

ANDRADE, S.M.V. Panorama mundial da pesca fantasma e mapeamento de aparelhos de pesca abandonados, perdidos e descartados no estado de Pernambuco, Brasil.



UFRPE

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA - PPG-RPAq.**

PANORAMA MUNDIAL DA PESCA FANTASMA E MAPEAMENTO DE APARELHOS DE
PESCA ABANDONADOS, PERDIDOS E DESCARTADOS NO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL

Sidney Marcelo Victor de Andrade

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin (in memorian)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos Oliveira
Coorientador

Dra. Danielle de Lima Viana
Coorientador

Recife, 08/2021

ANDRADE, S.M.V. Panorama mundial da pesca fantasma e mapeamento de aparelhos de pesca abandonados, perdidos e descartados no estado de Pernambuco, Brasil.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

PANORAMA MUNDIAL DA PESCA FANTASMA E MAPEAMENTO DE APARELHOS DE
PESCA ABANDONADOS, PERDIDOS E DESCARTADOS NO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL

Sidney Marcelo Victor de Andrade

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em
Recursos Pesqueiros e Aquicultura.
Defendida e aprovada em
20/08/2021 pela seguinte Banca
Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

(coorientador)

Prof.^a. Dr.^a. Flávia Lucena Frédou

(membro interno)

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

(membro externo)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A553p

Andrade, Sidney Marcelo Victor de
PANORAMA MUNDIAL DA PESCA FANTASMA E MAPEAMENTO DE APARELHOS DE PESCA
ABANDONADOS, PERDIDOS E DESCARTADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL / Sidney Marcelo
Victor de Andrade. - 2021.
78 f. : il.

Orientador: Fabio Hissa Vieira Hazin.
Coorientador: Paulo Guilherme Vasconcelos Oliveira.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2021.

1. APPAD. 2. recursos pesqueiros. 3. lixo marinho. 4. impacto ambiental. 5. análise bibliométrica. I. Hazin, Fabio
Hissa Vieira, orient. II. Oliveira, Paulo Guilherme Vasconcelos, coorient. III. Título

CDD 639.3

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu avô Reginaldo (em memória) e ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Hazin (em memória) por todo apoio e sabedoria compartilhada.

ANDRADE, S.M.V. Panorama mundial da pesca fantasma e mapeamento de aparelhos de pesca abandonados, perdidos e descartados no estado de Pernambuco, Brasil.

“Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir.”

Friedrich Nietzsche

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer a Deus pelas oportunidades concedidas a mim, tanto na esfera profissional quanto no pessoal, que foram essenciais para as conquistas e realização dos meus sonhos, me possibilitando traçar novas metas e buscar novos caminhos, conhecimentos e experiências.

Agradeço, também, a minha família por todo apoio e confiança que sempre tive em todas as escolhas que fiz mesmo sabendo das dificuldades, como a saudade no período de intercâmbio que vivenciei recentemente. Um obrigado especial para a minha noiva Stéfane pela confiança, paciência e apoio durante todo esse período de mestrado e por toda a ajuda dada inclusive nas coletas de dados em que participou como integrante especial de pesquisa. Obrigado família, vocês são incríveis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, mais especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura por sempre apoiar, não só a minha, mas muitas ideias de pesquisa, concedendo espaço e estrutura laboratorial para que novos conhecimentos sejam gerados, além disso, pela concessão da bolsa de mestrado financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradeço a todos os professores e funcionários do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE pela excelência no ensino, bem como na organização do nosso departamento.

Agradeço em especial ao meu mestre e orientador Professor Fábio Hazin por todos os ensinamentos compartilhados, por me guiar dentro deste universo acadêmico, mas, especialmente, por me inspirar a chegar até aqui, me mostrando o mundo fora da “matrix”, e continuar me motivando a entregar o meu melhor para tornar o mundo de alguém um pouco melhor todo dia, e isso é que me faz tentar ser a mudança que eu quero ver no mundo. Minha mais sincera gratidão, seu legado e sua jornada são a minha inspiração.

A todos os pesquisadores e colaboradores que construíram o Pesca Fantasma, em especial a Dani que visualizou toda a problemática que precisaria ser estudada e propôs a ideia do trabalho, bem como liderou a construção do projeto e confiou em mim para a organização das etapas de estudo e por me coorientar neste mestrado junto com o Professor Paulo Oliveira (Paulinho), o qual agradeço por todo o apoio logístico e científico para o desenvolvimento do projeto.

Agradeço ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste – CEPENE e ao professor Ricardo Gama responsável pela Base de Piscicultura Ornamental e Pesquisa Marinha (POPMAR) por sempre alojar os pesquisadores nas coletas de campo, sempre apoiando as pesquisas do projeto.

Por fim, agradeço aos meus colegas de laboratório que sempre me ajudaram desde a graduação até agora, em especial à equipe de campo do Projeto Pesca Fantasma: Sindy, Bruno, Gabi e Victor que tiveram grande culpa em tornar este trabalho possível

