

Monitoramento de resíduos sólidos em praias arenosas: uma revisão sistemática entre os anos 2020-2023

Solid waste monitoring in sandy beaches: a systematic review between the years 2020-2023

Catarina Luiza Damasceno Lima da Silva

Claudia Caixeta Franco Andrade Coléte

Luis Felipe Umbelino dos Santos

Manildo Marcião de Oliveira

Marcos Antônio Cruz Moreira

Resumo

O lixo no mar é qualquer material sólido persistente, processado ou manufaturado que é descartado ou perdido e chega no ambiente costeiro ou marinho. A presença de resíduos no mar afeta a qualidade ambiental, causa prejuízos econômicos e traz riscos à saúde e à segurança humana, sendo um tema de grande preocupação para diversas políticas públicas. Este trabalho visou identificar os métodos de monitoramento da poluição por resíduos em praias arenosas em diversas partes do mundo. Foi adotada a metodologia de revisão sistemática com a seleção de registros em dois bancos de dados, o Portal de Periódicos da Capes e a Scopus (Elsevier), entre os anos de 2020 e 2023. A pesquisa revelou que os métodos empregados para o monitoramento de resíduos sólidos em praias arenosas são: amostragem manual, adotado pela maioria das pesquisas, levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT) e levantamento fotográfico por embarcações.

Palavras-chave

Poluição em Praias. Lixo no Mar. Descarte de Resíduos. Ambiente Costeiro.

Abstract

Marine litter, any persistent solid waste discarded in the ocean, harms the environment, economy, and human health. The presence of waste at sea affects environmental quality, causes economic losses and poses risks to human health and safety, being a topic of great concern for various public policies. This study reviewed methods for monitoring waste pollution on sandy beaches worldwide. Using a systematic review of databases like Portal de Periódicos da Capes and Scopus (Elsevier) for studies between 2020 and 2023, the research identified three primary monitoring methods: manual sampling (most common), unmanned aerial vehicle (UAV) surveys, and photographic surveys by vessels. This analysis provides valuable insights into current practices for monitoring marine litter globally.

Keywords

Pollution on Beaches. Marine Litter. Waste Disposal. Coastal Environment.

1. Introdução

A temática de resíduos sólidos em praias arenosas constitui uma importante preocupação ambiental mundial, sendo um dos focos principais das políticas públicas das áreas costeiras. Cabe destacar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que indicam metas para gerenciar e proteger a vida na água. Conforme estabelecido no Objetivo 14, visa-se a conservação e o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. A meta é prevenir e reduzir a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo lixo no mar e a poluição por nutrientes, com prazo final para 2025, conforme estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 (ONU, 2024).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010) oferece ferramentas cruciais para o combate ao lixo no mar: a pesquisa científica e o monitoramento ambiental dos resíduos sólidos. A pesquisa científica, um processo sistemático que se inicia na formulação do problema e culmina na discussão dos resultados (Gil, 2007 *apud* Gerhardt; Silveira, 2009), propõe métodos rigorosos para gerar dados precisos e consistentes sobre a poluição marinha por lixo. Já o monitoramento ambiental, definido como a coleta, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visa identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como suas tendências ao longo do tempo (Ramos; Luchiani Junior, 2024). Para acompanhar periodicamente os dados da poluição do lixo no mar, o monitoramento deve adotar os métodos da pesquisa científica. Esta integração resulta em dados relevantes e de qualidade, permitindo uma análise profunda da natureza e das fontes do lixo, além da quantificação das mudanças entre regiões, ao longo do tempo e em resposta às intervenções de gestão.

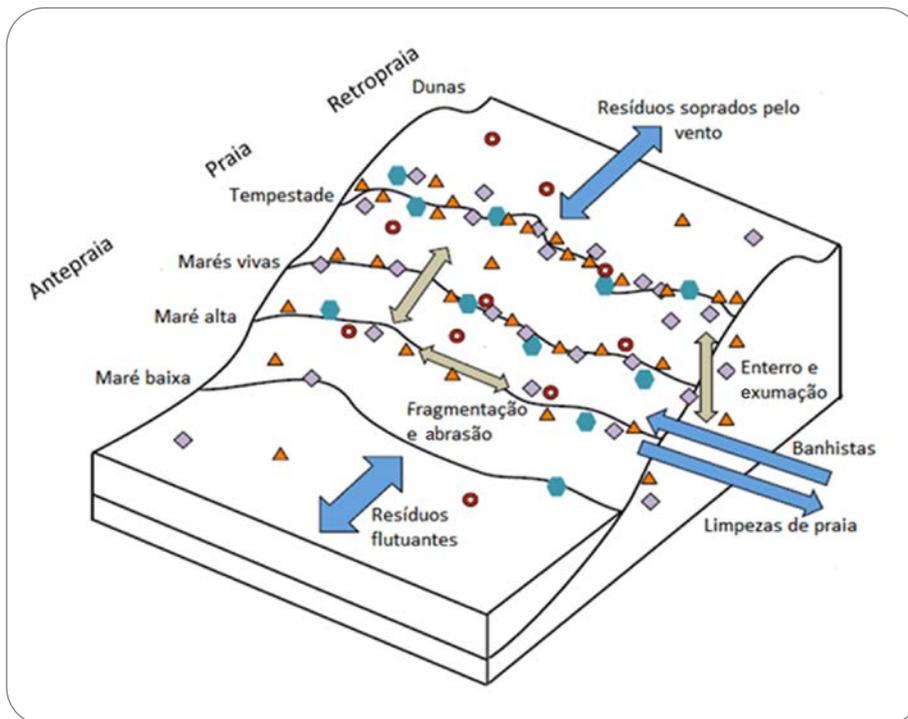
O lixo no mar, definido como qualquer material sólido persistente, processado ou manufaturado, descartado ou perdido e que chega ao ambiente costeiro ou marinho (Cheshire *et al.*, 2009), apresenta um desafio único em termos de monitoramento devido à sua ampla variedade de materiais, tamanhos e locais de encontro. Para compreender a natureza, a extensão e o grau de degradação ambiental causada por essa problemática, algumas características do lixo no mar são essenciais (GEMSAP, 2019). O tamanho é classificado em micro (itens menores que 5 mm), meso (itens entre 5 mm e 2,5 cm), macro (itens entre 2,5 cm e 1 m) e mega (itens maiores que 1 m). Já a composição pode ser de plástico, papel, vidro, entre outros materiais.

O lixo no mar é um problema ambiental de grande magnitude por possuir diversas fontes e se espalhar por diferentes ambientes, tanto costeiros quanto marinhos, tornando seu monitoramento um desafio complexo. De acordo com Turra *et al.* (2020), o lixo no mar pode ser de fonte terrestre, proveniente de atividades em terra como residências, usuários de praia e comércio. Já a fonte marinha se dá por atividades realizadas no mar, como navegação, pesca e turismo náutico. Para uma compreensão mais profunda do problema, o monitoramento do lixo no mar se divide em compartimentos distintos, conforme os locais onde os resíduos são encontrados (GEMSAP, 2019). Esses compartimentos incluem a linha de costa, a superfície e a coluna d'água, o fundo marinho e a biota marinha. É importante ressaltar que, para cada compartimento, os métodos de monitoramento utilizados são distintos, exigindo *expertise* e ferramentas específicas.

No ambiente marinho a dispersão dos resíduos é mais complexa uma vez que é influenciada por diversos fatores: a localização da fonte, as características físico-químicas da água e as condições oceanográficas (Turra *et al.*, 2020). No ambiente costeiro é mais fácil avaliar o lixo uma vez que os depósitos estão mais próximos das fontes terrestres e são mais acessíveis. O monitoramento em ambiente costeiro surge como um recurso técnico e economicamente viável, permitindo a investigação da dispersão, tipologia e identificação das fontes desse problema ambiental (GEMSAP, 2019). O monitoramento de resíduos deve considerar a natureza dinâmica da zona costeira. Esta zona caracteriza-se por mudanças temporais e espaciais, originando uma variedade de feições geomorfológicas. Essas mudanças são o resultado da complexa interação de processos deposicionais e erosivos relacionados com processos oceanográficos (ondas, marés e correntes) e meteorológicos (ventos e chuvas), além de influências antrópicas (Rossetti, 2008). Portanto, esses fatores também influenciam a variação na distribuição, abundância e tipos de lixo encontrados ao longo do tempo e do espaço (Figura 1).

No início de qualquer monitoramento é importante estabelecer uma linha de base, que consiste em uma pesquisa inicial com a remoção de resíduos, a qual serve para comparar com pesquisas subsequentes, permitindo que tendências da poluição e ações de intervenção sejam avaliadas (GEMSAP, 2019). Pode ser composta por uma única pesquisa ou várias pesquisas repetidas por determinado intervalo de tempo, a fim de se obter um valor médio (GEMSAP, 2019).

Figura 1 – Distribuição de resíduos em praias



Fonte: Adaptado de GEMSAP (2019)

No início de qualquer monitoramento é importante estabelecer uma linha de base, que consiste em uma pesquisa inicial com a remoção de resíduos, a qual serve para comparar com pesquisas subsequentes, permitindo que tendências da poluição e ações de intervenção sejam avaliadas (GEMSAP, 2019). Pode ser composta por uma única pesquisa ou várias pesquisas repetidas por determinado intervalo de tempo, a fim de se obter um valor médio (GEMSAP, 2019).

Há dois tipos de pesquisas de monitoramento do lixo em praias: pesquisas de estoque permanente e de acumulação. As pesquisas de estoque permanente avaliam a carga total de resíduos em quantidade e tipologia pontual, o que revela um "instantâneo" da abundância e composição de resíduos em um único ponto no tempo (Cheshire *et al.*, 2009; GEMSAP, 2019). Esta abordagem envolve a observação de resíduos em transectos, mas não necessariamente a remoção dos resíduos (Cheshire *et al.*, 2009). Esse tipo de pesquisa pode ser utilizado quando se pretende obter uma avaliação rápida da poluição do lixo no mar, após desastres naturais ou acidentes, identificar "pontos críticos" de acumulação para incentivar intervenções em determinada região, ou formular uma linha de base (Cheshire *et al.*, 2009; GEMSAP, 2019).

Já as pesquisas de acumulação avaliam a quantidade e os tipos de resíduos em um mesmo trecho de praia (transectos) por meio da coleta dos itens de lixo em períodos predeterminados, o que permite estimar a taxa de acumulação nas praias estudadas (Barnardo; Ribbink, 2020; Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013). Essa abordagem requer a remoção inicial de todos os resíduos do local, para que resíduos antigos não sejam quantificados, e, em seguida, são feitos levantamentos em períodos regulares para registrar e coletar todos os itens de lixo no mar. As pesquisas de acumulação fornecem informações sobre o equilíbrio entre as taxas de deposição e remoção de resíduos na praia (taxa de acumulação) durante um período definido, que pode ser diário, mensal, trimestral ou anual.

Ambos os tipos fornecem informações sobre a abundância e a composição do lixo em praias, no entanto, as pesquisas de acumulação fornecem informações sobre o fluxo de resíduos e as tendências na poluição por lixo no mar (Hanke *et al.*, 2013). Por isso, Cheshire *et al.* (2009) recomendam pesquisas de acumulação para um monitoramento abrangente, o qual é direcionado ao desenvolvimento e/ou avaliação de estratégias de mitigação em sistemas costeiros, através de metodologia estruturada para observações ao longo

do tempo e nas escalas regional, nacional e internacional. Vale destacar que as pesquisas de acumulação exigem mais tempo, esforço e recursos financeiros do que pesquisas de estoque permanente, já que para estimar o fluxo de resíduos é imprescindível manter a periodicidade e compreender os fatores influentes do local (Barnardo; Ribbink, 2020).

Este trabalho visou identificar os métodos mais utilizados, mundialmente, para monitorar a poluição por macro e mega resíduos em praias arenosas. Esta faixa de tamanho de resíduos (> 2,5 cm) foi escolhida em função das ações e estratégias de gestão que podem ser praticadas para reduzir, de forma indireta, a poluição por itens menores (micro e meso), que são, em parte, provenientes da degradação de itens maiores (Turra *et al.*, 2020). Além disso, itens menores tornam-se impraticáveis de serem retirados do ambiente devido à mistura com sedimentos. A identificação de itens menores também se torna difícil, o que não ocorre com itens maiores (Turra *et al.*, 2020). Portanto, o monitoramento de macro e mega resíduos é fundamental para a resolução do problema do lixo no mar.

2. Metodologia

A abordagem metodológica utilizada foi adaptada de Okoli (2019), na qual o autor apresenta quatro etapas principais para que a revisão tenha rigor científico, são elas:

- planejamento**, que consiste na identificação do objetivo e do planejamento do protocolo;
- seleção**, etapa de seleção da bibliografia para a revisão;
- extração**, momento em que o revisor extrai dados pertinentes à pesquisa; e
- execução**, que consiste na síntese dos estudos e na escrita da revisão.

2.1 Planejamento

O objetivo desta fase do trabalho foi orientar como os métodos de monitoramento da poluição por resíduos em praias arenosas, em diversas partes do mundo, seriam identificados. Como os métodos diferem substancialmente conforme o compartimento marinho e o tamanho dos resíduos monitorados, foi necessário delimitar a questão da pesquisa por meio da abordagem conhecida pela sigla PICO:

- P - é a população ou problema que será estudado;
- I - é a intervenção que será analisada;
- C - é a comparação entre as intervenções, quando houver; e
- O - é o *outcome*/resultado que se pretende estudar.

O Quadro 1 apresenta a delimitação da questão da pesquisa em conformidade com a metodologia PICO (Galvão; Ricarte, 2019).

Quadro 1 - Delimitação da questão de pesquisa	
Abordagem PICO	Respostas
Problema (P)	Resíduos (macro e mega) em praias arenosas
Intervenção (I)	Métodos de monitoramento
Comparação (C)	Não há pretensão de comparar determinadas intervenções
Outcome (O)	Avaliação da poluição
Questão de Pesquisa	Quais são os métodos de monitoramento mais utilizados para avaliar a poluição por macro e megaresíduos em praias arenosas no mundo?

Fonte: Elaborado pelos autores

O protocolo desenvolvido para a realização desta pesquisa resultou na elaboração de um "mapa", um guia detalhado que descreve os passos a serem seguidos para responder à questão formulada. Este mapa incluiu a definição dos objetivos da pesquisa, a seleção dos métodos de pesquisa, a coleta de dados, a análise dos dados e a interpretação dos resultados. O protocolo foi fundamental para garantir a rigidez e a confiabilidade da pesquisa, além de facilitar a comunicação dos resultados obtidos.

2.2 Seleção

Esta etapa envolveu a seleção de quais estudos deveriam ser considerados para a revisão. O primeiro critério de identificação dos estudos foi o conteúdo, etapa na qual buscaram-se os estudos que se relacionam com a questão da pesquisa. Como foi uma revisão com abrangência mundial, as palavras-chave utilizadas na busca foram adotadas no idioma inglês. Para isso, foram escolhidas as seguintes palavras-chave: *marine macro-debris* (macrorresíduos marinhos), *marine macro-litter* (macrolixo marinho), *marine mega-debris* (mega resíduos marinhos), *marine mega-litter* (mega lixo marinho), *beach* (praia), *foreshore* (face da praia), *shoreline* (linha de costa) e *backshore* (pós-praia). O uso dos termos buscou excluir estudos de micro e mesodetrítos e os não realizados em praias, por isso foram mantidas as subdivisões do sistema praias, conforme Muehe (2019).

A pesquisa bibliográfica foi realizada em duas bases de dados: Portal de Periódicos da Capes e *Scopus* (Elsevier). A busca utilizou os operadores booleanos: AND, OR, parênteses () e asterisco *, os quais foram empregados da seguinte forma: (*marine macro-debris* OR *marine macro-litter* OR *marine mega-debris* OR *marine mega-litter*) AND (*beach** OR *foreshore** OR *shoreline** OR *backshore**).

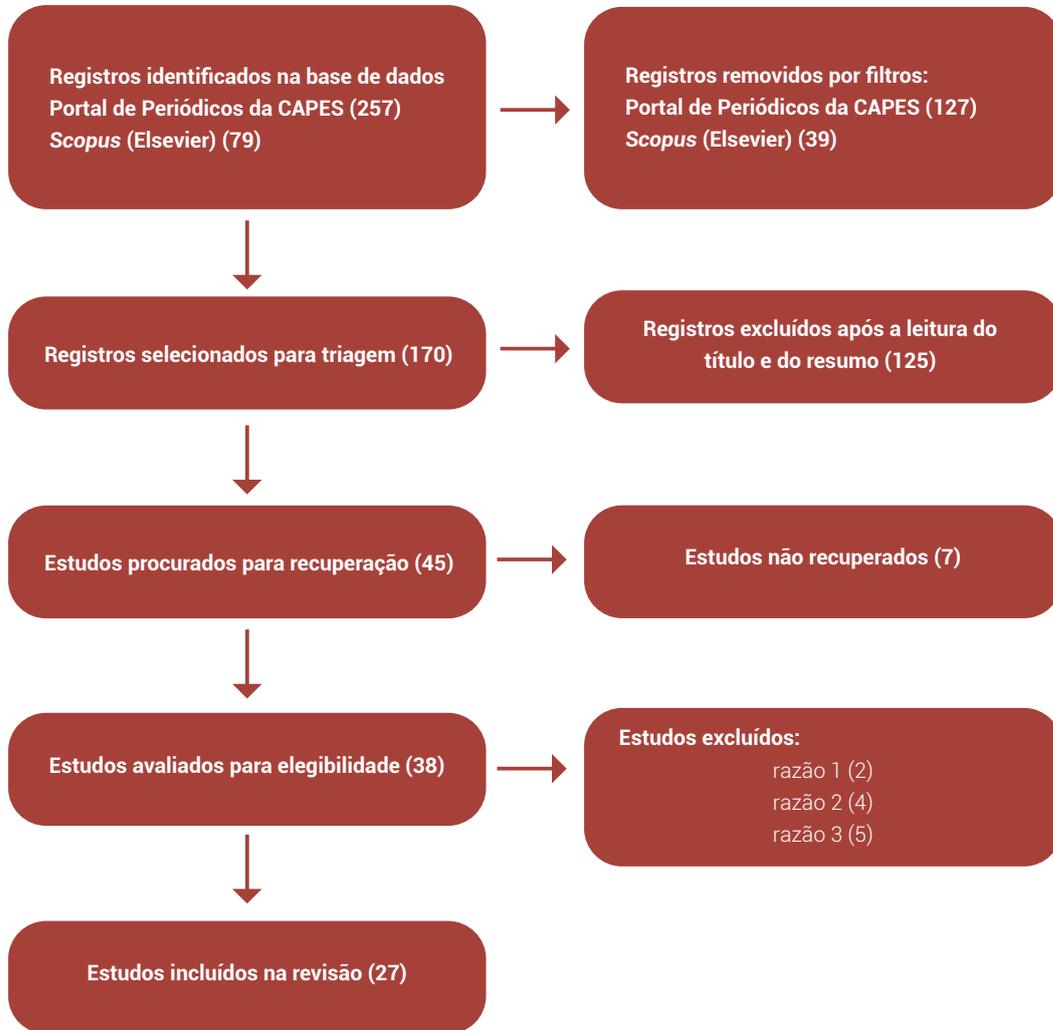
Nas duas bases de dados foram selecionados estudos entre os anos de 2020 e 2023, com o objetivo de identificar os métodos de monitoramento mais utilizados atualmente. Vale ressaltar que outros métodos podem ter sido utilizados anteriormente a este intervalo de tempo e não foram adotados nas pesquisas mais recentes, entretanto, julgou-se que, por serem demasiadamente inovadores ou inviáveis do ponto de vista financeiro ou logístico, não foram realizados em estudos subsequentes. No Portal de Periódicos da Capes, alguns filtros foram selecionados para refinar a busca, como: os tipos de recursos, artigos e anais de evento; e periódicos revisados por pares. Já na base de dados *Scopus* (Elsevier) foi realizada a busca avançada com as mesmas palavras-chave e operadores booleanos (exceto parênteses), no entanto, as palavras-chave foram pesquisadas no título, resumo e nas palavras-chave do registro. Os filtros selecionaram registros entre 2020 e 2023. A base *Scopus* (Elsevier) é um acervo de trabalhos científicos revisados por pares (Elsevier, 2022). Apesar de Okoli (2019) não indicar a avaliação da qualidade dos estudos nesta fase, a revisão por pares foi considerada como uma seleção de estudos de qualidade.

Para a seleção da bibliografia, foi adaptado o diagrama de fluxo de revisões originais fornecido pela recomendação PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analyses*). Esta recomendação fornece orientações para a elaboração de relatórios de revisões sistemáticas (Page et al., 2021), conforme a Figura 2.

A triagem dos registros indexados nas referidas bases consistiu na leitura do título e, quando necessário, do resumo. Os registros que não estivessem em aderência com a questão de pesquisa, referentes à revisão de literatura ou que estivessem duplicados, foram excluídos. Em seguida, foi feita a recuperação dos estudos referentes aos registros, não somente nas bases de dados selecionadas, mas em sites de busca, como o Google, Google Acadêmico e sites de Universidades. Aqueles que não foram recuperados foram excluídos. Os estudos restantes foram avaliados para eleger aqueles que iriam compor a revisão sistemática. Nesta fase, foi feita a leitura de cada estudo, e as razões para exclusão compreenderam pesquisas: (1) realizadas em outros ambientes costeiros (manguezais, dunas); (2) restritas ao monitoramento de itens plásticos, pois, ao restringir o monitoramento a um tipo de material, mesmo que seja representativo em quantidade de itens, perde-se informações de outros tipos de material (madeira, vidro,

por exemplo) que podem ser representativos em quantidade de massa e volume e, assim, perder informações sobre o impacto real do lixo no mar em praias arenosas; e (3) que avaliem métodos de gestão ou dois métodos distintos de monitoramento de lixo no mar.

Figura 2 – Diagrama de fluxo adaptado do método PRISMA



Fonte: Elaborada pelos autores

2.3 Extração

A etapa de extração de dados consistiu em selecionar as informações importantes para a síntese de cada artigo, e resultou na elaboração do Anexo, presente ao final deste trabalho, que contém as técnicas de monitoramento, os estudos correspondentes, a área de estudo, a metodologia e os resultados.

2.4 Execução

Dentre as várias abordagens de síntese de estudos, foi adotada a síntese narrativa para esta revisão, e produziu-se um resumo geral dos estudos de acordo com a tabela de extração de dados. A escrita da revisão foi direcionada a elucidar a questão de pesquisa, ordenando os estudos pelas intervenções encontradas, descrevendo as principais variáveis e as diferenças entre elas.

3. Resultados

A revisão contou com 27 artigos de pesquisa quantitativa, realizadas em 15 países (África do Sul, Argélia, Brasil, Catar, Equador, Escócia/Reino Unido, Estados Unidos, Grécia, Índia, Indonésia, Polinésia Francesa/Território ultramarino da França, Polônia, Portugal, República de Chipre e Quênia). O estudo identificou três métodos para monitorar macro e megalixo em praias arenosas:

Método 1 - levantamento fotográfico baseado em embarcações, em (um artigo);

Método 2 - levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT), conhecido como *drone*, (três artigos); e

Método 3 - amostragem manual (23 artigos).

