



Dissertação

Mestrado em Economia Azul e Circular

Estratégias para a Gestão Sustentável dos Plásticos nos Oceanos: Um estudo de caso de implementação dos princípios da Economia Circular.

Luiz Rogério Paro Junior



Dissertação

Mestrado em Economia Azul e Circular

Estratégias para a Gestão Sustentável dos Plásticos nos Oceanos: Um estudo de caso de implementação dos princípios da Economia Circular

Luiz Rogério Paro Junior

Leiria, Março de 2025



Dissertação
Economia Azul e Circular

Estratégias para a Gestão Sustentável dos Plásticos nos Oceanos: Um estudo de caso de implementação dos princípios da Economia Circular.

Luiz Rogerio Paro Junior

Dissertação de Mestrado de Economia Azul e Circular realizada sob a orientação do Prof. Doutor João Pedro Santos Correia, Professor na Escola Superior de turismo e Tecnologia do Mar, Politecnico de Leiria e da coorientadora Prof. Doutora Susana C. S. F. Rodrigues, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Março de 2025

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta tese de mestrado.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. João Pedro Santos Correia, por sua orientação, paciência, e apoio constante ao longo deste processo. Suas sugestões e críticas sempre foram valiosas e contribuíram para o crescimento do meu trabalho. Agradeço também minha coorientadora Prof. Dra. Susana C. S. F. Rodrigues, por suas observações enriquecedoras e por compartilhar seu vasto conhecimento.

Aos professores e colegas do Mestrado de Economia Azul e Circular pela troca constante de ideias e pelo apoio durante as aulas e discussões acadêmicas que me ajudaram a construir o arcabouço teórico e metodológico desta pesquisa.

Sou imensamente grato ao Politecnico de Leiria - Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, por fornecer o ambiente acadêmico e os recursos necessários para o desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa.

Quero expressar minha gratidão especial aos meus amigos e familiares, especialmente aos meus pais, Luiz Rogerio Paro e Sonia Maria de Oliveira Paro, pelo amor, apoio incondicional e paciência ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Sem o apoio emocional de todos vocês, este trabalho não teria sido possível

Agradeço também a todas as pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso desta pesquisa, que me ajudaram na coleta de dados e forneceram informações valiosas para a realização deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, participaram deste processo, seja com uma palavra de encorajamento ou com um gesto de solidariedade. Cada um de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

RESUMO

O aumento da produção e consumo de plásticos tem levado a significativos desafios ambientais. A gestão sustentável do plástico na economia circular se apresenta como uma abordagem estratégica para mitigar impactos ambientais, promovendo a reutilização e reciclagem desses materiais.

Os oceanos são fundamentais para a vida na Terra, fornecendo uma vasta gama de serviços ecossistêmicos que sustentam a biodiversidade e o bem-estar humano. No entanto, a crescente quantidade de plásticos nos oceanos representa uma ameaça significativa para esses ecossistemas marinhos.

O objetivo específico desta investigação é traçar um quadro da panorama atual da poluição por plásticos nos oceanos incluindo ações como da *Ocean Cleanup* para mitigar os efeitos danosos desta poluição.

O plástico chega aos oceanos tanto pelos dos países que não fazem ou não qualquer recolha e tratamento do plástico e são bem conhecidas as grandes concentrações deste plástico nos oceanos. Com este trabalho pretende-se compreender como é que o plástico chega aos oceanos, e como é que se recolhe e trata esse plástico. Daí nasce a necessidade do estudo de caso com a instituição escolhida.

A dissertação também trabalhará com a pauta da Economia Circular, seus conceitos e seus benefícios para o meio ambiente.

Palavras-chave: meio ambiente, oceanos, economia circular, *Ocean Cleanup*.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

ABSTRACT

The increase in plastic production and consumption has led to significant environmental challenges. Sustainable plastic management within the circular economy emerges as a strategic approach to mitigate environmental impacts, promoting the reuse and recycling of these materials.

Oceans are crucial for life on Earth, providing a wide range of ecosystem services that sustain biodiversity and human well-being. However, the growing amount of plastic in the oceans poses a significant threat to these marine ecosystems.

The specific goal of this research is to address plastic pollution in the oceans and actions like those of Ocean Cleanup to mitigate the harmful effects of this pollution.

Plastic reaches the oceans through countries that do not engage in any collection or treatment of this plastic. It is also known where the largest concentrations of plastic in the oceans are found. It is essential to understand how plastic reaches the oceans, and how it is collected and treated. This gives rise to the need for a case study with the selected institution.

The dissertation will also explore the concept of Circular Economy, its principles, and its environmental benefits.

Keywords: environment, oceans, circular economy, Ocean Cleanup.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

LISTA DE SIGLAS

1. 3R - Redução, Reutilização e Reciclagem
2. AB - Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA)
3. BPA - Bisfenol A
4. CO₂ - Dióxido de Carbono
5. CSR - Responsabilidade Social Corporativa (*Corporate Social Responsibility*)
6. DDT - Diclorodifeniltricloroetano
7. DPG - *Deutsche Pfandsystem GmbH*
8. DRS - Sistemas de Depósito e Retorno
9. EC - Comissão Europeia (*European Commission*)
10. EPA - Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency*)
11. EPR - Responsabilidade Estendida do Produtor
12. EU - União Europeia (*European Union*)
13. FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
14. GDP - Produto Interno Bruto (*Gross Domestic Product*)
15. IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature*)
16. IMF - Fundo Monetário Internacional (*International Monetary Fund*)
17. IMRP - Instituto de Pesquisa de Plásticos Marinhos
18. IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
19. JRC - *Joint Research Centre* (Centro Comum de Investigação)
20. MAOC-N - Centro de Análise e Operações Marítimas - Narcóticos
21. MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology*)
22. NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (National Aeronautics and Space Administration)
23. NOAA - Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration*)
24. OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development*)
25. OMI - Organização Marítima Internacional
26. OMS - Organização Mundial da Saúde

27. OMT - Organização Mundial do Turismo
28. ONU - Organização das Nações Unidas
29. PCB - Bifenilos Policlorados
30. PET - Polietileno Tereftalato
31. PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
32. POPs - Poluentes Orgânicos Persistentes
33. PVC - Policloreto de Vinila
34. R&D - Pesquisa e Desenvolvimento (*Research and Development*)
35. REP - Responsabilidade Estendida do Produtor
36. SDGs - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (*Sustainable Development Goals*)
37. UNEA - Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente
38. UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme*)
39. USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey*)
40. WTO - Organização Mundial do Comércio (*World Trade Organization*)
41. WWF - Fundo Mundial para a Natureza (*World Wide Fund for Nature*)

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

SUMÁRIO

Agradecimentos	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE SIGLAS	x
1. INTRODUÇÃO	2
1.1. OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.2. PROBLEMÁTICA DO PLÁSTICO NOS OCEANOS	2
1.3. OBJETO DE ESTUDO	3
1.4. A METODOLOGIA UTILIZADA	3
1.5. A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2. ECONOMIA CIRCULAR: CONCEITOS BÁSICOS	4
2.1. A IMPORTÂNCIA DA ECONOMIA CIRCULAR	5
3. O PLÁSTICO MARINHO E SEUS IMPACTES	6
3.1. IMPACTE DOS PLÁSTICOS NOS OCEANOS	11
3.2. IMPACTES AMBIENTAIS DO PLÁSTICO MARINHO	13
4. ESTUDO DE CASO	14
4.1. A INICIATIVA DA <i>THE OCEAN CLEANUP</i>	14
5. CONCLUSÕES	24

6. REFERÊNCIAS	25
----------------------	----

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é enunciado o tema da dissertação “Estratégias para a Gestão Sustentável dos Plásticos nos Oceanos: Um estudo de caso de implementação dos princípios da Economia Circular”. Além disso, incluem-se o objetivo geral e os objetivos específicos, problematização, objeto de estudo, metodologias utilizadas e a estrutura da dissertação.

1.1. OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral será identificar estratégias para a gestão sustentável dos plásticos nos oceanos, através da análise da implementação dos princípios da Economia Circular, numa organização. Para tanto:

- a. Identificar estratégias para a gestão sustentável dos plásticos nos oceanos
- b. Explorar as oportunidades oferecidas pela economia circular para repensar e redesenhar sistemas de produção, consumo e descarte de plásticos marinhos;
- c. Identificar a Implementação dos princípios da economia Circular na gestão dos oceanos
- d. Identificar a poluição dos plásticos nos oceanos

1.2. PROBLEMÁTICA DO PLÁSTICO NOS OCEANOS

A problemática do plástico é uma questão ambiental global. Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2016), o modelo linear de "produzir, usar e descartar" está conduzindo a um acúmulo insustentável de resíduos plásticos no meio ambiente. A economia circular surge como um modelo alternativo que enfatiza a importância da recirculação de recursos.

A economia circular é um modelo econômico regenerativo e sustentável que busca aproveitar o desperdício e promover o uso eficiente dos recursos. Nesse contexto, a gestão sustentável do plástico desempenha um papel crucial, uma vez que o plástico é um dos materiais mais utilizados na sociedade contemporânea, mas que também representa um grande desafio

ambiental devido à sua persistência no meio ambiente.

1.3. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta dissertação é identificar estratégias para a gestão sustentável dos plásticos nos oceanos: a implementação dos princípios da Economia Circular aplicado a um estudo de caso.