Meu muito obrigado

Resumo

Pesca Fantasma é o termo utilizado para descrever a captura de organismos aquáticos por aparelhos de pesca perdidos, abandonados ou descartados (APPAD), mas que continuam ativos e gerando impactos na biodiversidade. Nesse contexto, medidas de manejo e mitigação deveriam ser aplicadas ao redor do mundo. No Brasil, todavia, pouco se sabe sobre o APPAD e os impactos invisíveis da pesca fantasma. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou realizar um levantamento bibliométrico (análise numérica sobre a bibliografia) acerca da pesca fantasma, além de mapear, quantificar e caracterizar os APPADs no litoral de Pernambuco-Brasil e, por fim, observar a limitação de espaço e tempo de pesca e os possíveis efeitos decorrentes dessa medida de manejo. As buscas por publicações foram realizadas nas bases bibliográficas Google Scholar, Web of Science e Scopus, nos quais as palavras-chave *ALDFG*, *Fishing debris* e *Ghost gear* foram filtradas a partir da correlação direta entre cada palavra-chave com a palavra generalista *Ghost fishing*. As coletas foram realizadas na região de praia por uma dupla de pesquisadores durante uma hora, em dois dias de cada mês, na região do supralitoral, anteriormente ao ecótono restinga. Apesar do número de publicações ter crescido com o tempo, maioria dos trabalhos se concentram nos oceanos Pacífico, norte do Atlântico e no Mar Mediterrâneo. Para o entendimento da pesca fantasma foram observados 4 principais estágios: 1º– mapeamento, quantificação e caracterização de APPAD; 2º– Observação e descrição de impactos causados pela pesca fantasma; 3º; medidas mitigadoras da pesca fantasma; 4º – Desenvolvimento tecnológico para o combate da pesca fantasma. A partir das informações encontradas nos trabalhos científicos estudados, foram identificadas 59 espécies as quais foram impactadas por pesca fantasma, 14 espécies não foram identificadas de acordo com as regras vigentes de taxonomia e 2.286 colônias de corais também foram impactadas pela pesca fantasma. Em Pernambuco, locais com alta densidade demográfica, turismo e associações de pescadores na costa norte, tiveram maior densidade de APPAD, mas concentrados em pontos de acumulação, enquanto regiões com características inversas apresentaram distribuição aleatória, sofrendo menos efeitos ambientais. Ao Sul, foram observados pontos de acumulação em frente a localidades onde há ausência de cobertura recifal. A baixa frequência de APPAD é influenciada pela limpeza de praias na temporada de verão, neste caso, a distribuição é fortemente influenciada pelo ecossistema de arrecifes. Utilizando a proibição de uso de praias no litoral de Pernambuco, durante a pandemia do COVID 19, como medida remediadora (restrição de tempo e espaço da atividade pesqueira), 1.935 resíduos de artes de pesca foram observados (63% antes e 37% depois da proibição). Também houve redução significativa da Observação Por Unidade de Esforço (OPUE) e da frequência absoluta ($p < 0,05$) entre esses dois períodos. Em linhas gerais, pode-se perceber um aumento da importância da pesca fantasma ao redor do mundo, porém mais pesquisas sobre o tema devem ser realizadas com o intuito de mitigar esse problema. Além disso, observamos que a distribuição de APPAD em Pernambuco é influenciada pela densidade demográfica, turismo, presença de associações de pescadores e variáveis ambientais e ecossistêmicas e, embora os efeitos da pandemia, aparentemente, tenham contribuído para a redução da quantidade de APPAD na região, não indica uma descontinuação das atividades pesqueiras.

Palavras-chave: APPAD, recursos pesqueiros, lixo marinho, impacto ambiental, análise bibliométrica

Abstract

Ghost fishing is the term used to describe the capture of aquatic organisms by abandoned, lost, or discarded fishing gear (ALDFG) but which continue fishing. According to FAO, management and mitigation measures for this impact should be applied around the world. In Brazil, however, little is known about ALDFG and the invisible effects of ghost fishing. For this reason, the present work aimed to carry out a bibliometric survey (numeric analysis around bibliography) about ghost fishing, besides mapping, quantifying, and characterizing the ALDFG on the coast of Pernambuco, Brazil, observing the limitation of space and time for fishing (remedial measure) and the possible effect caused for that management measure. The searches for publications were done in “Google Scholar”, “Web of Science”, and “Scopus” databases. The keywords “ALDFG”, “Fishing debris”, and “Ghost gear” were filtered from the direct correlation between each keyword with the generalist word “Ghost fishing”. A couple of researchers conducted beach surveys for one hour, two days per month, in the supratidal region before the vegetation. Although the number of publications has grown over time, many global areas remain uninformed about ghost fishing. Most work is conducted focusing on the Pacific and Atlantic oceans and the Mediterranean Sea. To understand ghost fishing, four main stages were observed: 1st - mapping, quantification, and characterization of ALDFG; 2nd - observation and description of impacts caused by ghost fishing; 3rd - mitigation measures for ghost fishing; 4th - technological development avoiding ghost fishing. We identified 1,112 individuals of 60 species impacted by ghost fishing, of which 14 species were not identified, and 2,286 coral colonies were also impacted by ghost fishing. In Pernambuco, sites with high population density, tourism, and fishers’ associations on the north coast had a higher density of ALDFG but concentrated in accumulation points. At the same time, regions with inverse characteristics showed random distribution, suffering environmental effects. To the south, accumulation points were observed in front of the absence of reefs; also, a low frequency of ALDFG is influenced by beach cleaning in the summer season, in this case, the reef ecosystem strongly influences the distribution. Furthermore, we observed no differences in the distribution by locally existing protected areas. When looking at the waste concerning the pandemic period of COVID-19, 1,935 fishing gear waste was found (63% before and 37% after). There was also a significant reduction in observation per unit of effort (OPUE) and absolute frequency ($p < 0.05$) between these two periods. Overall, one can see an increase in the importance of ghost fishing worldwide, but more research on the topic should be conducted to mitigate the problem. Furthermore, we observed that the distribution of ALDFG in Pernambuco is influenced by demographic density, tourism, fishermen's associations, and environmental and ecosystem variables. Although social isolation has contributed to ALDFG reduction in the region, it does not indicate a complete break in fishing activities.

