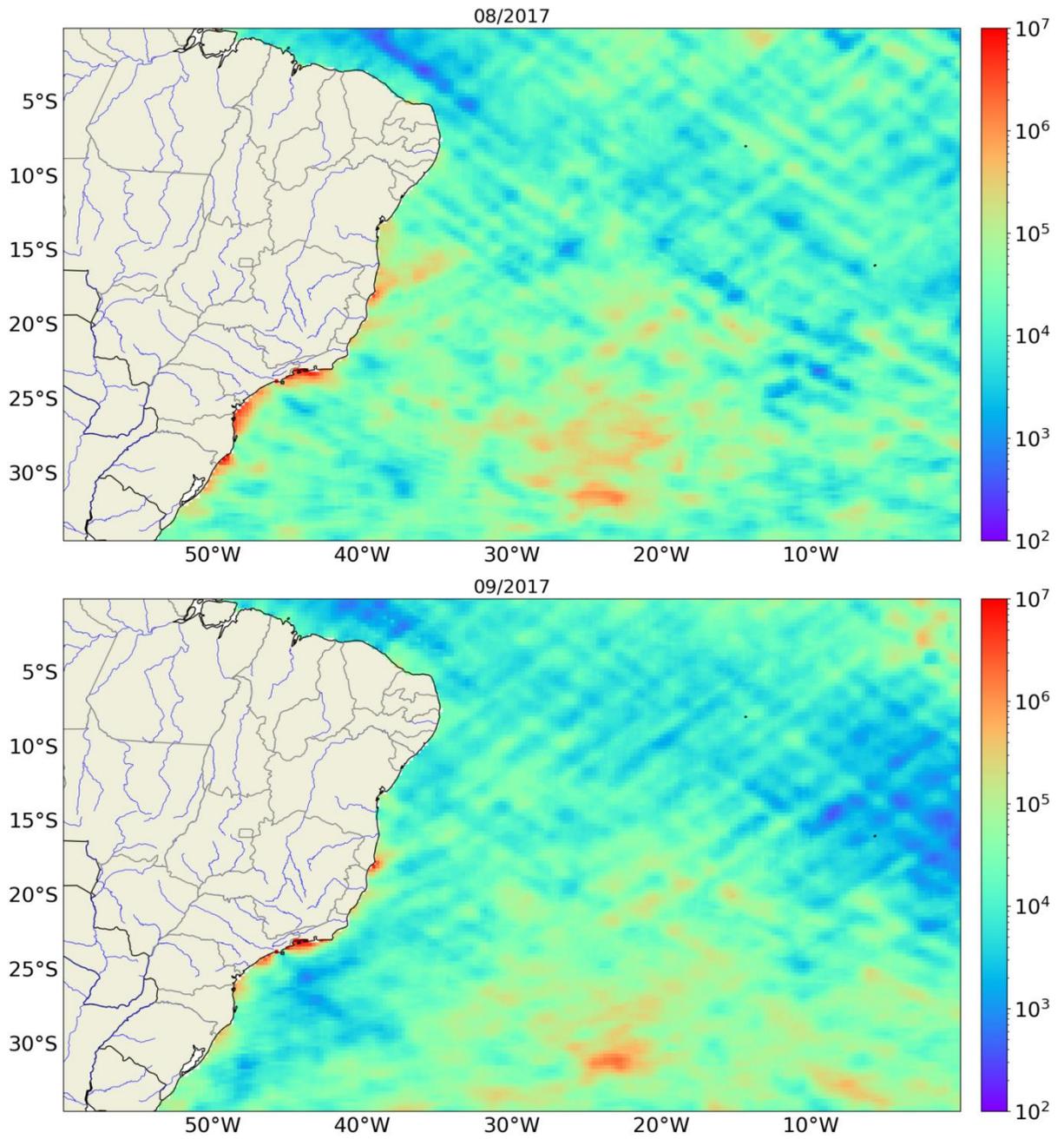
## Resultados e discussão

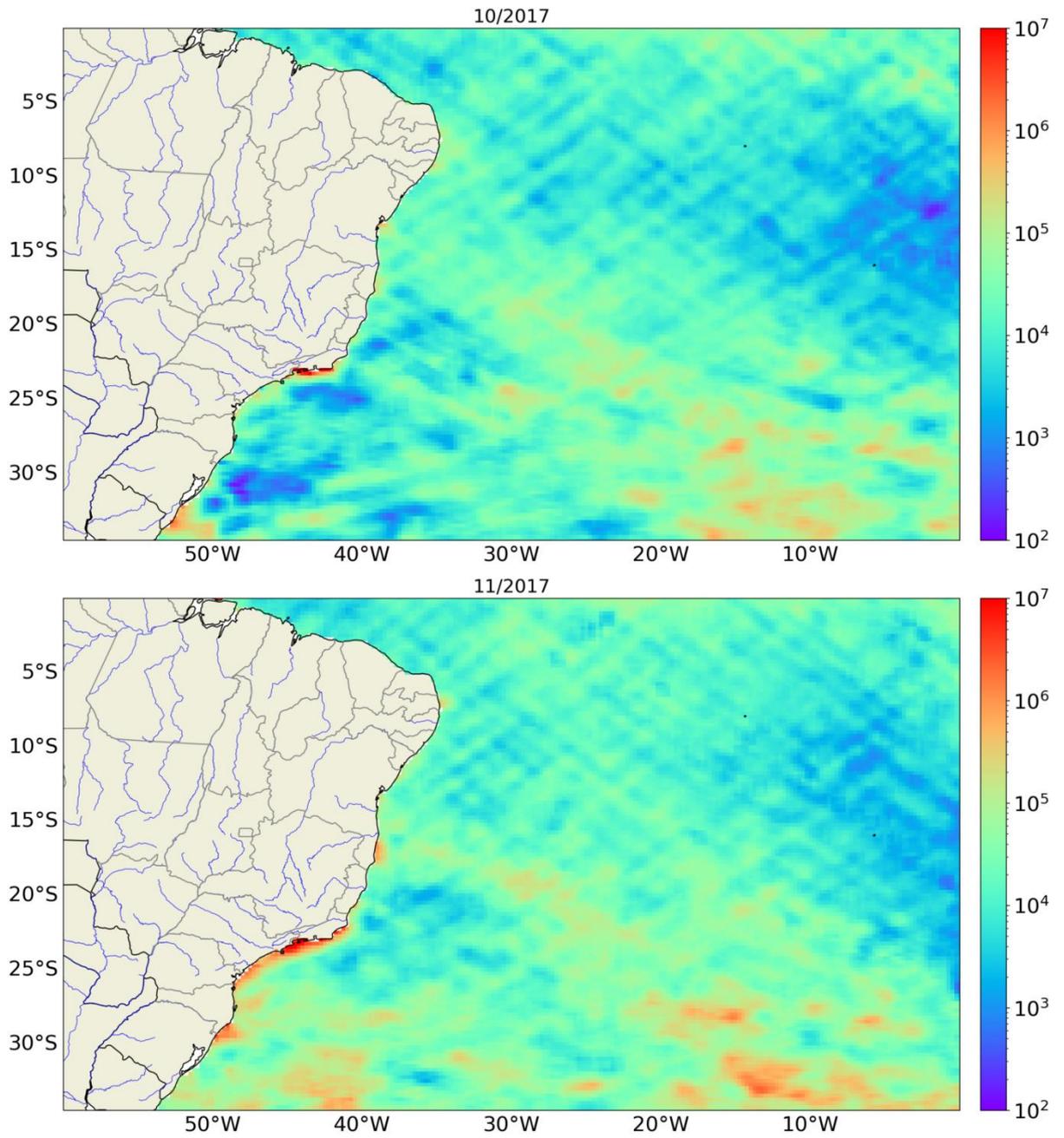
Analisou-se a presença, a concentração e a distribuição espacial de microplástico em frequência mensal na zona costeira brasileira a partir da sequência de 18 registros mensais gerados pelo presente estudo a partir dos dados obtidos do CYGNSS entre o período disponibilizado Abril de 2017 e Setembro de 2018 (Figura 10).