1.4. A METODOLOGIA UTILIZADA

A fim de concretizar o estudo proposto foi escolhida a empresa The Ocean Cleanup. Esta é uma organização ambiental sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras para remover o plástico do oceano, com foco especialmente nas grandes áreas de lixo marinho, como o Grande Pacífico de Lixo. Ela foi fundada por Boyan Slat em 2013, e seu objetivo é combater a poluição plástica nos oceanos, utilizando sistemas de coleta passiva que aproveitam as correntes oceânicas para capturar plásticos flutuantes. Apesar de ser uma organização sem fins lucrativos, a *The Ocean Cleanup* colabora com diversas empresas, governos e outras entidades para financiar e implementar seus projetos. Ela é conhecida por seus esforços em desenvolver soluções tecnológicas e por ser uma das principais referências na luta contra a poluição plástica marinha.

A *The Ocean Cleanup* possui uma iniciativa de redução da poluição marinha, em sua maioria por plásticos, alinhada às ideias da Economia Circular.

Também se seguiu uma linha de pesquisa de revisão de literatura, na qual foram lidos artigos e produções escritas de diversos autores.

Para recolha de dados foram utilizados os seguintes métodos:

- a) Recolha de informação secundária, através da análise de outras iniciativas que expõem suas informações em sítios na internet.
- b) Recolha de informação secundária em artigos acadêmicos para explicar os conceitos da Economia Circular e sua atualidade.

1.5. A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A fim de cumprir os objetivos propostos, o trabalho em seu cerne se dividiu em pontos explicativos sobre conceitos e sua utilização, culminando no estudo de caso, para tanto assim foi dividido: Introdução; Economia Circular: Conceitos Básicos; Importância da Economia Circular na Sustentabilidade Ambiental. O Plástico Marinho e seu Impacte nos Oceanos; Estudo de Caso; Revisão da Literatura; Conclusão.

2. ECONOMIA CIRCULAR: CONCEITOS BÁSICOS

A economia circular é um conceito que tem ganhado cada vez mais destaque nas discussões sobre sustentabilidade e gestão de recursos. Diferentemente do modelo linear tradicional de produção e consumo, baseado na extração, produção, utilização e descarte de recursos, a economia circular propõe um ciclo contínuo de reutilização, reciclagem e remanufatura de produtos, visando reduzir o desperdício e minimizar o impacto ambiental Ellen MacArthur Foundation (2013). Segundo a economia circular se baseia em doze princípios fundamentais, dos quais vale salientar três: a) eliminar resíduos e poluição; b) manter produtos e materiais em uso; e c) regenerar sistemas naturais. Esses princípios orientam a transição de uma economia linear para um modelo mais sustentável, onde os recursos são utilizados de forma mais inteligente e responsável (*op. Cit.*).

Walter Stahel é frequentemente creditado por cunhar o termo "economia circular" na década de 1970 (na sua obra "*Cradle to Cradle*"). A referência mais específica, porém, não mais antiga, remonta a 1982, quando Stahel publicou o relatório "*The Potential for Substituting Manpower for Energy*," no qual ele desenvolveu e promoveu o conceito. Portanto, o termo começou a ser popularizado a partir de 1982, e Peter Lacy e Jakob Rutqvist, em seu livro "*Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*" (2015), destacam a importância da economia circular como uma abordagem inovadora para repensar a forma como produzimos, consumimos e descartamos produtos.

Na economia circular, os resíduos são vistos como recursos potenciais a serem reintegrados no ciclo produtivo, incentivando a inovação em design de produtos, novos modelos de negócios e parcerias colaborativas ao longo da cadeia de valor. A ideia de "lixo zero" e a maximização da eficiência no uso de recursos são pilares essenciais para a transição rumo a uma economia mais sustentável e resiliente.

Neste contexto, a gestão sustentável do plástico na economia circular se torna um desafio e uma oportunidade para repensar a forma como produzimos, utilizamos e descartamos esse material tão onipresente em nossa sociedade. Estratégias como a redução do uso de plástico, a reciclagem e a produção de plásticos biodegradáveis são algumas das abordagens possíveis para promover a circularidade desse material e mitigar os impactos ambientais associados à sua produção e descarte. Dessa forma, a compreensão dos fundamentos da economia circular é essencial para orientar a implementação de estratégias eficazes para a gestão sustentável do plástico, promovendo a transição para um modelo de produção e consumo mais responsável e alinhado com os princípios da sustentabilidade ambiental. A economia circular é um modelo econômico regenerativo e sustentável que busca minimizar o desperdício e promover o uso eficiente dos recursos. Nesse contexto, a gestão sustentável do plástico desempenha um papel crucial, uma vez que o plástico é um dos materiais mais utilizados na sociedade contemporânea, mas que também representa um grande desafio ambiental devido à sua persistência no meio ambiente.

2.1. A IMPORTÂNCIA DA ECONOMIA CIRCULAR

A busca por soluções sustentáveis para enfrentar os desafios ambientais globais tem sido uma prioridade crescente nas últimas décadas. Nesse contexto, a economia circular tem se destacado como uma abordagem fundamental para promover a sustentabilidade ambiental.

Uma das principais vantagens da economia circular é a redução do consumo de recursos naturais finitos. De acordo a Ellen MacArthur Foundation (2015), a implementação de princípios circulares poderia reduzir até 70% a demanda por materiais virgens até 2030. Além disso, a economia circular tem o potencial de gerar benefícios econômicos significativos. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 2018 estimou que a transição para a economia circular poderia adicionar até US\$ 2 milhões de milhões à economia global até

2030. As políticas governamentais desempenham um papel crucial na promoção da economia circular. Em janeiro de 2020, a União Europeia adotou o Plano de Ação para a Economia Circular, estabelecendo metas ambiciosas para aumentar a eficiência dos recursos e promover a reciclagem. Outros países, como o Japão e a China, também têm implementado medidas para incentivar a adoção de práticas circulares.

No entanto, apesar dos progressos realizados, ainda há desafios a serem superados na transição para uma economia circular. A falta de infraestrutura adequada para reciclagem, a resistência das indústrias tradicionais e a falta de conscientização pública são alguns dos obstáculos enfrentados. No entanto, com o aumento da conscientização sobre os impactos ambientais das atividades humanas, espera-se que a demanda por soluções circulares continue a crescer.

3. O PLÁSTICO MARINHO E SEUS IMPACTES

A crise ambiental das ilhas¹ de plástico nos oceanos tem sua origem diretamente associada à crescente produção e ao descarte inadequado de resíduos plásticos nas últimas décadas. Desde a invenção do plástico no final do século XIX, seu uso tem aumentado exponencialmente, especialmente após a Segunda Guerra Mundial. Em 1950, a produção mundial de plástico era de apenas 2 milhões de toneladas, mas em 2015 esse número saltou para 381 milhões de toneladas anuais, demonstrando o crescimento avassalador da indústria do plástico (Geyer *et al.*, 2017). Atualmente se produz mais de 450 milhões de toneladas². Esse aumento na produção trouxe consigo um aumento proporcional na quantidade de resíduos plásticos, muitos dos quais acabam nos oceanos devido à má gestão de resíduos e práticas inadequadas de descarte. Os resíduos plásticos chegam aos oceanos de diversas fontes. As atividades terrestres, como o descarte inadequado de lixo em áreas urbanas e a gestão ineficaz de resíduos em regiões costeiras são

¹ Referir-mo-nos a “ilhas de plástico” quando falamos das grandes concentrações de plástico no oceano é uma forma desatualizada/errada de o fazermos. Não se trata de ilhas ou concentrações sólidas que possamos pisar. Querendo utilizar uma analogia, o melhor seria falar-se de uma “sopa de plástico”, já que o meio onde se encontram os plásticos é líquido e os objectos são de várias dimensões, podendo ou não flutuar.

² Disponível em <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

responsáveis de forma majoritária. Estima-se que entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas de plástico entrem nos oceanos a cada ano, sendo que a maior parte provém de países com sistemas de gestão de resíduos insuficientes, como China, Indonésia, Filipinas, Vietnã e Tailândia (Jambeck *et al.*, 2015). Esses resíduos são levados pelas correntes oceânicas e se acumulam em áreas conhecidas como giros oceânicos, grandes sistemas de correntes marinhas circulares. A Grande Mancha de Lixo do Pacífico é a mais notória dessas acumulações e cobre uma área estimada de 1,6 milhão de quilômetros quadrados, uma área maior do que o estado do Texas (Lebreton *et al.*, 2018).

Há também a parte que diz respeito aos rios, segundo estudo, do total de 100.887 saídas de rios e córregos incluídas, constatou-se que 31.904 locais emitem resíduos plásticos no oceano, com vazamento de 1,0 (0,8 a 2,7) milhão de toneladas métricas para o ambiente marinho em 2015. Mais de 1000 rios são responsáveis por 80% das emissões globais de plástico fluvial para o oceano³

O desenvolvimento das ilhas de plástico nos oceanos é facilitado pela durabilidade do plástico. Este material é resistente à degradação natural e pode persistir no ambiente por centenas de anos. A combinação da durabilidade do plástico com sua leveza faz com que ele flutue facilmente, sendo transportado por grandes distâncias pelas correntes marinhas. Assim, plásticos descartados em um continente podem acabar em costas distantes ou em pleno oceano, contribuindo para a formação dessas ilhas (Ryan, 2015). Estudos indicam que até 60% dos plásticos nos oceanos provêm de apenas cinco países asiáticos, o que destaca a importância de sistemas eficazes de gestão de resíduos como uma solução parcial para este problema global (Schmidt *et al.*, 2017). A composição dessas ilhas de plástico é variada. Elas são formadas por detritos de diversos tamanhos, desde grandes pedaços de redes de pesca abandonadas até microplásticos, pequenas partículas resultantes da degradação de plásticos maiores. Esses microplásticos, que representam uma fração significativa da poluição marinha, são particularmente preocupantes porque podem ser ingeridos por organismos marinhos em todos os níveis da cadeia alimentar, causando danos à saúde desses organismos e potencialmente chegando aos seres humanos por meio do consumo de frutos do mar contaminados (Wright *et al.*, 2013).