Keywords: ALDFG, fishery resources, marine litter, environmental impact, bibliometric analysis

Sumário

1. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral:.....	15
2.2. Objetivos específicos:	15
ARTIGO CIENTÍFICO.....	21
1. Introdução.....	23
2. Material e Métodos	24
3. Resultados.....	27
4. Discussão.....	37
5. Conclusão.....	40
6. Referências.....	41
ARTIGO CIENTÍFICO.....	46
1. Introduction	48
2. Materials and Methods.....	49
2.1. Research area and data collection.....	49
2.2. Mapping	51
2.3. Data analysis	52
3. Results.....	54
4. Discussion.....	60
5. Conclusion.....	63
6. Acknowledgment	64
7. Funding sources	64
8. References	64
NOTA CIENTIFICA	69
1. Introduction	Erro! Indicador não definido.
2. Material and methods	Erro! Indicador não definido.
3. Results.....	Erro! Indicador não definido.
4. Discussion.....	Erro! Indicador não definido.
5. Conclusion.....	75
6. Author's contribution.....	75
7. Acknowledgement	76
8. Formatting of funding sources.....	76

9. References 76

Lista de Figuras

Artigo científico: **Pesca fantasma: Bibliometria global sobre o impacto invisível da atividade pesqueira.**

Figure 1 - Fluxograma de inclusão e exclusão de dados bibliográficos para cada fase de análise. Quadrado branco com borda azul = Publicações consideradas inicialmente; quadrado cinza com borda preta = publicações consideradas para a próxima etapa analítica; quadrado branco com borda vermelha = publicações desconsideradas para a próxima etapa analítica..... 25

Figure 2- Principais publicações encontradas em mais de duas palavras-chave ou bases bibliográficas..... 28

Figure 3 - Proporção de trabalhos com acesso aberto e fechado à sociedade disponíveis em bases bibliográficas e palavras-chave de acordo com o tema principal. 29

Figure 4 - Distribuição de obras em geral com foco em ALDFG ou pesca fantasma no mundo. 30

Figure 5 - Frequência absoluta e curva de tendência dos artigos publicados a cada dois anos de janeiro de 1995 a fevereiro de 2020. Barras pretas = número de artigos já publicados em 25 anos; barras cinza = número de publicações estimado até o final da década do oceano (ONU); barra laranja = curva acumulativa de papéis. 31

Figure 6 - Revistas científicas que mais publicaram artigos sobre pesca fantasma e seu fator de impacto (manchas pretas).**Erro! Indicador não definido.**

Figure 7 - Grupos de classificação para o estágio de desenvolvimento científico da pesca fantasma identificados neste trabalho. A - Artigos publicados organizados em cada etapa. B - Principais métodos utilizados para cada objetivo do estudo. EO = observação emergida; INT = entrevista; LR = revisão de literatura; DA = análise de dados; IUU = estimativas de pesca ilegal, não declarada e não regulamentada; SO = observação submersa; TT = Teste de tecnologia. 33

Figure 8 - Principais artes de pesca relatadas como abandonadas, perdidas ou descartadas causando impactos nos artigos publicados. 34

Figure 9 - Frequência absoluta de artigos publicados com foco em estudos de emaranhamento animal e relatórios ALDFG de acordo com o oceano ou mar estudado.**Erro! Indicador não definido.**

Artigo científico: **Influences of the use and management on characteristics, frequency, and distribution of abandoned, lost, or discarded fishing gear (ALDFG) on the coast of Pernambuco – Brazil.**

Figure 1 - Examples of ALDFG found on the beaches of Pernambuco - Brazil. A - Ropes; B - Float, C - Plastic flat netting; D - Corral setnet (cut); E - Ring net, F - Net (undefined type). 53

Figure 2: Types of ALDFG Hierarchical tree showing the proportion (confidence interval) of ALDFG in each coast, city, and beach studied. The tree shows the type of ALDFG with the CI down value > 0.001, in which green square = rope; yellow = net; pink = plastic flat netting. The second and third lines show the CP and MP with 95% confidence intervals. **Erro! Indicador não definido.**

Figure 3: Absolute frequency and percentage index according to the diameter of the ropes (A), the distance between nodes on nets (B), and distance between seams on plastic flat nets (C), collected from September/2019 to February/2020 on the coast of Pernambuco – Brazil..... 57

Figure 4: Distribution of ALDFG on the northern and southern coast of Pernambuco, Brazil. EPA = Environmental Protected Areas; ER = Extractives Reserve; MNP = Municipal Natural Park. 59

Nota científica: ALDFG as an indicator of socio-economic impacts on the artisanal (small-scale) fishery during the SARS-CoV-2 pandemic on the north coast of Pernambuco, Brazil

Figure 1 - Relative frequency of ALDFG observed before and after the period of prohibition of beach use in the northern coast of Pernambuco, Brazil 66

Figure 1- Observation per unit effort (OPUE) of ALDFG before prohibition and post flexibilization of beaches uses on the north coast of Pernambuco, Brazil. 66

Lista de Tabelas

Artigo científico: Pesca fantasma: Uma análise cienciométrica global sobre o impacto invisível da atividade pesqueira.

Table 1- Absolute and relative frequencies of the works found in each bibliographic base considered. 27

Table 2 - Animals found in articles found with a focus on entanglement and other impacts caused by ALDFG. 34

Artigo científico: Influences of using and managing beaches on ghost fishing: Characteristic, frequency, and distribution of abandoned, lost, or discarded fishing gear (ALDFG) on artisanal fishery areas.