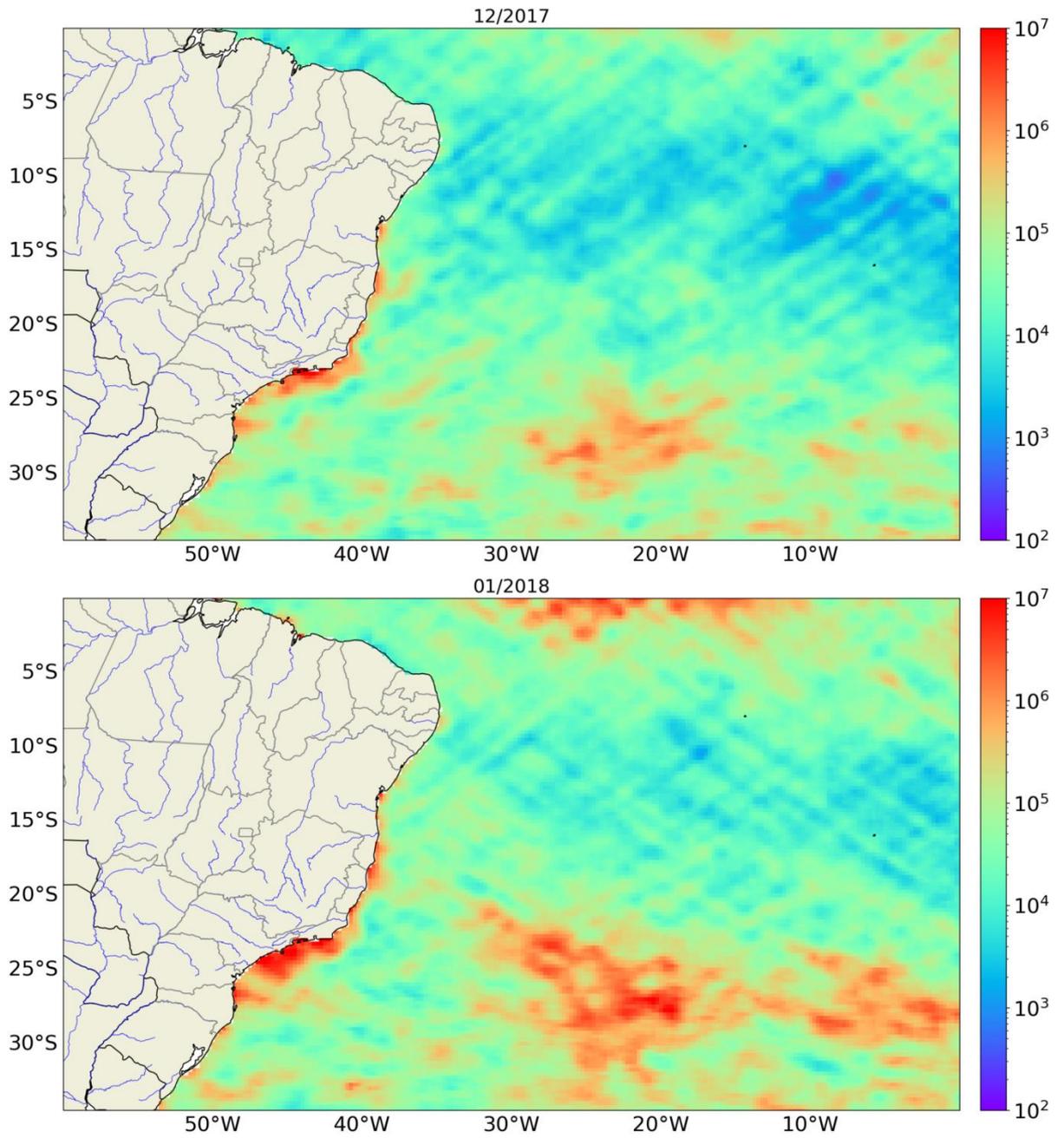
Figura 10 - Média mensal de concentração superficial de microplásticos na região costeira do território brasileiro entre Abril de 2017 e Setembro de 2018.

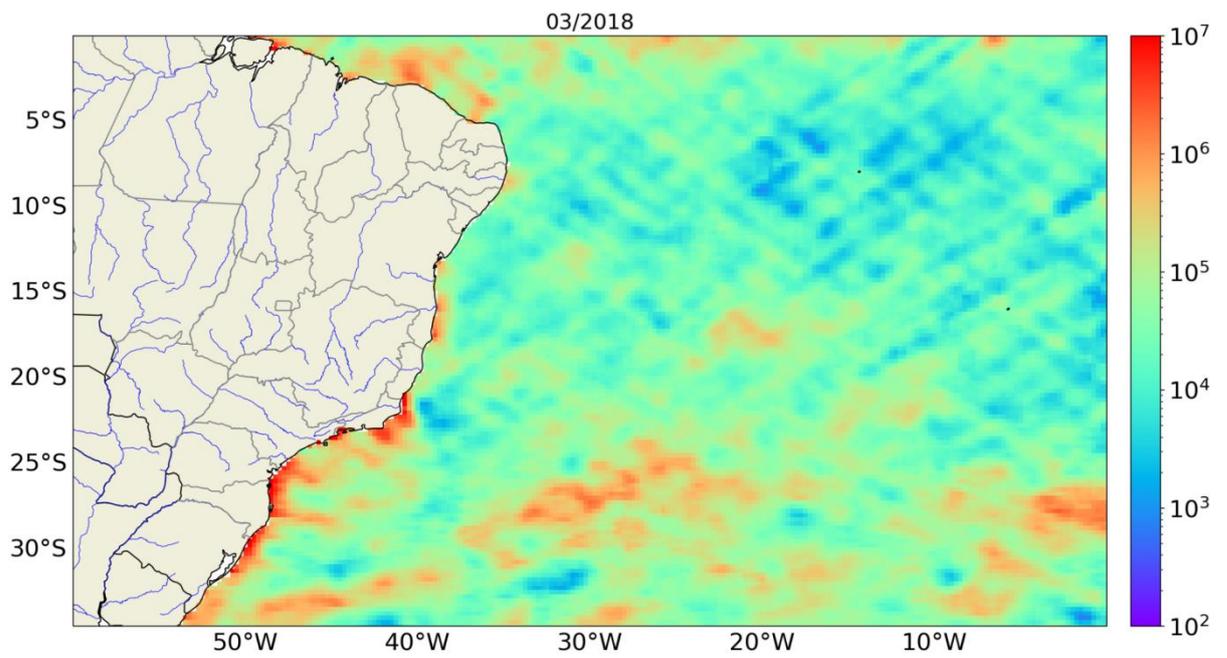
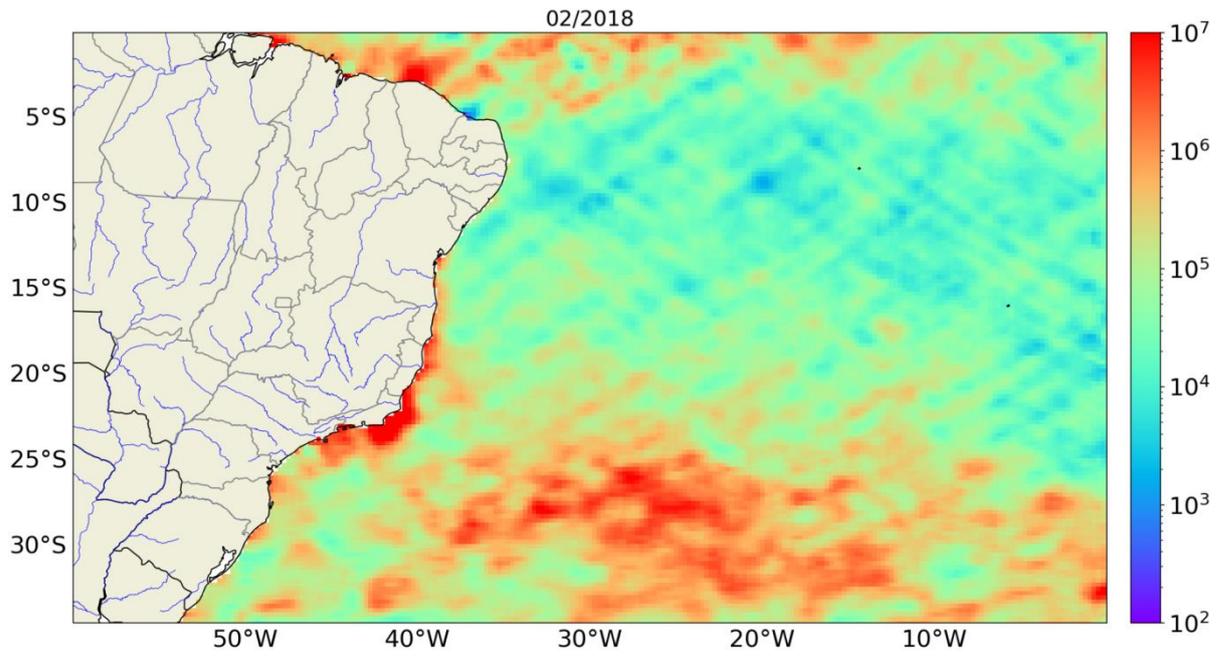