O método de levantamento fotográfico baseado em embarcações, desenvolvido por Papachristopoulou *et al.* (2020), utilizou imagens em alta resolução obtidas por uma câmera acoplada à proa do barco em baixa velocidade para quantificar e classificar o material de macrolixo ($\geq 2,5$ cm), em 12 e 13 de julho de 2018, em praias inacessíveis do Golfo Sarônico, localizado na Grécia. As imagens foram recortadas em fotomosaicos, no software HUGIN, e, em seguida, digitalizadas e registradas em um banco de dados vetorial com informações do tipo de composição, baseado em Galgani *et al.* (2013). A posição dos itens de lixo encontrados nas praias foi registrada através de coordenadas geográficas no *software* QGIS. O método foi calibrado e validado por meio de levantamento *in situ*. A análise de regressão entre os dados fotográficos e *in situ* mostrou uma correlação significativa, fornecendo um modelo de regressão altamente preciso para avaliar o número real de resíduos nas praias. Um total de 17.805 itens foram registrados por meio de fotografia, tendo em média 318 itens/100 m, e, com aplicação do modelo de regressão, estimou-se que o valor real corresponda, aproximadamente, a 3,5 vezes desses valores. O estudo foi uma valiosa contribuição para o monitoramento da poluição por lixo, por propor método alternativo a coleta *in situ* em praias de difícil acesso.

O levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT) consiste na obtenção de imagens captadas nos locais sobrevoados pelas aeronaves. Os VANTs pilotados de forma remota têm a capacidade de cobrir uma área maior e adentrar áreas de difícil acesso, complementando o esforço humano, o tempo de pesquisa e a logística dos levantamentos *in situ*. Andriolo *et al.* (2020) propuseram uma abordagem integrada para o monitoramento ambiental costeiro na praia da Leirosa, em Portugal, praia em processo erosivo e próxima a emissário submarino. Essa abordagem inovadora utilizou VANTs para coletar dados detalhados, durante 3 voos realizados no inverno, sobre a morfodinâmica praia-duna, a abundância de lixo e os parâmetros ambientais que influenciam esses processos (ondas e vento). O macrolixo (2,5 a 50 cm) detectado nas imagens foi marcado e caracterizado por sua geolocalização, código determinado pelo protocolo OSPAR (2010) e cor. Além disso, a concentração (itens/m²) foi observada ao longo da unidade amostral. A pesquisa detectou 1.709 itens e constatou, ainda, que voos mais baixos reduzem o número de itens não identificados. Além disso, a construção de mapas de resíduos permitiu que os autores concluíssem que o encalhe, o transporte e a realocação desses resíduos foram influenciados e/ou determinados pelo estado da praia, onda e vento. A pesquisa permitiu aprimorar o uso de VANTs no monitoramento do lixo ao relacionar: (1) a altura de voo à detecção de resíduos; (2) os parâmetros ambientais à distribuição do lixo ao longo de uma praia arenosa.

Gonçalves *et al.* (2020) utilizaram imagens obtidas por um VANT para comparar técnicas de automatização de identificação dos itens nos mapas de abundância de macrolixo ($> 2,5$ cm), em um voo no dia 15 de fevereiro de 2019, na praia de Cabedelo, em Portugal. Os resíduos foram classificados por categorias elaboradas pelos autores. Os mapas de abundância gerados automaticamente se correlacionaram positivamente com o mapa de abundância produzido manualmente, tendo a concentração variado pouco entre os mapas de resíduos (0,026 itens/m² a 0,028 itens/m²). Este achado pretende tornar o monitoramento do lixo no mar mais eficiente, pois permite o uso por não

especialistas em mapas de resíduos, uma vez que o sucesso da triagem manual de imagens está relacionado com a experiência do observador e sua familiaridade com os tipos de resíduos sólidos do local (Andriolo *et al.*, 2021).

Gonçalves e Andriolo (2022) investigaram o uso de imagens multiespectrais (B, G, R, RedEdge, NIR) coletadas por VANT, em 5 de maio de 2021, equipado com câmeras RGB e multiespectral, para detectar, mapear e categorizar itens de macrolixo (2,5 cm a 50 cm) em um sistema praia-duna na praia da Leirosa, também em Portugal. As ortofotos RGB passaram por triagem visual realizada por operador experiente. Já para categorizar os resíduos em material, tipo e fonte de acordo com Andriolo *et al.* (2021), foi realizada a detecção automática por *Sample Angle Mapper* (SAM) nas ortofotos multiespectrais. Foram detectados 472 itens de lixo pela triagem manual, enquanto o SAM demonstrou uma categorização satisfatória do lixo. Além disso, os mapas de lixo produzidos automaticamente concordaram com os resultados da triagem manual. Estes achados sugerem que a combinação imagem multiespectral e SAM pode ser usada para categorizar itens que não foram possíveis categorizar por triagem visual, para descrever a distribuição dos itens no ambiente e gerar índices de poluição por tipo de material.

A principal limitação do monitoramento por VANT consiste na dificuldade em categorizar os resíduos sem forma, quebrados ou parcialmente enterrados, como apontaram Andriolo *et al.* (2020). O mesmo ocorre no método automatizado de detecção de lixo no mar aplicado por Gonçalves *et al.* (2020), no qual uma gama de cores e formas dificultam o aprendizado da máquina e, conseqüentemente, a sua categorização.

A amostragem manual foi a técnica de monitoramento do lixo no mar mais utilizada nas pesquisas selecionadas. Nos estudos retomados pela revisão, essa técnica consiste em coletar, quantificar e classificar os itens dentro de uma determinada área.

Amri *et al.* (2023) avaliaram a composição, a distribuição espacial e a concentração (itens/m² e g/m²) do lixo marinho, mensalmente no período de agosto a outubro de 2021, na praia *Pasir Putih Losari*, localizada na Indonésia. Foram coletados macro (2,5 cm a 1 m) e mesolixo (0,5 cm a 2,5 cm) em transectos de 5 × 5 m em dez locais ao longo da praia, seguindo o procedimento amostral de Indonesia (2020). Os resíduos foram categorizados de acordo com Cheshire *et al.* (2009) e Indonesia (2020), contados e pesados. Foram coletados 898 itens, com massa de 4.009 gramas, e os resíduos plásticos foram os mais abundantes.

Barnardo *et al.* (2021) estudaram a composição, as fontes e as taxas diárias de acumulação de macrolixo ($\geq 2,5$ cm) conforme os métodos de Barnardo e Ribbink (2020) em duas praias expostas a diferentes fontes potenciais de resíduos em Port Elizabeth, África do Sul. Para o cálculo das taxas diárias de acumulação, a amostragem manual foi realizada em quatro campanhas por praia, de dez dias consecutivos cada, de junho de 2019 a junho de 2020, em um transecto de 500 m de comprimento em cada praia, com uma zona tampão de 50 m em cada lado para evitar o carreamento de resíduos para o transecto. Para estimar a origem dos resíduos, o transecto foi dividido em zona úmida e zona seca. Além disso, foi observada a marca dos itens coletados. O estudo coletou 20.511 itens (200, 23 kg) e concluiu que as taxas de acúmulo nas praias variaram entre 24,58 e 86,54 itens/100 m/dia e 55,12 e 1.427,68 g/100 m/dia. Os plásticos foram os mais abundantes em itens, enquanto a madeira processada foi mais abundante em massa. Foi observado, também, que a maioria dos itens são comercializados no país, fonte terrestre. Entretanto, em uma praia foi possível concluir que os resíduos eram carreados do mar para a costa, podendo ter origem de outros países.

Benaissa *et al.* (2021) determinaram a composição e a distribuição de macrolixo (> 5 cm) em 10 praias da Baía de Ain El Turk, na Argélia, semelhantes no substrato e expostas as mesmas correntes marítimas. A identificação, a descrição e a contagem foram realizadas *in situ*, manualmente, seguindo a metodologia de Cheshire *et al.* (2009) e Hanke *et al.* (2013) para a avaliação do lixo no mar. As praias foram amostradas uma única vez entre março e abril de 2019, em um trecho de 100 m de extensão da linha de

maré baixa até o fim da praia. Foram coletados 14.537 itens de lixo, dominados por resíduos plásticos. Foi observada a tendência de acúmulo de resíduos na zona seca das praias, o que demonstra a origem terrestre causada por usuários de praia cujas atividades estão concentradas nesta área. Os resultados demonstraram maiores densidades de resíduos (itens/10 m²) em praias da costa oeste que as da costa leste devido à alta densidade populacional da costa oeste, ao trajeto das correntes marinhas causadas pelos ventos e à forma da baía.

Bettencourt *et al.* (2023) monitoraram a abundância, a composição, as fontes e os caminhos do lixo marinho em duas praias da Ilha da Madeira, em Portugal, as quais eram públicas e de livre acesso, e atendiam à maioria dos critérios OSPAR (2010). A metodologia seguiu as diretrizes de OSPAR (2010) e as fontes determinadas por Pasternak *et al.* (2017). O macrolixo ($\geq 2,5$ cm) foi coletado, a cada 3 meses de julho de 2020 a abril de 2022, em um transecto de 100 m de comprimento e largura da borda d'água até a parte superior da praia, e os resíduos recolhidos foram pesados e classificados. O *Clean Coast Index* (CCI) (Alkalay *et al.*, 2007) foi adaptado para determinar o nível de limpeza das praias. Foram registrados 14.265 itens, pesando 185 kg, e a densidade média de lixo foi de 0,29 itens/m². A maior parte do lixo encontrado foi composta por plásticos e de origem terrestre, relacionada com o fumo e proveniente de riachos. Assim, foram propostas ações de gestão integrada a nível local.

Buckingham, Capper e Bell (2020) analisaram a variação de lixo no mar entre os meses de maio e julho de 2018, e a contribuição relativa de seis variáveis ambientais (proximidade de um grande assentamento, acesso do público à costa, número médio de visitantes, o aspecto do local, influência de corrente *offshore*, distância do porto mais próximo e o nível de desenvolvimento na parte de trás de cada local) em trinta e cinco locais acessíveis, que atendessem aos critérios OSPAR (2010) ao redor das Ilhas Orkney, localizadas na Escócia, Reino Unido. O estudo foi realizado em transectos de 100 m, e a categorização foi realizada por material, subcategoria OSPAR e fontes (método desenvolvido por Tudor e Williams, 2004). Foram observados 19.377 itens (77% plásticos), uma média de 553 itens/100 m, e que a fonte marinha (setor pesqueiro) possui maior contribuição no lixo encontrado. O estudo revelou, também, que a disponibilidade de acesso ao público à costa, o aspecto do local e a distância ao porto mais próximo foram as variáveis ambientais estatisticamente significativas nas relações entre os locais e o padrão de distribuição dos resíduos. Esse achado demonstra que, mesmo em praias acessíveis ao público, atividades marinhas podem ter maior contribuição na abundância de resíduos.

Cavalcante *et al.* (2020) realizaram um estudo na Praia Mansa (localizada em área portuária e sem acesso ao público), Ceará, investigando a composição (tipo de material e tipo de resíduo), abundância (em itens e massa) e tamanho. Foram investigados pequenos detritos (1–40 mm de comprimento e incluiu a subcategoria grandes micropásticos 1-5 mm); mesodetritos (40,01 a 200 mm) e macrodetritos (acima de 200,01 mm). Para a compreensão das possíveis fontes foi realizada a modelagem da circulação marinha. A coleta de amostras foi realizada em dez transectos de 30 × 35 m da linha de maré baixa até as dunas frontais (conforme Velander e Mocogni [1999] e Araújo, Santos e Costa [2006]). A abundância foi de 7.510 itens, cerca de 71,9 kg de resíduos e a densidade variou de 0,8 a 15,5 g/m² e de 0,21 a 1,15 itens/m². Apesar de não ser acessível ao público, as atividades recreativas humanas foram a fonte predominante de resíduos. A modelagem revelou que essa poluição é oriunda de praias próximas e que os rios exercem menos influência devido ao fato de não fluírem o ano inteiro.

Melo Nobre, Santos e Nilin (2021) analisaram a abundância, a composição, as fontes de macrolixo ($> 2,5$ cm) e o nível de limpeza de praias (por meio do *Clean Coast Index* (CCI) – Alkalay *et al.*, 2007 – adaptado) com diferentes tipos de uso e acessibilidade (vila, semirural e rural) em quatro praias do sul do estado brasileiro de Sergipe. As prováveis fontes foram estabelecidas com base em Araújo (2003) e Veiga *et al.* (2016) e os resíduos foram categorizados por composição conforme Cheshire *et al.* (2009). Foram realizadas quatro amostragens trimestrais, como recomendado por Cheshire *et al.* (2009), entre os meses de dezembro de 2017 a setembro de 2018. A amostragem ocorreu em transectos de 200 m de comprimento (paralelo ao mar) e 5 m de largura, divididos em 2,5 m da linha de maré alta até o mar, e 2,5 m da

linha de maré alta até o limite superior da praia. O transecto foi dividido em dez seções (20 × 5 m), e então cinco seções foram escolhidas aleatoriamente para a coleta. Foram coletados 4.358 itens e a abundância variou de 0,1 a 9,2 itens · m⁻¹; quanto à composição, o plástico foi o resíduo mais abundante. A principal fonte foi "Turismo/recreação" e o estudo não apresentou distinção significativa quanto à presença de resíduos sólidos entre os locais de vila, semirurais e rurais. Fatores como existência de infraestruturas à beira-mar, erosão costeira, sazonalidade das chuvas, presença de vegetação, proximidade de rios e amplitudes de maré parecem ser mais relevantes para os padrões de deposição de lixo na região.

Faizal *et al.* (2022) realizaram o monitoramento de praias (pesquisa de linha de base) em seis regiões da Indonésia, revelando a abundância, a composição e a distribuição dos resíduos (> 2,5 cm). A amostragem ocorreu em 13 localidades, em 121 pontos amostrais, durante os anos de 2013 a 2018, nas praias com diferentes tipos de uso, praias isoladas, centros de atração turística, zonas de pesca e áreas marinhas protegidas. Os resíduos foram coletados em transectos de 100 m paralelos à linha de costa e categorizados conforme o formulário de *International Coastal Cleanup* (ICC) da *Ocean Conservancy International* (2017). Foram coletados 34.330 itens e 1.113,10 kg e, em média, foram encontrados 8,81 ± 0,08 kg por 100 m e 260 ± 2,51 itens por 100 m de extensão de praia. Os itens de plástico foram os mais coletados. As densidades por metro quadrado também foram calculadas tanto em itens/m² quanto em kg/m².

Grillo e Mello (2021) realizaram o levantamento de macrolixo marinho (> 2,5 cm) em cinco praias de acesso restrito, na costa a barlavento, e em uma praia de uso múltiplo, na costa a sotavento do arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. Toda a área das praias foi amostrada, da borda da água até o início da área vegetada ou falésias, durante a maré baixa, no período de setembro de 2016 a setembro de 2018. Os resíduos foram pesados e categorizados pelo tipo de material, e os do tipo plástico foram classificados de acordo com Cheshire *et al.* (2009). Foram coletados 294,5 kg de plástico, 15,3 kg de vidro, 8,2 kg de metal e 3 kg de papel, e, apesar da costa a barlavento ser desabitada, esta apresentou maior abundância de resíduos plásticos. Já o litoral a sotavento, dentro da área urbana de uso múltiplo, apresentou mais plásticos descartáveis e bitucas de cigarro. Esses achados revelam que as características oceanográficas e a infraestrutura turística desempenham papéis importantes na acumulação de lixo no mar em um arquipélago protegido.

Kaviarasan *et al.* (2020) pesquisaram as Ilhas Lakshadweep com diferentes níveis de habitação (Minicoy > Kadmat > Suheli Par – desabitada), na Índia, em agosto de 2019. A pesquisa objetivou elaborar uma linha de base de dados de lixo no mar, avaliando abundância, composição e fontes. Em cada local, foram amostrados três transectos de 20 × 20 m da região supralitoral à região entremarés durante a maré baixa. Todos os itens de macrolixo (tamanho: > 2,5 cm a < 1 m) foram coletados, contados e classificados de acordo com Cheshire *et al.* (2009), e as prováveis fontes foram identificadas com base em *Marine Conservation Society* (2002). O nível de limpeza da praia foi mensurado por meio da adaptação do CCI de Alkalay *et al.* (2007). Foram coletados um total de 1.231 resíduos, tendo o plástico como material dominante e a pesca como fonte principal de lixo. A maior abundância média (193 ± 97 itens/400 m²) de lixo no mar foi encontrada na ilha Kadmat, seguida pelas ilhas Suheli Par (154 ± 31 itens/400 m²) e Minicoy (63 ± 49 itens/400 m²). Os resultados revelam que a ilha Suheli Par (desabitada) teve uma abundância de resíduos maior que a ilha Minicoy (mais habitada). Segundo os autores, a permanência da população das ilhas vizinhas por uma ou duas semanas em Suheli Par, devido à pesca do atum, explica o valor encontrado, já que a ilha não tem instalações para recolha de lixo. Esse achado demonstra a importância do conhecimento das atividades locais para a interpretação dos resultados.

Kaviarasan *et al.* (2022) monitoraram a costa sudeste da Índia, quantificaram e caracterizaram o macro (> 2,5 cm), meso (2,5 cm a 5 mm) e microlixo (< 5 mm) das regiões úmida e seca de seis praias arenosas, no período de novembro de 2019 a fevereiro de 2020. Os itens de macrolixo foram contados, pesados e classificados de acordo com Cheshire *et al.* (2009). Os locais de amostragem foram classificados como praias urbanas, semiurbanas e remotas/naturais. O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) foi usado para se medir o nível de limpeza da costa. O levantamento registrou 5.727 itens de macrolixo, pesando cerca de 136 kg

e apresentando abundância média $0,24 \pm 0,14$ itens/m². O plástico foi o grupo mais abundante em itens quanto em massa. A região seca das praias apresentou maior concentração de lixo do que a área úmida. As praias mais próximas dos centros urbanos e com múltiplas atividades apresentaram maior abundância de lixo do que as praias mais remotas. Esses achados demonstram que as praias próximas as atividades humanas funcionam como sumidouros de lixo no mar.

Okuku *et al.* (2020) realizaram pesquisas de acumulação de macrolixo (> 2,5 cm) em seis praias no Quênia, entre os meses de junho e novembro de 2019, com distintos aspectos ambientais, demográficos e econômicos. A unidade amostral foi dividida em área seca e úmida para avaliar as entradas oceânicas e terrestres. Além disso, foram estabelecidas zonas de amortecimento entre 10 e 50 m para evitar o movimento de resíduos para a área estudada. O levantamento ocorreu em dez dias consecutivos em cada praia. Os resíduos foram coletados, quantificados, categorizados (plástico, vidro, metal, madeira processada, espuma, têxteis, borracha, material de construção e cerâmica, materiais relacionados com a pesca) e pesados por item. Em seguida, uma auditoria de itens foi realizada para elucidar suas origens. Os resultados mostraram que as taxas de acúmulo variaram entre $1,53 \pm 1,23$ e $11,46 \pm 7,72$ itens · m⁻¹ · dia⁻¹ (para zonas secas) e $2,69 \pm 2,13$ e $8,93 \pm 7,87$ itens · m⁻¹ · dia⁻¹ (para zonas úmidas). Plástico e espuma foram as categorias de resíduos mais abundantes. Os produtos locais (Quênia) constituíram cerca de 88% dos itens recolhidos. Maiores taxas na zona seca foram atribuídas às atividades realizadas na zona superior da praia.

Orthodoxou *et al.* (2022) monitoraram vinte praias da Ilha de Chipre, selecionadas de acordo com a localização geográfica, de forma a abranger toda a ilha, com comprimento mínimo de 100 m, acessíveis durante todo o ano e com acesso livre ao mar. As praias foram categorizadas de acordo com o nível de urbanização (remota, semiurbana e urbana) e nível turístico (turística e não turística). A amostragem ocorreu em transectos de 100 m de comprimento e largura da praia, entre nos meses de janeiro, março, junho e setembro de 2021. Os itens de lixo (> 2,5 cm) foram coletados, contados e classificados em plástico, metal, resíduos higiênicos, papel e papelão, resíduos médicos, madeira trabalhada, vidro e outros, que incluiu equipamentos de proteção individual (EPIs) utilizados na pandemia da COVID-19 e após em categorias por tipo de resíduo (Hanke *et al.*, 2013; Zettler *et al.*, 2017). Foram recolhidos 42.499 itens de macrolixo, com densidade média de $0,19 \pm 0,18$ itens/m². A maioria dos itens coletados eram plásticos. A pesquisa identificou maiores densidades médias de lixo em locais turísticos ($0,24$ itens/m²) em comparação com locais não turísticos ($0,12$ itens/m²) e uma densidade média mais baixa de lixo marinho em locais remotos ($0,14$ itens/m²) em comparação com locais semiurbanos ($0,23$ itens/m²) e urbanos ($0,19$ itens/m²). A diferença nas densidades médias de lixo entre locais semiurbanos e urbanos pode estar relacionada com as diferenças nos regimes de limpeza, ocorrendo regularmente em locais urbanos.

Perumal *et al.* (2021) avaliaram a poluição macro (> 2,5 cm) e meso (0,5-2,5 cm) lixo na costa de Thondi, na Índia, rica em recursos marinhos economicamente valiosos e atividades econômicas, como agricultura, aquicultura e pesca (mais significativa para a região). Os itens de lixo foram medidos, quantificados e identificados conforme Hanke *et al.* (2013). A coleta ocorreu na maré baixa em março de 2021, em dez transectos de 200 m de comprimento e 2 m de largura. O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) foi usado para medir o nível de limpeza, enquanto a *Matrix Scoring Technique* (MST) de Tudor e Williams (2004) foi a base para se classificarem as fontes de lixo ao longo da costa. Foi coletado um total de 1.636 itens (77,49% plásticos), equivalente a $4,09$ itens/m². Apesar de a pesca ser uma atividade econômica significativa da região, o estudo concluiu que a principal fonte de resíduos foi terrestre (62,45%), seguida por fonte marinha (21,14%) e fontes desconhecidas (16,41%).

Rosa e Widmer (2021) observaram a composição (tipo de material) e a fonte prováveis de macro (> 2,5 cm) e microlixo (*pellets*) na praia dos Navegantes, situada no estado brasileiro de Santa Catarina, nos regimes de baixa/regular e alta vazão do Rio Itajaí-Açu. A amostragem foi baseada no Programa de Detritos Marinhos da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (Lippiatt, Opfer e Arthur, 2013), sendo coletados

resíduos em cinco transectos de 5 m de largura. Foram realizadas quatro campanhas por regime de vazão, todas na maré baixa, entre os meses de junho de 2019 e janeiro de 2020. As fontes prováveis se basearam em Earll *et al.* (2000) e Araújo e Costa (2007). Foi identificado um total de 1.433 itens, sendo coletados 509 itens nas amostragens de baixa vazão e 924 itens no período de alta vazão. Embora esses valores apresentassem uma diferença significativa entre os diferentes regimes de vazão, não foi possível afirmar que foram carreados pelo rio. Já que a maioria dos itens tem como provável origem "usuários de praia", inclusive no regime de alta vazão. Na alta vazão era esperado que a maioria dos itens tivessem como provável origem o lixo doméstico proveniente da bacia hidrográfica. Os autores afirmaram que este achado foi devido ao período de alta vazão ter coincidido parcialmente com a alta temporada turística. Além disso, o plástico foi o material mais abundante e a principal fonte de resíduos foi "usuários de praia" (terrestre).