Table 1 – Tourism, fishery, and administrative areas in each beach studied. **Erro! Indicador não definido.**

Artigo científico: ALDFG as an indicator of socio-economic impacts on the artisanal (small-scale) fishery during the SARS-CoV-2 pandemic on the north coast of Pernambuco, Brazil.

Table 1 - Absolute and relative frequencies for each beach studied before and after the social isolation decreed in Pernambuco, Brazil. 73

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Lixo marinho é o termo utilizado para descrever os resíduos sólidos que chegam aos oceanos e geram impactos ecológicos e socioeconômicos consideráveis desde ecossistemas os costeiros até a província oceânica. O lixo no mar é um problema global, crescente e multidimensional que traz consigo prejuízos econômicos, ambientais e sociais (UNEP/MAP, 2015.; Lachmann et al., 2017; Daniel et al., 2020; Stubbins et al., 2021). Estudos sobre a distribuição e a quantificação deste problema vêm sendo realizados desde o início dos anos 70 indicando que o fluxo de descarte de lixo nos oceanos gira em torno de 6.4 milhões de toneladas por ano, com maior abundância do lixo plástico (Jambeck et al., 2015; Hahladakis, 2020).

Nas últimas décadas foi possível observar o crescente número de casos de impactos antrópicos gerados tanto em ambientes terrestres quanto em aquáticos em todo o planeta. Estudos determinaram, a partir de dados pretéritos, que a poluição marinha ainda tem tendência a aumentar (Stubbins et al., 2021), e desta, cerca de 80% dos resíduos são oriundos do continente enquanto os outros 20% são descartados por embarcações (Jambeck et al., 2015). Outro fator que contribuir no aumento desse problema é o crescimento populacional, uma vez que as regiões costeiras com maiores taxas de poluição pertencem a países com altas densidades demográficas (Jambeck et al., 2015).

Consequentemente, importantes discussões acerca do tema se tornaram ainda mais frequentes, com o intuito de buscar formas mitigadoras destes problemas (Walker & Xanthos, 2018; Conchubhair et al., 2019; Borrelle et al., 2020). Dentro dos impactos antrópicos, ganham destaque os problemas gerados pelos esgotos domésticos, derramamento e vazamento de óleo, poluição por macro e micro plásticos, metais pesados e resíduos de embarcações, bem como as artes de pesca responsáveis pela pesca fantasma (Macfadyen et al., 2009; Purwendah, 2019; Zhang, 2020, Andrade et al., 2020).

Pesca fantasma é o termo utilizado para descrever a captura, mortalidade e ferimentos causados a animais marinhos por aparelhos de pesca perdidos abandonados ou descartados (APPAD) que ainda possuem atividade de captura mesmo sem o controle de um operador (Smolowitz, 1978; Macfadyen et al, 2009, Raykov, 2014; Viana et al., 2021). Além do ônus ambiental, a formação de APPAD pode gerar prejuízos econômicos para quem perde o aparelho de pesca, desta forma, indo contra a ideia de sustentabilidade, que visa o desenvolvimento

econômico, ambiental e social da atividade afim de disponibilizar os recursos naturais para gerações futuras (Vieira, 2012; Gilman, 2015).

O aumento de perdas, abandonos ou descartes de aparelhos de pesca em todo o globo terrestre podem ser causados graças aos fatores de oferta, demanda e consumo aparente de pescado (FAO, 2014; 2018; 2020). Este consumo aparente vem sofrendo crescimentos anuais desde 1950 que, atrelado ao crescimento populacional, gera uma demanda ainda maior destes recursos pesqueiros, exigindo assim, que a produção aquícola e a pesca extrativista recebam incrementos substanciais em relação ao seu esforço na tentativa de ofertar todo o produto demandado pela população mundial (FAO, 2014; 2018; 2020). Estas unidades de esforço podem ser representadas por tempo de pesca, número de barcos, quantidade de pescadores, abundância, dimensões e características de aparelhos de pesca, entre outras (FAO, 1997), que podem aumentar o impacto por pesca fantasma.

A perda destes apetrechos pode acontecer de forma intencional ou não intencional a depender de situações de escala local, como problemas operacionais, condições climáticas e atividades fiscalizadoras. Os fatores que podem contribuir para a formação de APPAD incluem: tempestades e mau tempo, uso inadequado dos aparelhos e falta de experiência, conflito entre equipamentos, falta de espaço nas embarcações de pesca, falta de tecnologia e dificuldade para resgate de equipamentos, descarte inadequado, atividades ilegais como a pesca ilegal, não regulamentada e não reportada (IUU) e outros (Macfadyen et al., 2009; Stelfox et al., 2016)

Estes resíduos podem impactar, diretamente, tanto vertebrados (elasmobrânquios, teleósteos, aves, mamíferos e répteis) quanto invertebrados marinhos (crustáceos e moluscos) que podem ser alvos da pesca ou compõem a fauna acompanhante da atividade (Beek, 2012; Adalir-Alves, 2016; Stelfox et al., 2016; Gibbs, 2019). Por atuar na captura de diferentes níveis tróficos, a pesca fantasma possui um efeito cíclico, no qual, animais capturados servem como atratores para predadores que também são capturados (Macfadyen et al, 2009), podendo gerar distúrbios severos dentro de uma teia alimentar, bem como, ajudar na redução da abundância de espécies menos resilientes e até em risco de extinção. Além do ciclo da pesca fantasma, os APPAD afetam o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, competindo diretamente com a pesca comercial e ajudando na redução de estoques de importantes recursos pesqueiros pouco resilientes, mas com alto valor econômico (Sheavly & Register, 2007). Apesar dos problemas gerados pelos APPAD,

a captura relacionada a pesca fantasma é baixa quando comparada com os esforços da pesca comercial (Brown et al 2005; Criddle et al., 2009).

A Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, pode ajudar no desenvolvimento e mitigação da pesca fantasma, uma vez que tem como objetivo desenvolver o conhecimento científico e novas tecnologia para fortalecer a gestão dos oceanos e zonas costeiras em benefício da humanidade, de acordo com as metas do Objetivo para o Desenvolvimento Sustentável 14º - Vida na Água (ODS – 14) (IPEA, 2019; Ryabinin, 2019; ONU, 2019). A partir deste contexto, espera-se o encorajamento de novas pesquisas na ciência oceânica, inclusive no combate a poluição marinha, servindo como uma importante base científica para novos estudos de gestão ainda na década do Oceano (UNESCO, 2017; Ryabinin et al., 2019) incluindo na pesca fantasma. Porém, muitas destas focam em grupos, espécies, locais ou APPADs específicos (e.g. Wilcox et al., 2012; Wilcox et al., 2014; Stelfox et al., 2016; Link et al., 2019) o que torna os resultados desconectados e sem métrica bem definida sobre os conhecimentos obtidos.

No Brasil, a pesca fantasma pode ter se tornado expressiva e mais duradoura a partir do início da década de 1960 com a chegada das fábricas de fibras sintéticas que iniciaram a produção de polímeros para a aplicação nos aparelhos de pesca industriais nacionais (Diegues, 1983; Link et al. 2019). Link et al. (2019) reuniu os principais estudos sobre a poluição marinha por APPAD no país. A partir deste levantamento pode-se observar que 32 trabalhos que citavam a pesca fantasma ou os APPAD foram realizados no Brasil entre 1995 e 2017, dos quais 17 deles foram realizados na região Nordeste. Deste total de trabalhos encontrados, apenas 9 deles tiveram os APPAD, e os impactos gerados por eles, como foco principal, enquanto os outros 23 apenas citam os resíduos de pesca como parte da amostra (ex.: Araújo 2003; Silva 2006; Ferreira e Maida 2006; Ivar do Sul 2008; Mascarenhas et al. 2008; Santos et al. 2009; Possato et al., 2011; Soares et al., 2011; Santos et al., 2012; Barbosa 2013; Brandão e Sampaio 2015; Silva et al. 2014 e Sampaio e Pinto 2015).

Apesar de possuir uma extensão costeira de aproximadamente 7.360 km e uma área total de 3,5 milhões de km² de Zona Econômica Exclusiva (ZEE), o Brasil possui um potencial pesqueiro reduzido quando comparado à países localizados na costa leste do Oceano Atlântico, por exemplo, devido a características oceanográficas que não permitem a ressurgência de nutrientes, tornando a região oligotrófica, conseqüentemente, sem a capacidade de suportar grandes biomassas (MMA, 2006). Mesmo com as características de produções pesqueiras

limitantes, o país possui uma frota importante para a produção nacional de pescado, com predominância da pesca industrial no sul e sudeste do país enquanto mais da metade dos pescadores artesanais registrados se concentram na região Nordeste do Brasil (54,7%), seguida pelo Norte com 45% do total (Silva 2014).

Por ter maior expressividade no nordeste do Brasil, a pesca artesanal é responsável por 90% dos desembarques da região (Salas et al., 2011; Lucena et al., 2021; Viana et al., 2021). Cerca de 22 mil embarcações são registradas, estas que são, principalmente de pequeno e médio porte (<12 m), normalmente construídas em madeira e navegam com remos e motores (Salas et al. 2011). A frota em questão é bastante diversa com relação ao tipo de operação de pesca, pelo menos 18 tipos diferentes de apetrechos de pesca foram identificados possuindo como foco de captura grupos de albacora, arraia, bagre, camarão, caranguejo, cavala, corvina, lagosta, marisco, pargo, pescada, sardinha, serra, seiri, tainha, tubarões, peixes vermelho (*Lutjanus* spp.) e xaréu (MMA, 2006; Lucena et al., 2021) e esta pluralidade da atividade pode dificultar a identificação e o manejo dos impactos gerados pela atividade pesqueira.

A região costeira de Pernambuco, Nordeste do Brasil, possui 187 km de extensão compreendidos entre os municípios de Goiana, extremo norte do estado e São José da Coroa Grande, localizado ao sul (Manso et al., 2006). O litoral pernambucano é constituída por 21 municípios que estão divididos em três setores (norte, núcleo metropolitano e sul) de acordo com características geo-administrativas semelhantes (GERCO/PECPRH, 2006). A região é composta por ecossistemas de manguezal, mata atlântica, restinga, e recifes de corais, sofrem influências de ventos de E-SE e correntes litorâneas com deriva prevalecente para Norte (Manso et al., 2006; Mallmann et al., 2014).

Em Pernambuco a atividade também é bastante diversa, a saber: redes de arrasto, redes de emalhe, covo, linha de mão e anzol, espinhel, arpão, varas de pesca, tarrafa, mergulhos, coleta manual e outros (MMA, 2006; Lucena et al., 2021; Viana et al., 2021). E como, cujo alvo principal são camarão, lagosta, peixes vermelhos, pargo, siri, moluscos e outros (Lessa et al., 2004; MMA, 2006, Lucena et al., 2021). Apesar do conhecimento existente sobre a poluição marinha com casos de pesca fantasma registrados no estado (e.g. Araújo, 2003; Dantas et al., 2011; Possatto et al., 2011; Santos & Cândido, 2015) apenas Santos et al. (2012) focou seus esforços nos estudos dos APPAD e da pesca fantasma (Link et al., 2019), todavia, as informações geradas são apenas para

o Arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco – PE) e Atol das Rocas (Rio Grande do Norte – RN) indicando a deficiência nos estudos da pesca fantasma no estado.