Microplásticos podem bloquear a luz solar, afetando a fotossíntese de fitoplânctons, que são responsáveis por 50% da produção de oxigênio da Terra, a presença de microplásticos reduz

³Disponível em <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803>

a eficiência da fotossíntese em até 40% (Rochman *et al.*, 2016). A decomposição do plástico libera nutrientes e químicos que podem alterar os ciclos naturais. Indicando que a liberação de aditivos plásticos interfere nos ciclos de nitrogênio e fósforo nos oceanos (Rochman *et al.*, 2017)

Tacharod⁴ introduz em seu trabalho sobre microplásticos e meio ambiente:

A produção global de plásticos aumentou significativamente nas últimas décadas. As partículas de microplásticos têm estado presentes no ambiente marinho desde o início da década de 1970 (Carpenter *et al.*, 1972; Carpenter e Smith Jr., 1972). Devido às suas inúmeras aplicações, o uso do plástico tem crescido exponencialmente desde a década de 1950 (Vaid *et al.*, 2021). A maioria dos polímeros naturais outrora utilizados no cotidiano foi substituída por plásticos, devido à sua elevada durabilidade, inércia química e custo relativamente acessível. Contudo, aquilo que outrora foi encarado como uma bênção para a humanidade está a transformar-se numa maldição, devido ao uso excessivo deste polímero sintético e à enorme quantidade de resíduos plásticos que tem gerado. A situação agrava-se com a difícil degradação natural deste material, que leva à sua acumulação em praticamente todos os ecossistemas (Mcnutt, 2017). Os plásticos à base de politereftalato de etileno (PET) apresentam um elevado grau de cristalinidade (30–50%), o que constitui uma das principais razões para a sua lenta degradação microbiana. No ambiente natural, a sua degradação completa poderá demorar mais de 50 anos, e até centenas de anos se forem descartados nos oceanos, devido à menor temperatura e ausência de oxigénio (Mohan et al., 2020). Os processos naturais de biodegradação são altamente resistentes a polímeros derivados do petróleo (petropolímeros), como o polietileno (PE), o PET, o poliuretano (PU), o poliestireno (PS), o polipropileno (PP) e o policloreto de vinilo (PVC). As semividas ambientais dos plásticos podem variar entre dias e séculos, dependendo do tipo de polímero e das condições ambientais envolventes (Ward *et al.*, 2019), sendo que a maioria ainda não foi devidamente avaliada cientificamente. De acordo com Andrady (2017), a maioria da fragmentação plástica ocorre em terra, devido às temperaturas mais elevadas, forças de fricção e exposição à radiação UV. Os plásticos que atingem os ecossistemas marinhos podem persistir durante anos e, eventualmente, fragmentam-se, originando microplásticos (<5 mm) (Espinosa *et al.*, 2016; Thacharodi *et al.*, 2023a). Estudos recentes avaliaram as taxas de degradação e semividas de diversos plásticos em ambientes naturais, demonstrando que sacos de plástico de polietileno de baixa densidade (com 100 µm de espessura) e garrafas de plástico de polietileno de alta densidade (com 500 µm de espessura) possuem semividas de 3,4 e 58 anos, respetivamente, em ambientes marinhos (Wei *et al.*, 2021). Nos últimos anos, os microplásticos no ambiente têm suscitado uma crescente atenção, tornando-se um tema de investigação recorrente (Wright *et al.*, 2013b; Bhat *et al.*, 2022b, 2023a). A variação do pH no oceano pode alterar o equilíbrio químico dos microplásticos, aumentando ou diminuindo a taxa de lixiviação de compostos químicos da sua superfície, tornando o PE – atualmente considerado inofensivo – potencialmente perigoso num futuro próximo (Piccardo *et al.*, 2020). Os microplásticos são um poluente marinho comum nos ecossistemas aquáticos devido à sua persistência e flutuabilidade, funcionando como veículos para a transferência de contaminantes para os organismos aquáticos (Rodrigues *et al.*, 2019). Devido à sua reduzida dimensão, os microplásticos são ingeridos por uma vasta gama de organismos aquáticos, provocando alterações fisiológicas que, por via da cadeia alimentar, acabam por afetar também os seres humanos. Existe, assim, um risco substancial de transmissão de partículas plásticas microscópicas aos seres humanos (Saha *et al.*, 2021; Eraslan *et al.*, 2022, 2023). Estudos revelaram a presença de microplásticos em água da torneira, sal marinho e água engarrafada (Selvam *et al.*, 2020; Tong *et al.*, 2020). Microplásticos foram também identificados em fezes humanas

⁴Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479723022211#:~:text=The%20persistence%20and%20accumulation%20of,of%20organisms%20to%20microplastic%20toxicity>

(Zhang et al., 2021a) e na placenta (Ragusa et al., 2021). Estes têm demonstrado efeitos adversos significativos sobre os organismos aquáticos a nível global (Marn et al., 2020; Sumudumali e Jayawardana, 2021). Adicionalmente, a adsorção de diversos poluentes perigosos, incluindo metais pesados e contaminantes orgânicos, intensifica os efeitos tóxicos dos microplásticos. Consequentemente, os microplásticos estão associados não apenas a toxicidade física (devido à ingestão e aos seus efeitos sobre órgãos vitais), mas também a toxicidade química e por metais, aumentando de forma considerável o seu potencial nocivo. A libertação descontrolada de microplásticos nos habitats aquáticos deve ser eficazmente gerida, dada a multiplicidade de problemas associados à poluição por microplásticos. Apesar de inúmeros estudos já terem abordado a sua quantificação, é fundamental salientar que não existem métodos padronizados para a amostragem, pré-tratamento, identificação ou quantificação dos microplásticos. Assim, torna-se imperioso normalizar e harmonizar os métodos de amostragem e processamento, com vista à comparação de dados entre estudos distintos, ao monitoramento da poluição e à salvaguarda da integridade biológica dos ecossistemas aquáticos (Adomat e Grischek, 2021; Sumudumali e Jayawardana, 2021). O objetivo desta revisão consiste em sensibilizar a comunidade científica para o facto de que o impacto dos microplásticos no nosso ecossistema é significativamente mais preocupante do que anteriormente se julgava. Além disso, este trabalho de revisão aborda detalhadamente o destino e a toxicidade dos microplásticos nos organismos vivos. Foram também analisadas várias estratégias de gestão implementadas por diferentes países, bem como o uso de microrganismos inovadores para a remediação de microplásticos, com o intuito de alcançar um certo consenso na minimização da poluição por microplásticos.

Os microplásticos também chegam às terras agrícolas por meio do lodo das estações de tratamento de esgoto usado como fertilizante, sendo posteriormente levado para rios e córregos pelo escoamento superficial das águas pluviais. Além disso, devido ao seu pequeno tamanho, elas podem ser transportadas pelo vento. Essas partículas já foram detectadas em alimentos como mel, chá e açúcar, assim como em frutas e vegetais⁵.

A origem das ilhas de plástico nos oceanos também pode ser relacionada a práticas industriais inadequadas, como o descarte de resíduos plásticos durante o transporte marítimo e a pesca. Redes de pesca perdidas ou descartadas, conhecidas como "redes fantasmas", são uma das principais fontes de plástico nos oceanos. Estas redes continuam a capturar peixes e outras espécies marinhas de forma indiscriminada por anos, mesmo após terem sido abandonadas. Um relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima que 640 mil toneladas de equipamentos de pesca que são perdidas no mar anualmente, contribuindo significativamente para a poluição plástica (Macfadyen *et al.*, 2009).

As ilhas de plástico são um produto de práticas globais de consumo e descarte insustentáveis. Elas não são apenas uma evidência visível da nossa dependência excessiva de

⁵ Disponível em <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/microplasticos-ameaca-a-saude#:~:text=Os%20micropl%C3%A1sticos%20s%C3%A3o%20part%C3%ADculas%20de%20pl%C3%A1stico%20com,fiocabelo%20humano%2C%20a%20cinco%20mil%20metros.&text=Esse%20ac%C3%80mulo%20de%20res%C3%ADduos%20cobre%20uma%20%C3%A1rea,em%20constante%20movimento%20com%20as%20correntes%20oce%C3%A2nicas.>

plásticos, mas também um símbolo das falhas dos sistemas de gestão de resíduos em escala global. A crise se agrava devido à resistência do plástico à biodegradação e à sua capacidade de persistir no ambiente por longos períodos, acumulando-se em áreas onde as correntes oceânicas convergem. Esta convergência cria as condições ideais para a formação dessas enormes massas de resíduos flutuantes, que têm efeitos devastadores sobre a vida marinha e os ecossistemas oceânicos (Eriksen *et al.*, 2014).

A questão das ilhas de plástico é um problema global que requer uma resposta coordenada. Iniciativas internacionais, como a Convenção MARPOL, que regulamenta a poluição marinha por navios, são passos importantes, mas claramente insuficientes para resolver o problema por completo. A reciclagem de plásticos e o desenvolvimento de alternativas biodegradáveis são essenciais para reduzir a quantidade de plástico que entra nos oceanos. Além disso, é fundamental aumentar a conscientização pública e a educação sobre os impactos ambientais do plástico para promover mudanças de comportamento em escala global (Hopewell *et al.*, 2009). Apesar dos esforços em andamento para mitigar a poluição plástica, a solução definitiva para as ilhas de plástico exige uma mudança radical nas práticas de consumo e gestão de resíduos. Os países precisam adotar políticas mais rigorosas para reduzir a produção e o descarte de plásticos, e as indústrias devem investir em inovação para desenvolver materiais mais sustentáveis. A colaboração internacional é essencial, pois os oceanos não reconhecem fronteiras nacionais, e o plástico descartado em um país pode facilmente se tornar o problema de outro (UNEP, 2018). As ilhas de plástico são uma lembrança palpável do impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente. Elas servem como um alerta urgente para a necessidade de mudanças em nossas práticas de produção, consumo e descarte. A menos que medidas drásticas sejam tomadas, a quantidade de plástico nos oceanos continuará a crescer, com consequências imprevisíveis para os ecossistemas marinhos e, em última análise, para a humanidade.