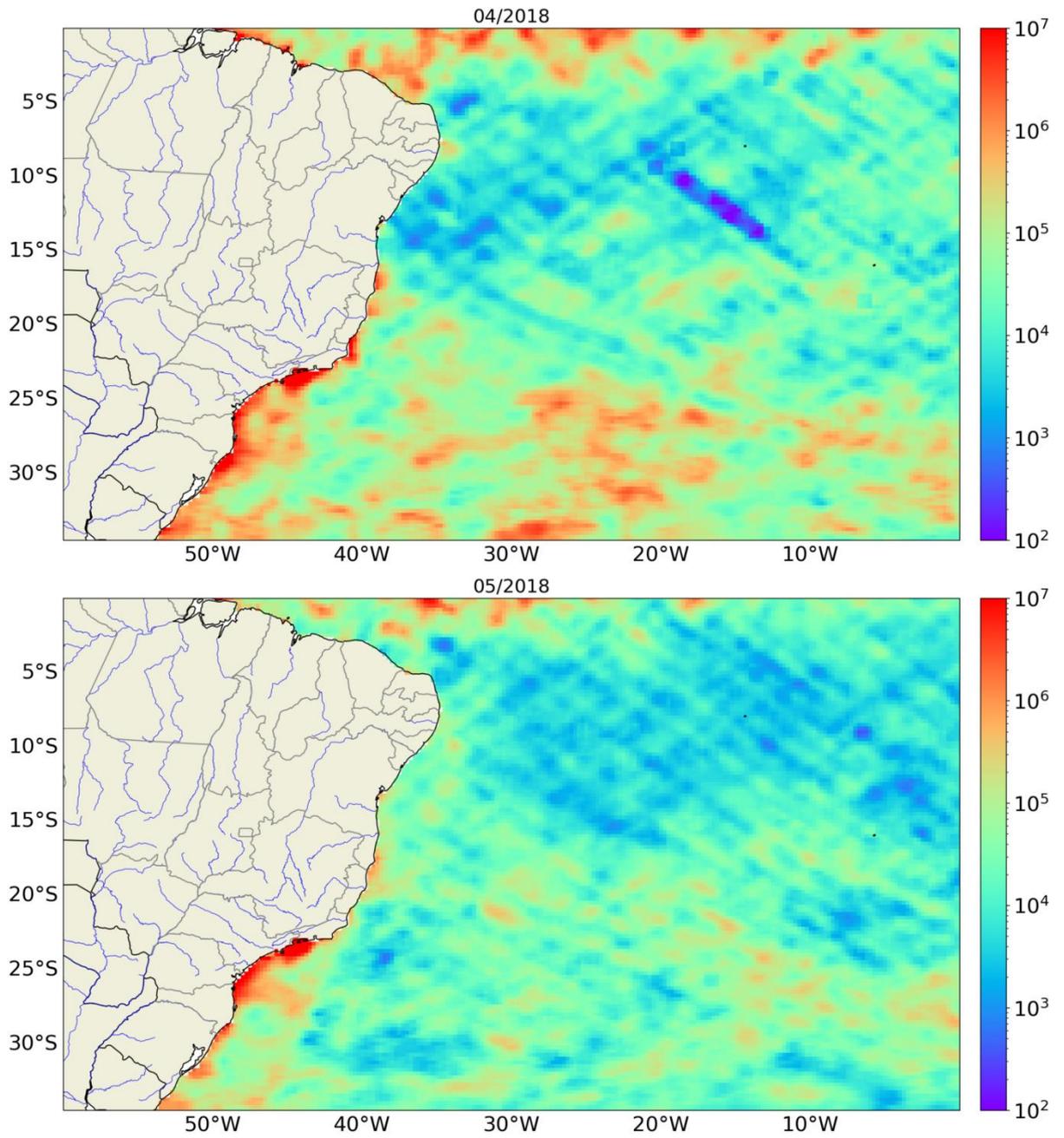


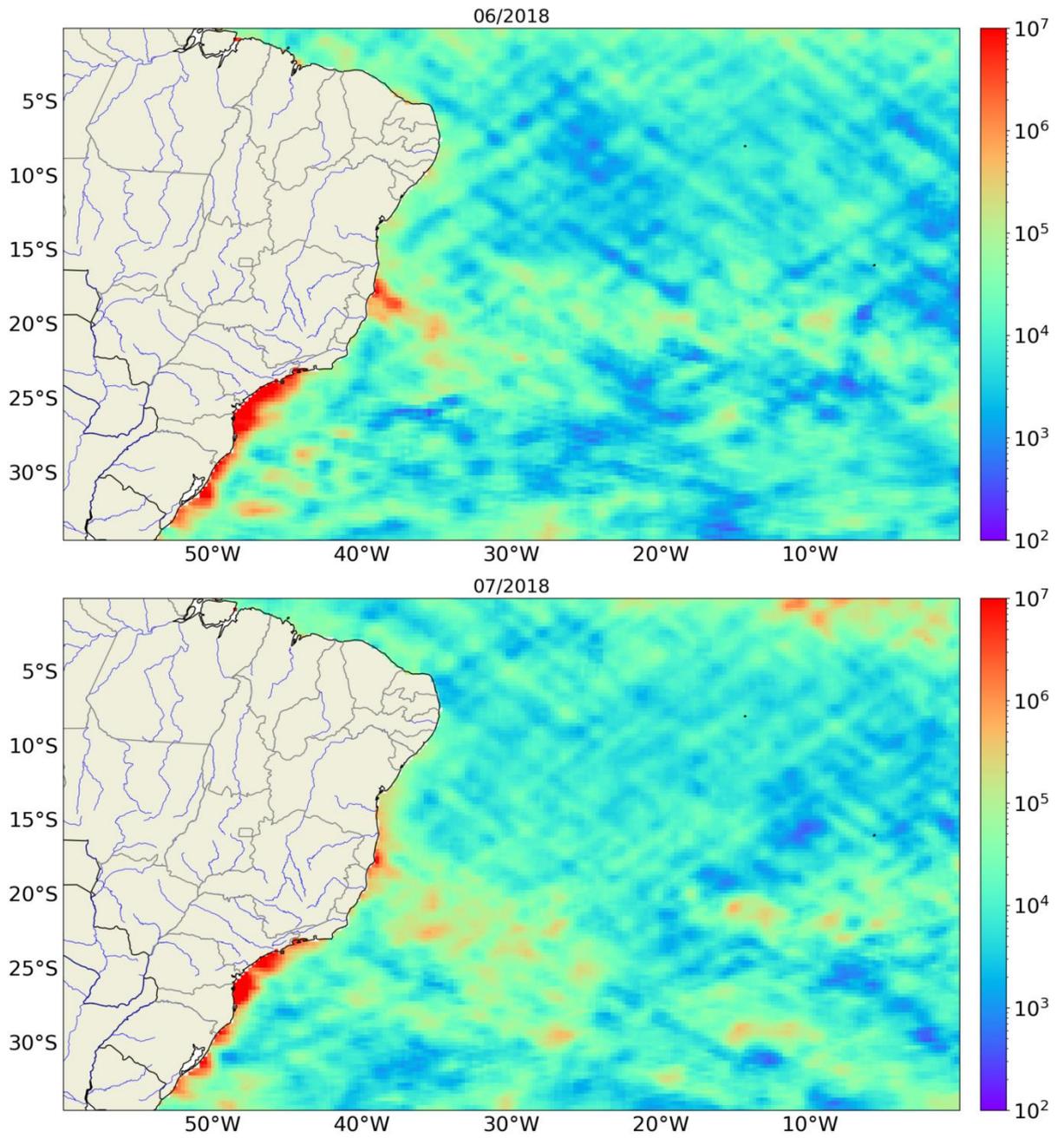


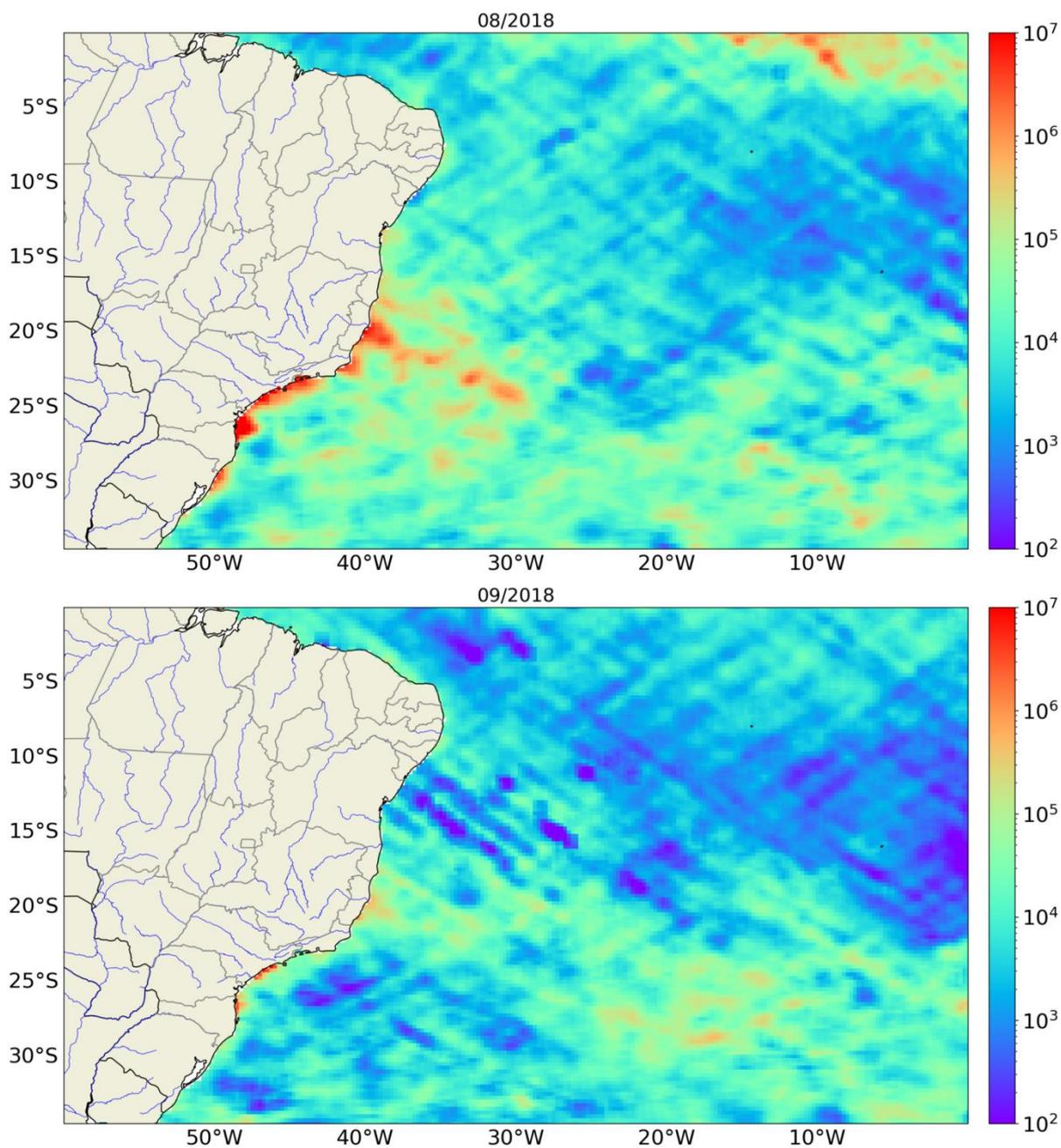












Fonte: Confecção própria com base nos dados do CYGNSS.

Conforme ilustrado na figura 10, pode-se observar uma constante e expressiva acumulação de microplásticos (ilustrado pela cor vermelha). A escala exibida à direita de cada figura é referente à quantidade de microplásticos presentes na superfície do oceano, onde o mínimo é de 10 elevado à 2ª potência e o máximo de 10 elevado à 7ª potência, em densidade numérica por quilômetro quadrado.