Salazar *et al.* (2022) monitoraram a composição, a distribuição temporal e espacial, a abundância e o tamanho do lixo (> 2,5 cm) em três praias da província de Quaya, no Equador. Foram selecionadas praias com maior densidade de resíduos, previamente identificadas por Gaibor *et al.* (2020). A amostragem manual ocorreu, mensalmente, de dezembro de 2018 a fevereiro de 2020. Já a classificação dos itens de lixo seguiu o guia de atividades do Programa de Ciência Cidadã "Cientistas do lixo" (Científicos de la Basura, 2024). Além disso, foram contados e medidos por meio de registro fotográfico com o uso do *software* ImageJ 1.8.0. O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) foi utilizado para se medir o nível de limpeza das praias. Foram coletados 12.362 itens, com concentração de 1,95 itens/m². A composição de resíduos foi marcada por plásticos (91,8%). A abundância média de resíduos foi mais baixa na praia remota e não turística em comparação com as outras duas praias, que possuíam um fluxo turístico considerável e ficavam próximas a vilarejos de comunidades pesqueiras.

Shankar *et al.* (2023) realizaram um levantamento de macrolixo (> 2,5 cm a 1 m) na zona entremarés de 13 praias arenosas entre fevereiro de 2020 e março de 2021, na remota Ilha Rutland, que faz parte do Parque Nacional Marinho Mahatma Gandhi, na Índia. A área de amostragem foi calculada, individualmente, a partir de imagens do satélite Landsat-8 de 2021 antes de se realizar o levantamento de campo. Os itens de lixo foram contados, categorizados por classes de material e tipo de resíduo conforme a *Marine Conservation Society* (2002) e Cheshire *et al.* (2009). Além disso, foi realizada a auditoria de itens, na qual os resíduos foram fotografados a fim de se classificar os resíduos por país. O nível de limpeza de praias foi avaliado pelo CCI (Alkalay *et al.*, 2007), adaptado para o total de lixo. O *Plastic Abundance Index* (PAI) foi utilizado como segundo índice (Rangel-Buitrago *et al.*, 2021) para se calcular a relação entre a quantidade de plástico e a quantidade total de lixo recolhido. Foram coletados 317.565 itens de lixo e a concentração variou entre 0,09 a 1,03 itens/m². A maioria dos itens foi de plástico. A fonte principal de lixo para a ilha foi terrestre, oriunda de países vizinhos. Embora a ilha esteja em uma área protegida com ocupação humana limitada de 347 habitantes e com restrições à pesca, o lixo transportado pelas correntes oceânicas dos países vizinhos contribui com um grande volume de resíduos, e representando séria ameaça ao parque nacional marinho protegido.

Já Steele e Miller (2022) coletaram macro (> 5 mm) e microlixo (< 5 mm) em sete praias das Ilhas do Canal da Califórnia, Estados Unidos, localizadas em um Parque Nacional e Santuário Marinho Nacional, e em dois locais no continente, para se comparar com os resultados das ilhas. O estudo teve como objetivo avaliar a abundância numérica e de massa, a concentração, a distribuição e a taxa de acumulação anual dos resíduos. A amostragem seguiu o protocolo modificado de Lippiatt, Opfer e Arthur (2013) e ocorreu, sazonalmente, entre os anos de 2016 e 2020. Em cada local foram estabelecidos três transectos de 100 m de comprimento, paralelos à linha de costa. Após o recolhimento, os itens foram transportados para o laboratório, onde foram limpos, secos, categorizados e pesados. Foram coletados 28.263 itens de macrolixo ao longo deste estudo, a densidade dos itens recolhidos variou de 0,007 a 0,092 itens · m⁻² e a de massa variou de 0,001 a 0,013 kg · m⁻². As taxas médias de acumulação variaram de 0,028-0,337 itens · m⁻² · ano⁻¹ e 0,001-0,051 kg · m⁻² · ano⁻¹. A composição dos itens de macrolixo foi dominada por plásticos. O estudo revela que as densidades de lixo nas ilhas podem ser maiores que em praias do continente devido à circulação marinha, aos ventos, às tempestades e à

atividade pesqueira. Esse achado revela que o estatuto de área protegida das ilhas não preserva seus habitats do ataque do lixo no mar.

Por sua vez, Suteja *et al.* (2021) estudaram macrolixo (2,5 a 100 cm) em quatorze praias turísticas da Ilha de Bali, localizada na Indonésia. A amostragem considerou as estações chuvosa (abril/2020 e janeiro/2021) e seca (agosto e outubro de 2020). As praias foram escolhidas considerando a representação da área de estudo, pela facilidade de acessibilidade para amostragem em ambas as estações, ausência de molhes/quebra-mar e praia arenosa de no mínimo 100 m de costa (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013). A categorização dos itens foi baseada em Lippiatt, Opfer e Arthur (2013). Os resíduos foram coletados em quatro transectos de 50 m² (25 × 2 m) a partir da linha de preamar com espaçamento mínimo de 20 m entre transectos paralelos. As fontes potenciais basearam-se em Jang *et al.* (2014), e a análise das informações impressas nos itens permitiu avaliar se o detrito era de fonte estrangeira ou doméstica. O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) foi adotado para avaliar o nível de limpeza das praias. Suteja *et al.* (2021) coletaram 2.471 itens (28.470,6 g) nas praias observadas, tendo o plástico dominado em itens quanto em peso. A maioria dos resíduos foi de origem terrestre. Além disso, verificou-se que a média de resíduos durante a estação chuvosa ($0,560 \pm 0,429$ itens/m² e $5,410 \pm 4,742$ g/m²) foi maior do que a média de resíduos na estação seca ($0,153 \pm 0,072$ itens/m² e $2,704 \pm 2,243$ g/m²). Esse achado destaca a influência das chuvas para o acúmulo de lixo encontrado em praias.

Veerasingam *et al.* (2020) avaliaram a distribuição espacial, as fontes e as características de macrolixo (> 2,5 cm) em 12 praias da costa oeste do Catar com diferentes tipos de uso (urbana, semiurbana, semirural e remota), durante os meses de setembro-novembro de 2019. Em cada praia, três transectos paralelos à linha de costa (maré baixa, maré alta, linha de berma), medindo 100 m de comprimento e 1 m de largura, foram pesquisados. Os itens foram avaliados quanto ao estado de conservação e classificados de acordo com Hanke *et al.* (2013). O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) das praias foi calculado e as fontes foram identificadas pelo método desenvolvido por Tudor e Williams (2004). Foi encontrado um total de 2.376 itens de macrolixo, e a densidade média foi de 1,98 itens/m². O plástico foi o material mais abundante em todas as praias, e 45,3% dos itens lixo foi de fonte terrestre. A distribuição total de resíduos obteve a seguinte ordem: maré baixa (260 itens) < maré alta (860 itens) < linha de berma (1.200 itens), pois, na região de maré baixa, os itens permanecem por pouco tempo por serem carregados para o mar pelas marés e ondas. O estudo também encontrou uma relação negativa da distribuição de resíduos com a população de áreas próximas, assim, praias urbanas apresentaram menos resíduos devido a maior regularidade de limpeza das praias.

Verlis e Wilson (2020) analisaram macrolixo (> 5 mm) nas ilhas mais populosas (ilhas de Moorea e Taiti) na Polinésia Francesa, território ultramarino da França localizado no Oceano Pacífico. Com o objetivo de fornecer uma linha de base da questão do lixo no mar, as praias foram escolhidas a fim de se obter uma distribuição representativa da exposição ao vento, ondas e condições de uso da praia ao longo das ilhas. A coleta foi realizada em transectos de 20 a 50 m de comprimento com largura entre 3 e 8 m contando-se da zona entremarés até a parte superior da praia, durante o mês de julho de 2017. Os resíduos foram categorizados de acordo com Cheshire *et al.* (2009), enquanto as características e as marcas dos itens foram registradas conforme Wilson e Verlis (2017). O CCI (Alkalay *et al.*, 2007) foi adotado e determinaram-se as fontes potenciais pelo método de Tudor e Williams (2004). Os autores recuperaram um total de 4.002 itens (26.774 g) de lixo das ilhas, enquanto a densidade de lixo foi de 0,75 itens/m² em Moorea e de 0,95 itens/m² em Taiti. O lixo encontrado foi dominado por plásticos em (58%). Cerca de 60% do lixo no mar recuperado de ambas as ilhas foi derivado de bacias terrestres locais, indicando que a maior parte dos resíduos é de fonte terrestre.

Widiyanti, Akrae Littaqwa e Jefri (2023) analisaram as características de macro (> 5 cm) e mesolixo (0,5 – 2,5 cm) em três locais diferentes (Praia de Tanjung Aan, em área turística e na área de pesca; e Praia de Batu Berang, rochosa) da Ilha de Lombok, localizada na Indonésia, e estratégias de mitigação do lixo marinho. A amostragem dos itens de lixo foi realizada conforme descrita em Indonesia (2020)

durante os meses de agosto a setembro de 2022. Os resíduos foram quantificados (nº de itens), pesados (g) e classificados por tipo de material e tipo de resíduo. A estratégia de mitigação de lixo no mar foi identificada por análise quantitativa SWOT (*Strengths* – Forças, *Weaknesses* – Fraquezas, *Opportunities* – Oportunidades e *Threats* – Ameaças), metodologia que avalia aspectos internos – Forças e Fraquezas – e externos – Oportunidades e Ameaças – para se elaborarem estratégias de gestão. Os resíduos da praia de Tanjung Aan tiveram, em média, uma distribuição do peso de 0,29 g/m², dominada por resíduos de borracha (0,80 g/m²). Já a distribuição média da quantidade de resíduos foi de 0,06 itens/m², dominada por resíduos plásticos (0,09 itens/m²). Na área de pesca, a média de distribuição do peso do macrolixo foi de 0,38 g/m², sendo dominada por vidro e cerâmica (1,92 g/m²), enquanto a distribuição média da quantidade de resíduos foi de 0,08 itens/m², com maior incidência de tecidos (0,24 itens/m²). Na praia rochosa de Batu Berang, os resíduos, em média, tiveram distribuição de 0,38 g/m², dominada por resíduos de borracha (0,65 g/m²). A densidade média do macrolixo, em quantidade, foi de 0,05 itens/m², com o plástico aparecendo em maior ocorrência (0,06 itens/m²). Ao contrário do que era esperado, a praia rochosa obteve densidade menor, em itens, do que os outros locais, já que cascalhos e pedras tendem a reter os resíduos. Além disso, a área de pesca apresentou maior concentração de resíduos em relação à área turística, o que pode ser explicado pela unidade amostral, da área turística, ser distante da atividade de visitantes.

Zalewska, Maciak e Grajewska (2021) pesquisaram a costa sul do mar Báltico, na Polônia, muito frequentada por turistas durante todo ano. A amostragem foi realizada em quinze seções de 1 km de extensão cada, quatro vezes ao ano, 1 dia em cada estação, durante os anos de 2015 a 2019. As seções de pesquisa foram selecionadas de forma a fornecer informações ao longo de toda a costa polonesa e refletir diferentes pressões, como praias urbanas e rurais, e próxima à foz de rios. Em cada seção, todos os resíduos detectados visualmente foram contados em toda a largura da seção, desde a linha de água até a borda da praia. Os resíduos foram classificados por tipo de material, tipo de resíduos e fontes potenciais, elaborados pelos autores. Foram observados 85.086 itens e uma distribuição de 16,1 itens/100 m. Os plásticos (68,5%) constituíram a categoria mais abundante. Já a principal fonte de resíduos foi proveniente de atividades turísticas e recreativas. As praias do tipo urbano apresentaram, durante todo o período da pesquisa, quantidade total de resíduos duas vezes maior que as praias rurais. O estudo concluiu que os resíduos resultantes de atividades turísticas e recreativas é o grupo mais numeroso, porém, não identificou uma ligação clara entre o número de turistas e a quantidade de resíduos, principalmente devido à limpeza de praias. Além disso, não detectou mudanças no total de itens proporcionais às vazões dos maiores rios poloneses, Vístula e Odra.

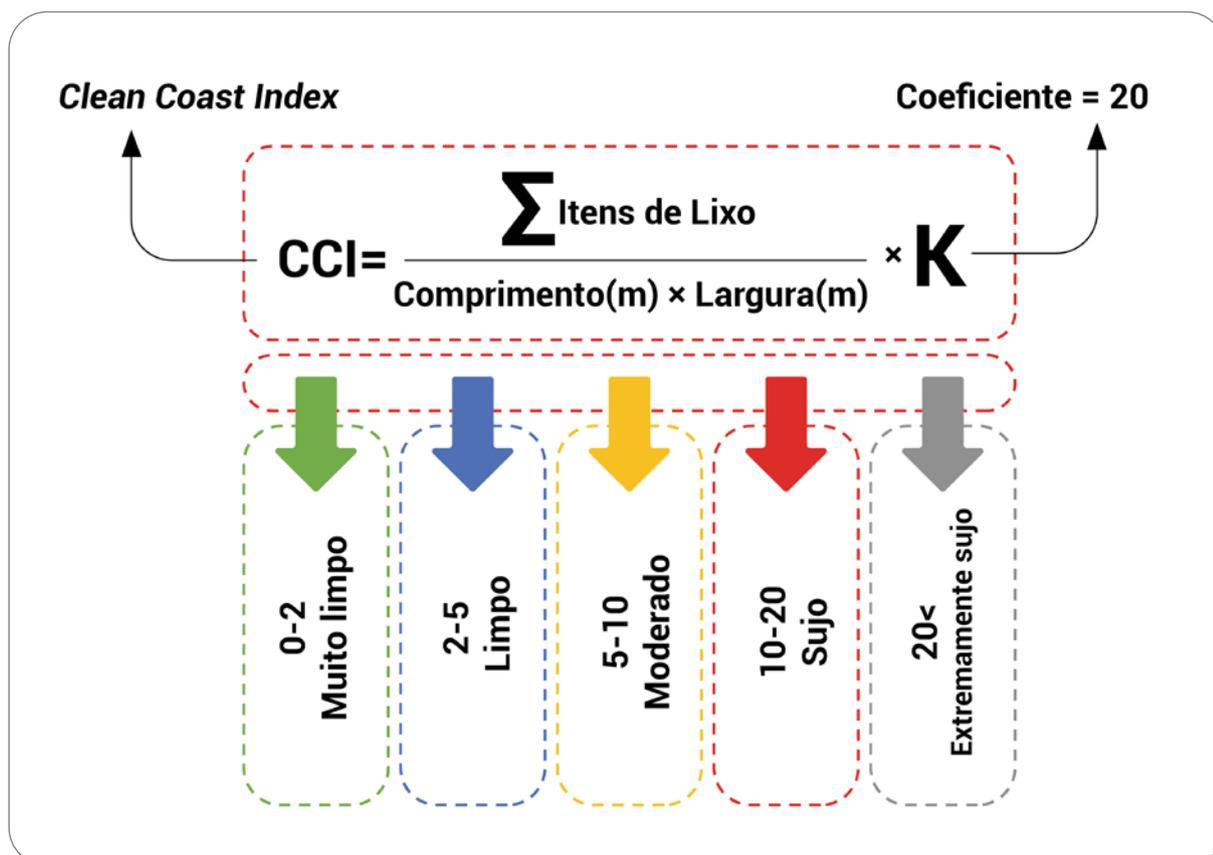
A pesquisa resultou em arcabouço teórico sobre o monitoramento do lixo no mar, retornando importantes referências, como os protocolos (programas, diretrizes, orientações e manuais) elaborados nas últimas décadas para monitorar a poluição marinha por lixo, tais como:

Diretrizes sobre Pesquisa e Monitoramento de Lixo Marinho do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente / Comissão Oceanográfica Intergovernamental (PNUMA/COI) (Cheshire *et al.*, 2009): conjunto de diretrizes operacionais padronizadas para a realização de avaliações de macro e megalixo de praia, do fundo marinho e de superfície e coluna d'água. O monitoramento deve ser realizado em praias expostas ao mar aberto, sem quebra-mares ou molhes que afetem a circulação local e acumulem ou retenham resíduos, declividade de baixa a moderada (15º – 45º), acessível para os pesquisadores durante todo o ano, comprimento mínimo de 100 m e que não tenha atividades de limpeza. Além disso, as praias selecionadas devem estar sujeitas a diferentes exposições de lixo (urbanas, rurais e próximas de rios). A diretriz determina que o monitoramento pode ser abrangente ou de avaliação rápida. Em um monitoramento abrangente, a pesquisa deve ser de acumulação, devendo ocorrer no período mínimo de 1 (um) ano, trimestralmente (devido às variações sazonais), e em praias com diferentes tipos de uso, representando a região costeira avaliada. A unidade amostral pode ter de 100 a 1.000 m de comprimento e largura da borda d'água até o limite da praia, e todo o resíduo maior que 2,5 cm na dimensão linear mais longa deve ser coletado (amostragem manual), exceto matéria orgânica. Idealmente, os itens devem ser

contados e pesados. A lista de categorias de resíduos possui dois níveis de hierarquia (composição do material e forma) composta por 10 classes de materiais e 77 tipos de resíduos (categorias) com seus respectivos códigos de identificação. A partir deste documento muitos países e regiões desenvolveram protocolos para o monitoramento do lixo no mar.

Clean Coast Index (CCI) (Alkalay *et al.*, 2007): o índice foi desenvolvido nas praias de Israel como um indicador de limpeza das praias por meio da quantidade de lixo plástico (> 2 cm). Entretanto, esse índice foi adaptado nos estudos da revisão para todos os tipos de resíduos, tendo sua fórmula modificada e interpretado de acordo com a Figura 3:

Figura 3 – Clean Coast Index (Alkalay *et al.*, 2007)



Fonte: Adaptada de Heravi *et al.* (2024)

Diretriz para monitorar lixo marinho em praias da Área Marítima da Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste (OSPAR) (OSPAR, 2010): a diretriz foi projetada para gerar dados de qualidade sobre macro e megalixo em praias, de acordo com metodologia padronizada, que permita a comparação entre as regiões abrangidas pela OSPAR. O monitoramento é baseado em pesquisa de acumulação e deve ser realizado em praias de areia ou cascalho, expostas ao mar aberto, sem quebra-mares ou molhes, acessível para os pesquisadores durante todo o ano, de fácil remoção do lixo no mar, comprimento mínimo de 100 m e, se possível, mais de 1 km de comprimento e que não tenha atividades de limpeza. O documento adota como unidade amostral 100 m de comprimento e largura medindo da borda d'água até o limite da praia. Na unidade amostral, todos os resíduos visíveis devem ser removidos (amostragem manual), inclusive fezes, contados e classificados conforme a lista mestra de 121 categorias divididas em 12 classes de materiais e uso. Os autores recomendam que a amostragem ocorra quatro vezes ao ano em cada estação do ano.

Programa de Detritos Marinhos da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013): desenvolvido pelos Estados Unidos, elaborou metodologias padronizadas para

facilitar comparações entre o tempo, o espaço e os compartimentos ambientais, tais como linhas costeiras (mesolixo), superfície e coluna d'água e fundo marinho, e até durante levantamentos visuais no mar. As diretrizes recomendam pesquisas de estoque permanente sobre a composição (tipos de material), abundância (itens) e concentração de resíduos (itens/m²). As praias devem ser de areia ou seixos, acessíveis durante o ano todo, sem quebra-mares ou molhes, ter no mínimo 100 m de comprimento e não haver atividade de limpeza; caso ocorra, devem ser anotadas. Além disso, as praias devem ser escolhidas, aleatoriamente, dentre os diversos tipos de uso. As pesquisas devem ocorrer uma vez a cada 28 ± 3 dias. A amostragem ocorre em quatro subtransectos de 5 m de comprimento escolhidos aleatoriamente em um transecto de apenas 100 m, desta forma, em qualquer dia de amostragem, 20 m serão analisados. Os resíduos de macrolixo (> 2,5 cm) não são coletados (censo visual *in situ*), apenas quantificados e classificados em lista mestra de 43 categorias divididas em sete classes de material.

Orientações sobre o monitoramento de lixo marinho nos mares europeus (Hanke *et al.*, 2013): o documento foi elaborado para orientar e apoiar os estados-membros da União Europeia na implementação de programas de monitorização harmonizados de lixo no mar, como o lixo de praia, lixo na superfície e coluna d'água, lixo no fundo do mar, lixo na biota e microlixo, o que atende ao Descritor 10 da *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD), que descreve protocolos e recomendações para recolher, relatar e avaliar o lixo no mar. As diretrizes, por avaliar tendências, recomendam pesquisas de taxa de acumulação. Portanto, aconselham realizar quatro amostragens, uma em cada estação do ano. As praias escolhidas devem ter 100 m de comprimento, no mínimo, permitir acesso livre ao mar (sem quebra-mares ou molhes), serem acessíveis durante todo ano às equipes de trabalho, ter declividade baixa a moderada (15° – 45°) e as amostragens não devem ser realizadas em locais que ponham em risco espécies ameaçadas e locais protegidos. Além disso, os locais de amostragem devem sofrer diferentes exposições de lixo, tais como: praias urbanas, rurais e próximas dos principais rios. Cada praia deverá ter duas unidades amostrais com largura da linha d'água até o limite da praia, tendo o comprimento de acordo com o nível de poluição por lixo:

Poluição de leve a moderada: dois trechos de 100 m de comprimento deverão ser monitorados;
Muito poluídas: dois trechos de 50 m de comprimento deverão ser monitorados.

Os autores recomendam a coleta de todos os resíduos visíveis (amostragem manual), exceto matéria orgânica, quantificação (itens) e categorização em 165 categorias (lixo de praia) divididas em 9 classes de material.

International Coastal Cleanup (Ocean Conservancy, 2017): programa que envolve voluntários de várias partes do mundo para remover lixo de praias e cursos d'água. Foi elaborado pela *Ocean Conservancy*, organização de defesa ambiental dos oceanos sediada nos Estados Unidos. Para os interessados em realizar limpezas, o Programa fornece apoio de coordenadores locais, orientações, aplicativo e formulário para documentar os itens encontrados. O formulário orienta que todos os itens observados sejam recolhidos, meso, macro e megalixo sendo contados, pesados e classificados em 38 categorias divididas em cinco classes (mais prováveis de encontrar, embalagens, equipamento de pesca, higiene pessoal e outros tipos) de macro e megalixo.