A resolução⁶ “Acabar com a poluição plástica: rumo a um instrumento internacional juridicamente vinculante”, é um passo histórico no qual Estados membros irão negociar medidas que deverão abordar todo o ciclo de vida do plástico, incluindo extração de matérias-primas, sua produção, transporte, uso, descarte e remediação. Em março de 2022, a Assembleia das Nações

⁶ Tratado Global sobre Plásticos, disponível em <https://residuozero.org.br/tratado-plastico/#:~:text=O%20Tratado%20Global%20sobre%20Pl%C3%A1sticos%20deve%20se%20concentrar%20na%20redu%C3%A7%C3%A3o,base%20biol%C3%B3gica%2C%20biodegrad%C3%A1vel%20ou%20compost%C3%A1vel.&text=O%20tratado%20global%20sobre%20pl%C3%A1sticos%20oferece%20uma%20oportunidade%20importante%20para,r%C3%A1pida%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20pl%C3%A1stico.&text=A%20transi%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20economia,coleta%20e%20reciclagem%20de%20res%C3%ADduos>.

Unidas para o Meio Ambiente (UNEA 5.2) aprovou o mandato para a criação do primeiro tratado de plásticos para combate à poluição plástica, um acordo internacional que deve ser negociado até o final de 2024. Para este propósito, foram definidos 5 Comitês Intergovernamentais de Negociação (em inglês, INCs) de consultas regionais dos Estados membros da ONU para negociação e de partes interessadas para reunir contribuições para a construção de um texto final que contemple todos os pontos apresentados. A jornada inclui fóruns nos quais delegados nacionais, representantes da indústria, ONGs, grupos de campanha e cientistas se reúnem para trocar conhecimentos e informações. Para garantir que o Tratado Global de Plásticos possua uma ambição que seja proporcional a atual crise por plásticos, a sociedade civil deverá pressionar governos para garantir que:

- ✓ Inclua metas de redução da produção dos plásticos;
- ✓ Elimine substâncias tóxicas dispensáveis no ciclo de vida do plástico;
- ✓ Exclua falsas soluções, como a incineração e reciclagem química;
- ✓ Amplie as soluções resíduo zero, como a redução e reutilização;
- ✓ Garanta uma transição justa para os catadores de materiais recicláveis.

3.1. IMPACTE DOS PLÁSTICOS NOS OCEANOS

Este texto examinará o impacto do plástico nos oceanos, incluindo suas consequências ambientais, econômicas e sociais. O plástico nos oceanos tem uma série de consequências ambientais adversas.

A decomposição do plástico também é uma preocupação ambiental importante. Embora o plástico seja tecnicamente "degradável", ele se decompõe em microplásticos, que são partículas extremamente pequenas que podem persistir no ambiente marinho por centenas de anos. Esses microplásticos podem ser ingeridos por organismos marinhos e, eventualmente, entrar na cadeia alimentar, representando uma ameaça tanto para a vida marinha quanto para os seres humanos que consomem frutos do mar.

O impacto econômico do plástico nos oceanos é significativo. Por um lado, a poluição plástica pode afetar setores econômicos importantes, como o turismo costeiro e a pesca. Praias contaminadas com lixo plástico podem afugentar turistas e prejudicar a indústria do turismo em

regiões costeiras. A *Surfrider Foundation*, por meio de suas campanhas de limpeza de praias, e a *Ocean Conservancy*, com o evento anual *International Coastal Cleanup*, têm coletado dados cruciais sobre a poluição marinha em nível global. Em 2025, mais de 29.000 mil voluntários da *Surfrider* participaram de 928 limpezas, removendo aproximadamente 13.500 *kg de resíduos*, como plásticos, garrafas, bitucas de cigarro e redes de pesca, nas praias de diversas regiões.

No Brasil, em Angra dos Reis, mais de 1.200 kg de resíduos foram retirados, destacando-se a presença de isopor, garrafas plásticas e latas de tinta. De forma semelhante, a *Ocean Conservancy*, em 2020, removeu cerca de 50 milhões de kg de resíduos durante o *International Coastal Cleanup*, representando um aumento significativo em relação aos 23 milhões de kg removidos em 2019. Em 2018, o evento retirou cerca de 20 milhões de kg de lixo das praias. Esses números evidenciam a magnitude e a persistência da poluição marinha, especialmente com relação ao plástico descartável, como garrafas, tampas e sacolas, além das redes de pesca, que representam uma séria ameaça à fauna marinha. Além disso, redes de pesca e equipamentos de pesca frequentemente ficam presos em detritos plásticos, resultando em perdas econômicas para pescadores. Por outro lado, o custo de limpar e mitigar a poluição plástica também representa uma carga econômica significativa para os governos e as comunidades locais. Estima-se que "os custos associados à limpeza de praias e à remoção de plástico dos oceanos cheguem a bilhões de dólares anualmente em todo o mundo" (Jambeck *et al.*, 2015).

No entanto, entre as décadas de 1970 e 1990, a geração de resíduos plásticos aumentou drasticamente, refletindo um aumento na produção. E no início dos anos 2000, a geração de resíduos plásticos disparou, ultrapassando a produção combinada dos 40 anos anteriores⁷.

Os impactos ambientais do plástico marinho são vastos e afetam diretamente a saúde dos ecossistemas oceânicos. O plástico nos oceanos prejudica a vida marinha, altera habitats e pode causar a introdução de substâncias tóxicas no ambiente. Cerca de 90% das aves marinhas têm fragmentos de plástico em seus estômagos. (Wilcox *et al.*, 2015).

Os mamíferos marinhos, como golfinhos e baleias, frequentemente ingerem plástico, resultando em bloqueios digestivos e morte. Em 2019, uma baleia cachalote foi encontrada morta nas Filipinas com 40 kg de plástico em seu estômago. Os microplásticos foram encontrados em 100% dos plânctons examinados em uma pesquisa de 2017 publicada na *Environmental Pollution*, afetando a base da cadeia alimentar marinha. Um estudo de 2018 publicado na *Science* descobriu que a probabilidade de doença nos corais aumenta de 4% para 89% quando em contato

⁷ Disponível em <https://www.green.earth/plastic-pollution#:~:text=Custos%20econ%C3%B4micos,pesca%20e%20aos%20ecossistemas%20marinhos.>

com plástico.

3.2. IMPACTES AMBIENTAIS DO PLÁSTICO MARINHO

Plásticos marinhos adsorvem poluentes orgânicos persistentes (POPs) como PCB e DDT, que são extremamente tóxicos. Esses POPs são então liberados no ambiente marinho, prejudicando organismos aquáticos. Plásticos com POPs tem 10 vezes mais chances de serem ingeridos por animais marinhos do que os sem POPs (Rochman *et al.*, 2013)

A contínua acumulação de plástico nos oceanos leva à formação de “ilhas de lixo”, como a Grande Mancha de Lixo do Pacífico, que possui uma área de 1,6 milhão de quilômetros quadrados. Plásticos flutuantes podem alterar as correntes oceânicas, influenciando o clima global. O autor Geyer (2018) sugeriu que a acumulação de plástico pode alterar a salinidade e a temperatura da água, impactando as correntes marinhas.

Plásticos levam centenas de anos para se decompor completamente. Estima-se que uma garrafa plástica pode levar até 450 anos para se decompor no ambiente marinho⁸. Essa é a estimativa da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA) dos EUA e do Woods Hole Sea Grant, que compilaram dados mostrando o tempo que os detritos marinhos artificiais levam para se biodegradar no mar.

⁸ Disponível em <https://www.weforum.org/stories/2018/11/chart-of-the-day-this-is-how-long-everyday-plastic-items-last-in-the-ocean/#:~:text=Mas%20o%20oceano%20leva%20450,para%20se%20biodegradar%20no%20mar.>

4. ESTUDO DE CASO

4.1. A INICIATIVA DA *THE OCEAN CLEANUP*

A economia linear e a economia circular representam dois modelos distintos de organização da produção e consumo de bens, cada um com implicações profundas para o meio ambiente e, particularmente, para os problemas relacionados ao plástico marinho.

Na economia linear, o modelo tradicional que ainda predomina em grande parte das indústrias globais, os recursos naturais são extraídos, transformados em produtos, consumidos e, finalmente, descartados como resíduos. Esse ciclo de "extrair-produzir-descartar" é uma das principais causas da crescente quantidade de lixo plástico nos oceanos. Estima-se que cerca de 8 milhões de toneladas de plástico entram no mar a cada ano, impactando a vida marinha e os ecossistemas oceânicos.

Já na economia circular, a proposta é repensar esse ciclo. Em vez de simplesmente descartar o produto ao fim de sua vida útil, o modelo circular propõe que ele seja reciclado, reusado ou remanufaturado, prolongando seu ciclo de vida e minimizando o desperdício. Ao adotar esse modelo, a quantidade de resíduos plásticos que chega aos oceanos poderia ser drasticamente reduzida. Além disso, a economia circular incentiva a inovação na criação de plásticos biodegradáveis ou reutilizáveis, que não comprometem os ecossistemas marinhos de forma permanente.

O impacto ambiental do plástico marinho é devastador. As partículas plásticas são ingeridas por uma variedade de espécies marinhas, afetando sua saúde e, por consequência, toda a cadeia alimentar. Além disso, os plásticos fragmentam-se em microplásticos, que se dispersam em grandes volumes, tornando a limpeza dos oceanos uma tarefa quase impossível. Animais marinhos, como tartarugas, aves e mamíferos, confundem o plástico com alimentos, levando a problemas de obstrução e envenenamento, o que pode resultar em morte.