De acordo com a figura 10, é possível perceber que há intensa acumulação na área costeira das Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Essa acumulação de microplásticos está presente em todos os meses avaliados. Em concordância com os dados citados no trabalho, é possível sinalizar que a aglomeração de microplásticos na superfície do mar na costa brasileira pode ser devida a diversos fatores: presença massiva de indústrias de transformados plásticos nas regiões sul e

sudeste, deficiência na coleta de resíduos sólidos e sua destinação e densidade populacional em grandes centros urbanos.

Lebreton (2018) afirma que as fontes de plástico se originam nas principais fozes dos rios, ao longo das costas e nas principais rotas comerciais marítimas, com maiores concentrações proporcionais aos níveis de população humana e desenvolvimento urbano. Determinadas cidades brasileiras possuem alta demanda de importação e exportação, sendo localidades predominantes para embarque e desembarque de mercadorias em modal aquaviário (LEBRETON, 2018).

Os portos mais movimentados do Brasil são: Porto de Santos em São Paulo, Porto de Paranaguá no Paraná e Porto de Itaguaí no Rio de Janeiro. Ambas cidades estão localizadas na região sul e sudeste no Brasil. É possível considerar a importância do modal aquaviário na busca pela compreensão da presença de microplásticos na superfície aquática, pois corresponde a cerca de 96% das exportações nacionais. De acordo com Sousa, devido a essa grande movimentação de navios, aproximadamente 100 milhões de toneladas de água de lastro são despejadas na costa brasileira a cada ano (SOUSA, 2014).

A água em tanques de lastro serve para manter a segurança e contribuem na correção da estabilidade do navio, devido às perdas de peso e manobras (NRC, 1996). O volume trocado corresponde a cerca de 95% dos tanques. Segundo o Decreto 10.980 de fevereiro de 2022 que estabelece normas para o controle e gerenciamento de Água de Lastro e sedimentos de navios, determina, que todo navio deve, portanto, realizar troca de Água de Lastro a pelo menos 200 milhas náuticas (322 km) de terra limítrofe, com no mínimo 200 metros de profundidade.

“1. sempre que possível, realizar tal troca da Água de Lastro a pelo menos 200 milhas náuticas da terra mais próxima e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade levando em conta as Diretrizes desenvolvidas pela Organização;

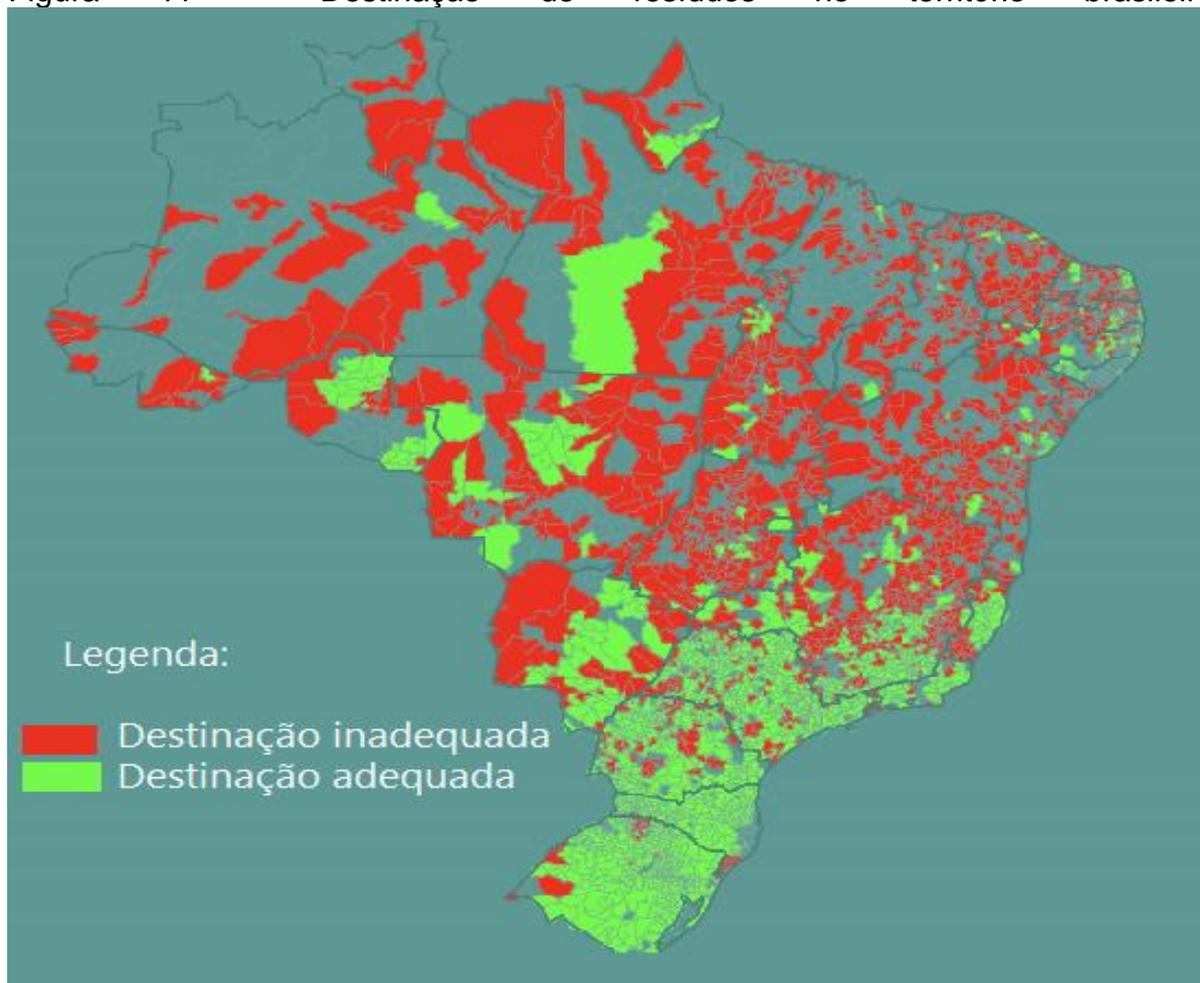
2. nos casos em que o navio não puder realizar troca da Água de Lastro em conformidade com o parágrafo 1.1, tal troca da Água de Lastro deverá ser realizada levando-se em conta as Diretrizes descritas no parágrafo 1.1 e o mais distante possível da terra mais próxima, e em todos os casos a pelo menos 50 milhas náuticas da terra mais próxima e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade.” (BRASIL, 2022)

Sendo assim, a água de lastro utilizada pelas embarcações pode ser considerada um dos principais veículos de microplástico contribuindo na zona costeira brasileira, sobretudo nas regiões sul e sudeste.

Além da influência das embarcações, há outros motivos que determinam a presença dos microplásticos na região costeira do Brasil, tal como o déficit nos serviços de coleta de resíduos domiciliares e saneamento básico.

De acordo com a figura 11, a região nordeste é menos contemplada em serviços de saneamento básico e coleta de resíduos domiciliares com destinação adequada, em relação às regiões Sul e Sudeste.

Figura 11 - Destinação de resíduos no território brasileiro.



Fonte: Adaptado de SINIR, 2019 [SINIR | Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos](#)

Cerca de 60% dos resíduos coletados no território brasileiro encontram destinação final de forma inadequada, lançados em lixões a céu aberto ou em corpos hídricos (MMA, 2008). Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, o rio Tietê recebe, aproximadamente, 35 mil litros de esgoto a cada segundo (TOMOYUKI, 2010).

Em análise do cumprimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) nos municípios brasileiros, o Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana (ISLU) aponta que após 12 anos de existência da PNRS, 25% dos domicílios brasileiros ainda não são contemplados por coleta e apenas 3,5% da coleta é reciclado, como pode ser visto na tabela da figura 12 (ISLU, 2022). Cerca de 30% dos municípios brasileiros não possuem qualquer atuação de coleta seletiva de resíduos, sendo apenas 18% com atividade formal. Em muitos casos, a população e cooperativas de catadores se mobilizam na entrega voluntária de resíduos recicláveis, desenvolvendo cidades mais limpas (ABRELPE, 2021). Essas cooperativas são responsáveis pela expansão da coleta seletiva, no intuito de criar uma fonte de renda para pessoas em vulnerabilidade social, além de reduzir o envio de RSU para aterros (KING; GUTBERLET, 2013).

Apesar do prazo de erradicação de lixões ter encerrado em 2014, o Brasil fechou 809 lixões clandestinos entre 2019 e 2022 de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (RESÍDUOS, 2022).

Figura 12 - Percentual de domicílios brasileiros contemplados por coleta.

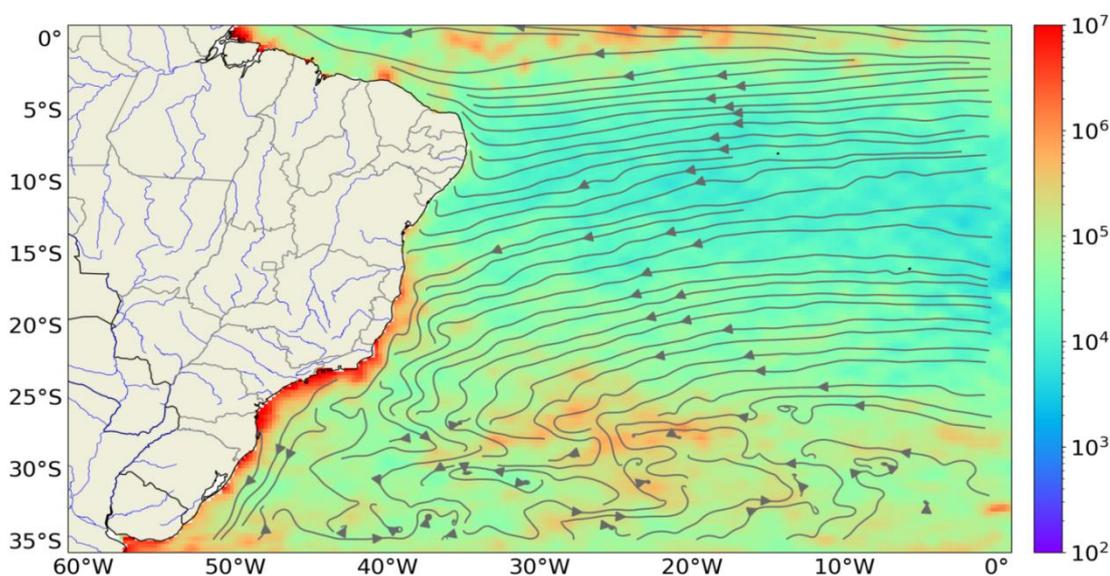
Região	Cobrança específica	Cobertura da coleta	Destinação correta	Reciclagem
Nordeste	6,6%	66,4%	21,2%	0,8%
Norte	19,6%	63,4%	16,3%	1,1%
Centro-Oeste	27,1%	77,9%	22,9%	2,3%
Sudeste	46,2%	84,5%	60,8%	3,6%
Sul	84,3%	73,4%	89,2%	8,0%

Fonte: ISLU, 2022.