Manual de Monitoramento de Lixo Marinho da África (Barnardo; Ribbink, 2020): o objetivo deste manual foi fornecer um guia simples e confiável para monitoramento de lixo na África, por meio de métodos cientificamente robustos, viáveis e reprodutíveis, mesmo com recursos e experiência limitados. O Manual descreve protocolos para o monitoramento do macro (> 2,5 cm) e meso (5 cm – 2,5 cm) lixo em praias e manguezais, macro, meso e microlixo em rios e estuários, e macrolixo em terra. Os locais podem ser selecionados pelos diferentes tipos de uso, onde as praias devem ser escolhidas pelo substrato de areia ou cascalho, ou outro que o lixo possa se acumular; declividade de baixa a moderada (15° – 45°), que permite o acúmulo de resíduos; acesso livre ao mar (sem quebra-mares

ou molhes); e locais acessíveis e seguros (não apresentem riscos) aos pesquisadores. Locais que ameacem espécies e habitats vulneráveis devem ser evitados, assim como locais de erosão, pois neste processo os itens de lixo enterrados são exumados, distorcendo a acumulação de novos itens. Além disso, não deve ocorrer a limpeza das praias durante a pesquisa. O Manual recomenda que o monitoramento de macrolixo em praias seja de acumulação, o que inclui uma limpeza inicial (Dia Zero de Limpeza), na qual todo o lixo é recolhido, seguida de limpezas diárias por 10 dias consecutivos (amostragem manual). A amostragem ocorre em um transecto de 500 m de comprimento e largura da borda d'água até o limite da praia. Duas zonas de amortecimento de 50 m em cada lado do transecto são determinadas para evitar o deslocamento lateral da área não limpa até a área de amostragem. No transecto, a coleta dos resíduos é dividida em zona úmida (entremarés) e seca (supralitoral) sendo avaliados a quantidade (contagem e peso), a distribuição (zona úmida e seca), a tipologia (153 categorias divididas em 12 classes de materiais e uso) e a origem dos resíduos por meio da auditoria de itens, que consiste na observação de informações sobre marca, fabricante, data de fabricação e procedência no rótulo dos itens de lixo.

Diretrizes de Monitoramento de Lixo Marinho (Indonésia, 2020): o documento foi elaborado para o monitoramento de lixo no mar na Indonésia, através da amostragem de macro (> 2,5 cm) e meso (0,5 cm – 2,5 cm) lixo em praia, superfície e coluna d'água e fundo marinho. As diretrizes têm como objetivos determinar a composição, peso, distribuição e as ameaças aos ecossistemas costeiros e marinhos do lixo no mar. Para o monitoramento de praias, devem ser escolhidas praias de areia ou cascalho; com comprimento mínimo de 100 metros, podendo ser estendido para 1.000 m paralelos à água; declividade baixa a moderada (15° – 45°); sem quebra-mares, molhes, cais ou outras construções; acessíveis durante todo o ano ou sazonalmente para continuidade do monitoramento; sem atividade de limpeza de praia ao menos 3 meses antes das amostragens; e não ser um habitat sensível ou com espécies ameaçadas que possam ser perturbadas com as amostragens. A unidade amostral deve ter no mínimo 100 m de comprimento, podendo se estender até 1.000 m de acordo com a quantidade de resíduos encontrada, e, no mínimo, 5 m de largura. A tamanho da unidade amostral depende dos recursos existentes (tempo e número de agentes). Definida a unidade amostral, o transecto será dividido em subtransectos de 20 m e em cada subtransecto será demarcada uma caixa de subtransecção com tamanho de (5 m × 5 m), onde o macrolixo será coletado (amostragem manual). Os resíduos coletados devem ser limpos, contados, pesados e classificados conforme a lista mestra do PNUMA, em 10 classes de materiais e 77 tipos de resíduos (categorias). A frequência de amostragem deve ocorrer ao menos duas vezes ao ano em cada local, mas, para averiguar alterações sazonais, deverá ser feita a cada três meses.

Cientistas do Lixo (Científicos de la Basura, 2024): programa de ciência participativa, desenvolvido no Chile, que realiza campanhas anuais de amostragem, quantificação e caracterização (tipos e fontes) de lixo no mar em diversos países da América Latina, na costa do Pacífico. O projeto capacita estudantes, professores e cidadãos voluntários em metodologia padronizada para recolher e analisar os dados obtidos, formando cientistas cidadãos. A amostragem de macrolixo (> 2,5 cm) ocorre no mínimo em dois transectos, separados a uma distância de 30 m, divididos em seis estações (linha d'água, zona úmida, maré alta, zona seca inferior, zona seca superior e limite da praia), onde são delimitados subtransectos de 3 × 3 m. Os resíduos são contados e classificados em oito classes de materiais apenas.

O Quadro 2 sintetiza as variáveis encontradas nas pesquisas selecionadas por método de monitoramento e objetivos. Neste quadro, as informações das variáveis, fontes e categorias de composição, são apresentadas como referências (adotadas ou adaptadas pelos autores).

Quadro 2 - Síntese das variáveis (fontes, categorias de tamanho e composição e unidades de medida) dos estudos por método de monitoramento e objetivos

Método de monitoramento	Referência	Objetivos	Fontes	Categoria de tamanho	Categoria de composição	Unidades de medida
Levantamento fotográfico por embarcações	Papachristopoulou <i>et al.</i> (2020)	A/C/DE	—	Macro ($\geq 2,5$ cm)	Galgani <i>et al.</i> (2013)	Itens; itens/100 m
Levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT)	Andriolo <i>et al.</i> (2020)	A/C/DE	—	Macro ($\geq 2,5$ cm a 50 cm)	OSPAR (2010)	Itens; itens/m ²
	Gonçalves <i>et al.</i> (2020)	A/C/DE	—	Macro ($> 2,5$ cm)	Própria	Itens/m ²
	Gonçalves e Andriolo (2022)	A/C/DE/F	Andriolo <i>et al.</i> (2021)	Macro ($\geq 2,5$ cm a 50 cm)	Andriolo <i>et al.</i> (2021)	Itens
Amostragem manual	Amri <i>et al.</i> (2023)	A/C/DE	—	Macro ³ (2,5 cm a 1 m)	Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Indonesia (2020)	Itens; g; itens/m ² ; g/m ²
	Barnardo <i>et al.</i> (2021) ²	A/C/DET/F/TA	Divisão do transecto (entremarés e supralitoral)	Macro ($\geq 2,5$ cm)	Barnardo e Ribbink (2020)	Itens; kg itens/100 m/dia; g/100 m/dia
	Benaissa <i>et al.</i> (2021)	A/C/DE	—	Macro (> 5 cm)	Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Hanke <i>et al.</i> (2013)	Itens; itens/10 m ²
	Bettencourt <i>et al.</i> (2023) ¹	A/C/DT/F	Pasternak <i>et al.</i> (2017)	Macro ($\geq 2,5$ cm)	OSPAR (2010)	Itens; kg; itens/m ²
	Buckingham, Capper e Bell (2020)	A/C/DE/F	Tudor e Williams (2004)	—	OSPAR (2010)	Itens; itens/100 m
	Cavalcante <i>et al.</i> (2020)	A/C/DE/F	Própria (modelagem da circulação marinha)	Macro ³ (> 20 cm)	Própria	Itens; kg; itens/m ² ; g/m ²
	Melo Nobre, Santos e Nilin (2021) ¹	A/C/DT/F	Araújo (2003) e Veiga <i>et al.</i> (2016)	Macro ($> 2,5$ cm)	Cheshire <i>et al.</i> (2009)	Itens/m; itens/m ²
	Faizal <i>et al.</i> (2022)	A/C/DET	—	Macro ($> 2,5$ cm)	Ocean Conservancy (2017)	Itens; kg; itens/100 m; kg/100 m; itens/m ² ; kg/m ² ;
	Grillo e Mello (2021)	A/C/DET	—	Macro ($> 2,5$ cm)	Cheshire <i>et al.</i> (2009)	Kg
	Kaviarasan <i>et al.</i> (2020) ¹	A/C/F	Marine Conservation Society (2002)	Macro ($> 2,5$ cm a 1 m)	Cheshire <i>et al.</i> (2009)	Itens; itens/400 m ²
	Kaviarasan <i>et al.</i> (2022) ¹	A/C/DE	—	Macro ³ ($> 2,5$ cm)	Cheshire <i>et al.</i> (2009)	Itens; kg; itens/m ²

Quadro 2 - Síntese das variáveis (fontes, categorias de tamanho e composição e unidades de medida) dos estudos por método de monitoramento e objetivos

Método de monitoramento	Referência	Objetivos	Fontes	Categoria de tamanho	Categoria de composição	Unidades de medida
Amostragem manual	Okuku <i>et al.</i> (2020)	A/C/DE/F/TA	Divisão da praia (área seca e úmida)	Macro (> 2,5 cm)	Própria	Itens/m/dia
	Orthodoxou <i>et al.</i> (2022)	A/C/DET	—	Macro (> 2,5 cm)	Hanke <i>et al.</i> (2013) e Zettler <i>et al.</i> (2017)	Itens; itens/m ²
	Perumal <i>et al.</i> (2021) ¹	A/C/DE/F	Tudor e Williams (2004)	Macro ³ (> 2,5 cm)	Hanke <i>et al.</i> (2013)	Itens; itens/m ²
	Rosa e Widmer (2021) ⁴	A/C/F	Earll <i>et al.</i> (2000) e Araújo e Costa (2007)	Macro ³ (> 2,5 cm)	Própria	Itens
	Salazar <i>et al.</i> (2022) ¹	A/C/DET	—	Macro (> 2,5 cm)	Manual "Cientistas do lixo"	Itens; itens/m ²
	Shankar <i>et al.</i> (2023) ^{1,2}	A/C/DET/F	Própria	Macro (2,5 cm a 1 m)	Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Marine Conservation Society (2002)	Itens; itens/m ²
	Steele e Miller (2022)	A/C/DT/TA	—	Macro ³ (> 5 cm)	Lippiatt, Opfer e Arthur (2013)	Itens; kg; itens · m ⁻¹ ; kg · m ⁻² ; itens · m ⁻² · ano ⁻¹ ; kg · m ⁻² · ano ⁻¹
	Suteja <i>et al.</i> (2021) ^{1,2}	A/C/DET/F	Jang <i>et al.</i> , 2014	Macro (2,5 a 100 cm)	Lippiatt, Opfer e Arthur (2013)	Itens; g; itens/m ² ; g/m ²
	Veerasingam <i>et al.</i> (2020) ^{1,2}	A/C/DE/F	Tudor e Williams, 2004	Macro (≥ 2,5 cm)	Hanke <i>et al.</i> (2013)	Itens; itens/m ²
	Verlis e Wilson (2020) ^{1,2}	A/C/DE/F	Tudor e Williams, 2004	Macro (> 5 cm)	Cheshire <i>et al.</i> (2009)	Itens; g; itens/m ²
	Widiyanti, Akraoe Littagwa e Jefri (2023) ³	A/C	—	Macro (> 5 cm)	Própria	Itens; g; itens/m ² ; g/m ²
Zalewska, Maciak e Grajewska (2021) ⁵	A/C/DET/F	Própria	Itens visíveis	Própria	Itens; itens/100 m	

A – Abundância; C – Composição; DE – Distribuição Espacial; DT – Distribuição Temporal; DET – Distribuição Espacial e Temporal; F – Fontes potenciais; TA – Taxa de Acumulação. ¹ CCI – Clean Coast Index (Alkalay *et al.*, 2007). ² Auditoria de itens. ³ Avaliação de outros tamanhos. ⁴ Amostragem baseada em Lippiatt, Opfer e Arthur (2013). ⁵ Resultado (itens/100 m) comparado ao limite polonês (nacional) e da União Europeia

Fonte: Elaborado pelos autores

4. Discussão

O estudo identificou, nos 27 artigos resultantes da revisão, três métodos para monitorar macro e megalixo em praias arenosas: (1) levantamento fotográfico baseado em embarcações, em um artigo; (2) levantamento por VANT, em três artigos; e (3) amostragem manual (coleta manual), em 23 artigos. Os dois primeiros métodos de monitoramento são considerados inovadores por permitirem abordagem diferenciada de protocolos de monitoramento, que adotam como técnicas a amostragem manual (Cheshire *et al.*, 2009; OSPAR, 2010; Hanke *et al.*, 2013; Barnardo; Ribbink, 2020; Indonesia, 2020) e o censo visual *in situ* (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013). Outros métodos inovadores também foram apontados por GEMSAP (2019), como o sensoriamento remoto (Acuña *et al.*, 2018), fotografia por balão aéreo (Nakashima *et al.*, 2011) e ortofotografia por avião (Moy *et al.*, 2018), e são utilizados para uma avaliação rápida do lixo em praias, habitats sensíveis, áreas de densa vegetação, remotas ou inacessíveis. Portanto, o levantamento fotográfico baseado em embarcações e por VANTs podem complementar o monitoramento abrangente de uma região por incluir áreas não avaliadas.

A amostragem manual foi o método mais utilizado nas pesquisas de lixo em praias, 23 artigos. Este resultado pode ser explicado por esse método ser o mais recomendado pelos protocolos de monitoramento de lixo no mar, nos quais a maioria dos autores (20) se basearam para realizar suas pesquisas, conforme o Quadro 3, com exceção de Cavalcante *et al.* (2020), Okuku *et al.* (2020) e Zalewska, Maciak e Grajewska (2021). Além disso, amostragem manual é o método preferido pelos pesquisadores pelo baixo custo do método, por não haver necessidade de equipamentos sofisticados e pessoal especializado para a coleta, e pela obtenção de dados diretos e precisos do lixo encontrado.

Quadro 3 – Protocolos de monitoramento que basearam pesquisas de lixo no mar

Protocolos de monitoramento	Pesquisas
Diretrizes sobre Pesquisa e Monitoramento de Lixo Marinho do PNUMA/COI (Cheshire <i>et al.</i> , 2009)	Amri <i>et al.</i> (2023); Benaissa <i>et al.</i> (2021); Melo Nobre, Santos e Nilin (2021); Grillo e Mello (2021); Kaviarasan <i>et al.</i> (2020); Kaviarasan <i>et al.</i> (2022); Shankar <i>et al.</i> (2023); Verlis e Wilson (2020) (8)
<i>Clean Coast Index</i> (CCI) (Alkalay <i>et al.</i> , 2007):	Bettencourt <i>et al.</i> (2023); Melo Nobre, Santos e Nilin (2021); Kaviarasan <i>et al.</i> (2020); Kaviarasan <i>et al.</i> (2022); Perumal <i>et al.</i> (2021); Salazar <i>et al.</i> (2022); Shankar <i>et al.</i> (2023); Suteja <i>et al.</i> (2021); Veerasingam <i>et al.</i> (2020); Verlis e Wilson (2020) (10)
Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013)	Rosa e Widmer (2021); Steele e Miller (2022); Suteja <i>et al.</i> (2021) (3)
Orientações sobre o monitoramento de lixo marinho nos mares europeus (Hanke <i>et al.</i> , 2013):	Benaissa <i>et al.</i> (2021); Orthodoxou <i>et al.</i> (2022); Perumal <i>et al.</i> (2021); Veerasingam <i>et al.</i> (2020) (4)
International Coastal Cleanup (Ocean Conservancy, 2017)	Faizal <i>et al.</i> (2022) (1)
Manual de Monitoramento de Lixo Marinho da África (Barnardo; Ribbink, 2020)	Barnardo <i>et al.</i> (2021) (1)
Diretrizes de Monitoramento de Lixo Marinho (Indonesia, 2020)	Amri <i>et al.</i> (2023); Widiyanti, Akraeb Littaqwa e Jefri (2023) (2)
Cientistas do Lixo (Científicos de la Basura, 2024)	Salazar <i>et al.</i> (2022) (1)

Fonte: Elaborado pelos autores

Dos nove documentos de monitoramento padronizados de lixo no mar encontrados nas pesquisas, sete deixam claro que os resíduos devem ser recolhidos pelos participantes, ou seja, indicam o método de amostragem manual (Cheshire *et al.*, 2009; OSPAR, 2010; Hanke *et al.*, 2013; Ocean Conservancy, 2017; Barnardo e Ribbink, 2020; Indonésia, 2020; Científicos de la Basura, 2024), enquanto o *Clean Coast Index* (Alkalay *et al.*, 2007) não é explícito ao recomendar a coleta manual e o Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013) recomenda o censo visual *in situ* (identificação sem a coleta de itens de lixo). Estes documentos não recomendam a remoção de resíduos, pois avaliam a poluição em praias por meio de pesquisas de estoque permanente.

Outras revisões de trabalhos sobre o lixo no mar, em menor escala geográfica, como a de Ivar do Sul e Costa (2007), na região do Caribe e América Latina, e de Silva, Morais e Silva (2019), na costa brasileira, apontaram a amostragem em transectos perpendiculares à linha de costa como método preferido para o monitoramento de praias. Nesta pesquisa, dentre os artigos que realizaram amostragem manual (23), dois realizaram a coleta por toda a praia (Okuku *et al.*, 2020; Grillo; Mello, 2021) e, em um artigo, a coleta foi na região entremarés das praias (Shankar *et al.*, 2023), enquanto o restante (20) realizou amostragem manual em transectos perpendiculares à linha de costa. Assim, a maioria das pesquisas deste estudo realizou amostragem em transectos perpendiculares à linha de costa conforme revisões anteriores.

A síntese da revisão foi agrupada de acordo com os métodos, sendo descritos, para cada estudo, os seus objetivos (abundância, composição, distribuição, fontes e taxa de acumulação), metodologia (critérios de seleção de praias, categorias de tamanho e desenho amostral), resultados e os principais achados. De acordo com os objetivos, a abundância pode ser em itens, massa (pesagem) ou itens e massa, e a composição (plásticos, madeira, vidro etc.) pode ser classificada em classes de materiais, classes de materiais e tipos de resíduos, classes de materiais e uso e tipos de resíduos e classes de uso e tipos de resíduos. Quanto à distribuição de resíduos, pode ser espacial, a qual ocorre ao longo da praia amostrada (representada por transectos distribuídos pela praia ou divisão da área amostrada) ou da região estudada (amostragem em locais que representaram os tipos de uso de praia da região, ou locais em quantidade representativa da região); e temporal, a qual é avaliada ao longo do ano, em que é possível verificar alterações sazonais.

Todas as pesquisas (27) determinaram a abundância, em sua maioria representada em itens (13), e a composição, em sua maioria classificada por classe de materiais e tipos de resíduos (15), conforme o Quadro 4. Esses achados concordam com os protocolos de monitoramento, nos quais todos (9) recomendam avaliar abundância, em sua maioria em itens (5), e a composição, em metade dos protocolos classificada por classe de materiais e tipos de resíduos (4) (Quadro 5), por ser fundamental quantificar e caracterizar os materiais que compõem a poluição por lixo encontrada. A maioria dos estudos avaliou a distribuição espacial e/ou temporal dos itens de lixo (20) na(s) praia(s) e/ou na região estudada. Apenas Kaviarasan *et al.* (2020), Rosa e Widmer (2021) e Widiyanti, Akrabe Littaqwa e Jefri (2023) não avaliaram a distribuição. Estes achados concordam com a maioria dos protocolos de monitoramento (8) em que orientam a avaliação da distribuição espacial, temporal ou espaço-temporal.

Quadro 4 – Abundância, composição e distribuição por pesquisas da revisão

Objetivos		Abundância		Composição				Distribuição		
Pesquisas	Itens	Massa	Itens e massa	Classe de materiais	Classe de materiais e tipos de resíduos	Classe de materiais e uso, e tipos de resíduos	Classe de uso e tipos de resíduos	Espacial	Temporal	Espaço-temporal
Amri <i>et al.</i> (2023)			X		X			X		
Barnardo <i>et al.</i> (2021)			X			X				X
Benaissa <i>et al.</i> (2021)	X				X			X		
Bettencourt <i>et al.</i> (2023)			X			X			X	
Buckingham, Capper e Bell (2020)	X					X				
Cavalcante <i>et al.</i> (2020)	X				X					
Melo Nobre, Santos e Nilin (2021)	X				X				X	
Faizal <i>et al.</i> (2022)			X				X			X
Grillo e Mello (2021)		X			X					X
Kaviarasan <i>et al.</i> (2020)	X				X					
Kaviarasan <i>et al.</i> (2022)			X		X			X		
Okuku <i>et al.</i> (2020)	X					X		X		
Orthodoxou <i>et al.</i> (2022)	X					X				X
Perumal <i>et al.</i> (2021)	X				X			X		
Rosa e Widmer (2021)	X			X						
Salazar <i>et al.</i> (2022)	X			X						X
Shankar <i>et al.</i> (2023)	X				X					X
Steele e Miller (2022)			X		X				X	
Suteja <i>et al.</i> (2021)			X		X					X
Veerasingam <i>et al.</i> (2020)	X				X			X		
Verlis e Wilson (2020)			X		X			X		
Widiyanti, Akraeoe Littaqwa e Jefri (2023)			X		X					
Zalewska, Maciak e Grajewska (2021)	X				X					X
Total	13	1	9	2	15	5	1	9	3	8

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 5 – Abundância, composição e distribuição por protocolos de monitoramento

Objetivos	Abundância			Composição				Distribuição		
Protocolos de monitoramento	Itens	Massa	Itens e massa	Classe de materiais	Classe de materiais e tipos de resíduos	Classe de materiais e uso, e tipos de resíduos	Classe de uso e tipos de resíduos	Espacial	Temporal	Espaço-temporal
Diretrizes sobre Pesquisa e Monitoramento de Lixo Marinho do PNUMA/COI (Cheshire <i>et al.</i> , 2009)			X		X					X
<i>Clean Coast Index</i> (CCI) (Alkalay <i>et al.</i> , 2007)	X							X		
Diretriz para monitorar Lixo marinho em praias da Área Marítima da OSPAR (OSPAR, 2010)	X					X			X	
Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013)	X				X					X
Orientações sobre o monitoramento de lixo marinho nos mares europeus (Hanke <i>et al.</i> , 2013):	X				X					X
<i>International Coastal Cleanup</i> (Ocean Conservancy, 2017)			X				X			
Manual de Monitoramento de Lixo Marinho da África (Barnardo; Ribbink, 2020)			X			X				X
Diretrizes de Monitoramento de Lixo Marinho (Indonésia, 2020)			X		X					X
Cientistas do Lixo (Científicos de la Basura, 2024)	X			X						
Total	5	0	4	1	4	2	1	2	1	5

Fonte: Elaborado pelo autores

Apenas o *Clean Coast Index* (Alkalay *et al.*, 2007) não se preocupa com a composição por ter sido originalmente formulado para avaliar a poluição por resíduos plásticos e ter foco no nível de limpeza da praia, abundância, e o quanto esses resíduos estão concentrados, distribuição. Já o *International Coastal Cleanup* (Ocean Conservancy, 2017) não recomenda amostragem de forma a observar a distribuição espacial ou temporal, ficando a critério dos objetivos e recursos dos voluntários que realizarem a pesquisa determinar a distribuição.