Identificando e visando gerar alternativas para solucionar as limitações atuais do conhecimento sobre a pesca fantasma, tais como conhecimento fragmentado, escassez de meta-análises bibliográficas e informações desatualizadas, foi realizada uma análise cienciométrica de nível global, com o intuito de trazer informações sobre a produção científica atualizada, aéreas de concentração de estudos, inovações metodológicas, estágios de estudos da pesca fantasma e diversidade de espécies impactadas. Ainda, considerando o total desconhecimento sobre a pesca fantasma no litoral do estado de Pernambuco, Brasil, bem como a deficiência na aplicação de medidas de manejo para evitar impactos gerados pela poluição marinha, consequentemente pelos APPADs, este trabalho também teve como objetivo mapear, quantificar e caracterizar os principais aparelhos de pesca perdidos, abandonados ou descartados e em seguida, avaliar os efeitos da limitação do espaço e tempo de pesca, medida mitigadora da pesca fantasma (Gilman et al., 2016), gerada a partir da proibição de uso das praias de Pernambuco na pandemia causada pelo SARS-CoV-2 (Phan, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Descrever a pesca fantasma em nível global a partir da análise cienciométrica, bem como avaliar a dimensão e extensão da pesca fantasma no litoral de Pernambuco, caracterizando os APPAD encontrados e mapeando a sua distribuição.

2.2. Objetivos específicos:

- Observar a produção de informações sobre a pesca fantasma ao longo do tempo em escala global;
- Quantificar a diversidade de espécies impactadas por pesca fantasma no mundo;
- Identificar estágio de produção de informações sobre a pesca fantasma;
- Identificar e quantificar os principais aparelhos de pesca perdidos, descartados ou abandonados no litoral de Pernambuco - Brasil;
- Descrever a distribuição dos APPAD ao longo do litoral de Pernambuco, identificando os locais de maior concentração;
- Avaliar os efeitos das proibições de uso de praia em Pernambuco na formação de APPADs.

REFERÊNCIAS

- Adelir-Alves, J. Pesca fantasma em recifes rochosos no estado de santa catarina: causas, ocorrência e impactos (graduate program in ecology of tropical aquatic systems thesis). State University of Santa Cruz, Ilhéus, BA. 2013.
- Andrade, S.M.V.; Dias, V.S.; Gomes, G.A.O.P., Viana, D.L.; Oliveira, P.G.V. Aulas práticas e produções artísticas como ferramentas de conscientização ambiental em cursos de graduação. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. v. 8(18), pp. 265-272. 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081816](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081816)
- Araújo, M. C. B. Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e consequências (dissertação). Graduate in Oceanography of the Federal University of Pernambuco, Recife, PE. 2003.
- Beek, I. V. Lobster trap detection at the Saba Bank. Report/IMARES Wageningen UR (C091/12). 2012
- Borrelle S. B., Ringma J., Law K. L., Monnahan C. C., Lebreton L., McGivern A., Murphy E., Jambeck J., Leonard G. H., Hilleary M. A., Eriksen M., Possingham H. P., De Frond H., Gerber L. R., Polidoro B., Tahir A., Bernard M., Mallos N., Barnes M., Rochman C. M. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*. 369(6510):1515-1518. 2020. doi: 10.1126/science.aba3656. Epub 2020 PMID: 32943526.
- Brandão, F.A.B., Sampaio, C.L.S. Lixo e Pesca Fantasma no Baixo São Francisco, Alagoas. *Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE*. Edição especial, pp. 431 – 442. 2015.
- Brown, J.; Macfadyen, G.; Huntington, T.; Magnus, J.; Tumilty, J. Ghost Fishing by Lost Fishing Gear. Final Report to DG Fisheries and Maritime Affairs of the European Commission. Fish/2004/20. Institute for European Environmental Policy / Poseidon Aquatic Resource Management Ltd joint report. 2005. 151 p.
- Criddle, K. R.; Amos, A. F.; Carroll, P.; Coe, J. M.; Donohue, M. J.; Harris, J. H.; Kin, K.; Macdonald, A.; Metcalf, K.; Rieser, A. Tackling Marine Debris in the 21st Century. Washington DC: The National Academies Press, 2009.
- Conchubhair, D. Ó, Fitzhenry, D., Lusher, A., King, A. L., Emmerik, T. V., Lebreton, L., Ricaurte-Villota, C., Espinosa, L., O'Rourke, E. Joint effort among research infrastructures to quantify the impact of plastic debris in the ocean. *Environ. Res. Lett.* 14 065001. 2019.
- Dantas, D. V., Barletta, M., Costa, M. F. The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (Sciaenidae). *Environmental Science and Pollution Research*. 19: p. 600–606. 2011.

Daniel, D.B.; Thomas, S.N.; Thomson, K.T. Assessment of fishing-related plastic debris along the beaches in Kerala Coast, India. *Marine Pollution Bulletin*. v. 150, issue: 110696. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110696>

Diegues, A.C.S. *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar*. São Paulo: Ática, 1983.

FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>. 243p. 2020.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the sustainable development goals*. Rome, 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) - Opportunities and challenges*. Roma, 2014. E-ISBN 978-92-5-108276-8F

FAO. Fishery Resources Division and Fishery Policy and Planning Division. *Fisheries management. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. No. 4. Rome, FAO. 1997. 82p.

Ferreira, B. P.; Maida, M. *Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: situação atual e perspectivas*. Brasília, DF: MMA, 116 p., 2006.