Contudo, como demonstrado nas imagens apresentadas na figura 10, é possível verificar que na região nordeste há menos frequência de microplásticos em comparação com outras regiões. Isto pode ser devido a presença de ventos predominantemente fortes e constantes na região nordeste, conhecidos como ventos alísios.

É possível observar também na figura 10, que durante o período das estações de verão e outono, há um aumento significativo no acúmulo de microplásticos na zona costeira e *offshore* das regiões sul e sudeste. Impulsionados pelos ventos, os plásticos que flutuam na superfície do oceano são transportados por corrente de superfície marítima. De acordo com a *Blue Keepers*, existem alguns fatores ambientais relevantes na ocorrência de poluição marinha. Esses fatores são: vento, hidrografia, topografia, precipitação e uso e cobertura do solo (PACTO GLOBAL 2022).

Figura 13 - Média da concentração de microplástico e corrente na superfície do oceano no período entre abril de 2017 e setembro de 2018.



Fonte: Confeção própria com base nos dados do CMEMS (LELLOUCHE, 2018)

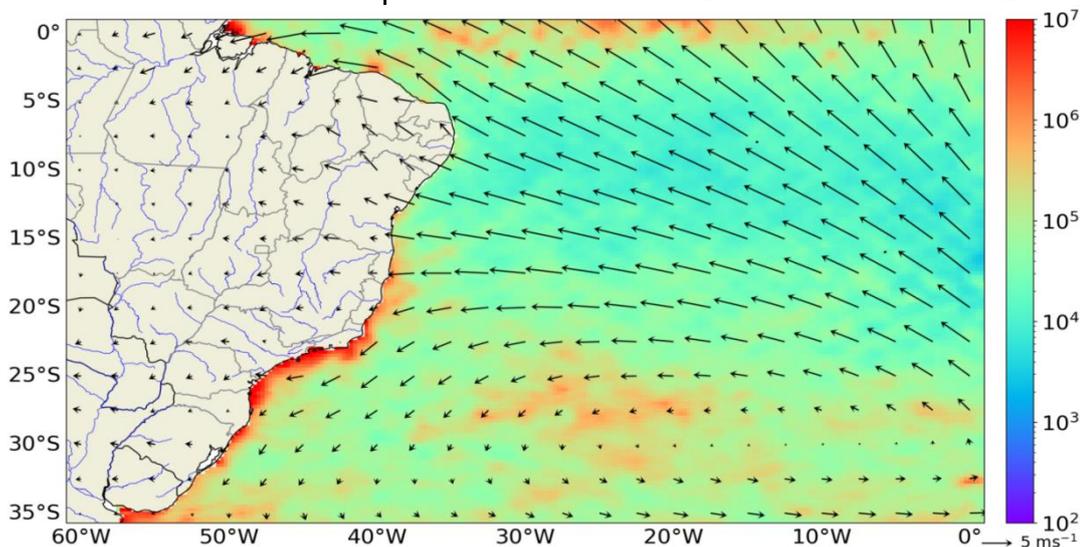
Um dos principais fenômenos conhecidos que influenciam na corrente oceânica e conseqüentemente, pode influenciar o transporte de microplástico na superfície é a deriva de Ekman. A circulação em macroescala dos ventos na superfície do oceano gera a chamada deriva de Ekman na superfície do mar sob a influência da rotação da Terra, que é direcionada para a direita do vento no hemisfério norte e para a esquerda no Hemisfério Sul. O transporte de Ekman cria regiões de convergência e divergência de superfície. Essas áreas de convergência são, em grande escala, encontradas em todos os cinco giros subtropicais (VAN SEBILLE, 2020).

É possível observar na figura 13 que há predominância das correntes de superfície entre as latitudes 0° e 25° sul em direção oeste. Já entre as latitudes 25° e 35° sul as correntes se comportam de maneira não linear, surgindo vórtices que determinam o sistema do giro do Atlântico Sul. De acordo com Van Sebille (2020), itens de plástico flutuantes são transportados por correntes de superfície e se acumulam em áreas onde as águas superficiais convergem. Porém, áreas fora dos giros subtropicais, geralmente, possuem baixa concentração de plástico flutuante. Além disso, os giros não são estacionários no espaço, nem estáticos no tempo. Em vez disso, os giros, e com eles as zonas de acumulação, mudam de forma e se movem com o tempo (LEBRETON, 2018).

Outros fenômenos acontecem no oceano que influenciam no transporte dos microplásticos, como o vórtice de mesoescala, podendo ocorrer por dias ou semanas, e também o movimento de marés (VAN SEBILLE, 2020).

Na figura 14 podemos observar a direção e intensidade predominantes dos ventos próximos da superfície do oceano. Quanto maior a seta presente na imagem, maior a intensidade do vento. De forma geral, nota-se que o padrão de vento ilustrado se deve ao sistema atmosférico Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Este é o principal sistema para a determinação da circulação atmosférica sobre o Oceano Atlântico Sul (REBOITA, 2019).

Figura 14 - Média da concentração de microplástico na superfície do oceano e vento na altura de 10 metros no período entre Abril de 2017 a Setembro de 2018.



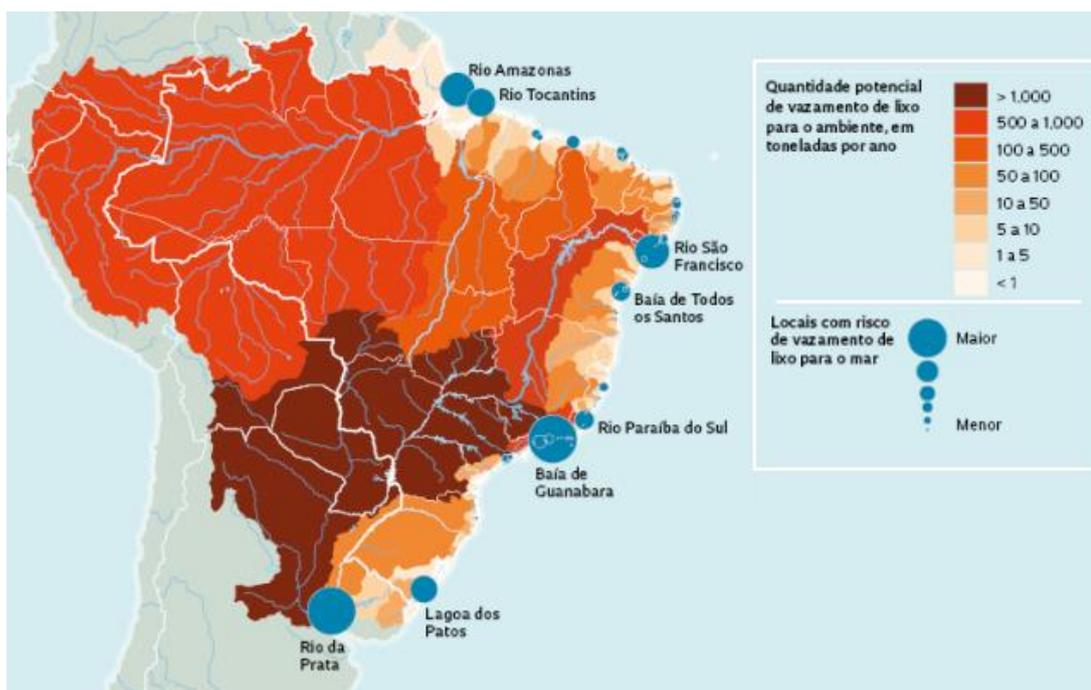
Fonte: Confeção própria com base nos dados do ERA 5 (HERSBACH, 2020).

É preciso identificar as principais necessidades de cada localidade para melhorar o desempenho no gerenciamento de resíduos sólidos, tais como: concentração da população, infraestrutura de saneamento, barragens e redesenho de produtos. Entendendo quais são os principais focos de origem, as cidades, rios, bacias hidrográficas e baías que estão propensos a levar lixo para o mar, podemos proceder de forma estratégica e preventiva nos municípios.

A região Norte ainda sofre com a falta de infraestrutura de centrais de reciclagem, tornando-se assim, uma das principais fontes de materiais plásticos descartados no ambiente. Porém, a área com maior lançamento de lixo, em razão da densidade populacional, é a região Sudeste, além de partes do Centro-Oeste e Sul, cujos rios desaguam no rio Paraná (PACTO GLOBAL, 2022).