Em relação às fontes, 15 pesquisas tiveram como objetivo determinar as fontes de lixo no mar e quase metade das pesquisas (12) não o fizeram. Este resultado, ainda, é menor quanto aos protocolos de monitoramento, no qual apenas o Manual de Monitoramento de Lixo Marinho da África (Barnardo; Ribbink, 2020) recomenda, explicitamente, a determinação das fontes de lixo no mar por meio da auditoria de itens. A Diretriz para monitorar lixo marinho em praias da Área Marítima da OSPAR (OSPAR, 2010) e a *International Coastal Cleanup* (Ocean Conservancy, 2017) classificam alguns resíduos (itens indicadores¹) em classes quanto ao tipo de uso, sendo possível identificar as fontes que contribuem para a poluição da praia, entretanto, não determinam as fontes para todos os itens. Esse resultado advém da dificuldade em determinar uma fonte específica para um item de lixo (atividade humana); por exemplo, uma garrafa plástica de bebida pode ter origem em uma atividade marinha, como turismo náutico, como também ser originada de usuários de praia, sendo necessário avaliar as características do resíduo para definir a fonte. Esta dificuldade é tanta que a NOAA, ao atualizar o Programa de Detritos Marinhos, alterou o foco de investigação para a composição do lixo no mar em vez da determinação de fontes (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013). Quanto à orientação sobre o monitoramento de lixo marinho nos mares europeus (Hanke *et al.*, 2013), foi publicada a determinação de fontes, e esta orientação ainda era um assunto pendente. Portanto, foi elaborado o relatório técnico "Identificando Fontes de Lixo Marinho" (Veiga *et al.*, 2016) pela União Europeia, o qual conceitua métodos de identificação de fontes de lixo no mar. Neste âmbito, considerou-se a Técnica de Pontuação em Matriz de Tudor e Williams (2004) como o melhor método e ela passou a ser recomendada pela União Europeia.

De acordo com a regularidade das amostras ao longo do ano e a coleta manual dos resíduos de lixo no mar, as pesquisas foram agrupadas por tipo de monitoramento. Foram observadas 12 pesquisas de acumulação e 15 pesquisas de estoque permanente (11 pesquisas de amostragem manual), conforme o Quadro 6. Considerando que os protocolos de monitoramento recomendam apenas pesquisas de amostragem manual, a quantidade de pesquisas de acumulação (12) e de estoque permanente (11) é muito similar. Da mesma forma ocorre com os protocolos de monitoramento, em que cinco estudos recomendam pesquisas de acumulação e quatro de estoque permanente. Das pesquisas de acumulação, somente três pesquisas calcularam a taxa de acumulação (Barnardo *et al.*, 2021; Okuku *et al.*, 2020; Steele; Miller, 2022). Do mesmo modo, os protocolos de monitoramento não recomendam explicitamente o cálculo dessas taxas, sendo observado, apenas, no Manual de Monitoramento de Lixo Marinho da África (Barnardo; Ribbink, 2020). Esses resultados podem ser atribuídos a maior exigência de recursos financeiros necessários para as pesquisas e o cálculo das taxas de acumulação, principalmente a taxa de acumulação diária, o que dificulta a rotina das pesquisas (GESAMP, 2019).

(Continua)

Quadro 6 – Pesquisas e protocolos de monitoramento por tipo de pesquisa

Tipos de pesquisa	Pesquisas	Protocolos de monitoramento
Acumulação	Barnardo <i>et al.</i> (2021), Bettencourt <i>et al.</i> (2023), Melo Nobre, Santos e Nilin (2021), Faizal <i>et al.</i> (2022), Grillo e Mello (2021), Okuku <i>et al.</i> (2020), Orthodoxou <i>et al.</i> (2022), Salazar <i>et al.</i> (2022), Shankar <i>et al.</i> (2023), Steele e Miller (2022), Suteja <i>et al.</i> (2021), Zalewska, Maciak e Grajewska (2021) (12)	Cheshire <i>et al.</i> (2009), OSPAR (2010), Hanke <i>et al.</i> (2013), Barnardo e Ribbink (2020), Indonesia (2020) (5)

¹ Itens indicadores são resíduos específicos que certamente tem origem de uma determinada fonte, como exemplo, os cotonetes, que são indicadores da poluição por fonte de esgoto. Assim, quando os itens indicadores de uma fonte são registrados indica que a fonte está envolvida na poluição por lixo no mar de uma região.

Quadro 6 – Pesquisas e protocolos de monitoramento por tipo de pesquisa

Tipos de pesquisa	Pesquisas	Protocolos de monitoramento
Estoque permanente	Papachristopoulou <i>et al.</i> (2020), Andriolo <i>et al.</i> (2020), Gonçalves <i>et al.</i> (2020), Gonçalves e Andriolo (2022) (4), Amri <i>et al.</i> (2023), Benaissa <i>et al.</i> (2021), Buckingham, Capper e Bell (2020), Cavalcante <i>et al.</i> (2020), Kaviarasan <i>et al.</i> (2020), Kaviarasan <i>et al.</i> (2022), Perumal <i>et al.</i> (2021), Rosa e Widmer (2021), Veerasingam <i>et al.</i> (2020), Verlis e Wilson (2020), Widiyanti, Akraboe Littaqwa e Jefri (2023) (11)	Alkalay <i>et al.</i> (2007), Lippiatt, Opfer e Arthur (2013), Ocean Conservancy (2017), Científicos de la Basura (2024) (4)

Fonte: Elaborado pelos autores

Das pesquisas da revisão, 11 tiveram como objetivo determinar linha de base de dados para o monitoramento (Amri *et al.*, 2023; Barnardo *et al.*, 2021; Bettencourt *et al.*, 2023; Buckingham; Capper; Bell, 2020; Faizal *et al.*, 2022; Grillo; Mello, 2021; Okuku *et al.*, 2020; Kaviarasan *et al.*, 2020; Verlis; Wilson, 2020; Orthodoxou *et al.*, 2022; Zalewska; Maciak; Grajewska, 2021), todas por meio do método de amostragem manual. Das pesquisas de linha de base, sete foram de acumulação e quatro de estoque permanente, o que demonstra a preferência por linha de base que revele informações sobre as tendências de lixo no mar na região, para formulação de medidas mitigatórias.

De acordo com a metodologia, a maioria das pesquisas (20) considerou como macrolixo itens maiores que 2,5 cm, assim como os protocolos de monitoramento (5). Buckingham, Capper e Bell (2020) e Zalewska, Maciak e Grajewska (2021) coletaram itens visíveis, menores que em suas pesquisas, ou seja, resíduos menores que 2,5 cm, o que está em linha com os protocolos OSPAR (2010), Hanke *et al.* (2013) e Ocean Conservancy (2017). Medidas discrepantes foram observadas: Steele e Miller (2022) e Verlis e Wilson (2020) consideraram como macrolixo itens maiores que 5 mm, ou seja, consideraram mesolixo como macrolixo, enquanto Benaissa *et al.* (2021) e Widiyanti, Akrabe Littaqwa e Jefri (2023) consideraram como macrolixo itens maiores que 5 cm. Já Zalewska, Maciak e Grajewska (2021) consideraram como macrolixo itens maiores que 20 cm. Considerar itens menores que 2,5 cm como macrolixo podem superestimar a poluição, assim como considerar itens maiores (> 5 cm ou > 20 cm) que 2,5 cm pode subestimar a poluição em relação às demais pesquisas, dificultando a comparação. Pesquisas que recolham itens menores (ou visíveis) são louváveis, pois retiram do ambiente os resíduos. Portanto, uma alternativa para estas pesquisas seria separar a quantidade de lixo de itens menores dos maiores que 2,5 cm, como é orientado pelo Formulário Nacional de Mutirão de Limpeza do Ministério do Meio Ambiente do Brasil (Brasil, 2024).

A maioria dos protocolos de monitoramento analisados (6) têm um consenso sobre os critérios de seleção de praias, representados por praias de areia ou cascalhos, com declividade de baixa a moderada (15° – 45°), acessíveis o ano todo para os pesquisadores, mínimo de 100 m de comprimento e que não comprometam habitats sensíveis e espécies ameaçadas. OSPAR (2010) e Indonésia (2020) recomendam somente esses critérios de seleção, enquanto Cheshire *et al.* (2009), Hanke *et al.* (2013), Lippiatt, Opfer e Arthur (2013) e Barnardo e Ribbink (2020) recomendam selecionar praias sujeitas a diferentes fontes de lixo, como praias urbanas, remotas e próximas de rios. Entretanto, dentre as pesquisas de amostragem manual, 12 utilizaram como critério de seleção a exposição a diferentes fontes, e apenas cinco adotaram os critérios de consenso dos protocolos de monitoramento, conforme pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7 – Pesquisas e critérios de seleção de praias

Pesquisas	Consenso dos protocolos de monitoramento	Exposição a fontes		Exposição a aspectos ambientais		Exposição a aspectos demográficos		Locais em quantidade representativa da área de estudo	Praias com maior quantidade de resíduos conforme estudo anterior
		Diferentes	Iguais	Diferentes	Iguais	Diferentes	Iguais		
Amri <i>et al.</i> (2023)							X		
Barnardo <i>et al.</i> (2021)		X							
Benaissa <i>et al.</i> (2021)					X				
Bettencourt <i>et al.</i> (2023)	X								
Buckingham, Capper e Bell (2020)	X								
Cavalcante <i>et al.</i> (2020)			X						
Melo Nobre, Santos e Nilin (2021)		X							
Faizal <i>et al.</i> (2022)		X							
Grillo e Mello (2021)		X		X					
Kaviarasan <i>et al.</i> (2020)						X			
Kaviarasan <i>et al.</i> (2022)		X							
Okuku <i>et al.</i> (2020)				X		X			
Orthodoxou <i>et al.</i> (2022)	X	X						X	
Perumal <i>et al.</i> (2021)								X	
Rosa e Widmer (2021)			X						
Salazar <i>et al.</i> (2022)									X
Shankar <i>et al.</i> (2023)			X					X	
Steele e Miller (2022)	X	X							
Suteja <i>et al.</i> (2021)	X	X						X	
Veerasingam <i>et al.</i> (2020)		X							
Verlis e Wilson (2020)		X		X					
Widiyanti, Akraoe Littaqa e Jefri (2023)		X		X					
Zalewska, Maciak e Grajewska (2021)		X							
Total	5	12	3	4	1	2	1	4	1

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao contrário da maioria dos protocolos de monitoramento, nos quais apenas Alkalay *et al.* (2007) e Lippiatt, Opfer e Arthur (2013) (2) são explícitos ao recomendarem o cálculo da área, a maioria das pesquisas avaliou a poluição por metro quadrado (18). O restante das pesquisas relacionou a poluição ao metro linear (5), ao metro quadrado e ao metro linear (1), e outras não relacionaram a poluição à amostra (3). Outros trabalhos, também, avaliaram a poluição por metro quadrado em praias da Albânia, Bósnia-Herzegovina, Croácia, Grécia, Itália, Montenegro e Eslovênia (Vlachogianni *et al.*, 2018), das Ilhas do Caribe (Schmuck *et al.*, 2017), da Indonésia (Isyrin *et al.*, 2019) e do Brasil (Andrades *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018). Estimar a poluição em metro linear permite melhor comparação entre as praias, pois independe da diferença de largura entre as mesmas. Já a vantagem em estimar a poluição em metro quadrado consiste em saber o quão concentrados estão os resíduos, dando a noção de sua distribuição.

De acordo com os resultados das pesquisas de amostragem manual, o plástico foi o material mais abundante, em itens, de todas as pesquisas (23). Várias pesquisas anteriores concordaram com este achado – Schmuck *et al.* (2017), Vlachogianni *et al.* (2018) e Barbosa *et al.* (2019) –, assim como as revisões de literatura de Ivar do Sul e Costa (2007) e Silva, Morais e Silva (2019). Neste trabalho, apenas Barnardo *et al.* (2021) e Widiyanti, Akrahe Littaqwa e Jefri (2023) obtiveram como material mais abundante, em massa, a madeira processada e a borracha, respectivamente. Outro resultado importante da revisão foi determinar a fonte principal de resíduos para as áreas avaliadas. Das 14 pesquisas de amostragem manual que determinaram as fontes de resíduos, 12 tiveram as fontes terrestres como a principal causa da poluição por lixo na área avaliada, tendo como fontes marinhas de resíduos apenas em duas pesquisas. Este resultado já era esperado, pois estima-se que 80% do lixo no mar é proveniente de fontes terrestres (Turra *et al.*, 2020).

Tendo em vista o alinhamento com protocolos de monitoramento internacionais e pesquisas científicas, é recomendado que o monitoramento abrangente de macro e megalixo ($\geq 2,5$ cm) de praias seja baseado em pesquisas de acumulação, inclusive a pesquisa de linha de base, e que apresente os objetivos da seguinte forma: a **abundância** em itens, e, quando possível, também, em massa; a **composição** em categorias hierarquizadas por classe de materiais e tipos de resíduos; a **distribuição** espaço-temporal dos resíduos; e, quando possível, deve-se determinar as **fontes potenciais** de resíduos de acordo com a Técnica de Pontuação em Matriz de Tudor e Williams (2004).

Já em relação à metodologia, recomenda-se que o método seja de **amostragem manual** realizada em transectos perpendiculares à linha de costa com no mínimo 100 m de comprimento e largura da borda d'água até o limite da praia, conforme Cheshire *et al.* (2009). É importante que os **critérios de seleção** representem a diversidade de praias da área de estudo, portanto, é aconselhável selecionar praias expostas a diferentes fontes de resíduos e aspectos ambientais. Além disso, a quantidade de locais deve ser proporcional à área de estudo, sendo representativo para região, e ainda atender aos critérios de consenso dos protocolos de monitoramento. Idealmente, sugere-se que as dimensões das unidades amostrais sejam bem definidas para que os resultados da poluição sejam relacionados com a área, em **metros quadrados**, e com o comprimento de praia investigado, em **metros lineares**, sendo possível comparar a poluição com as demais pesquisas. Para apurar o **nível de limpeza das praias**, recomenda-se, ainda, o uso do *Clean Coast Index* (Alkalay *et al.*, 2007), adotado em várias pesquisas da revisão.

O Brasil instituiu o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, em 2019, para gerar dados e informações confiáveis sobre a incidência de lixo ao longo da costa brasileira. Dentre seus objetivos específicos, esta revisão se alinha ao Objetivo 4, que propõe “Impulsionar pesquisas, desenvolvimento de tecnologias e metodologias para combater o lixo no mar” ao recomendar metodologia alinhada com as demais pesquisas e protocolos internacionais para o monitoramento de macro e megalixo em praias. Com a publicação dessa revisão, espera-se instruir de forma prática gestores ambientais para o início do monitoramento da poluição de lixo no mar nos territórios, o que gera a melhoria do estado ambiental das praias, visto que as coletas regulares reduzem a poluição; a inclusão social de catadores de materiais recicláveis, devido à mobilização de cooperativas para a entrega dos materiais

recolhidos; ações de educação ambiental da comunidade, quando mobilizadas a participarem do diagnóstico, levantamentos e resultados; e estratégias de mitigação da poluição através de dados robustos e confiáveis.

É importante destacar algumas limitações desta pesquisa. A metodologia foi restrita a duas bases de dados e ao período de 2020 a 2023 para atender à pergunta de pesquisa, portanto, outras revisões podem verificar mais artigos e outros métodos de monitoramento. Nesta revisão não foi possível apresentar considerações sobre a unidade amostral recomendada e sobre os métodos de determinação de fontes potenciais de lixo, as quais são necessárias para os gestores ambientais dos territórios ajustar com os recursos humanos e financeiros disponíveis. Outra limitação da pesquisa foi a versão adotada para análise dos protocolos de monitoramento internacionais, sendo utilizadas as referências das pesquisas da revisão, logo, não foram analisadas versões atualizadas dos protocolos.

Para complementar o conhecimento acerca do monitoramento de lixo no mar em praias, pesquisas futuras podem apresentar informações sobre o desenho amostral de uma pesquisa típica e sobre os métodos existentes para determinar fontes de lixo no mar. Pode-se, ainda, realizar revisão atualizada sobre os protocolos de monitoramento internacionais e comparar com esta pesquisa, ressaltando as principais diferenças. E, mais interessante ainda, espera-se que pesquisas futuras coloquem em prática o monitoramento abrangente recomendado neste estudo, tecendo considerações a respeito. Essas pesquisas seriam fundamentais para a elaboração de um protocolo ou de uma recomendação nacional de monitoramento em praias.

A pesquisa por meio de revisão sistemática trouxe à luz os métodos mais utilizados nas pesquisas científicas e protocolos de monitoramento internacional de macro e megalixo (> 2,5 cm) em praias arenosas. Ao identificar os objetivos, metodologia e resultados das pesquisas, e relacionar aos protocolos internacionais, propôs recomendação básica para o monitoramento abrangente no território brasileiro. É sugerido, ainda, que se realizem pesquisas que adotem os parâmetros recomendados, as quais servirão de subsídio para uma Recomendação Nacional. Para um país com 8.500 km de costa, dominada por praias arenosas, este trabalho é fundamental para impulsionar a harmonização de metodologias para o controle e comparação da poluição por lixo nesses ambientes.

5. Conclusão

A presente revisão sistemática, abrangendo estudos publicados entre 2020 e 2023, revelou que o monitoramento de macrolixo por amostragem manual se destaca como o método mais utilizado para avaliar a poluição por lixo em praias arenosas, sendo adotado, inclusive, por protocolos de monitoramento existentes. Essa prevalência se justifica por diversos fatores:

Baixo custo operacional: a simplicidade do método, que exige um aparato mínimo de equipamentos, permite a realização por pessoal previamente capacitado, mesmo sem experiência prévia em pesquisa, o que contribui significativamente para a redução dos custos da investigação.

Precisão e confiabilidade dos dados: a coleta manual possibilita a análise individual de cada item de lixo, garantindo a obtenção de dados diretos e precisos sobre a composição e quantidade dos resíduos encontrados. Esta precisão é fundamental para embasar estudos científicos robustos e subsidiar políticas públicas eficazes no combate à poluição por lixo em ambientes costeiros.

Versatilidade e adaptabilidade: a amostragem manual destaca-se por sua versatilidade, podendo ser aplicada em diversos ambientes, desde extensas praias até áreas de difícil acesso, quando respeitadas normas de segurança dos voluntários e habitats sensíveis. Essa característica a torna um método adaptável a diferentes cenários de pesquisa, expandindo suas possibilidades de aplicação.

Embora a amostragem manual seja o método predominante, outros métodos também são utilizados para o monitoramento de macrolixo em praias, como:

Levantamento fotográfico por embarcações: esta técnica oferece uma alternativa ao monitoramento de áreas costeiras remotas e inacessíveis por terra, permitindo identificar a abundância e a composição de lixo, e analisar a distribuição espacial dos resíduos ao longo da costa.

Levantamento por VANT (drone): o uso de drones proporciona imagens aéreas de alta resolução, possibilitando identificar a abundância, a composição, a distribuição espacial e até as fontes do lixo na praia monitorada, permitindo avaliar áreas de difícil acesso por terra ou embarcações.

A escolha do método ideal para o monitoramento de macrolixo em praias depende de diversos fatores, como os objetivos específicos da pesquisa, as características da área de estudo e os recursos disponíveis.

A análise dos métodos de monitoramento evidenciou um desafio crucial: a falta de padronização das metodologias empregadas. Esta variabilidade nas abordagens utilizadas para a coleta e análise de dados, como fontes potenciais de lixo, categoria de tamanho, composição e unidades de medida, dificulta a comparação de dados entre estudos realizados em diferentes locais, regiões e países.

Essa falta de padronização impede a construção de um panorama global coeso da poluição por lixo em praias arenosas, limitando o potencial da pesquisa científica para subsidiar ações efetivas de combate a esse problema ambiental.

Para a superação dos desafios de comparação de dados e fortalecer a pesquisa científica sobre a poluição por lixo em praias arenosas, a harmonização de metodologias é apontada como um caminho promissor. Esta iniciativa busca identificar e eliminar as discrepâncias entre os métodos existentes, equilibrando-os em âmbito global, nacional e regional. A harmonização das metodologias de monitoramento trará diversos benefícios:

Melhoria da comparabilidade dos dados: permitirá a comparação precisa de dados coletados em diferentes estudos, facilitando a análise de tendências e a identificação de padrões globais na poluição por lixo em praias arenosas.

Fortalecimento da pesquisa científica: possibilitará a realização de estudos mais robustos e abrangentes, com resultados mais confiáveis e generalizáveis.

Apoio à tomada de decisões: subsidiará a formulação de políticas públicas mais eficazes para o combate à poluição por lixo em praias arenosas, direcionando recursos e ações para os pontos críticos e com maior impacto ambiental.

A partir desta revisão, a elaboração de um documento específico para a harmonização das metodologias de monitoramento de lixo em praias do Brasil passa a ser recomendado. Este documento, inspirado no exemplo de Portugal (Fernandes, 2021), deve ser elaborado por especialistas da área e considerar as características e necessidades específicas do contexto brasileiro.

A harmonização das metodologias no Brasil representará um passo significativo para o aprimoramento da pesquisa científica e a formulação de políticas públicas mais eficazes no combate à poluição por lixo em nossas praias, contribuindo para a proteção ambiental e a preservação dos recursos naturais do país.

Referências

ACUÑA-RUZ, T.; URIBE, D.; TAYLOR, R.; AMÉZQUITA, L.; GUZMÁN, M. C.; MERRILL, J.; MARTÍNEZ, P.; VOISIN, L.; MATTAR, C. Anthropogenic marine debris over beaches: spectral characterization for remote sensing applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, p. 309-322, nov. 2018.

ALKALAY, R.; PASTERNAK, G.; ZASK, A. Clean-coast index: a new approach for beach cleanliness assessment. **Ocean & Coastal Management**, v. 50, n. 5-6, p. 352-362, 2007.

AMRI, R.; KHOLIFIYANTI, C.; WIJAYANTI, E. S.; BAYAN, S.; HIDAYAT, R. R.; HIDAYATI, N. V. Komposisi dan distribusi sampah laut di pantai Pasir Putih Losari, Brebes, Jawa Tengah. **Jurnal Kelautan Tropis**, v. 26, n. 1, p. 135-147, mar. 2023.

ANDRADES, R.; SANTOS, R. G.; JOYEUX, J. C.; CHELAZZY, D.; CINCINELLI, A.; GIARRIZZO, T. Marine debris in Trindade Island, a remote island of the South Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, p. 180-184, dez. 2018.

ANDRIOLO, U.; GONÇALVES, G.; RANGEL-BUITRAGO, N.; PATERNI, M.; BESSA, F.; GONÇALVES, L. M. S.; SOBRASL, P.; BINI, M.; DUARTE, D.; FONTÁN-BOUZAS, A.; GONÇALVES, D.; KATAOKA, T.; LUPPICHINI, M.; PINTO, L.; TOPOUZELIS, K.; VÉLEZ-MENDOZA, A.; MERLINO, S. Drones for litter mapping: an inter-operator concordance test in marking beached items on aerial images. **Marine Pollution Bulletin**, v. 169, ago. 2021.

ANDRIOLO, U.; GONÇALVES, G.; SOBRAL, P.; FONTÁN-BOUZAS, A.; BESSA, F. Beach-dune morphodynamics and marine macro-litter abundance: an integrated approach with unmanned aerial system. **Science of the Total Environment**, v. 749, dez. 2020.

ARAÚJO, M. C. B. **Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco**: origens e consequências. Orientador: Mônica Ferreira da Costa. 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Abiótica) - Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. **Management of Environmental Quality**, v. 18, n. 1, p. 6-12, 2007.