GERCO/CPRH – PE. *Setorização da zona costeira*. Disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br>. Acesso em 14 de out. 2006

Gilman, E.; Chopin, F.; Suuronen, P.; Kuemlangan, B. *Abandoned, lost or otherwise discarded gillnets and trammel nets*. FAO, Roma, 2016. 96 p

Gilman, E. *Status of international monitoring and management of abandoned, lost and discarded fishing gear and ghost fishing*. *Marine Policy*, v. 60, p. 225-239, 2015.

Gibbs, B.R. *Monitoring the Potential Fish Aggregating Device Effect of The Ocean Cleanup's Barrier in the Great Pacific Garbage Patch*. University of Miami (master's thesis). 2019.

Hahladakis, J. N. *Delineating the global plastic marine litter challenge: clarifying the misconceptions*. *Environ Monit Assess*. 192, 267. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8202-9>

IPEA, *Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável*. In: *Cadernos ODS*. 2019. Available in https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190711_cadernos_ODS_objetivo_14.pdf

Ivar Do Sul, J. A. *Implicações de fatores ambientais na deposição de plásticos no ambiente praiaral de um ecossistema estuarino*. - Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. Recife (PE), 2008. 45 p

Jambeck, J.R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T.R.; Perryman, M.; Andrady, A.; Narayan, R.; Law, K.L. *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *SCIENCE*. v. 347, issue: 6223. 2015.

Lachmann, F., Almroth, B. C., Baumann, H., Broström, G., Corvellec, H., Gipperth, L., Hasselov, M., Karlsson, T., Nilsson, P. Marine plastic litter on Small Island Developing States (SIDS): Impacts and measures. Göteborg: Swedish. Institute for the Marine Environment, University of Gothenburg. 2017.

Lessa, R.P.; Nóbrega, M.F.; Bezerra, J.L.J. Dinâmica de populações e avaliação de estoques dos recursos pesqueiros da região Nordeste - programa REVIZEE / SCORE-NE. Recife: DIMAR. 246p. 2004.

Link, J.; Segal, B.; Casarini, L.M., Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear in Brazil: A review. *Perspectives in Ecology and Conservation*. V. 17, n. 1, pp. 1-8. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.12.003>

Lucena-Frédou, F., Eduardo, L. N., Lira, A. S., Pelange, L., Passarone, R., Frédou, T. Atividade pesqueira artesanal no nordeste do Brasil. In book: *Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil*. Chapter: 14. 2021.

Macfadyen, G., Huntington, T., Cappel, R. Abandoned, lost, or otherwise discarded fishing gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 185. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523. Rome, UNEP/FAO. (Also available at www.fao.org/docrep/011/i0620e/i0620e00.htm).2009. 115 p.

Mallmann, D., Pereira, P., Santos, F., Façanha, P. Classificação morfodinâmica das praias arenosas de Ipojuca (Pernambuco, Brasil) através da análise semântica de imagens de satélite pancromáticas. *Pesquisas em Geociências*. v. 41, n. 2. 2014. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78094>

Manso, V. A. V.; Coutinho, P. N.; Guerra, N. C.; Junior, C. F. A. S. “Pernambuco”, in *Erosão e progradação da costa brasileira*. Org. por Ministério do Meio Ambiente, Brasil, pp. 181 –196. 2006.

Mascarenhas, R.; Batista, C.P.; Moura, I.F.; Caldas, A.R.; Neto, J.M.C.; Vasconcelos, M.Q.; Rosa, S.S.; Barros, T.V.S. Lixo marinho em área de reprodução de tartarugas marinhas no Estado da Paraíba (Nordeste do Brasil). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 8, n. 2, p. 221-231, 2008.

MMA. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. Relatório Executivo, Brasi. 2006.

ONU, The Sustainable Development Goals Report. 2019. Available in <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>

Possatto, F.E.; Barletta, M.; Costa, M. F.; Ivar Do Sul, J.A.; Dantas, D. V. Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. *Marine Pollution Bulletin*, 62: p.1098–1102, 2011.

Prates, A. P. L.; Gonçalves, M. A.; Rosa, M. R. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília: MMA, 2012. 152 p.

Purwendah, E.K.; Mangku, D.G.S.; Periani, A. Dispute Settlements of Oil Spills in the Sea Towards Sea Environment Pollution. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. v. 317. 2019. <https://doi.org/10.2991/iconprocs-19.2019.51>

Raykov, M. Employer support for innovative work and employees' job satisfaction and job-related stress. *J Occu Health*. v. 56(4), pp. 244–251. 2014. <https://doi.org/10.1539/joh.12-0192-OA>

Salas, S.; Chuenpagdee, R.; Charles, A.; Seijo, J.C. Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 544. Rome, FAO. p. 73-116, 2011

Sampaio, C. L. S.; Pinto, T. K. Poluição por Resíduos Sólidos no Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil. Salvador BA. *Revista de Desenvolvimento Econômico*. p. 431–442. 2015.

Santos, A. J. B.; Bellini, C.; Bortolon, L. F.; Coluchi, R. Ghost Nets Haunt the Olive Ridley Turtle (*Lepidochelys olivacea*) near the Brazilian Islands of Fernando de Noronha and Atol das Rocas. *Herpetological Review*, 43(2), 245–246, 2012.

Santos, J. G.; Cândido, G. A. Geração e manejo dos resíduos sólidos resultantes das atividades turísticas de Porto de Galinhas - PE . *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, v. 9, n. 1, p. 40-58, 2015.