De acordo com ABETRE 52% dos municípios brasileiros são potenciais poluidores de até 6,7 mil toneladas ao ano (ABETRE, 2013) De acordo com o Panorama dos resíduos sólidos no Brasil da ABRELPE, nove municípios são causadores do escape de resíduos plásticos no Brasil, apesar de possuírem infraestrutura de gestão de resíduos e coleta: São Paulo (2,8%), Rio de Janeiro (1,7%), Belém (1,5%), Fortaleza (1,4%) Brasília, Belo Horizonte e Salvador (ambos 1,2%) e Goiânia e Manaus (0,9%) (ABRELPE, 2021). Cidades não-litorâneas como Manaus, Brasília, Belo Horizonte e Goiânia podem gerar impacto na poluição de lixo no mar através de descarte mal gerenciado de resíduos, que chegam aos oceanos por meio de rios e afluentes. De acordo com o projeto *Blue Keepers*, criado do Pacto Global das Organizações das Nações Unidas, os principais rios que são diretamente afetados em território Brasileiro são: rio Amazonas, Tocantins, Paraná, Tietê e São Francisco (PACTO GLOBAL, 2022). A figura 15 ilustra os principais rios e a quantidade potencial de vazamento de lixo para o ambiente.

Figura 15 - Principais rios de escape a partir das bacias hidrográficas.



Fonte: Adaptado PACTO GLOBAL, 2022

É possível observar que a região sudeste e o centro-sul do Brasil são as regiões mais afetadas por vazamento de lixo no meio ambiente e destaca-se cinco grandes rios com potencial de vazamento de lixo para o mar. São eles: o Rio Amazonas, Rio Tocantins, Rio São Francisco, Rio da Prata e a Baía de Guanabara. Esses rios possuem influência de outros rios dentro de suas devidas regiões hidrográficas. O Rio Amazonas está inserido na Região Hidrográfica Amazônica que abrange cerca de 45% do território nacional e está presente em sete Estados: Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia, Amapá, Mato Grosso e Pará. Sua nascente está localizada nos Andes peruanos e sua foz no Oceano Atlântico. Na RH estão presentes 313 municípios com população de aproximadamente 9,7 milhões de habitantes, dentre esses, 73% vivem em centros urbanos. Além disso, possui uma extensa rede hidrográfica e disponibilidade hídrica (ANA, 2015).

O Rio São Francisco está localizado em uma Região Hidrográfica que abrange cerca de 7,5% do território nacional, incluindo Unidades da Federação como Bahia, Minas Gerais e Pernambuco e 503 municípios com aproximadamente 14,3 milhões de habitantes. A nascente do Rio São Francisco está situada na Serra da Canastra, Minas Gerais e percorre aproximadamente 2.800 km. Representa cerca de 9,8% da demanda hídrica nacional, sendo 77% das demandas para a irrigação e 11% para as demandas urbanas (ANA, 2015).

O Rio Tocantins nasce no Planalto de Goiás e é formado pelos rios das Almas e Maranhão. Está inserido na RH Tocantins-Araguaia, sendo essa, uma área de aproximadamente 10,8% do território nacional. Abrange estados como Tocantins, Pará, Goiás, Mato Grosso, Maranhão e Distrito Federal além de possuir 409 municípios. Apresenta extensão de 1.960 km e desemboca na Baía de Marajó (ANA, 2015).

A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste é uma das mais populosas do país, contendo aproximadamente 29 milhões de habitantes. Sua área de extensão é de 2,5% do território brasileiro e seus rios desaguam no sudeste brasileiro, como por exemplo, na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Apesar de possuir extensão menor em relação às demais regiões hidrográficas, a RH Atlântico Sudeste detém uma das regiões mais desenvolvidas do país, pois engloba diversas atividades econômicas. Estão presentes 565 municípios e a população é predominantemente urbana. Cerca de 49% da demanda hídrica é direcionada para abastecimento urbano, seguido de irrigação (27%) e indústrias (20%) (ANA, 2015).

A Região Hidrográfica do Uruguai também apresenta grande importância nacional devido à utilização da irrigação para atividades agrícolas. Representa apenas 3% do território nacional. Tem origem da confluência dos rios do Peixe e Pelotas e possui 405 municípios (ANA, 2015).

O Brasil possui uma extensão costeira de 8,5 mil km e 5.570 municípios, sendo 274 municípios litorâneos. Cerca de 58% da população se concentra na faixa de 200 mil km do litoral. Além disso, sabemos que cidades litorâneas são em grande parte, o destino de férias para a população nacional e global devido à recreação de banho de mar. Em 2018, foi registrado a contribuição de 8,1% do turismo brasileiro para o Produto Interno Bruto (IBGE, 2012).

É percebido que turismo influencia na presença de lixo marinho em zonas costeiras, conhecido também como turismo predatório. Durante os períodos de alta temporada turística, o acúmulo de lixo marinho obteve o aumento de 40% (ADVISORS, 2019). Frequentemente, o serviço de coleta, transporte e tratamento de

resíduos estão despreparados para gerenciar o aumento do volume de resíduos. Em determinados locais durante estes períodos, o aumento atinge até 15% gerados por turistas.

O consumo de plásticos descartáveis pelos turistas se inicia desde o embarque para o destino por meio de embalagens de produtos de alimentação (bebidas e comidas) em aviões, hotéis, cruzeiros, eventos e parques (TUI, 2019). Além disso, há indícios que hotéis, pousadas e restaurantes localizados à beira mar podem contribuir como fontes de descarte de microplástico marinho, devido à lavagem de lençóis, toalhas e produtos de limpeza usados por servidores e turistas (STOLTE, 2015). Sendo assim, um agravante para o turismo costeiro, tendo em vista que a presença de macroplástico nas praias recreativas é um motivo para não frequentá-las.

Ao se pensar em valores per capita, observou-se uma maior influência de parâmetros como a sazonalidade de flutuações populacionais. Assim, os valores tendem a ser mais altos em municípios com elevada variação populacional em função de períodos festivos e férias, principalmente quando localizados no litoral. (TUI, 2019). É possível visualizar nas imagens da figura 10, uma maior acumulação de microplásticos na zona costeira brasileira, nos meses correspondentes às temporadas de verão.

Para conter a demanda plástica, a Organização para a Cooperação de Desenvolvimento Econômico (OCDE) sugere compor instrumentos fiscais que desencorajam a produção e o uso de plásticos, e outras políticas que melhoram o *design* do produto para aumentar sua durabilidade e favorecer o reaproveitamento e reparo. Os instrumentos incluem um imposto sobre plásticos, inclusive sobre embalagens plásticas. Além disso, um conjunto de políticas que promovem o *design* circular, como o aumento da vida útil dos produtos plásticos, a diminuição da demanda final por duráveis e o aumento da demanda por serviços de reparo. Na figura 16 retrata a vida útil média de produtos plásticos em anos.

Figura 16 - Vida útil de produtos plásticos.



Fonte: BÖLL, 2019.

Somado a isto para otimizar a circularidade de produtos plásticos, a *European Commission* desenvolveu em 2018 políticas públicas a fim de revisar os processos dos materiais utilizados para fabricação, tal como o reuso e reciclagem. O aprimoramento da reciclagem inclui instrumentos que influenciam as taxas de reciclagem, como metas de reciclagem específicas por região. Contudo, sempre que

possível, eliminar resíduos plásticos mal gerenciados investindo em infraestrutura de gestão de resíduos e aumentando as taxas de coleta de lixo, reduzindo substancialmente o vazamento de plásticos no meio ambiente (OCDE, 2022).

Proposto em 2015 pela ONU, os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são compostos de metas a serem atingidas por parte do esforço de países, gestores, instituições, sociedade civil, empresas e *stakeholders* até o ano de 2030. Dentre os objetivos, o ODS 14 evidencia urgência em conservar oceanos e mares, tal como a necessidade da proteção de ecossistemas marinhos e costeiros.

“14.1 Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, em particular de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e poluição por nutrientes.

14.2 Até 2020, gerir e proteger de forma sustentável os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, nomeadamente através do reforço da sua resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de alcançar oceanos saudáveis e produtivos.” (OCDE, 2022)

Indiretamente, os ODS 6, 11 e 12 - Água potável e saneamento, Cidades e comunidades sustentáveis e Consumo e produção sustentável, respectivamente. Esses ODS abrangem a temática de proteção de oceanos, com a orientação na melhoria da qualidade da água, aumento de reciclagem e reutilização segura, proteção e restauração de ecossistemas. Incluem-se também o incentivo às empresas a integração e adoção de relatórios e práticas sustentáveis.

Segundo o Pacto Global da ONU, é necessário mobilizar setores de empresas multinacionais e *stakeholders* (engajamento de atores conectados ao tema, incluindo poder público, iniciativa privada, sociedade civil e academia) a fim de alinhar seus desempenhos de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

De acordo com o Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades, 100 dos 5570 municípios brasileiros possuem maiores pontuações no *ranking* de desempenho para atingir a ODS 14. Esses municípios se encontram nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo 83 localizados no estado de São Paulo. Noventa cidades com menor pontuação estão na Amazônia Legal, como demonstrado na figura 17, onde a ODS 14 foi atingida e onde há desafios para atingir esse objetivo. A cidade do Rio de Janeiro foi a primeira capital estadual a proibir o canudo plástico em estabelecimento de alimentação, sendo substituído por canudos de papel biodegradável. Em 2011 a cidade de São Paulo proibiu a distribuição de sacolas plásticas gratuitamente em estabelecimentos comerciais (BRASIL, 2015).

“Art. A proibição da distribuição gratuita ou venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo. § 2º Os estabelecimentos comerciais são obrigados a fornecer gratuitamente sacolas bioplásticas reutilizáveis.” (BRASIL, 2015).

Figura 17 - ODS 14 e cidades brasileiras.



Fonte: Instituto Cidades Sustentáveis, 2020.