O desafio é grande, mas a transição de uma economia linear para uma economia circular pode representar uma solução eficaz para mitigar esse problema. Ao adotar práticas circulares, empresas e consumidores podem reduzir a demanda por plástico virgem e fomentar a reutilização e reciclagem de plásticos, diminuindo assim os resíduos que acabam nos oceanos.

Em resumo, enquanto a economia linear tem sido um dos principais motores da poluição plástica marinha, a economia circular oferece um caminho promissor para reduzir o impacto ambiental do plástico. A mudança para modelos de produção e consumo mais sustentáveis é essencial para garantir a saúde dos oceanos e das espécies marinhas, além de promover a

preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

A economia linear e a economia circular representam dois modelos distintos de organização da produção e consumo de bens, cada um com implicações profundas para o meio ambiente e, particularmente, para os problemas relacionados ao plástico marinho.

Na economia linear, o modelo tradicional que ainda predomina em grande parte das indústrias globais, os recursos naturais são extraídos, transformados em produtos, consumidos e, finalmente, descartados como resíduos. Esse ciclo de "extrair-produzir-descartar" é uma das principais causas da crescente quantidade de lixo plástico nos oceanos. Estima-se que cerca de 8 milhões de toneladas de plástico entram no mar a cada ano, impactando a vida marinha e os ecossistemas oceânicos (Jambeck *et al.*, 2015).

Já na economia circular, a proposta é repensar esse ciclo. Em vez de simplesmente descartar o produto ao fim de sua vida útil, o modelo circular propõe que ele seja reciclado, reusado ou remanufaturado, prolongando seu ciclo de vida e minimizando o desperdício. Ao adotar esse modelo, a quantidade de resíduos plásticos que chega aos oceanos poderia ser drasticamente reduzida. Além disso, a economia circular incentiva a inovação na criação de plásticos biodegradáveis ou reutilizáveis, que não comprometem os ecossistemas marinhos de forma permanente (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

O impacto ambiental do plástico marinho é devastador. As partículas plásticas são ingeridas por uma variedade de espécies marinhas, afetando sua saúde e, por consequência, toda a cadeia alimentar. Além disso, os plásticos fragmentam-se em microplásticos, que se dispersam em grandes volumes, tornando a limpeza dos oceanos uma tarefa quase impossível. Animais marinhos, como tartarugas, aves e mamíferos, confundem o plástico com alimentos, levando a problemas de obstrução e envenenamento, o que pode resultar em morte (Rochman *et al.*, 2013).

O desafio é grande, mas a transição de uma economia linear para uma economia circular pode representar uma solução eficaz para mitigar esse problema. Ao adotar práticas circulares, empresas e consumidores podem reduzir a demanda por plástico virgem e fomentar a reutilização e reciclagem de plásticos, diminuindo assim os resíduos que acabam nos oceanos.

Em resumo, enquanto a economia linear tem sido um dos principais motores da poluição plástica marinha, a economia circular oferece um caminho promissor para reduzir o impacto ambiental do plástico. A mudança para modelos de produção e consumo mais sustentáveis é essencial para garantir a saúde dos oceanos e das espécies marinhas, além de promover a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

Pearce e Turner (1990) definem a economia circular como um sistema de recursos fechados onde o valor dos produtos, materiais e recursos é mantido na economia pelo máximo

tempo possível.

Além disso, políticas públicas e campanhas de conscientização têm ganhado força para incentivar a mudança no comportamento do consumidor e das empresas. Em muitas cidades e países, foram implementadas restrições ou até proibições ao uso de plásticos descartáveis, estimulando a adoção de alternativas mais ecológicas.

A reciclagem avançada é outra estratégia importante para a economia circular no combate à poluição plástica. As tecnologias de reciclagem tradicionais enfrentam limitações, principalmente em relação à qualidade do plástico reciclado e à complexidade dos diferentes tipos de plásticos. No entanto, a inovação tecnológica tem impulsionado o desenvolvimento de processos mais eficientes, como a reciclagem química, que permite a decomposição do plástico em seus componentes originais, tornando-o possível de ser reutilizado em novos produtos com a mesma qualidade do material virgem (Hopewell *et al.*, 2009).

Outra inovação relevante é o uso de bioplásticos, materiais que podem ser fabricados a partir de recursos renováveis e que possuem características semelhantes aos plásticos convencionais, mas com menor impacto ambiental. A combinação de reciclagem avançada com a inovação em bioplásticos pode criar um ciclo de vida mais fechado para os plásticos, reduzindo a dependência de plásticos virgens e diminuindo a quantidade de resíduos no meio ambiente.

Os modelos de logística reversa são fundamentais para a economia circular no que diz respeito à gestão de resíduos plásticos. A logística reversa envolve a coleta e o reaproveitamento de produtos no fim de sua vida útil, promovendo o retorno desses produtos para o processo produtivo. Esse modelo garante que materiais recicláveis, como plásticos, sejam recuperados e reintegrados à cadeia de produção, evitando que se tornem lixo.

Uma das iniciativas de logística reversa de maior sucesso é a coleta seletiva e os sistemas de pontos de retorno para embalagens plásticas, como garrafas PET (*polyethylene terephthalate*). Exemplos de empresas que aplicam esse modelo incluem a Coca-Cola, que tem investido na recuperação e reciclagem de suas embalagens, e a Unilever, que trabalha em parceria com outras empresas para coletar e reaproveitar plásticos utilizados em seus produtos (Tomo, 2020). Essas iniciativas, aliadas a políticas públicas que incentivam a reciclagem e o reaproveitamento de materiais, podem aumentar significativamente as taxas de reciclagem e reduzir a quantidade de resíduos plásticos.

Por fim, o design sustentável é uma estratégia essencial para garantir que os produtos sejam mais facilmente recicláveis e reutilizáveis. O design de produtos com foco na sustentabilidade pode incluir a escolha de materiais recicláveis, a minimização de componentes de difícil reciclagem e a criação de produtos com menor impacto ambiental durante seu ciclo de

vida (McKinsey & Company, 2016). Além disso, o uso de materiais alternativos, como plásticos biodegradáveis ou feitos de fontes renováveis, pode reduzir a dependência de plásticos derivados do petróleo.

A moda circular e o design de produtos com a intenção de reutilizá-los ao longo de seu ciclo de vida são exemplos de abordagens que podem contribuir para a redução de resíduos plásticos. Indústrias como a têxtil, por exemplo, têm investido no uso de plásticos reciclados para fabricar tecidos, criando um mercado de produtos mais sustentáveis (Bocken *et al.*, 2016).

As estratégias da economia circular aplicadas à poluição plástica oferecem um caminho promissor para mitigar o impacto ambiental desse material. A redução e substituição de plásticos descartáveis, a reciclagem avançada, a inovação tecnológica, os modelos de logística reversa e o design sustentável são componentes-chave para a criação de um ciclo fechado de produção e consumo. No entanto, é essencial que essas estratégias sejam implementadas de forma coordenada e integrada, com a colaboração de governos, empresas e consumidores, para garantir um futuro com menos plástico no meio ambiente e mais recursos reciclados e reutilizados.

A crescente poluição plástica nos oceanos tem levado a uma série de iniciativas globais para mitigar esse problema ambiental. As empresas, organizações e governos estão se unindo em esforços para reduzir a quantidade de plástico marinho, promover a reciclagem e o reaproveitamento, e criar soluções para remover os plásticos já dispersos nos ecossistemas marinhos. Entre as iniciativas mais destacadas, estão as ações de organizações como o Parley for the Oceans, projetos inovadores como o Seabin e The Ocean Cleanup, e as políticas públicas e regulamentações internacionais que estão moldando a governança do plástico marinho.

A *Parley for the Oceans* é uma iniciativa global que conecta criadores, pensadores e líderes empresariais em uma missão comum de reduzir a poluição marinha e proteger os oceanos. Fundado em 2012, a Parley promove a "*Parley AIR Strategy*", que envolve quatro ações principais: *Avoid*, *Intercept*, *Recycle* (Evitar, Interceptar e Reciclar). A organização trabalha com empresas, como a Adidas, para desenvolver produtos feitos de plásticos retirados dos oceanos. O projeto "*Parley Ocean Plastic*" transforma resíduos plásticos retirados do mar em materiais de alta qualidade para a produção de tênis, roupas e acessórios, promovendo a economia circular e incentivando o design sustentável. A colaboração entre a Parley e outras empresas tem sido crucial para aumentar a conscientização e gerar mudanças significativas no setor da moda e esportes (Geyer *et al.*, 2017).

Além disso, a Parley promove eventos de conscientização e campanhas educacionais, incentivando ações diretas para combater a poluição plástica. A organização também apoia iniciativas locais para coletar e limpar resíduos plásticos, oferecendo uma plataforma para

sensibilizar a população sobre a importância de proteger os oceanos.

O Projeto Seabin é uma solução inovadora de remoção de plásticos marinhos, que utiliza "lixeiros flutuantes" instaladas em portos, marinas e áreas costeiras. Essas lixeiras são projetadas para capturar plásticos e outros detritos que flutuam na água, sem afetar a vida marinha. A cada mês, um Seabin pode coletar até 1,5 tonelada de lixo plástico, e o projeto já foi implantado em diversas localizações ao redor do mundo. A inovação do Seabin reside na capacidade de atuar de forma contínua e em grande escala, sem a necessidade de intervenção constante, tornando a coleta de resíduos mais eficiente em áreas específicas (Seabin Project, 2020).