ARAÚJO, M. C. B.; SANTOS, P. J. P.; COSTA, M. F. Ideal width of transects for monitoring source-related categories of plastics on beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 8, p. 957-961, ago. 2006.

BARBOSA JÚNIOR, E. C.; SILVA, F. L. G.; MEIRA, V. H.; MORATO, K.; GOTTSCHALK, E.; ROSA, G.; COSTA, Y. The influence of small human settlements on marine litter in the northeast coast of Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 19, n. 3, p. 181-193, set. 2019.

BARNARDO, T.; NIEKERK, T. M. V.; PICHEGRU, L.; MARLIN, D. The first baseline estimation of marine litter in Port Elizabeth, South Africa. **Marine Pollution Bulletin**, v. 172, nov. 2021.

BARNARDO, T.; RIBBINK, A. **African marine litter monitoring manual**. Port Elizabeth: Marine Waste Network, 2020.

BENAISSA, N.; HADDAD, F. Z.; TALEB BENDIAB, A. A.; BENSAPHLA-TALET, L.; HAMOU, A.; DIMACHE, A. A preliminary study on macro-litter pollution on beaches along aïn el turk bay. **Geo-Eco-Marina**, v. 27, p. 83-89, dez. 2021.

BETTENCOURT, S.; LUCAS, C.; COSTA, S.; CAEIRO, S. Monitoring marine litter on Funchal beaches (Madeira Island): insights for litter management. **Regional Studies in Marine Science**, v. 63, out. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano, 147, n. 147, p. 20, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Formulário Nacional de Mutirão de Limpeza**. [Brasília, DF, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/combate-ao-lixo-no-mar/copy_of_FormularioNacionaldeMutiraodelimpeza.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

BUCKINGHAM, J.; CAPPER, A.; BELL, M. The missing sink-quantification, categorisation and sourcing of beached macro-debris in the Scottish Orkney Islands. **Marine Pollution Bulletin**, v. 157, ago. 2020.

CAVALCANTE, R. M.; PINHEIRO, L. S.; TEIXEIRA, C. E. P.; PAIVA, B. P.; FERNANDES, G. M.; BRANDÃO, D. B.; FROTA, F. F.; S. FILHO, F. J. N.; SCHETTINI, C. A. F. Marine debris on a tropical coastline: abundance, predominant sources and fate in a region with multiple activities (Fortaleza, Ceará, northeastern Brazil). **Waste Management**, v. 108, p. 13-20, maio 2020.

CHESHIRE, A. C.; ADLER, E. **UNEP/IOC guidelines on survey and monitoring of marine litter**. [Nairobi]: United Nations Environment Programme, 2009. 120 p. (UNEP Regional Seas Reports and Studies, n. 186; IOC Technical Series, n. 83)

CIENTIFICOS DE LA BASURA. **Guías de Actividades**. 2024. Disponível em: <http://www.cientificosdelabasura.cl/guias-de-actividades/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

EARLL, R. C.; WILLIAMS, A. T.; SIMMONS, S. L.; TUDOR, D. T. Aquatic litter, management and prevention: the role of measurement. **Journal of Coastal Conservation**, v. 6, p. 67-78, dez. 2000.

ELSEVIER. **Solução Scopus**: banco de dados de resumos e citações organizados por especialistas. 2023. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>. Acesso em: 09 mar. 2022.

FAIZAL, I.; ANNA, Z.; UTAMI, S. T.; MULYANI, P. G.; PURBA, N. P. Baseline data of marine debris in the Indonesia beaches. **Data in brief**, v. 41, abr. 2022.

FERNANDES, D. O. S. T. **Lixo marinho**: harmonização de metodologias de monitorização, de materiais e categorias. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, 2021.

GAIBOR, N.; CONDO-ESPINEL, V.; CORNEJO-RODRÍGUEZ, M. H.; DARQUEA, J. J.; PERNIA, B.; DOMÍNGUEZ, G. A.; BRIZ, M. E.; MÁRQUEZ, L.; LAAZ, E.; ALEMÁN-DYER, C.; AVENDAÑO, U.; GUERRERO, J.; PRECIADO, M.; HONORATO-ZIMMER, D.; THIEL, M. Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador: a volunteer-supported study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, maio 2020.

GALGANI, F.; HANKE, G.; WERNER, S.; DE VREES, L. Marine litter within the European marine strategy framework directive. **ICES Journal of Marine Science**, v. 70, n. 6, p. 1055-1064, set. 2013.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, set. 2019.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. 120 p.

GONÇALVES, G.; ANDRIOLO, U. Operational use of multispectral images for macro-litter mapping and categorization by unmanned aerial vehicle. **Marine pollution bulletin**, v. 176, mar. 2022.

GONÇALVES, G.; ANDRIOLO, U.; GONÇALVES, L.; SOBRAL, P.; BESSA, F. Quantifying marine macro litter abundance on a sandy beach using unmanned aerial systems and object-oriented machine learning methods. **Remote Sensing**, v. 12, n. 16, p. 2599, ago. 2020.

GRILLO, A. C.; MELLO, T. J. Marine debris in the Fernando de Noronha Archipelago, a remote oceanic marine protected area in tropical SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 164, mar. 2021.

HANKE, G.; GALGANI, F.; WERNER, S.; OOSTERBAAN, L.; NILSSON, P.; FLEET, D.; KINSEY, S.; THOMPSON, R.; PALATINUS, A.; VAN FRANEKER, J.; VLACHOGIANNI, T.; SCOULOS, M.; VEIGA, J.; MATIDDI, M.; ALCARO, L.; MAES, T.; KORPINEN, S.; BUDZIAK, A.; LESLIE, H.; GAGO, J.; LIEBEZEIT, G. **Guidance on monitoring of marine litter in European Seas: a guidance document within the common implementation strategy for the marine strategy framework directive**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.

HERAVI, M. D.; HADDADI, M.; NEJAD, F. K.; YAZDANABADI, Z. I.; HAGHIGHAT, G. A. A comparative study of indexes used for litter pollution assessment in urban and public environments. **Heliyon**, v. 10, n. 3, fev. 2024.

INTERREG ESPAÑA-PORTUGAL; PROJETO ALBUFEIRA. **Harmonização de metodologias para o controlo do estado ou potencial ecológico das massas de água**. [2020]. Disponível em: <https://poctepalbufeira.org/metodologia/?lang=pt-pt>. Acesso em: 14 abr. 2024.

ISYRINI, R.; LA NAFIE, Y. A.; UKKAS, M.; RACHIM, R.; CORDOVA, M. R. Marine macro debris from Makassar Strait beaches with three different designations. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 253, 2019.

IVAR DO SUL, J. A.; COSTA, M. F. Marine debris review for Latin America and the wider Caribbean region: from the 1970s until now, and where do we go from here?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 8, p. 1087-1104, ago. 2007.

JANG, Y. C.; LEE, J.; HONG, S.; LEE, J. S.; SHIM, W. J.; SONG, Y. K. Sources of plastic marine debris on beaches of Korea: more from the ocean than the land. **Ocean Science Journal**, v. 49, p. 151-162, jul. 2014.

KAVIARASAN, T.; DHINEKA, K.; SAMBANDAM, M.; SIVADAS, S. K.; SIVYER, D.; HOEHN, D.; PRADHAN, U.; MISHRA, P.; MURTHY, M. V. R. Impact of multiple beach activities on litter and microplastic composition, distribution, and characterization along the southeast coast of India. **Ocean & Coastal Management**, v. 223, maio 2022.

KAVIARASAN, T.; NAIK, S.; SIVADAS, S. K.; DHINEKA, K.; SAMBANDAM, M.; SIVYER, D.; MISHRA, P.; MURTHY, M. V. R. Assessment of litter in the remote beaches of Lakshadweep Islands, Arabian Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 161, part. B, dez. 2020.

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN (Indonesia). **Pedoman permantauan sampah laut**. 2. ed. Jakarta: Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, 2020.

KERSHAW, P. J.; TURRA, A. AND GALGANI, F. (ed.). **Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean**. [Nairobi]: UNEP, 2019. 130 p. (Reports and studies, 99).

LIPPIATT, S.; OPFER, S.; ARTHUR, C. **Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment**. Silver Spring, MD: NOAA, 2013. (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R, 46).

MARINE CONSERVATION SOCIETY. **Nationwide Beach Clean & Survey Report**. Herefordshire: Marine Conservation Society, 2002.

MOY, K.; NEILSON, B.; CHUNG, A.; MEADOWS, A.; CASTRANCE, M.; AMBAGIS, S.; DAVIDSON, K. Mapping coastal marine debris using aerial imagery and spatial analysis. **Marine pollution bulletin**, v. 132, p. 52-59, jul. 2018.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore: uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia - antepraia. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 10, n. 1, 2019.

NAKASHIMA, E.; ISOBE, A.; MAGOME, S.; KAKO, S.; DEKI, N. Using aerial photography and in situ measurements to estimate the quantity of macro-litter on beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 4, p. 762-769, abr. 2011.

NOBRE, F. S. M.; SANTOS, A. A.; NILIN, J. Records of marine litter contamination in tropical beaches (Sergipe, Brazil) with different uses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, set. 2021.

OCEAN CONSERVANCY. **Volunteer**: ocean trash data form. 2017. Disponível em: https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/OC-DataCards_volunteerFINAL_ENG.pdf. Acesso em: 06 jan. 2024.

OKOLI, C. Guia para realizar uma revisão sistemática da literatura. Tradução David Wesley Amado Duarte. **EaD em Foco**, v. 9, n. 1, mar. 2019.

OKUKU, E. O.; KITERESI, L. I.; OWATO, G.; MWALUGHA, C.; OMIRE, J.; OTIENO, K.; MBUCHÉ, M.; NELSON, A.; GWADA, B.; MULUPI, L. Marine macro-litter composition and distribution along the Kenyan Coast: The first-ever documented study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 159, out. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando o nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. [Rio de Janeiro]: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2024.

ORTHODOXOU, D. L.; LOIZIDOU, X. I.; BALDWIN, C.; KOCAREIS, C.; KARONIAS, A.; ATEŞ, M. A. Seasonal and geographic variations of marine litter: a comprehensive study from the Island of Cyprus. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, abr. 2022.

OSPAR. **Comissão da convenção para a proteção do meio marinho do atlântico nordeste**: diretriz para monitorar lixo marinho em praias da área marítima OSPAR. Londres: [s. n.], 2010. 84 p.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, v. 88, mar. 2021.

PAPACHRISTOPOULOU, I.; FILIPPIDES, A.; FAKIRIS, E.; PAPTAEODOROU, G. Vessel-based photographic assessment of beach litter in remote coasts: a wide scale application in Saronikos Gulf, Greece. **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, jan. 2020.

PASTERNAK, G.; ZVIELY, D.; RIBIC, C. A.; ARIEL, A.; SPANIER, E. Sources, composition and spatial distribution of marine debris along the Mediterranean coast of Israel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 1036-1045, jan. 2017.

PERUMAL, K.; BOOPATHI, V.; CHELLAIYAN, S.; MUTHURAMALINGAM, S.; RAJA, P. Sources, spatial distribution, and abundance of marine debris on Thondi coast, Palk Bay, Southeast coast of India. **Environmental Sciences Europe**, v. 33, n. 1, p. 1-12, dez. 2021.

RAMOS, N. P.; LUCHIARI JUNIOR, A. Monitoramento ambiental. *In*: EMBRAPA. Cana. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/meio-ambiente/monitoramento-ambiental>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RANGEL-BUITRAGO, N.; MENDOZA, A. V.; MANTILLA-BARBOSA, E.; ARROYO-OLARTE, H.; ARANA, V. A.; TRILLERAS, J.; GRACIA, A. C.; NEAL, W. J.; WILLIAMS, A. T. Plastic pollution on the Colombian central Caribbean beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 162, jan. 2021.

ROSA, C.; WIDMER, W. M. Diagnóstico do lixo marinho na Praia de Navegantes/SC em períodos de baixa e alta vazão do Rio Itajaí-Açu. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 58, 2021.

SALAZAR, J. A.; GONZÁLEZ, R.; NAVARRETE, A. L.; CALLE, P.; ALAVA, J. J.; DOMÍNGUEZ, G. A. A temporal assessment of anthropogenic marine debris on sandy beaches from Ecuador's southern coast. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, set. 2022.

SCHMUCK, A. M.; LAVERS, J. L.; STUCKENBROCKS, S.; SHARP, P. B.; BOND, A. L. Geophysical features influence the accumulation of beach debris on Caribbean islands. **Marine Pollution Bulletin**, v. 121, n. 1-2, p. 45-51, ago. 2017.

SHANKAR, V. S.; PURTI, N.; RAMAKRISHNAN, S.; KAVIARASAN, T.; SATYAKEERTHY, T. R.; JACOB, S. A new hotspot of macro-litter in the Rutland Island, South Andaman, India: menace from IORC. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 30, n. 34, p. 82107-82123, jun. 2023.

SILVA, E. J.; MORAIS, P. C. V.; SILVA, A. Q. Resíduos sólidos no ambiente marinho brasileiro: uma revisão sistemática. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Foz do Iguaçu, RS: IBEAS, 2019. p. 1-5. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/IV-141.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.

STEELE, C. L. W.; MILLER, M. R. Temporal trends in anthropogenic marine macro-debris and micro-debris accumulation on the California Channel Islands. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, jul. 2022.

SUTEJA, Y.; ATMADIPOERA, A. S.; RIANI, E.; NURJAYA, I. W.; NUGROHO, D.; PURWIYANTO, A. I. S. Stranded marine debris on the touristic beaches in the south of Bali Island, Indonesia: the spatiotemporal abundance and characteristic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 173, dez. 2021.

TUDOR, D. T.; WILLIAMS, A. T. Development of a 'Matrix Scoring Technique' to determine litter sources at a Bristol Channel beach. **Journal of Coastal Conservation**, v. 10, n. 1, p. 119-127, jan. 2004.

TURRA, A.; SANTANA, M. F. M.; OLIVEIRA, A. L.; BARBOSA, L.; CAMARGO, R. M.; DENADAI, M. R. **Lixo nos mares: do entendimento à solução**. São Paulo: IOUSP, 2020. 113 p.

VEERASINGAM, S.; AL-KHAYAT, J. A.; ABOOBACKER, V. M.; HAMZA, S.; VETHAMONY, P. Sources, spatial distribution and characteristics of marine litter along the west coast of Qatar. **Marine Pollution Bulletin**, v. 159, out. 2020.

VEIGA, J. M.; FLEET, D.; KINSEY, S.; NILSSON, P.; VLACHOGIANNI, T.; WERNER, S.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C.; DAGEVOS, J.; GAGO, J.; SOBRAL, P.; CRONIN, R. **Identifying Sources of Marine Litter: MSFD GES TG marine litter thematic report**. [Itália]: JRC, 2016. (JRC Techninal Report).

VELANDER, K.; MOCOJNI, M. Beach litter sampling strategies: is there a 'best' method? **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 12, p. 1134-1140, dez. 1999.

VERLIS, K. M.; WILSON, S. P. Paradise trashed: sources and solutions to marine litter in a small island developing state. **Waste Management**, v. 103, p. 128-136, fev. 2020.

VLACHOGIANNI, T.; FORTIBUONI, T.; RONCHI, F.; ZERI, C.; MAZZIOTTI, C.; TUTMAN, P.; VAREZIC, PALATINUS, A.; TRDAN, S.; PETERLIN, M.; MANDIC, M.; MARKOVIC, O.; PRVAN, M.; KABERI, H.; PREVENIOS, M.; KOLITARI, J.; KROQ, G.; FUSCO, M.; KALAMPOKIS, E.; SCOULLOS, M. Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: an assessment of their abundance, composition and sources. **Marine Pollution Bulletin**, v. 131, p. 745-756, jun. 2018.

WIDIYANTI, A.; LITTAQWA, L. A. A.; JEFRI, E. Marine debris mitigation strategy in supporting the development of sustainable tourism in SEZ mandalika lombok. **Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik**

Lingkungan, v. 20, n. 1, p. 53-66, mar. 2023.

WILSON, S. P.; VERLIS, K. M. The ugly face of tourism: marine debris pollution linked to visitation in the southern Great Barrier Reef, Australia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, n. 1-2, p. 239-246, 2017.

ZALEWSKA, T.; MACIAK, J.; GRAJEWSKA, A. Spatial and seasonal variability of beach litter along the southern coast of the Baltic Sea in 2015 - 2019 - recommendations for the environmental status assessment and measures. **Science of the Total Environment**, v. 774, jun. 2021.

ZETTLER, E. R.; TAKADA, H.; MONTELEONE, B.; MALLOS, N.; ERIKSEN, M.; AMARAL-ZETTLER, L. A. Incorporating citizen science to study plastics in the environment. **Analytical Methods**, v. 9, n. 9, p. 1392-1403, 2017.

Sobre os autores

Catarina Luiza Damasceno Lima da Silva

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e mestrado em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). Atua como agente administrativo da Prefeitura Municipal de Rio das Ostras/RJ desde 2010. Na área administrativa, trabalhou na Escola Municipal Mônica de Andrade Ribeiro, e, atualmente, na Secretaria Municipal de Administração Pública (SEMAD) com atividades em recursos humanos. Na área ambiental, trabalhou na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Agricultura e Pesca (SEMAP), atuando como coordenadora-adjunta do processo de construção do Programa Municipal de Educação Ambiental de Rio das Ostras - ProMEA e como Presidente da Comissão Técnica para elaboração do Projeto de Lei do ProMEA (2021), conforme a Portaria nº 0336/2021. Foi membro da Comissão Técnica Permanente de Gerenciamento, Acompanhamento e Avaliação do ICMS Ecológico e do Grupo de Trabalho para territorialização e aceleração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no município de Rio das Ostras – GT ODS. <http://lattes.cnpq.br/3075069281328208>.

Claudia Caixeta Franco Andrade Coléte

Possui graduação em Ciências Biológicas, com ênfase em Biotecnologia, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pós-graduação *lato sensu* em Educação inclusiva pela Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), mestrado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e Doutorado em Ciências Biológicas, com ênfase em Genética, pela Universidade de São Paulo (USP). Atua como docente na Faculdade Metropolitana São Carlos (FAMESC) nos cursos de Medicina e Enfermagem, e é membro do Comitê de Ética em Pesquisa da FAMESC. É responsável pela disciplina "Bioética" nos cursos de mestrado e doutorado na Universidade Cândido Mendes (UCAM) em Campos/RJ. É tutora no curso de licenciatura em Biologia do Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ). É professora efetiva no Ensino Fundamental da Prefeitura de Araruama/RJ. Foi colaboradora na execução da disciplina de Biologia Molecular do curso de Ciências Biológicas da UENF, assim como no curso de Biologia da Universidade de São Paulo (USP), *campus* de Ribeirão Preto/SP. <http://lattes.cnpq.br/5880454727881351>.

Luis Felipe Umbelino dos Santos

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF), *campus* de Macaé/RJ. Realizou estágio de pós-doutorado em Hidrologia do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), e possui doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestrado em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e bacharelado e licenciatura em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). É professor e coordenador do curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, do doutorado em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos e colaborador no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e da pós-graduação *lato sensu* em Energias e Sustentabilidade. É conselheiro titular do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba desde 2014 e membro do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Macaé e das Ostras desde 2013. <http://lattes.cnpq.br/0834418937830253>.

Manildo Marcião de Oliveira

Possui licenciatura em Biologia pela Faculdade da Região dos Lagos, mestrado em Biologia (Biotecnologia) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e doutorado em Ciências (Biotecnologia) pela mesma instituição. É professor de ensino básico, técnico e tecnológico, e professor permanente do doutorado profissional em Modelagem e Tecnologia em Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos e do mestrado profissional em Engenharia Ambiental, do curso de especialização em Ensino de Ciências, do curso de licenciatura em Biologia, do curso técnico em Química e coordena o Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF). <http://lattes.cnpq.br/4451609479717686>.

Marcos Antônio Cruz Moreira

Possui graduação em Engenharia Eletrônica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela mesma instituição. É professor titular do Instituto Federal Fluminense (IFF). Atua nos cursos de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica, no curso técnico de Automação e no mestrado em Engenharia Ambiental do IFF. Desenvolve projetos nas linhas de pesquisa de Energias Renováveis, Protótipos de Máquinas Elétricas, Tratamento de Resíduos, Elementos Finitos e Estatística Aplicada. <http://lattes.cnpq.br/4434636602842581>.

ANEXO

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Levantamento fotográfico por embarcações	Papachristopoulou <i>et al.</i> (2020)	Golfo Sarônico, Grécia	A abundância de detritos marinhos ($\geq 2,5$ cm) foi quantificada em 62 praias inacessíveis. Imagens de alta resolução foram obtidas por meio de levantamento fotográfico baseado em embarcações (12 e 13 de julho de 2018), processadas manualmente para quantificar a abundância de resíduos na praia. As imagens foram costuradas em fotomosaicos, através do <i>software</i> HUGIN. Em seguida, foram importados para o <i>software</i> QGIS, no qual os itens foram digitalizados e registrados em um arquivo de banco de dados vetorial, juntamente com informações sobre o tipo de material, categoria e coordenadas geográficas em um sistema de coordenadas vinculado ao dimensionamento em pixels da imagem. Uma amostra de quatro praias selecionadas foi submetida à fotografia detalhada seguida de levantamentos <i>in situ</i> de macrolixo entre agosto de 2017 e agosto de 2018 para calibrar e validar o método proposto. A coleta, identificação e categorização foi baseada em Galgani <i>et al.</i> (2013), assim como a identificação em fotomosaico. Foi utilizada a câmera SLR digital Nikon D80 de 10,2 MP, com lente Nikon Zoom-NIKKOR 18–135 mm f/3.5–5.6 GED.	A análise de regressão entre os dados fotográficos e <i>in situ</i> mostrou uma correlação significativa, fornecendo um modelo de regressão altamente preciso para avaliar o número real de resíduos encalhados no restante das praias investigadas. Além disso, exibiu correlações claras com o estado hidrodinâmico da área e indicação das principais fontes de resíduos. Um total de 17.805 itens foram registrados por meio de fotografia, tendo, em média, 318 itens/100 m. A aplicação do modelo de regressão resultou em 66.887 itens no total, e uma média 1.153 itens/100 m, o que corresponde a 3,5 vezes, aproximadamente, dos valores registrados por meio de fotografia. O plástico foi o material mais abundante (83,79%), sendo a maioria formada pela categoria de plásticos de uso único (garrafas de bebida, embalagens, tampas de garrafas etc.).
Levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT)	Andriolo <i>et al.</i> (2020)	Praia da Leirosa, Portugal	O estudo relacionou a morfodinâmica praia-duna, a abundância de lixo no mar e o forçamento ambiental (onda e vento). Foram realizados três voos (F1, F2 e F3) durante o inverno, utilizando um <i>quadcopter</i> DJI Phantom 4 RTK (DJI-P4RTK), equipado com câmera de 20 MP e um receptor GNSS de multifrequência, alcançando uma resolução GSD (~1 cm) na praia da Leirosa, em Portugal, praia em processo erosivo e próxima a emissário submarino. As ortofotos, triadas em ambientes SIG, foram gradeadas (4 m × 4 m) para detecção visual de macrolixo (2,5 a 50 cm), os quais foram marcados e caracterizados por sua geolocalização, código determinado por OSPAR (2010) e cor.	Foram detectados 1.709 itens nas três ortofotos, como plásticos, madeira processada e aqueles não identificados foram considerados como fragmentos. O percentual de fragmentos foi de cerca de 72% nos voos a 40 m (F1 e F3) e de 46% no voo a 30 m do nível do mar (F2). O encalhe, o transporte e a realocação do lixo no mar foram influenciados e/ou determinados pelo estado da praia e pelo forçamento ambiental, confirmado pelos diferentes <i>hotspots</i> (0,56 a 0,81 itens/m ²) nos voos.
	Gonçalves <i>et al.</i> (2020)	Praia de Cabedelo, Portugal	Uma área de ~2 ha (370 × 65 m) foi digitalizada em oito linhas de voos paralelas no dia 15 de fevereiro de 2019. As imagens foram adquiridas por uma câmera RGB com sensor CMOS de 1 polegada e 20 MP, a bordo de um <i>quadcopter</i> Phantom 4 Pro. Três técnicas de automatização orientadas a objetos de aprendizado de máquina (OoML) foram comparadas quanto à identificação dos itens nos mapas de abundância de macrolixo (> 2,5 cm): floresta aleatória (RF), máquina de vetor de suporte (SVM) e k-vizinho mais próximo (KNN). Os resíduos foram classificados por categorias elaboradas pelos autores e a concentração nos mapas de abundância foi calculada em itens/m ² .	A detecção foi satisfatória para as três técnicas, com F-scores médios de 65% para KNN, 68% para SVM e 72% para RF. Uma comparação com a detecção manual mostrou que a técnica de RF foi a detectora de macrolixo OoML mais preciso, pois retornou a melhor qualidade geral de detecção (F-score) com o menor número de falsos positivos. Os três mapas de abundância gerados se correlacionaram de forma semelhante com o mapa de abundância produzido manualmente. A densidade de resíduos entre os mapas foi de 0,028 itens/m ² para RF, 0,027 itens/m ² para SVM e 0,026 itens/m ² para KNN.