Em alguns países da União Europeia, por exemplo, muitos grupos de indústria são contra a introdução do Sistema de Devolução de Depósito (DRS), o único método comprovado para atingir a meta de 90% de coleta seletiva de garrafas plásticas (TANGPUORI, 2020). No DRS é aplicado uma taxa sobre o valor do produto de embalagem reciclável assim que é adquirido pelo consumidor. Essa taxa é devolvida após a devolução da embalagem, através de um esquema de reciclagem de economia circular. Geralmente, essas embalagens dos produtos são devolvidos ao mesmo estabelecimento comercial a qual foi adquirido. São utilizadas máquinas de depósito que identificam o item e o valor adequado ao mesmo. O propósito dessa alternativa é diminuir o desperdício, usando o recurso de processo circular através do reuso e da reciclagem (PARCIAS, 2020).

A problemática dos resíduos gera impacto em outras áreas. A crise dos plásticos também tem sérias implicações para as mudanças climáticas. A produção de plástico é, de fato, uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Mais plástico significa mais extração de combustível fóssil, e cada estágio do ciclo de vida do plástico é intensivo em carbono: o refino de plástico é uma das indústrias que mais produzem gases de efeito estufa e o setor manufatureiro que mais cresce. Essas emissões vêm de quase todas as fases da vida do plástico, desde a extração de petróleo e gás, até o produto final.

Atualmente, questões ambientais têm sido cada vez mais constantes nas

tomadas de decisões do mercado e discussões acadêmicas. Portanto, é de extrema necessidade implementar o conceito de Responsabilidade Socioambiental Corporativa e Sistema de Gestão Ambiental. Porém o desafio de reverter essa situação de produtos com fontes de petróleo e dos resíduos plásticos no meio ambiente, envolve uma lista das maiores empresas do mundo, incluindo petrolíferas como ExxonMobil, Shell, Chevron, e Total, empresas químicas como SABIC, Dow DuPont, BASF, e Formosa Plastics, gigantes de produtos e bens de consumo como Procter & Gamble, Nestlé, Unilever, Coca-Cola e PepsiCo, e empresas de gerenciamento de resíduos como Veolia e SUEZ (TANGPUORI, 2020).

Figura 18 - Maiores indústrias de plásticos.

Maiores atores na indústria mundial do plástico (em bilhões de euros)*	
Exxon Mobil,	210,7
Basf,	56,9
Eni,	55,0
Ineos,	53,6
Dow,	43,7
Sabic,	31,6
Liondel Basel,	29,5

\*ATLAS DO PLÁSTICO 2020, FUNDAÇÃO HEINRICH BOLL E BREAK FREE FROM PLASTIC

Fonte: BÖLL, 2021.

Marcas de consumo e produtores plásticos organizam ações para atrasar e inviabilizar legislações em diferentes regiões globais. Apesar dessas grandes empresas assumirem um compromisso de utilizarem embalagens 100% recicláveis, o que soa positivamente para a população, essas mesmas grandes marcas e indústrias culpabilizam o consumidor pela falha na participação do ciclo da reciclagem de embalagens plásticas. Sobretudo, porque essas mesmas embalagens podem ser recicláveis, porém não significa necessariamente que entrarão em processo de transformação plástica. As empresas não podem garantir que suas embalagens sejam recicladas sem que haja um compromisso com a coleta de seus produtos. Dessa forma, a responsabilidade recai sobre o consumidor e governos, e as embalagens continuam tendo a destinação em ecossistemas marinhos (TANGPUORI, 2020).

Além disso, muitas das iniciativas apresentadas pela indústria fracassam na tentativa de reduzir a poluição plástica, concentrando-se apenas em soluções *end-of-pipe* (recurso que ajuda a filtrar o poluente, porém não propõe para reduzir a emissão na fonte), como por exemplo, coleta de lixo ou limpeza dos oceanos, além de seu papel de aumentar a conscientização (TANGPUORI, 2020). Os esforços de limpeza não são uma solução eficaz enquanto um fluxo constante de novos plásticos continua sendo produzido e descartado.

Recipientes de bebidas recarregáveis, podendo ser usadas como refil por exemplo, podem ser reutilizados muitas vezes antes de precisarem ser reciclados. Garrafas PET recarregáveis podem ser reutilizadas até 15 vezes, e garrafas de vidro recarregáveis até 25 vezes, levando à economia de GEE e evitando os impactos ambientais associados à sua produção e gerenciamento de fim de vida. Apesar da

importância fundamental da reutilização para a economia circular, o Relatório da *Ellen MacArthur Foundation 2019* destaca que menos de 3% das embalagens são realmente reutilizáveis hoje (TANGPUORI, 2020).

Outra questão que deve ser repensada, é a substituição de plásticos de uso único por outros materiais de uso único, como papel, madeira ou bambu, pois isso perpetua uma cultura descartável. Possivelmente ocorrerão consequências ambientais futuras não intencionais. Em vez disso, deve-se levar ao redesenho de um produto ou substituição por alternativas reutilizáveis.

De acordo com o Relatório Auditoria de Marcas Internacional do, *Break Free from Plastic*, as 10 principais marcas poluidoras em diversas regiões do mundo são: The Coca-Cola Company; PepsiCo; Nestlé; Unilever; Mondelez International; Mars, Inc.; Procter & Gamble; Philip Morris International; Colgate-Palmolive; e Perfetti Van Melle (PLASTIC, 2021). A Coca-Cola era o pior poluidor avaliado, responsável por 200.000 toneladas de poluição atmosférica por ano, o equivalente a mais de 33 campos de futebol a cada dia, ou mais de 4,6 milhões de toneladas de emissões de GEE provenientes de queimadas (TANGPUORI, 2020). A Coca-Cola produz de longe o maior volume de plástico de qualquer empresa globalmente, cerca de 3 milhões de toneladas métricas e também, sem surpresa, a maior quantidade de resíduos plásticos. Em 2019, a Coca-Cola finalmente divulgou sua pegada de plástico: 200.000 garrafas por minuto e cerca de um quinto da produção mundial de garrafas PET (TANGPUORI, 2020).

Figura 19 - Principais marcas e respectiva produção de embalagens plásticas por toneladas ao ano em 2019.

Produção de embalagens plásticas (t/ano) 2019 *	
Coca-Cola	3 000 000
Nestlé	1 700 000
Danone	750 000
Unilever	610 000

\*ATLAS DO PLÁSTICO 2020, FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL E BREAK FREE FROM PLASTIC

Fonte: Atlas do Plástico 2020 da Fundação Heinrich Böll e BFFP

O isolamento social durante a pandemia provocou o aumento de compras *online*, ocasionando em um aumento do volume de embalagens plásticas, isopor e caixas de papelão em aterros sanitários (BÖLL, 2021). Além disso, cooperativas de catadores permaneceram fechadas por muitos meses durante a pandemia, dificultando a separação de resíduos recicláveis e o atendimento da rede de fornecedores de resíduos. A ocorrência de embalagens de grandes marcas estarem presentes em cooperativas de catadores, nos indica que os fabricantes não possuem métodos no recolhimento para que possam ser reciclados posteriormente. De acordo com o Art. 33 da Lei nº 12.305/2010 da PNRS, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso

pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Tais fabricantes, marcas e empresas deveriam ser responsabilizados pelos impactos gerados devido à ausência de infraestruturas de logística reversa prevista por lei, além de serviços de triagem e embalagens menos danosas (BÖLL, 2021).

De acordo com o Decreto No.5300/04, a Zona Costeira é uma faixa territorial de mais de 8 mil quilômetros de extensão com fins de gestão ambiental. Integra 17 estados e aproximadamente 400 municípios, com grande diversidade ecossistêmica, incluindo baías, estuários, ilhas, recifes, manguezais, restingas, lagunas, costões rochosos, entre outros. Devido às diferenças climáticas e geológicas de cada região, é possível encontrar diferentes espécies de flora e fauna (BRASIL, 2021).

### **Considerações finais**

De acordo com os dados apresentados, considera-se que há múltiplos fatores que determinam a presença dos microplásticos na zona costeira brasileira. Dentre esses fatores estão: ventos, correntes, fenômenos oceanográficos, turismo predatório, veículos de importação e exportação de mercadorias, deficiência no serviço de saneamento básico nacional, utilização excessiva de produtos plásticos para consumo próprio e ausência de incumbências efetiva de corporações responsáveis pela produção e manipulação de produtos plásticos. As figuras geradas a partir dos dados de satélite nos fornece a perspectiva da localização, concentração e movimento de microplásticos na superfície do oceano Atlântico e as influências de ventos, correntes e outros fenômenos oceanográficos. Dessa forma, foi possível concluir quais meses apresentaram maior acumulação de microplástico na zona costeira e propor quais os fatores que influenciaram nessa distribuição espacial e temporal. Há predominância da acumulação de microplásticos nos meses correspondentes a estação do verão no hemisfério sul global, bem como contínua aglomeração nas regiões sul e sudeste do território brasileiro. Considerando o conteúdo exposto no trabalho, é possível compreender a importância da zona costeira, sendo o espaço geográfico onde há grande dinamismo no Brasil. Sendo assim, convém intensificar ações de mitigação de fontes poluidoras, conservação e manutenção da biodiversidade costeira e marinha, visando a manutenção das diferentes formas de vida e garantir a qualidade dos serviços ecossistêmicos.