Por sua vez, *The Ocean Cleanup* é uma iniciativa global com o objetivo de remover plásticos flutuantes dos oceanos de maneira automatizada. O projeto utiliza sistemas flutuantes que capturam plásticos em grandes áreas dos oceanos, especialmente na Grande Mancha de Lixo do Pacífico. O projeto utiliza uma tecnologia de coleta de plásticos em larga escala, que pode ser transportada por correntes oceânicas e coletar resíduos plásticos sem a necessidade de barcos ou manobras humanas intensivas (Slat, 2018). Embora o projeto tenha enfrentado desafios técnicos, ele representa um esforço significativo para criar soluções para a remoção de grandes volumes de lixo plástico já presente nos oceanos.

Em resposta à crescente crise da poluição plástica, muitos governos e organizações internacionais começaram a implementar políticas públicas e regulamentações para controlar o uso de plásticos e gerenciar sua poluição marinha. Um exemplo significativo é a Convenção de Basileia, que regula o comércio internacional de resíduos perigosos, incluindo plásticos, e estabelece normas para reduzir a exportação de plásticos para países em desenvolvimento, onde o tratamento inadequado de resíduos pode agravar a poluição ambiental.

Em 2019, a UNEP (United Nations Environment Programme) lançou uma resolução para combater a poluição plástica, com o objetivo de reduzir a produção e consumo de plásticos descartáveis e promover a reciclagem e a inovação em materiais alternativos. A resolução estabelece um compromisso entre países para reduzir a produção de plásticos de uso único e aumentar a taxa de reciclagem global (UNEP, 2019).

A União Europeia também tem desempenhado um papel de liderança na criação de políticas regulatórias para o controle da poluição plástica. A partir de 2021, a Diretiva de Plásticos de Uso Único da União Europeia entrou em vigor, com o objetivo de proibir a venda de plásticos de uso único, como canudos, talheres e pratos descartáveis, e reduzir a quantidade de plásticos não recicláveis no mercado. As políticas da UE visam estimular a inovação em plásticos alternativos e promover a economia circular, incentivando práticas mais sustentáveis entre os consumidores e as indústrias (European Commission, 2019).

As iniciativas globais de gestão de plástico marinho, como as da *Parley for the Oceans*, *Seabin e The Ocean Cleanup*, estão ajudando a enfrentar o problema da poluição plástica de forma inovadora e eficaz. Essas ações, aliadas a políticas públicas e regulamentações internacionais, estão promovendo uma mudança significativa na forma como a sociedade lida com os resíduos plásticos, tanto no que diz respeito à redução e substituição de plásticos descartáveis quanto à remoção dos plásticos já presentes nos oceanos. No entanto, é fundamental que essas iniciativas sejam apoiadas por políticas globais mais fortes e pela conscientização de todos os setores da sociedade, garantindo a proteção a longo prazo dos ecossistemas marinhos e a saúde do planeta.

O modelo adotado pela *The Ocean Cleanup* reflete uma abordagem tecnológica de captura de resíduos plásticos no oceano e nos rios, o que se alinha a estudos como o de Lebreton *et al.* (2018), que analisam a eficácia dessas tecnologias para reduzir a presença de macroplásticos em ecossistemas marinhos. No entanto, críticos como Dauvergne (2018) argumentam que a ênfase excessiva em soluções de limpeza pode desviar a atenção de medidas mais efetivas na fonte, como regulamentações mais rígidas e incentivos para reduzir a produção e o uso de plásticos descartáveis. Dessa forma, a implementação dos princípios da economia circular pela *The Ocean Cleanup* mostra-se um avanço, mas sua efetividade a longo prazo depende da integração com estratégias regulatórias e educacionais mais amplas.

A *Ocean Cleanup* é uma organização ambiental de engenharia sem fins lucrativos com sede na Holanda, que desenvolve tecnologia para extrair a poluição plástica dos oceanos e interceptá-la nos rios antes que ela chegue ao oceano. Após testes iniciais e prototipagem no Mar do Norte, eles implantaram seu primeiro protótipo em escala real na Grande Mancha de Lixo do Pacífico⁹.

Na página oficial da instituição encontramos: Todos os anos, milhões de toneladas de plástico entram nos oceanos, principalmente através dos rios. E o plástico que flutua nos oceanos não vai desaparecer por si só. Para resolver efetivamente o problema, precisamos tanto parar o fluxo de lixo dos rios, como remover os plásticos acumulados nos oceanos ao mesmo tempo. A *Ocean Cleanup*, uma organização sem fins lucrativos, está a desenvolver e a expandir tecnologias para livrar os oceanos do plástico. O nosso objetivo é desaparecer enquanto organização assim que os oceanos estiverem limpos¹⁰.

Diante de um cenário alarmante, surgem iniciativas inovadoras que buscam mitigar esse problema de poluição dos oceanos, sendo a *The Ocean Cleanup* uma das mais proeminentes. A organização tem como missão desenvolver e implementar tecnologias escaláveis para remover

⁹Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/The_Ocean_Cleanup

plástico dos oceanos e prevenir sua entrada por meio da limpeza de rios (Slat *et al.*, 2014). Seu principal método de atuação envolve sistemas passivos de coleta, que utilizam as correntes oceânicas para capturar resíduos plásticos de forma eficiente (*The Ocean Cleanup*, 2023). Além disso, em 2019, a organização expandiu sua atuação para a limpeza de rios, com o lançamento do Interceptor™, uma tecnologia autônoma projetada para evitar que o lixo atinja os oceanos (Lebreton *et al.*, 2019).

A escolha da *The Ocean Cleanup* como objeto deste estudo de caso justifica-se pela sua abordagem inovadora, pela escala global de suas operações e pelo impacto gerado na conscientização ambiental. Diferentemente de muitas iniciativas de limpeza marinha, a *The Ocean Cleanup* utiliza tecnologia de ponta e soluções baseadas em engenharia e modelagem computacional para otimizar sua eficiência (Kooi *et al.*, 2018). O estudo visa analisar suas estratégias, desafios e resultados, contribuindo para a compreensão da viabilidade e da efetividade desse tipo de iniciativa na preservação ambiental.

Estima-se que mais de 171 trilhões de partículas plásticas estejam atualmente flutuando nos oceanos, totalizando um peso superior a 2,3 milhões de toneladas (Bergmann *et al.*, 2022). Um dos exemplos mais alarmantes desse acúmulo é a Grande Mancha de Lixo do Pacífico, uma área de mais de 1,6 milhão de km² onde as correntes oceânicas concentram vastas quantidades de resíduos plásticos (Lebreton *et al.*, 2018). Esse acúmulo tem sérias consequências para a vida marinha, pois organismos podem ingerir partículas plásticas, sofrer lesões causadas por resíduos afiados ou se enredar em materiais descartados, resultando em mortes por sufocamento, inanição ou ferimentos graves (UNEP, 2021).

Além dos impactos ecológicos, a poluição plástica gera prejuízos econômicos anuais estimados entre US\$ 6 e 19 bilhões em setores como pesca, turismo e comércio marítimo, devido à degradação de áreas costeiras e danos a equipamentos pesqueiros (Deloitte, 2020). O microplástico, por sua vez, entra na cadeia alimentar e já foi identificado na água potável e até na corrente sanguínea humana, levantando preocupações sobre seus potenciais efeitos à saúde (Leslie *et al.*, 2022).

Diante dessa crise ambiental, a remoção de resíduos plásticos dos oceanos enfrenta desafios significativos. A dispersão dos plásticos ao longo de vastas áreas marítimas torna sua coleta extremamente difícil e custosa. Além disso, muitos plásticos se fragmentam em partículas microscópicas, dificultando ainda mais sua remoção (Koelmans *et al.*, 2017). Os métodos convencionais de limpeza, como redes de arrasto, são ineficientes para grandes superfícies e podem causar impactos negativos em organismos marinhos. Outro desafio crítico é a prevenção da entrada de plástico nos oceanos, já que cerca de 80% da poluição plástica tem origem em

fontes terrestres e é transportada para o mar através dos rios (Meijer *et al.*, 2021).

Nesse contexto, soluções inovadoras são necessárias para enfrentar a crise do lixo marinho de maneira eficaz e sustentável. A *The Ocean Cleanup* surge como uma alternativa promissora ao desenvolver tecnologias passivas para captura de plástico oceânico e sistemas de contenção em rios, buscando reduzir a poluição plástica de forma escalável e eficiente.

A *The Ocean Cleanup* adota uma abordagem inovadora e baseada em tecnologia para combater a poluição plástica nos oceanos e rios. Seu modelo de atuação combina sistemas passivos de limpeza, estratégias de prevenção da poluição e parcerias estratégicas para viabilizar suas operações. Esta seção analisa as principais soluções desenvolvidas pela organização, sua expansão para a limpeza de rios e as formas de financiamento do projeto.

Desde sua fundação, a *The Ocean Cleanup* tem se concentrado no desenvolvimento de sistemas passivos de coleta para remover plásticos dos oceanos. O conceito principal dessas tecnologias é utilizar as correntes marítimas para concentrar e capturar resíduos plásticos de forma eficiente e com baixo impacto ambiental.

Os primeiros protótipos foram testados na Grande Mancha de Lixo do Pacífico, uma das maiores áreas de acúmulo de plástico do mundo. Atualmente, a organização opera sistemas de limpeza de grande escala, como o System 002 ("Jenny"), que consiste em uma barreira flutuante em forma de "U" equipada com uma rede de retenção para capturar resíduos plásticos sem prejudicar a fauna marinha. A evolução desse sistema resultou no lançamento do System 03, uma versão maior e mais eficiente, capaz de capturar até 10.000 kg de plástico por operação (*The Ocean Cleanup*, 2023).