(Continua)

(Continuação)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Levantamento por veículo aéreo não tripulado (VANT)	Gonçalves e Andriolo (2022)	Praia da Leirosa, Portugal	Este trabalho investigou o uso de imagens multiespectrais (B, G, R, RedEdge, NIR) coletadas por um VANT, equipado com câmeras RGB e multiespectral para categorizar (material, tipo e fonte) itens de macrolixo (2,5 cm a 50 cm) em um sistema praia-duna, durante um voo em 5 de maio de 2021. As ortofotos RGB passaram por triagem manual realizada por operador experiente, que examinou visualmente a imagem, identificou e marcou o centro de cada item no ambiente GIS. Já para categorizar os resíduos em material, tipo e fonte de acordo com Andriolo <i>et al.</i> (2021), foi realizada a detecção automática por <i>Sample Angle Mapper</i> (SAM) nas ortofotos multiespectrais. Para isso, foram adotados como referência espectral 42 itens coletados do lixo.	Foram detectados 472 itens de lixo pela triagem manual, enquanto o SAM demonstrou uma categorização satisfatória do lixo. A combinação de imagem multiespectral e SAM pode ser usada para categorizar os itens de lixo que não foram possíveis de classificar pela interpretação visual da imagem. Os mapas de lixo produzidos concordaram com os resultados da triagem manual, sugerindo que a detecção automatizada pode ser usada i) para a descrever a distribuição espacial do lixo no ambiente, e ii) para propor novos índices de poluição baseados na abundância de diferentes materiais (por exemplo, plásticos).
Amostragem manual	Amri <i>et al.</i> (2023)	Ilha de Java, Indonésia	A pesquisa teve como objetivo avaliar a composição e a distribuição espacial do lixo marinho na praia Pasir Putih Losari. Foram coletados macro (2,5 cm a 1 m) e meso (0,5 cm a 2,5 cm) resíduos em 10 estações ao longo da praia distantes de 5 a 20 m em transectos 5 x 5 m. A amostragem foi realizada uma vez ao mês durante o período de agosto a outubro de 2021. Os resíduos foram categorizados por tipo de acordo com Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Indonésia (2020), contados (itens) e pesados (g). A concentração (itens/m ² e g/m ²) foi adotada conforme fórmulas de Indonésia (2020).	Foram coletados 898 itens, com massa de 4.009 g. Os resíduos encontrados foram dominados por macrolixo (99%), sendo os sacos plásticos o tipo mais abundante. Já os tipos mais abundantes de mesoresíduos foram pontas de cigarros e filtros. Com relação à composição, foram encontradas 9 categorias de resíduos, dominada por resíduos plásticos (35%) e por vidro e cerâmica (20%).
	Barnardo <i>et al.</i> (2021)	Port Elizabeth, África do Sul	Foram estudadas a composição, a origem e as taxas diárias de acumulação de macrolixo ($\geq 2,5$ cm) de acordo com Barnardo e Ribbink (2020), em duas praias expostas a diferentes fontes potenciais de resíduos. Antes da pesquisa o trecho foi limpo e sinalizado por <i>piquets</i> para evitar a limpeza pública. A amostragem foi realizada em quatro campanhas por praia, de junho de 2019 a junho de 2020, por 10 dias consecutivos cada, em um transecto de 500 m de comprimento em cada praia, com uma zona tampão de 50 m em cada lado. Para se estimarem as fontes de resíduos, o transecto foi dividido em zona úmida (entremarés) e zona seca (supralitoral). Os itens foram quantificados, pesados, limpos, secos, categorizados e divididos por tipos conforme Barnardo e Ribbink (2020). As taxas de acumulação diária por 100 m de praia e seus coeficientes de variação foram calculadas por levantamento, para ambas as zonas e para cada categoria de resíduo. O efeito do vento e dos coeficientes de maré foi avaliado nas contagens diárias. A marca dos itens coletados foi observada.	Foram coletados 20.511 itens (200, 23 kg). As taxas totais de acúmulo de resíduos nas praias variaram entre 24,58 e 86,54 itens/100 m/dia, e de 55,12 a 1.427,68 g/100 m/dia para as várias campanhas. Os coeficientes de variação foram altos durante as campanhas (> 70% para o número de itens e > 100% para o peso), sugerindo influência dos padrões climáticos. Foram observadas diferenças significativas no total de itens entre os locais, mas, entre as zonas úmida e seca não há diferenças significativas. Os plásticos tiveram maior taxa de acúmulo em itens nas duas praias (74,2%), enquanto a madeira processada representou a maior proporção em peso dos itens coletados em ambas as praias. Ventos e marés influenciaram de forma distinta os resíduos sólidos nos locais de estudo. O quantitativo de 95,7% das marcas identificadas representou os itens vendidos na África do Sul, fonte terrestre.

(Continua)

(Continuação)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Benaissa <i>et al.</i> (2021)	Baía de Aïn El Turk, Argélia	O levantamento foi realizado em 10 praias da Baía de Aïn El Turk, semelhantes no substrato e expostas às mesmas correntes marítimas. A identificação, a descrição e a contagem de macrolixo (> 5 cm) foram realizadas <i>in situ</i> , manualmente, seguindo a metodologia de Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Hanke <i>et al.</i> (2013) para avaliação do lixo no mar. As praias foram amostradas uma única vez entre março e abril de 2019, em um trecho fixo de 100 m de extensão da linha de maré baixa até o fim da praia.	Um total de 14.537 itens foram coletados. Destes resíduos, 93% eram plásticos e os 7% restantes eram representados por borracha, vidro e metal. Os resultados destacam uma distribuição heterogênea ao longo das praias costeiras, com maiores densidades de resíduos (itens/10 m ²) em praias da costa oeste que as da costa leste. Isso se deve à alta densidade de sua população e ao trajeto das correntes marinhas causadas pelos ventos e da forma da baía de Aïn El Turk. A zona seca das praias acumula mais resíduos, o que demonstra a poluição, principalmente, de origem terrestre, causada por usuários de praia cujas atividades estão concentradas nas partes superiores das praias.
	Bettencourt <i>et al.</i> (2023)	Ilha da Madeira, Portugal	A pesquisa teve como objetivo monitorar a abundância, a composição, as fontes e os caminhos do lixo marinho em duas praias da cidade de Funchal, Ilha da Madeira, Portugal, as quais eram públicas e de livre acesso, e atendiam à maioria dos critérios OSPAR (2010). O monitoramento ocorreu de julho de 2020 a abril de 2022, a cada 3 meses, demonstrando as diferenças sazonais. A metodologia seguiu as diretrizes de OSPAR (2010). Já para determinar as fontes foram adotados os procedimentos de Pasternak <i>et al.</i> (2017). O macrolixo (≥ 2,5 cm) foi coletado, pesado e classificado. A amostragem foi feita em 1 transecto por praia com 100 m de comprimento e largura da borda d'água até a parte superior da praia. O <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi adaptado para determinar o nível de limpeza das praias.	Foram registrados 14.265 itens, pesando 185 kg, e a densidade média de lixo foi de 0,29 itens/m ² . O índice de limpeza das praias (CCI) variou entre "muito limpas" e "sujas". Bitucas de cigarro (30,9%) e objetos de plástico (30,7%) foram os itens de lixo marinho mais frequentes, seguidos de papel/cartão (9,2%) e itens de metal (8,3%). A maior parte do lixo marinho monitorado tem origem terrestre, relacionado com o fumo e proveniente dos riachos. Foram propostas ações de gestão integrada a nível local de acordo com as características e com a origem dos resíduos.
	Buckingham, Capper e Bell (2020)	Ilhas Orkney, Escócia, Reino Unido	Foram realizadas limpezas sistemáticas de praias em 35 locais, acessíveis, que atendessem aos critérios OSPAR (2010) ao redor das Ilhas Orkney entre maio e julho de 2018. Os resíduos foram coletados em transectos de 100 m e categorizados por seu material, subcategoria OSPAR, fonte ampla (terrestre ou marinha) e fonte potencial do setor (pesca, agricultura etc.) por meio do método desenvolvido por Tudor e Williams (2004). Foram analisadas a variação entre os locais e a contribuição relativa de seis variáveis ambientais pré-determinadas em influenciar essa variação por meio da função "capscale" para uma análise canônica de coordenadas principais (CAP).	Observaram-se 19.377 itens (77% de plástico), em média 553 itens/100 m, sendo "Corda e cordão (< 1 cm de diâmetro)" o tipo de resíduo mais abundante e amplamente distribuído. O quantitativo de 47% do macrolixo coletado foi atribuído ao setor pesqueiro (fonte marinha) e < 10% a atividades de lazer, moradia e turismo. A disponibilidade de acesso do público à costa, o aspecto do local e a distância ao porto mais próximo foram as variáveis ambientais estatisticamente significativas nas relações entre os locais e o padrão de distribuição dos resíduos.

(Continua)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Cavalcante <i>et al.</i> (2020)	Ceará, Brasil	<p>A amostragem foi realizada na Praia Mansa, área portuária e sem acesso público. A praia foi dividida em 10 setores de 30 × 35 m da linha de baixa-maré até as dunas frontais conforme sugerido por Velande e Mocogni (1999) e Araújo <i>et al.</i> (2006).</p> <p>Os itens coletados foram fotografados, pesados e divididos em categorias: Classificação de tamanho: pequenos detritos (1 – 40 mm de comprimento e incluiu a subcategoria grandes microplásticos 1 – 5 mm); mesodetritos (40,01 a 200 mm) e macrodetritos (acima de 200,01 mm) e tipo de material. Para a compreensão das possíveis fontes de detritos, a circulação da região foi simulada utilizando-se o Modelo Delft3D.</p>	A abundância foi de 7.510 itens, cerca de 71,9 kg de detritos. A densidade variou de 0,8 a 15,5 g/m ² e 0,21 a 1,15 itens/m ² . Os mesodetritos foram responsáveis pela maior parcela de contaminação (55%), seguidos pelos macrodetritos (25,1%) e pelos pequenos detritos (19,9%). O quantitativo de 80% dos detritos marinhos era composto por materiais sintéticos. As atividades recreativas humanas foram a fonte predominante de detritos, seguidas pelas atividades de navegação/pesca, domésticas e industriais/portuárias. A avaliação da predominância das atividades humanas e os resultados do modelo revelaram uma maior contribuição de detritos de atividades recreativas em praias próximas, enquanto a entrada de detritos ocorre da pequena à maior escala e os rios exercem menos influência devido ao fato de não fluírem o ano inteiro.
	Melo Nobre, Santos e Nilin (2021)	Sergipe, Brasil	<p>O estudo foi realizado em quatro praias arenosas do sul de Sergipe com alto grau de exposição a ventos e ondas, e diferentes tipos de uso e acessibilidade. Foram realizadas quatro amostragens trimestrais (Cheshire <i>et al.</i>, 2009) entre dezembro de 2017 a setembro de 2018. A amostragem ocorreu em transectos de 200 m de comprimento (paralelo ao mar) e 5 m de largura, divididos em 2,5 m da linha de maré alta até o mar, e 2,5 m da linha de maré alta até o limite superior da praia. O transecto foi dividido em dez seções (20 × 5 m), e então cinco seções foram escolhidas aleatoriamente para a coleta. Três topógrafos coletaram manualmente todo o macrolixo (> 2,5 cm) semienterrado ou da superfície, exceto matéria orgânica. Os resíduos sólidos foram divididos nas categorias (papel/papelão, borracha, vidro, plástico, metal, tecido, isopor/espuma, cerâmica, madeira e perigosos) e em classes conforme Cheshire <i>et al.</i> (2009). As prováveis fontes foram estabelecidas com base em Araújo (2003) e Veiga <i>et al.</i> (2016). A análise dos dados foi feita em itens/m (metro linear) e densidade (m²). O <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi adaptado para determinar o nível de limpeza das praias.</p>	Não houve distinção entre locais de vila, semirurais e rurais quanto à presença de resíduos sólidos. O plástico foi o resíduo mais abundante (> 70%) representado por 40 classes (fragmentos, embalagens de alimentos, monofilamentos, tampas/lacres, cordas etc.). Foram coletados 4.358 itens, a abundância variou de 0,1 a 9,2 itens · m ⁻¹ , e as praias foram caracterizadas de limpa (4,1 itens · m ⁻²) a suja (12,2 itens · m ⁻²). As principais fontes foram de "Turismo/recreação", seguidas por "Não Identificado" e "Pesca/Atividades Marinhas".
	Faizal <i>et al.</i> (2022)	Indonésia	<p>O monitoramento de praias revelou a abundância, a composição e a distribuição do macrolixo (> 2,5 cm) em seis regiões da Indonésia, durante os anos de 2013 a 2018. A amostragem ocorreu em 13 localidades, em 121 pontos amostrais, em praias com diferentes tipos de uso, praias isoladas, centros de atração turística, zonas de pesca e áreas marinhas protegidas. A unidade amostral consistiu em transecto de 100 m paralelo à linha de costa, seguindo o formulário <i>International Coastal Cleanup</i> (ICC) desenvolvido pela <i>Ocean Conservancy International</i>. Os resíduos foram coletados, contados, pesados e categorizados conforme o formulário ICC¹.</p>	Foram coletados 34.330 itens e 1.113,10 kg em 12,84 km do litoral da Indonésia. Em média, foram encontrados 8,81 ± 0,08 quilos por 100 m e 260 ± 2,51 itens por 100 m de extensão de praia. As densidades por metro quadrado também foram calculadas tanto em itens/m ² quanto em kg/m ² . O plástico foi o poluente mais coletado. Sacolas plásticas, garrafas plásticas, espuma, pneus e cordas são os itens mais comuns dessas categorias.

¹ https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/OCDataCards_volunteerFINAL_ENG.pdf.

(Continuação)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Grillo e Mello (2021)	Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco Brasil	O estudo foi realizado em cinco praias de acesso restrito, na costa a barlavento, e uma praia de uso múltiplo, na costa a sotavento, do Arquipélago de Fernando de Noronha. Toda a área das praias foi amostrada, da borda da água até o início da área vegetada ou das falésias, durante a maré baixa, e todo o macrolixo marinho (> 2,5 cm) foi coletado. As amostragens foram realizadas de setembro de 2016 a setembro de 2018. Os resíduos foram pesados e categorizados em: plástico, papel, vidro e metal. Já os plásticos foram classificados em quatro subcategorias: tampas de garrafas, plásticos descartáveis (copos, talheres), lixo hospitalar (seringas de plástico) e pontas de cigarro (com base na classificação de detritos marinhos de Cheshire <i>et al.</i> , 2009).	Foram coletados 294,5 kg de plástico, 15,3 kg de vidro, 8,2 kg de metal e 3 kg de papel. A costa desabitada a barlavento, mais exposta a correntes e aos ventos oceânicos e dentro de uma área de acesso restrito, apresentou maior abundância de detritos plásticos. O litoral a sotavento, dentro da área urbana de uso múltiplo, apresentou mais plásticos descartáveis e bitucas de cigarro. Esses padrões podem ser explicados pelo transporte de detritos marinhos pelas correntes oceânicas para barlavento e pelos detritos gerados localmente mediante à elevada quantidade de usuários das praias na costa a sotavento. Esses resultados indicaram que as características oceanográficas e a infraestrutura turística desempenham papéis importantes na acumulação de detritos marinhos em um arquipélago protegido.
	Kaviarasan <i>et al.</i> (2020)	Ilhas Lakshadweep, Índia	O estudo foi realizado nas Ilhas Lakshadweep (Kadmat, Suheli Par e Minicoy) em agosto de 2019. Em cada local, foram amostrados três transectos de 20 × 20 m da região supralitoral a região entremarés, durante a maré baixa. Todos os itens de macrolixo (tamanho: > 2,5 cm a < 1 m), dentro de cada transecto, foram coletados, contados, classificados e as prováveis fontes identificadas com base em Cheshire <i>et al.</i> (2009) e Marine Conservation Society (2002). O nível de limpeza da praia foi identificado por meio do <i>Clean Coast Index</i> (CCI) de Alkalay <i>et al.</i> (2007), e foi adaptado para o cálculo de todos os itens coletados. O macrolixo foi relacionado com as atividades econômicas das ilhas.	Um total de 1.231 resíduos (o plástico dominou a composição do lixo) pertencentes a 22 categorias foram recolhidos, e as mais abundantes destas foram "redes de pesca", "tampinhas de plástico", "peças de plástico", "corda de plástico" e "calçado". A maior abundância média (193 ± 97 itens/400 m ²) de lixo no mar foi encontrada nas ilhas Kadmat, seguida pelas ilhas Suheli Par (154 ± 31 itens/400 m ²) e Minicoy (63 ± 49 itens/400 m ²). Segundo os autores, a permanência da população das ilhas vizinhas por uma ou duas semanas em Suheli Par, devido à pesca do atum, explica o valor encontrado, já que a ilha não tem instalações para coleta de lixo. Esse achado demonstra a importância do conhecimento das atividades locais para a interpretação dos resultados. O CCI sugeriu que a Ilha Minicoy tem uma praia limpa (CCI = 3,15) enquanto na Suheli Par (CCI = 8) e na Kadmat (CCI = 10) foram moderados. As principais fontes contribuintes de resíduos nas praias foram a pesca (45%) e pública (34%).

(Continua)

(Continuação)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Kaviarasan et al. (2022)	Costa Sudeste da Índia	A pesquisa teve como objetivo quantificar e caracterizar o macro (> 2,5 cm), meso (2,5 cm a 5 mm) e microlixo (< 5 mm) das regiões úmida e seca de seis praias arenosas no período de novembro de 2019 a fevereiro de 2020. O macrolixo foi coletado em transectos de 100 metros, enquanto os meso e microlixo foram coletados em 5 quadrantes de 1 m ² em cada local. O macrolixo foi contado, pesado e classificado de acordo com (Cheshire et al., 2009). Os locais de amostragem foram classificados como praias urbanas, semiurbanas e remotas/naturais. O <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi usado para medir o nível de limpeza da costa, sendo calculada a concentração de resíduos em itens/m ² .	O levantamento foi realizado em 32.400 m ² e registrou 5.727 itens de macrolixo, pesando cerca de 136 kg e apresentando abundância média 0,24 ± 0,14 itens/m ² . A região seca das praias apresentou maior concentração de lixo do que a área úmida. As praias mais próximas dos centros urbanos e com múltiplas atividades apresentaram maior abundância de lixo do que as praias mais remotas. Esses achados demonstram que as praias próximas às atividades humanas funcionam como sumidouros de lixo no mar. O plástico foi o grupo mais abundante em todas as praias estudadas, tanto em itens (76%) como em peso (32%). O segundo grupo mais dominante foi o metal (8%), em relação à quantidade de itens, e o vidro (26%), com base no peso. O nível de limpeza da costa variou de moderadamente limpas a muito limpas.
	Okuku et al. (2020)	Zona costeira, Quênia	Pesquisas de acumulação de macrolixo (> 2,5 cm) foram realizadas em seis praias dos condados de Kilifi, Mombasa e Kwale, entre os meses de junho e novembro de 2019. As praias foram escolhidas aleatoriamente, englobando a natureza heterogênea devido a diferentes aspectos ambientais, demográficos e econômicos. Antes do levantamento, as praias foram bem limpas e, durante a pesquisa, não houve a limpeza adicional. Os pontos inicial e final da pesquisa foram estabelecidos e georreferenciados. As praias foram divididas em áreas seca e úmida, a fim de avaliar as entradas oceânicas e terrestres, enquanto zonas de amortecimento entre 10 e 50 m foram designadas de ambos os lados para evitar o movimento de resíduos. O levantamento ocorreu em 10 dias consecutivos em cada praia e foi realizado por voluntários bem treinados do <i>Kenya Marine and Fisheries Research Institute</i> (KMFRI). O macrolixo (> 2,5 cm) foi coletado, quantificado e pesado por item (palitos de pipiluto, fraldas, latas de alumínio etc.), categorizado (plástico, vidro, metal, madeira processada, espuma, têxteis, borracha, material de construção e cerâmica, materiais relacionados com a pesca), e calcularam-se as taxas de acumulação. Além disso, foi realizada auditoria de marca dos itens - identificação da marca, fabricante, país de origem, tipos de material e de produto (domésticos, embalagens de alimentos, higiene pessoal e outros).	Os resultados mostraram que as taxas de acúmulo variaram entre 1,53 ± 1,23 e 11,46 ± 7,72 itens · m ⁻¹ · dia ⁻¹ (para zonas secas) e 2,69 ± 2,13 e 8,93 ± 7,87 itens · m ⁻¹ · dia ⁻¹ (para zonas úmidas). Maiores taxas na zona seca foram atribuídas ao despejo na zona superior da praia. Plásticos e espumas foram as categorias de resíduos mais abundantes. Os produtos locais (Quênia) constituíram cerca de 88% dos itens recolhidos. Os produtos de embalagem alimentar foram os mais abundantes (cerca de 91,3%), seguidos por produtos de higiene pessoal (6,2%) e produtos domésticos (2,0%). Dos produtos de embalagem alimentar, 39,2% foram de polietileno de múltiplas camadas, 32,7% de polietileno de camada simples e 16% de tereftalato de polietileno (PET).