## REFERÊNCIAS

1. ABETRE. *Resíduos de medicamentos geram negócios*. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://abetre.org.br/residuos-de-medicamentos-geram-negocios/>. Acesso em: 8 dez. 2022.
2. ABIPLAST, AB da I. do P. Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico-Perfil 2021. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2021/> Acesso em: 3 fev. 2023
3. ABRELPE, EMPRESAS ASSOCIADAS. ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em: 16 dez. 2022
4. ADVISORS, Dalberg; DE WIT, W.; BIGAUD, N. *Assessing Plastic Ingestion From Nature to People (AN ANALYSIS for WWF)*. 2019.
5. ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras—Edição Especial.*- Brasília: ANA, 2015. ISBN: 978-85-8210-027-1. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>. Acesso em: 12 de junho 2023
6. BÖLL, Fundación Heinrich; PLASTIC, Break Free From. *El Atlas del Plástico*. 2019. Disponível em: <https://www.boell.de/de/plastikatlas>. Acesso em: 12 de junho 2023
7. BÖLL, Fundação Heinrich. *Rejeitos de plástico: Estudo sobre impactos e responsabilidades*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://br.boell.org/sites/default/files/2021-10/publicacao%20-%20rejeitos-de-plasticos.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2023.
8. BRASIL. [Constituição (2022)]. DECRETO N° 10.980, DE 25 DE FEVEREIRO DE 2022. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D10980.htm#:~:text=DECRETO N%C2%BA 10.980, DE 25,13 de fevereiro de 2004](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10980.htm#:~:text=DECRETO N%C2%BA 10.980, DE 25,13 de fevereiro de 2004). Acesso em: 5 jan. 2023
9. BRASIL. [Constituição (2016)]. PL 6528/2016. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: [Portal da Câmara dos Deputados \(camara.leg.br\)](http://portal.da.camara.br). Acesso em: 5 jan. 2023
10. BRASIL. [Constituição (2015)]. DECRETO N° N° 55.827 DE 6 DE JANEIRO DE 2015[S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: [DECRETO N° 55.827 DE 6 DE JANEIRO DE 2015](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decree/D55827.htm). Catálogo de Legislação Municipal ([prefeitura.sp.gov.br](http://prefeitura.sp.gov.br)) Acesso em: 5 jan. 2023
11. BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima*. Zona Costeira e Marinha [Brasília]: MMA, 2021. Disponível em: [Zona Costeira e Marinha — Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em: 18 jun. 2023.

12. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar* / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. – Brasília, DF: MMA, 2019. ISBN: 978-85-7738-434-1. Disponível em: [plano-nacional-de-combate-ao-lixo-no-mar-pdf](http://www.gov.br/plano-nacional-de-combate-ao-lixo-no-mar-pdf) (www.gov.br). Acesso em: 02 fevereiro 2023
13. BOUCHER, J. and Friot D. *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp. 2017.
14. CYGNSS. 2021. CYGNSS Level 3 Microplastic Concentration Retrievals Version 1.0. Ver. 1.0. PO.DAAC, CA, USA. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5067/CYGNSS-L3M10>. Acesso em: 27 de Agosto de 2022
15. PACTO GLOBAL. Blue Keepers. *Sumário executivo 2021-2022: Diagnóstico das fontes de escape de resíduos plásticos para o oceano, 2022*. Disponível em: <https://go.pactoglobal.org.br/SumarioExecutivoBlueKeepers>. Acesso em: 19 jan. 2023.
16. VAN SEBILLE, E *et al.* *Meio Ambiente*. 15 023003 DOI: 10.1088/1748-9326/ab6d7d. 2020. Disponível em: [The physical oceanography of the transport of floating marine debris - IOPscience](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d). Acesso em: 20 fev. 2023
17. ERIKSEN M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, et al. *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. PLOS ONE 9(12): e111913. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>. Acesso em: 12 jun 2023
18. EVANS, M.C.; RUF, Christopher S. *Toward the detection and imaging of ocean microplastics with a spaceborne radar*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 60, p. 1-9, 2022. Disponível em: <http://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3081691>. Acesso em: 27 de Agosto de 2022
19. GARDINER, Beth. *The plastics pipeline: a surge of new production is on the way*. Yale Environment, v. 360, 2019
20. GEYER, C. J. R. Jambeck, R. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. L. Law, *Plastic waste inputs from land into the ocean*. Science 347, 768–771 2015
21. HERSBACH, Hans, et al. "The ERA5 global reanalysis." Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 146.730 1999-2049. 2020. Disponível em: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>. Acesso em: 06 de maio 2023
22. LELLOUCHE, J. M. et al. Recent updates to the Copernicus Marine Service global ocean monitoring and forecasting real-time 1g 12° high-resolution system. Ocean Sci. 14, 1093–1126 . 2018
23. GRECHINSKI, Paula; GRECHINSKI, Silvia Turra. *Mares limpos: um olhar socioambiental*. 2020.

24. IVAR DO SUL, J.A et. al. *Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean*, 2014. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014WASP..225.2004I/abstract>. Acesso em: 28 de Agosto de 2022.
25. IBGE, *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015*. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro : IBGE, 2015. Disponível em: [liv94254 .pdf \(ibge.gov.br\)](#) Acesso em: 20 de Outubro de 2022
26. ÍNDICE de Sustentabilidade de Limpeza Urbana (ISLU). 2022. Disponível em: [ISLU PUB 22.indd \(selur.org.br\)](#). Acesso em: 8 de Novembro de 2022
27. KING, Megan F.; GUTBERLET, Jutta. *Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeirão Pires, Brazil*. Waste Management, v. 33, n. 12, p. 2771-2780, 2013.
28. LEBRETON, Laurent & Egger, Matthias & Slat, Boyan. *A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean*. Scientific Reports. 9. 10.1038/s41598-019-49413-5. 2019
29. LEBRETON et al., ‘*Evidence That the Great Pacific Garbage Patch Is Rapidly Accumulating Plastic*’ (2018) 8 Scientific Reports 4666. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w>. Acesso em: 30 jan 2023.
30. LEFF, Enrique. *La apuesta por la vida: imaginación sociológica e imaginários sociales en los territorios ambientales del sur*. México: Siglo XXI Editores, 2014.
31. MMA. *Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil*. 2008.
32. NRC, National Research Council. Committee on Ships' Ballast Operations, National Research Council; *Stemming the Tide: controlling introductions of nonindigenous species by ships' ballast water*. National Academy Press, Washington, D.C., 1996.
33. NUCCI, J.M.R. *Lixo marinho com enfoque em resíduos plásticos*, 2010. Disponível em: [http://www.globalgarbage.org/praiadownloads/monografia\\_juliana\\_maia\\_rabelo\\_nucci.pdf](http://www.globalgarbage.org/praiadownloads/monografia_juliana_maia_rabelo_nucci.pdf). Acesso em: 28 de Agosto de 2022
34. OCDE, *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*, OCDE Publishing, Paris. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>. Acesso em: 28 Ago 2022
35. ODS 14: Vida na água. Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades: Instituto Cidades Sustentáveis, 2020. Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/map/indicadores/esgoto-tratado-antes-de-chegar-ao-mar,rios-e-corregos>. Acesso em: 1 fev. 2023
36. OLIVATTO, Gláucia P. et al. *Microplásticos: Contaminantes de preocupação global no Antropoceno*. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.
37. PARCIAS, Rodrigo Villela. *Economia Circular e Gestão da Sustentabilidade: um estudo sobre a Coca-Cola Company Brasil*. 2020.

38. PARLAMENTO EUROPEU. *Microplásticos: origens, efeitos e soluções*. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20181116STO19217/microplasticos-origens-efeitos-e-solucoes>. Acesso em: 3 fev. 2023
39. PRATES, Ana Paula Leite; GONÇALVES, Marco Antonio; ROSA, Marcos Reis. *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil*. 2012.
40. PYTHON Software Foundation. Python Language Reference, version 2.7. Available at <http://www.python.org>
41. RESÍDUOS de medicamentos geram negócios. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://abetre.org.br/residuos-de-medicamentos-geram-negocios/>. Acesso em: 16 dez. 2022
42. RITCHIE, Hanna; ROSER, Max. *Plastic Pollution*. 2018. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 10 de Setembro de 2022
43. REBOITA, M. S. et al. *The South Atlantic Subtropical Anticyclone: Present and Future Climate*. *Frontiers in Earth Science*, v. 7, 26 fev. 2019
44. SOBRAL, Paula; et.al. *Microplásticos nos oceanos-um problema sem fim à vista*. *Ecologia*, v. 3, p. 12-21, 2011.
45. SOUSA, Marcos Ticiano Alves de. *A bioinvasão de ambientes aquáticos provocada pela água de lastro das embarcações e suas consequências jurídicas*. 2014.
46. STOLTE, Andrea et al. *Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast*. *Marine Pollution Bulletin*, v. 99, n. 1-2, p. 216-229, 2015.
47. TANGPUORI, A. *Delemare et al. Talking Trash: the corporate playbook of false solutions to the plastic crisis*. Changing Markets Foundation, 2020. Disponível em: [https://talking-trash.com/wp-content/uploads/2020/08/TalkingTrash\\_ExecutiveSummary.pdf](https://talking-trash.com/wp-content/uploads/2020/08/TalkingTrash_ExecutiveSummary.pdf). Acesso em: 20 fev. 2023
48. TOMOYUKI Tsutiya, Milton. *Depoimento sobre o Rio Tietê*. Despoluição do Tietê. 2010.
49. TUI, *Plastic Reduction Guidelines for Hotels*. 2019. Disponível em: [https://www.tuigroup.com/damfiles/default/downloads/plastic\\_reduction\\_guide.pdf2f4f4f0e2278382fcd50d9a530985b84.pdf](https://www.tuigroup.com/damfiles/default/downloads/plastic_reduction_guide.pdf2f4f4f0e2278382fcd50d9a530985b84.pdf). Acesso em: 30 jan de 2023
50. VICENTE, M.A.F. *Caracterização da presença e distribuição de microplásticos em praias do litoral leste do estado do Rio de Janeiro*. 2018
51. WHO, *Health as the Pulse of the New Urban Agenda: United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development*, World Health Organization, Quito. 2016
52. WRIGHT, James T. C; GIOVINAZZO, Renata A. *Crescimento sustentável da indústria de plásticos criando estratégias de ação*. RAM. *Revista de Administração Mackenzie* [online], v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-69712004/administracao.v5n1p146-164>. Acesso em: 30 jan 2023