A tecnologia passiva utilizada pela organização difere das abordagens convencionais, como redes de arrasto, pois não exige combustível para operar ativamente, tornando-se uma solução mais sustentável. Além disso, os resíduos coletados são reciclados e utilizados na fabricação de produtos sustentáveis, como óculos de sol feitos com plástico oceânico.

Embora a remoção de plástico dos oceanos seja essencial, a *The Ocean Cleanup* reconheceu que cerca de 80% da poluição plástica marinha tem origem nos rios (Meijer *et al.*, 2021). Para atacar o problema na fonte, a organização desenvolveu o Interceptor™, um sistema autônomo projetado para capturar resíduos plásticos antes que cheguem ao mar.

O Interceptor™ é uma embarcação alimentada por energia solar, equipada com uma barreira flutuante que direciona os resíduos para um sistema de esteiras transportadoras. Os plásticos coletados são armazenados em compartimentos internos e posteriormente reciclados ou descartados de maneira adequada.

Até ao momento, a *The Ocean Cleanup* implementou o Interceptor™ em vários países,

incluindo Indonésia, Malásia, República Dominicana e Jamaica, priorizando os rios que mais contribuem para a poluição oceânica. O objetivo da organização é expandir essa tecnologia para os mil rios mais poluidores do mundo, que representam a maior parte do problema global.

A *The Ocean Cleanup* depende de um modelo de financiamento diversificado, baseado em doações, investimentos corporativos e parcerias estratégicas. Empresas como Coca-Cola, Maersk e Kia Motors são algumas das grandes corporações que apoiam a iniciativa, fornecendo financiamento, infraestrutura e apoio logístico. Além disso, a organização arrecada fundos por meio da venda de produtos feitos com plástico reciclado dos oceanos.

A colaboração com governos e instituições ambientais também desempenha um papel fundamental na expansão das operações. Em algumas regiões, a *The Ocean Cleanup* trabalha em conjunto com autoridades locais para implementar o Interceptor™ e criar políticas mais eficazes para reduzir o descarte de plásticos em rios e mares.

Além do suporte financeiro, a organização estabelece parcerias com instituições de pesquisa para aprimorar suas tecnologias. Universidades e centros de inovação contribuem com estudos sobre correntes oceânicas, comportamento do plástico no meio ambiente e impacto ecológico das soluções desenvolvidas.

A estratégia da *The Ocean Cleanup* se destaca por sua abordagem inovadora e abrangente, combinando remoção de plástico nos oceanos, prevenção da poluição nos rios e colaborações estratégicas para garantir o sucesso do projeto. O desenvolvimento contínuo de tecnologias, aliado a um modelo de financiamento sustentável, permite que a organização avance na missão de reduzir significativamente a poluição plástica global.

A *The Ocean Cleanup* tem demonstrado progresso significativo na remoção de plásticos dos oceanos, com seus projetos concentrados no Sistema de Remoção de Plástico no Grande Pacífico. De acordo com os dados mais recentes, a empresa já removeu centenas de toneladas de resíduos plásticos, com estimativas de que, com o uso contínuo de suas tecnologias, seja possível remover até 90% do plástico nos oceanos até 2040 (*The Ocean Cleanup*, 2024). Esse impacto é notável, considerando que milhões de toneladas de plástico continuam a ser despejadas nos mares todos os anos (*The Ocean Cleanup*, 2023).

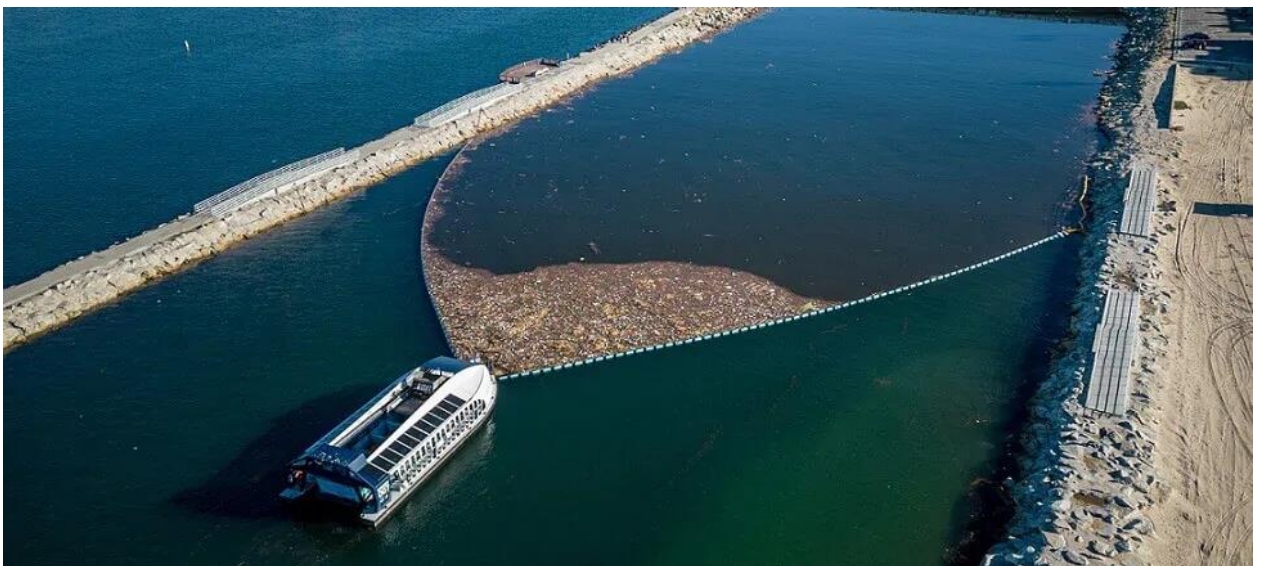
No entanto, a implementação da tecnologia enfrentou desafios consideráveis. A complexidade do design e a necessidade de garantir que os sistemas de coleta operassem eficientemente em condições de mar aberto com ventos e correntes imprevisíveis representaram obstáculos técnicos e logísticos significativos. Além disso, a adaptação do sistema às diferentes espécies marinhas e sua interação com o ecossistema marinho exigiu ajustes constantes (*The Ocean Cleanup*, 2023).

Benefícios Ambientais, Sociais e Econômicos: A iniciativa trouxe benefícios significativos para o meio ambiente, como a redução do impacto do plástico nos ecossistemas marinhos e na vida selvagem, além da diminuição da quantidade de resíduos plásticos nas praias e áreas costeiras. Socialmente, a conscientização sobre a poluição plástica foi amplificada, estimulando ações comunitárias e mudanças de comportamento. Economicamente, a tecnologia tem o potencial de criar mercados relacionados à reciclagem de plásticos recolhidos e aumentar as oportunidades de empregos em áreas de tecnologia ambiental (*The Ocean Cleanup, 2024*).

Efetividade das soluções empregadas: A *The Ocean Cleanup* tem se mostrado eficaz em termos de conceito, mas sua eficácia a longo prazo ainda está sendo testada. A remoção de grandes quantidades de plástico tem se mostrado desafiadora devido à dispersão dos resíduos e à fragilidade das condições oceânicas, mas a empresa continua a ajustar e melhorar sua abordagem, tornando-a mais eficiente (*The Ocean Cleanup, 2023*).

Sustentabilidade financeira do projeto: Embora o projeto tenha obtido investimentos de grande porte e apoio de organizações globais, sua sustentabilidade financeira permanece um ponto de discussão. A manutenção das operações em grande escala exige investimentos contínuos, e a empresa depende de doações, parcerias com governos e empresas privadas. Sua viabilidade financeira a longo prazo dependerá da criação de modelos de negócios autossustentáveis, como a transformação do plástico coletado em produtos reciclados de valor agregado (*The Ocean Cleanup, 2024*).

Possíveis melhorias e desafios futuros: A principal melhoria seria a otimização da tecnologia para coleta em maior escala, aumentando a eficiência da remoção de plástico. O desafio futuro será superar obstáculos em relação à manutenção e operacionalização do sistema em alto-mar e garantir a integração de outros processos tecnológicos, como a reciclagem do plástico coletado, para criar um ciclo completo e sustentável (*The Ocean Cleanup, 2023*).



Reflexão sobre o impacto da *The Ocean Cleanup*: A empresa tem desempenhado um papel crucial na sensibilização global sobre os danos causados pela poluição plástica. Ao mostrar que é possível remover plásticos em grande escala dos oceanos, oferece uma solução prática para um problema ambiental global. No entanto, é apenas uma parte da solução, sendo necessária a redução na origem do plástico e a conscientização sobre a importância da reciclagem (*The Ocean Cleanup*, 2024).

5. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que a implementação dos princípios da Economia Circular na gestão sustentável dos plásticos nos oceanos, exemplificada pelo estudo de caso da *The Ocean Cleanup*, apresenta benefícios e desafios. A iniciativa é inovadora ao propor soluções tecnológicas para a remoção de resíduos plásticos, especialmente macroplásticos, contribuindo para a redução da poluição marinha e a recuperação de ecossistemas. No entanto, a análise comparativa da literatura evidencia que a remoção de plásticos dos oceanos deve ser complementada por ações preventivas na cadeia produtiva, como a redução na geração de resíduos, a implementação de materiais alternativos e políticas públicas eficazes. Assim, a *The Ocean Cleanup* representa uma peça importante no combate à poluição plástica, mas seu impacto será potencializado se associado a uma abordagem integrada que envolva governos, indústrias e consumidores. O fortalecimento de políticas de reciclagem, incentivos para o design sustentável e educação ambiental são fundamentais para garantir que a gestão dos plásticos ocorra de maneira verdadeiramente circular e sustentável a longo prazo.