(Continua)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Orthodoxou <i>et al.</i> (2022)	Ilha de Chipre, República de Chipre (RoC), e parte Norte	Foram monitoradas vinte praias da Ilha de Chipre, sendo selecionadas de acordo com a localização geográfica de forma a abranger toda a ilha, praias com comprimento mínimo de 100 m, acessíveis durante todo o ano e com acesso livre ao mar. As praias foram categorizadas de acordo com o nível de urbanização (remota, semiurbana e urbana) e nível turístico (turística e não turística). A pesquisa foi realizada por equipes de 3 pesquisadores em cada local, coletando em transectos de 100 m de comprimento e largura da praia. O monitoramento ocorreu nos meses de janeiro, março, junho e setembro de 2021. Os resíduos (> 2,5 cm) foram coletados, contados e classificados em plástico, metal, resíduos higiênicos, papel e papelão, resíduos médicos, madeira trabalhada, vidro e outros, com Equipamentos de Proteção Individual (EPI) devido à pandemia da COVID-19 e, após esta, em categorias por tipo de resíduo (Hanke <i>et al.</i> , 2013; Zettler <i>et al.</i> , 2017).	Foram recolhidos 42.499 itens de macrolixo (> 2,5 cm), com densidade média de $0,19 \pm 0,18$ itens/m ² . A maioria dos itens coletados eram plásticos. A pesquisa identificou maiores densidades médias de lixo em locais turísticos (0,24 itens/m ²), em comparação com locais não turísticos (0,12 itens/m ²), e uma densidade média mais baixa de lixo marinho em locais remotos (0,14 itens/m ²), em comparação com locais semiurbanos (0,23 itens/m ²) e urbanos (0,19 itens/m ²). A diferença nas densidades médias de lixo entre locais semiurbanos e urbanos pode estar relacionada com as diferenças nos regimes de limpeza, ocorrendo regularmente em locais urbanos.
	Perumal <i>et al.</i> (2021)	Thondi coast, Índia	A costa de Thondi é rica em valiosos recursos marinhos naturais e atividades socioeconômicas significativas, como agricultura, aquicultura e pesca (mais significativa para a região). A coleta de detritos marinhos foi realizada de acordo com Lippiatt, Opfer e Arthur (2013). Os detritos macro (> 2,5 cm) e meso (0,5 – 2,5 cm) foram coletados na maré baixa em março de 2021, em 10 transectos de 200 m de comprimento e 2 m de largura, medidos, contados e identificados conforme Hanke <i>et al.</i> (2013). Em laboratório, os itens foram pesados após lavagem e secagem. O <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi usado para medir o nível de limpeza da costa. A <i>Matrix Scoring Technique</i> (MST) foi usada para classificar as fontes de detritos ao longo da costa (Tudor; Williams <i>et al.</i> , 2004).	Foi coletado um total de 1.636 itens (77,49% plásticos), equivalente a 4,09 itens/m ² . Os principais itens encontrados foram: garrafas plásticas (22%), copos plásticos (14%), canudos (12%), filme plástico (11%), sacos plásticos (10%), cotonetes (9%) e pontas de cigarro (9%). O CCI variou entre 4,25 (limpo) e 20,4 (extremamente sujo) com média de 8,92 (moderado) para a costa avaliada. A principal fonte de detritos marinhos foi a terrestre (62,45%), seguida por fonte marinha (21,14%) e fontes desconhecidas (16,41%).
	Rosa e Widmer (2021)	Praia dos Navegantes, Santa Catarina, Brasil	O estudo observou a composição e a provável origem dos resíduos sólidos na praia de Navegantes/SC, em dois regimes de vazão do Rio Itajaí-Açu (baixa/regular e alta vazão). As coletas foram realizadas na maré baixa, com três e quatro campanhas por regime de vazão. Foram coletados macro (> 2,5 cm) e microlixo (<i>pellets</i>). Os detritos amostrados foram categorizados por composição de materiais, considerando oito categorias: plástico, metal, vidro, borracha, madeira, pano/ tecido, orgânico e outros/inclassificáveis. As fontes prováveis dos itens foram definidas conforme sugerido por Earll <i>et al.</i> (2000) e Araújo e Costa (2007).	Foi identificado um total de 1.433 itens, sendo 509 itens nas amostras de baixa vazão e 924 itens no período de alta vazão. Embora esses valores apresentassem uma diferença significativa entre os diferentes regimes de vazão, não foi possível afirmar que foram carreados pelo rio, já que a maioria dos itens tem como provável origem "usuários de praia", inclusive no regime de alta vazão. Na alta vazão era esperado que a maioria dos itens tivessem como provável origem o lixo doméstico proveniente da bacia hidrográfica. Os autores afirmaram que este achado foi devido ao período de alta vazão ter coincido parcialmente com a alta temporada turística. O plástico foi o material mais abundante e a principal fonte de resíduos foi a de "usuários de praia" (terrestre).

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Salazar <i>et al.</i> (2022)	Província de Quaya, Equador	A pesquisa monitorou a composição, a distribuição temporal e espacial, a abundância e o tamanho dos resíduos (> 2,5 cm) em três praias da província de Quaya, no Equador, de dezembro de 2018 a fevereiro de 2020. Foram selecionadas praias com maior densidade de resíduos, previamente, identificadas por Gaibor <i>et al.</i> (2020). O espaçamento temporal entre as pesquisas foi de aproximadamente um mês, e o trabalho de campo foi realizado nas estações chuvosa (dezembro a maio) e seca (junho a novembro). Quatro transectos entre 50 e 80 m de comprimento foram utilizados e cada um foi dividido em seis estações (de acordo com a largura da praia) com quadratura de 3 × 3 m (9 m ²). Os resíduos foram coletados manualmente (> 2,5 cm), a amostragem, a contagem e a classificação dos resíduos seguiram o manual "Cientistas do lixo" ² . Através do registro fotográfico, os resíduos foram contados e medidos com uso do <i>software</i> ImageJ 1.8.0 (Schneider <i>et al.</i> , 2012). A concentração (itens/m ²) entre a parte úmida e seca foi comparada. O <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi usado para medir o nível de limpeza das praias.	Foram coletados 12.362 itens, com concentração de 1,95 itens/m ² . A composição de resíduos foi marcada por plástico (91,8%), seguidos de madeira e tecido (1,9%), enquanto o cigarro estava presente apenas nas praias dos vilarejos. A média dos resíduos foi de 9,70 cm e variou de 2,50 a 142,80 cm. A abundância média de resíduos foi mais baixa na praia remota e não turística em comparação com as outras duas praias, que possuíam um fluxo turístico considerável e próximas a vilarejos de comunidades pesqueiras. Já a média do CCI no período chuvoso foi de 32,6, enquanto no período seco foi de 45,3.
	Shankar <i>et al.</i> (2022)	Ilha Rutland, Índia	Foi realizado um levantamento de macrolixo (2,5 cm a 1 m) na zona entre a linha da maré baixa e da maré alta de 13 praias arenosas na remota Ilha Rutland entre fevereiro de 2020 e março de 2021. A área das praias foi calculada individualmente a partir de imagens do satélite Landsat-8 de 2021 antes de realizar o levantamento de campo. Os resultados foram expressos em itens/m ² . Os resíduos foram contados, categorizados em seis grupos principais (plástico, espuma plástica, vidro e cerâmica, borrachas, tecidos e outros) e em tipos de resíduos conforme a <i>Marine Conservation Society</i> (2002) e Cheshire <i>et al.</i> , 2009. Além disso, foi realizada a auditoria de itens com fotografia a fim de se classificarem os resíduos por país. O nível de limpeza de praias foi avaliado pelo <i>Clean Coast Index</i> (CCI) adaptado para o total de lixo (Alkalay <i>et al.</i> , 2007). O <i>Plastic Abundance Index</i> (PAI) foi utilizado como segundo índice (Buitrago <i>et al.</i> , 2021). Calculou-se a relação existente entre a quantidade de plástico e a quantidade total de lixo recolhido para determinar a abundância de plástico em uma praia.	Foram coletados 317.565 itens de lixo, e a concentração variou entre 0,09 e 1,03 itens/m ² , com 27 tipos diferentes de macrolixo sendo classificados segundo as categorias do PNUMA (Cheshire <i>et al.</i> , 2009). A maioria dos itens foi de plástico. A fonte principal de lixo para a ilha foi a terrestre, oriunda de países vizinhos. O nível de limpeza das praias, de acordo com o <i>Clean Coast Index</i> (CCI), na Zona II e Zona III, foi considerado limpo, enquanto nas praias da Zona I variaram de abundância moderada a alta. A Zona I foi considerada extremamente suja. De acordo com o PAI, os plásticos são menos abundantes (< 1) nas praias da Zona II e Zona III. Embora a ilha esteja em uma área protegida com ocupação humana limitada de 347 habitantes e com restrições à pesca, o lixo transportado pelas correntes oceânicas dos países vizinhos contribui com um grande volume de resíduos, representando séria ameaça ao parque nacional marinho protegido.

² www.cientificoslabasura.cl.

(Continuação)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Steele e Miller (2022)	Ilhas do Canal da Califórnia, Estados Unidos	Foram coletados macro (> 5 mm) e micro-lixo (< 5 mm) em sete praias de duas Ilhas do Canal da Califórnia (dentro dos limites de um Parque Nacional e de um Santuário Marinho Nacional) e em dois locais no continente para comparação. A coleta foi realizada sazonalmente entre os anos de 2016 e 2020. Os detritos foram coletados e catalogados usando o protocolo modificado de acumulação do Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Lippiatt; Opfer; Arthur, 2013). Em cada local foram medidos três transectos de 100 m de comprimento, paralelos à linha de costa, onde toda a área foi amostrada. Os itens coletados foram transportados para o laboratório, onde foram limpos da areia, secos, categorizados e pesados. O estudo observou a abundância numérica (itens) e de massa (kg), a densidade (itens · m ⁻² e kg · m ⁻²) e as taxas de acumulação anual.	Foram coletados 28.263 itens de macro-lixo ao longo deste estudo. A densidade dos itens recolhidos variou de 0,007 a 0,092 itens · m ⁻² , enquanto a densidade de massa variou de 0,001 a 0,013 kg · m ⁻² . As taxas médias de acumulação variaram de 0,028 – 0,337 itens · m ⁻² · ano ⁻¹ e 0,001 – 0,051 kg · m ⁻² · ano ⁻¹ . O estudo revela que as densidades de lixo nas ilhas podem ser maiores que em praias do continente devido à circulação marinha, aos ventos, às tempestades e à atividade pesqueira. Esse achado revela que o estatuto de área protegida das ilhas não preserva seus habitats do ataque do lixo no mar.
	Suteja <i>et al.</i> (2021)	Ilha de Bali, Indonésia	O estudo foi realizado em 14 praias turísticas da Ilha de Bali. A amostragem de macro-lixo (2,5 – 100 cm) considerou as estações chuvosa (abril/2020 e janeiro/2021) e seca (agosto e outubro de 2020). As praias foram escolhidas considerando a representação da área de estudo, pela facilidade de acessibilidade para amostragem em ambas as estações, ausência de molhes/quebra-mar, praia arenosa e, no mínimo, 100 m de costa, conforme Lippiatt, Opfer e Arthur (2013). Os observadores foram treinados em cursos de poluição marinha (teóricos e práticos) para amostragem, identificação e categorização. Os resíduos foram coletados em quatro transectos de 50 m ² (25 × 2 m) a partir da linha de preamar com espaçamento mínimo de 20 m entre transectos paralelos. Os resíduos foram divididos em seis categorias primárias: plástico, metal, vidro, madeira ou papel, tecido ou pano, e outros, em folha modificada de Lippiatt, Opfer e Arthur (2013). Posteriormente, a categoria primária foi dividida em 38 subcategorias. Para determinar as fontes potenciais, os detritos foram divididos em origem terrestre ou marítima, baseado em Jang <i>et al.</i> , 2014. Após esta etapa, foi avaliado se o detrito era de fonte estrangeira ou doméstica, com base nas informações impressas nos itens. O nível de limpeza das 14 praias do sul da Ilha de Bali foi avaliado por meio do <i>Clean Coast Index</i> (CCI) (Alkalay <i>et al.</i> , 2007).	O total de 2.471 itens, com peso acumulado de 28.470,6 g, foi coletado nas 14 praias observadas. Suteja <i>et al.</i> (2021) coletaram 2.471 itens (28.470,6 g) nas praias observadas. Além disso, verificou-se que a média de resíduos durante a estação chuvosa (0,560 ± 0,429 itens/m ² e 5,410 ± 4,742 g/m ²) foi maior do que a média de resíduos na estação seca (0,153 ± 0,072 itens/m ² e 2,704 ± 2,243 g/m ²). Esse achado destaca a influência das chuvas para o acúmulo de lixo encontrado em praias. O plástico dominou o macrodetrito com base na abundância (86,9%) e no peso (40,1%), tendo sacos de plástico, canudos e copos de plástico como os itens mais comuns entre os plásticos. A subcategoria de plástico dominante (63,3% dos itens) está relacionada com alimentos e bebidas. Com relação às fontes de detritos, verificou-se que a maioria deles foi de origem terrestre (71,1%) e o restante de origem marítima (28,9%). Todo o lixo com informações identificáveis foi de origem da Indonésia (domésticos), não havendo lixo de origem estrangeira. Em geral, o valor médio do CCI ficou na categoria moderada (7,13 ± 7,32).

(Continua)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Veerasingam et al. (2020)	Costa oeste do Catar	A costa oeste do Catar foi escolhida por seus importantes valores ambientais e econômicos. O estudo avaliou a distribuição espacial, fontes e características do lixo no mar em 12 praias com diferentes tipos de uso (urbana, semiurbana, semirural e remota). Especialistas e uma equipe treinada coletaram macrolixo de setembro a novembro de 2019. Em cada praia, três transectos (maré baixa, maré alta, linha de berma) medindo 100 m × 1 m foram pesquisados. Os limites de cada transecto foram georreferenciados por GPS. Os itens de macrolixo (> 2,5 cm) foram ordenados, avaliados quanto ao estado de conservação e classificados de acordo com a Hanke et al. (2013). De acordo com a composição do material, os itens de macrolixo foram categorizados como plástico, metal, vidro, papel, tecido, borracha e processados de madeira. Índices de diversidade foram calculados para se compreender a composição do lixo no mar. A fim de avaliar o estado atual da limpeza das praias ao longo da costa oeste do Catar, o <i>Clean Coast Index</i> (CCI) foi calculado (Alkalay et al., 2007). As fontes de macrolixo foram determinadas pelo método de atribuição de Tudor e Williams (2004), sendo classificadas em quatro categorias: (i) Baseadas em terra, (ii) De origem marítima, (iii) Transfronteiriça e (iv) Origem incerta.	Um total de 2.376 itens de macrolixo com tamanhos variados foram encontrados com uma densidade média de 1,98 itens/m ² . O plástico foi o material mais abundante em todas as praias, tendo uma composição média de 71%. A distribuição total pelos setores da praia foi maré baixa (296 itens) < maré alta (860 itens) < linha de berma (1.220 itens), pois na região de maré baixa os itens permanecem por pouco tempo por serem carregados para o mar pelas marés e ondas. O estudo também encontrou uma relação negativa da distribuição de resíduos com a população de áreas próximas, assim, praias com maior população apresentaram menos resíduos devido à maior regularidade de limpeza das praias. O lixo no mar de fonte terrestre representou 45,3% dos itens encontrados, entretanto, 47% das garrafas, com informações identificáveis, foram provenientes de países vizinhos, o que pôde ser explicado pelo estudo dos ventos, correntes e deriva de Stokes (circulação do Golfo), o qual evidenciou o transporte dos resíduos de outros países para a costa oeste do Catar.
	Verlis e Wilson (2020)	Polinésia Francesa, território ultramarino da França	Este estudo apresenta o primeiro levantamento de linha de base nas ilhas de Moorea e Tahiti, na Polinésia Francesa, portanto, as praias foram escolhidas a fim de se obter uma distribuição representativa da exposição ao vento, ondas e condições de uso da praia ao longo das ilhas. A coleta foi desenvolvida em transectos de 20 a 50 m de comprimento (dependendo do comprimento da praia) com largura variando entre 3 e 8 m da zona entremarés até a parte superior da praia, durante o mês de julho de 2017. Todo o macrolixo (> 5 mm) de cada transecto foi coletado e classificado de acordo com as 12 categorias de materiais descritas em Cheshire et al., 2009. Foram obtidos o maior comprimento (cm) e o peso (g) de cada item. Nomes de marcas e quaisquer outras características identificadas também foram registrados, conforme o método descrito em Wilson e Verlis (2017). O nível de limpeza de cada praia foi classificado de acordo com o <i>Clean Coast Index</i> (CCI), descrito por Alkalay et al. (2007). Os itens foram obtidos de acordo com uma avaliação de probabilidade desenvolvida por Tudor e Williams (2004), em que seis fontes foram consideradas: turismo terrestre, captação terrestre, embarcações recreativas, outras recreações aquáticas, pesca recreativa/comercial e transporte comercial.	Um total de 4.002 itens de lixo no mar foram recuperados das ilhas, pesando um total de 26.774 g. A densidade de lixo foi de 0,75 itens/m ² em Moorea e de 0,95 itens/m ² em Tahiti. A maioria das praias em Moorea e Tahiti foram classificadas como sujas (de acordo com o CCI). Cerca de 60% dos resíduos sólidos recuperados de ambas as ilhas foram derivados de bacias terrestres locais, indicando que a maior parte do lixo no mar é de fontes locais. O lixo no mar foi dominado por plásticos (58%), e as categorias duro (31%) e chapa (12%) compuseram a maior porcentagem de plástico. Vidro (21%) e metal (7%) foram os tipos mais comuns de resíduos sólidos não plásticos encontrados nas praias. Marcas semelhantes foram vistas em ambas as ilhas pesquisadas, incluindo: McDonalds, Nestlé, Coca-Cola, Kinder e Menthe Claire, outras marcas taitianas, como Hinano Tahiti, Eau Royale, Vaimato, sorvete Tip Top, Tahitian Red, e produtos plásticos da marca Venture produzidos localmente.

(Continua)

(Conclusão)

Método de monitoramento	Estudo	Área de estudo	Metodologia	Resultados
Amostragem manual	Widiyanti, Akraeoe Littaqwa e Jefri (2023)	Madalinka, Ilha de Lombok, Indonésia	O objetivo deste estudo é analisar as características de macro (> 5 cm) e mesolixo (0,5 – 2,5 cm) em três locais diferentes (Praia de Tanjung Aan, em área turística e na área de pesca; e Praia de Batu Berang, rochosa) da Ilha de Lombok, localizada na Indonésia, e avaliar estratégias de mitigação do lixo marinho. A coleta de dados foi realizada por meio de levantamento de campo de agosto a setembro de 2022. A amostragem de macrolixo foi realizada em transecto de 100 m de comprimento em cada local, dividido em cinco faixas de 20 m cada, conforme Indonésia (2020). Os resíduos foram quantificados (item), pesados (g) e classificados por tipo de matéria e de resíduo. Além disso, foi calculada a densidade de resíduos macro e meso (itens/m ² ; g/m ²). A estratégia de mitigação de detritos marinhos foi identificada por análise SWOT quantitativa.	Os resíduos da praia de Tanjung Aan tiveram, em média, uma distribuição do peso de 0,29 g/m ² , dominada por resíduos de borracha (0,80 g/m ²). Já em termos de quantidade foi de 0,06 itens/m ² , dominada por plásticos (0,09 itens/m ²). Na área de pesca, a média de distribuição do peso macrolixo foi de 0,38 g/m ² , sendo dominada por vidro e cerâmica (1,92 g/m ²), enquanto a distribuição média da quantidade de resíduos foi de 0,08 itens/m ² , dominada por tecidos (0,24 itens/m ²). Na praia rochosa de Batu Berang, os resíduos, em média, tiveram distribuição de 0,38 g/m ² , quantitativo dominado por resíduos de borracha (0,65 g/m ²). A densidade média do macrolixo, em quantidade, foi de 0,05 itens/m ² , dominada pelo plástico (0,06 itens/m ²). Ao contrário do que era esperado, a praia rochosa obteve densidade menor, em itens, do que os outros locais, já que cascalhos e pedras tendem a reter os resíduos. Além disso, a área de pesca apresentou maior concentração de resíduos em relação à área turística, o que pode ser explicado pela unidade amostral da área turística ser distante da atividade de visitantes.
	Zalewska, Maciak e Grajewska (2021)	Costa sul do Mar Báltico, Polônia	A pesquisa ocorreu na costa sul do mar Báltico, muito frequentada por turistas durante todo o ano. A amostragem foi realizada em 15 seções de 1 km de extensão cada, em quatro estações durante os anos de 2015 a 2019. As seções de pesquisa foram selecionadas de forma a fornecer informações ao longo de toda a costa polonesa e refletir diferentes pressões, como praias urbanas e rurais, e próxima à foz de rios. Em cada seção, todas as categorias de resíduos foram detectadas visualmente, e estes foram contados em toda a largura da seção, desde a linha de água até a borda da praia. Cada resíduo, individualmente, foi atribuído a uma das sete categorias: materiais poliméricos artificiais, madeira processada/trabalhada, metal, vidro/cerâmica, papel/papelão, tecido/têxtil e borracha, ou indefinido. Em seguida, cada resíduo foi classificado por tipo (lata, garrafa etc.). As coletas ocorreram durante um dia, e durante os cinco anos foram realizados pelos mesmos observadores. Os fluxos diários dos dois maiores rios poloneses (Vístula e Odra) e condições hidrometeorológicas (vento e ondas) foram utilizados para determinar o impacto dos resíduos na costa. Para identificar as fontes de resíduos na costa, os resíduos foram atribuídos, individualmente, a quatro categorias básicas: (i) turismo e atividades recreativas, (ii) pesca, (iii) sanitário e médico, e (iv) outros (incluindo itens intencionalmente descartados). A quantidade de itens por 100 m foi comparada ao limite estabelecido pela União Europeia e ao limite nacional.	Foram observados 85.086 itens. Durante todo o período de pesquisa, a participação percentual de materiais poliméricos artificiais foi 68,5% e estes constituíram a categoria mais abundante em ambos os tipos de praias (rural e urbana). A quantidade total de resíduo coletado entre 2015 e 2019 na costa polonesa foi duas vezes maior nas praias do tipo urbano. Não houve mudanças no total de itens proporcionais às vazões dos rios observados. Filtros e pontas de cigarro foram os itens mais abundantes, tendo em conta todo o período de estudo, estações individuais e tipos de praias. Os resíduos resultantes das atividades turísticas e recreativas compõem o grupo mais numeroso. Não existe uma ligação clara entre o número de turistas e a quantidade de resíduos, principalmente devido à limpeza de praias. A avaliação do estado de saúde do ambiente, baseada na mediana de 16,1 itens/100 m, em termos de resíduos de praia, foi considerada ruim quando comparada ao limite nacional de 9 itens/100 m, entretanto, quando baseada no valor-limite para a União Europeia (20 itens/100 m), foi considerada boa durante todo o período de estudo.