Este estudo de caso sobre a *The Ocean Cleanup* mostra a importância de abordagens inovadoras para combater a crescente crise de poluição plástica nos oceanos. A empresa tem mostrado avanços notáveis, mas enfrenta desafios técnicos e financeiros consideráveis. O impacto ambiental já é evidente, mas é necessário que a solução se torne financeiramente sustentável para garantir um efeito duradouro (*The Ocean Cleanup*, 2023).

The Ocean Cleanup deve continuar a aprimorar suas tecnologias e explorar formas de financiar seus projetos de maneira autossustentável. Além disso, a colaboração com governos, organizações não governamentais e o setor privado será fundamental para aumentar o alcance do projeto. Para o futuro, é crucial que a empresa expanda suas operações e desenvolva novas estratégias que complementem a redução do plástico na fonte e melhorem a infraestrutura de reciclagem globalmente (*The Ocean Cleanup*, 2023).

¹¹ The Ocean Cleanup – cleaning up the oceans and capturing plastics in rivers
Posted on 29 June 2023 by Iwona Szyprowska-Głodzik Disponível em <https://wodnesprawy.pl/en/the-ocean-cleanup-cleaning-up-the-oceans-and-capturing-plastics-in-rivers/>

6. REFERÊNCIAS

- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., ... & Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 189-195.
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2022). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 171 Trillion Plastic Particles Floating. *Nature Sustainability*.
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515–1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Coca-Cola. (2018). *World Without Waste: Our Commitment to Help Collect and Recycle a Bottle or Can for Every one We Sell by 2030*.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C. M. (2014). Restos de plástico en el océano abierto. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244.
- Danish Environmental Protection Agency. (2017). *Return systems for bottles and cans*.
- Dauvergne, P. (2018). Why is the global governance of plastic failing the oceans? *Global Environmental Change*, 51, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.05.002>
- Deloitte (2020). *The Price Tag of Plastic Pollution: Economic Impact on Industries and Ecosystems*. Deloitte Insights.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *A nova economia do plástico: Repensar o futuro dos plásticos*. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics> acesso em julho de 2024
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ... & Reisser, J. (2014). 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.
- European Commission. (2018). *A European strategy for plastics in a circular economy*.
- European Commission. (2019). *Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment*.
- FAO and UNEP. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523. Rome, FAO.
- Garcia, J. M., & Robertson, M. L. (2017). The future of plastics recycling. *Science*, 358(6365), 870-872.

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Geyer, R., et al. (2018). The accumulation of plastic in the ocean and its potential to affect ocean currents and climate. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104003.
- IMO. (2017). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL).
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., & et al. (2019). The role of plastics in the marine environment: Impact on marine biodiversity and ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110-121.
- Jang, Y. C., Hong, S., Lee, J., Lee, M. J., & Shim, W. J. (2014). Estimation of lost tourism revenue in Geoje Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 49-54.
- Khan, S., Nadir, S., Shah, Z. U., Shah, A. A., Karunarathna, S. C., Xu, J., & Yang, J. (2017). Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus tubingensis*. *Environmental Pollution*, 225, 469-480.
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Shim, W. J. (2017). Nanoplastics in the Aquatic Environment: Critical Review. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), 396-399.
- Kosuth, M., Mason, S. A., & Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PloS one*, 13(4), e0194970.
- Kooi, M., Van Nes, E. H., Scheffer, M., & Koelmans, A. A. (2018). Upscaling microplastic impact assessment to a global scale. *Environmental Pollution*, 237, 1140-1146.
- Law, K. L., & Thompson, R. C. (2014). Microplastics in the seas. *Science*, 345(6193), 144-145.
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2018). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 8, 15611.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidencia de que el gran parche de Basura del pacifico está acumulnado plástico rápidamente. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery of Microplastics in Human Blood. *Environment International*, 163, 107199.
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1-2), 94-99.
- McIlgorm, A., Campbell, H. F., & Rule, M. J. (2011). The economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region. *Ocean & Coastal Management*, 54(9), 643-651.
- Meijer, L. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More Than

1000 Rivers Account for 80% of Global Riverine Plastic Emissions. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803.

Newlight Technologies. (2020). Retrieved from <https://www.newlight.com> acesso em setembro de 2024.

Ocean Conservancy. (2020). International coastal cleanup report 2020. Retrieved from <https://oceanconservancy.org>

Plastic Free Foundation. (2020). Plastic Free July annual report.

Ragusa, Antonio et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, v. 146, 2021.

Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., & Kaye, S. (2013). Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris. *Environmental Science & Technology*, 47(3), 1646-1654.

Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3, 3263.

Rochman, C. M., Kurobe, T., Flores, I., & Teh, S. J. (2016). Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. *Science of the Total Environment*, 493, 656-661.

Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., & et al. (2016). Anthropogenic debris in the ocean: The impact of microplastics on marine ecosystems. *Nature Communications*, 7, 13334.

Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., ... & Teh, S. J. (2016). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5, 14340.

Rochman, C. M., et al. (2017). The role of plastic in marine nutrient cycles: Plastic additives and their influence on nitrogen and phosphorus cycling. *Frontiers in Marine Science*, 4, 396.

Schuyler, Q. A., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2014). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation Biology*, 28(1), 129-139.

Seattle Public Utilities. (2018). Plastic Straw and Utensil Ban Begins July 1, 2018.

Secretariat of the Basel Convention. (2020). Plastic waste amendments to the Basel Convention.

Slat, B., Faaij, M., & Roscam Abbing, R. (2014). How the oceans can clean themselves: A feasibility study. The Ocean Cleanup Foundation.

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, 5, 375-386.

Surfrider Foundation. (2025). Beach cleanup campaign and volunteer data report. Retrieved from <https://www.surfrider.org>

The Ocean Cleanup. (2018). The Great Pacific Garbage Patch.

The Ocean Cleanup. (2021). Retrieved from <https://theoceancleanup.com/> acesso em agosto de 2024

The Ocean Cleanup. (2024). Annual Progress Report.

The Ocean Cleanup. (2023). A nova missão. Disponível em: www.theoceancleanup.com

The Ocean Cleanup. (2023). Impact and Results of Plastic Removal in the Pacific.

Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166.

Times of India. (2018). A confusão das monções em Mumbai: O Plástico entope os drenos da cidade. Recuperado de <https://timesofindia.indiatimes.com/city/mumbai/mumbais-monsoon-mess-plastic-chokes-the-citys-drains/articleshow/64738874.cms> acesso em setembro de 2024

Times of India. (2018). The monsoon mess in Mumbai: Plastic chokes the city's drains. Retrieved from <https://timesofindia.indiatimes.com/city/mumbai/mumbais-monsoon-mess-plastic-chokes-the-citys-drains/articleshow/64738874.cms>. Accessed in September 2024.

Tyree, C., & Morrison, D. (2017). Invisíveis: O plástico dentro de nós. Orb Media. Recuperado de <https://orbmedia.org/stories/Invisibles-the-plastic-inside-us> acesso em setembro de 2024

UNEP. (2012). Global Partnership on Marine Litter.

UNEP. (2014). Valuing plastics: The business case for measuring, managing and disclosing plastic use in the consumer goods industry.

UNEP. (2018). Single-use plastics: A roadmap for sustainability.

UNEP (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. United Nations Environment Programme.

Unilever. (2017). Rethinking plastic packaging – towards a circular economy.

Nações Unidas. (2020). Paceria Global sobre o lixo Marinho. Recuperado de <https://www.unep.org/gpml> acesso setembro de 2024

Wilcox, C., Van Sebille, E., & Hardesty, B. D. (2015). "Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), 11899–11904.

Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., ... & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317.

World Bank. (2018). What a Waste 2.

<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

https://pt.wikipedia.org/wiki/The_Ocean_Cleanup

<https://residuozero.org.br/tratado-plastico/#:~:text=O%20Tratado%20Global%20sobre%20PI%C3%A1sticos%20deve%20se%20concentrar%20na%20redu%C3%A7%C3%A3o,base%20biol%C3%B3gica%20biodegrad%C3%A1vel%20ou%20compost%C3%A1vel.&text=O%20tratado%20global%20sobre%20pl%C3%A1sticos%20oferece%20uma%20oportunidade%20importante%20para,r%C3%A1pida%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20pl%C3%A1stico.&text=A%20transi%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20economia,coleta%20e%20reciclagem%20de%20res%C3%ADd>

uos.

<https://www.dnv.com.br/news/the-ocean-cleanup-escolhe-a-dnv-gl-para-verificar-a-origem-de-seu-plastico-oceanico-164046/#:~:text=Sobre%20The%20Ocean%20Cleanup,implanta%C3%A7%C3%B5es%20ao%20redor%20do%20mundo.>

<https://www.green.earth/plastic-pollution#:~:text=Custos%20econ%C3%B4micos,pesca%20e%20aos%20ecossistemas%20marinhos.>

<https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/microplasticos-ameaca-a-saude#:~:text=Os%20micropl%C3%A1sticos%20s%C3%A3o%20part%C3%ADculas%20de%20pl%C3%A1stico%20com,fio%20de%20cabelo%20humano%2C%20a%20cinco%20mil%C3%ADmetros.&text=Esse%20ac%C3%BAmulo%20de%20res%C3%ADduos%20cobre%20uma%20%C3%A1rea,em%20constante%20movimento%20com%20as%20correntes%20oce%C3%A2nicas.>

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479723022211#:~:text=The%20persistence%20and%20accumulation%20of,of%20organisms%20to%20microplastic%20toxicity>

<https://www.weforum.org/stories/2018/11/chart-of-the-day-this-is-how-long-everyday-plastic-items-last-in-the-ocean/#:~:text=Mas%20o%20oceano%20leva%20450,para%20se%20biodegradar%20no%20mar.>

<https://wodnesprawy.pl/en/the-ocean-cleanup-cleaning-up-the-oceans-and-capturing-plastics-in-rivers/>