Sheavly, S. B.; Register, K. M. Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions. *J Polym Environ* 15, 301–305, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3>

Silva, E.M.; Calazans, E. M.; Liro, J. S.; Sampaio, C. L. S. Caracterização dos Resíduos Sólidos na Praia do Francês, Litoral Sul de Alagoas. *Integrated Academic Congress of Innovation and Technology*. 2014.

Smolowitz, r. J. Trap design and ghost fishing: discussion. *Marine Fisheries Review*, v. 40, p. 59-67. 1978

Stelfox, M.; Hudgins, J.; Sweet, M. A review of ghost gear entanglement amongst marine mammals, reptiles and elasmobranchs. *Marine Pollution Bulletin*. 2016 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.03>

Stubbins, A.; Law, K. L.; Muñoz, S. E., Bianchi T. S., Zhu L. Plastics in the Earth system. *Science*. 373(6550):51-55. 2021. <https://doi.org/10.1126/science.abb0354>

Tasker, M.L.; Camphuysen, C.J.; Cooper, J.; Garthe, S.; Montevecchi, W.A.; Blaber, S.J.M. 2000. The impacts of fishing on marine birds. – *ICES Journal of Marine Science*, 57: 531–547.

UNEP-MPA, *Marine Litter Assessment in the Mediterranean*. Atenas, Grecia. 2015. ISBN No: 978-92-807-3564 2.

Viana, D. L., Andrade, S. M. V., Lins Oliveira, J. E., Hazin, F. H. V. Pesca fantasma e seus impactos invisíveis no nordeste do Brasil. In book: Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil. Chapter: 16. 2021

Vieira, S.C. From Sustainable Development to Earth System Governance - a view from the South. Anuário Brasileiro de Direito Internacional, v. 11 (2), pp. 167-176. 2012.

Walker, T.R., Xanthos, D. A call for Canada to move toward zero plastic waste by reducing and recycling single-use plastics. Resources, Conservation & Recycling 133: 99-100. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.014>.

Zhang, B.; Chen, L.; Chao, J.; Yang, X.; Wang, Q. Research Progress of Microplastics in Freshwater Sediments in China. Environmental Science and Pollution Research. v. 27, issue: 31046–31060. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09473-x>

ARTIGO CIENTÍFICO

**Pesca fantasma: Bibliometria global sobre o impacto invisível da atividade
pesqueira**

Artigo científico a ser encaminhado para *Reviews in Fish Biology and Fisheries*

Pesca fantasma: Bibliometria global sobre o impacto invisível da atividade pesqueira

Sidney Andrade^a, Danielle Viana^a, Paulo Oliveira^a, Paul Winger^b, Fábio Hazin (in memorian)^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Rua D. Manuel de Medeiros, sn, Dois irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brazil.

^b Fisheries and Marine Institute of Memorial University of Newfoundland, 155 Ridge Rd, St. A1C 5R3. John's, NL

Autor Correspondente: sidney_marcelo95@hotmail.com

Highlights

- Crescimento acumulativo de informações sobre a pesca fantasma ao longo de 25 anos.
- Apenas 33% dos trabalhos estudam a pesca fantasma ou os APPADs de forma exclusiva;
- Déficit de informações no norte do oceano pacífico, sul do atlântico e no índico;
- 8 grupos e 59 espécies impactadas por pesca fantasma nos trabalhos estudados.

Resumo: Pesca Fantasma é o termo para descrever a captura de organismos aquáticos por aparelhos de pesca perdidos, abandonados ou descartados (APPAD), mas que continuam ativos e gerando impactos. Diante do exposto, o presente artigo de revisão realizou um levantamento bibliométrico da pesca fantasma, atualizando as informações de gerando uma meta-análise das produções sobre tema no mundo. Os resultados indicam que o levantamento de APPAD é realizado desde o final da década de 1970 com um aumento expressivo a partir dos anos 2000. Percebeu-se que apesar do número de publicações ter crescido com o tempo, as informações sobre o tema se concentram nos oceanos Atlântico norte, Pacífico sul e no Mar Mediterrâneo e que a maioria dos trabalhos são realizados com foco nos oceanos Pacífico, Atlântico e no Mar Mediterrâneo estudando principalmente redes, armadilhas e linhas de monofilamentos. Foram identificadas 4 principais áreas de pesquisas, complementares nos estudos da pesca fantasma que foram divididas em estágios: 1º estágio – Mapeamento, quantificação e caracterização de ALDFG; 2º estágio – Observação e descrição de impactos causados pela pesca fantasma; 3º estágio– Medidas mitigadoras da pesca fantasma e 4º estágio – Desenvolvimento tecnológico para o combate da pesca fantasma. Além disso, foram identificadas 59 espécies impactadas por pesca fantasma,

estando estas, divididas em 7 grupos: aves marinhas (4), cefalópodes (1), cnidários (13), crustáceos (6), mamíferos (2), Repteis (7), e Teleósteos (26). Adicionalmente 14 registros não foram identificados a nível de espécie. Se faz necessária a realização de novos estudos em regiões deficientes do globo terrestre, bem como o investimento de novas tecnologias de pesca, principalmente com relação às redes, armadilhas, para evitar a pesca fantasma e, conseqüentemente, reduzir a diversidade e abundância de animais impactados.

1. Introdução

“Pesca Fantasma” é o termo utilizado comumente dentro do âmbito pesqueiro, definido como a mortalidade de peixes e outras espécies que são capturadas pelos apetrechos de pesca mesmo depois que estes são perdidos e continuam com função ativa de captura (Smolowitz, 1978; Brown & Macfadyen, 2007). Petrechos de pesca como: rede de emalhe, rede de arrasto, covos e outros, geram grandes prejuízos econômicos e ecológicos visto que diminui a biomassa do local em que o aparelho foi perdido, não sendo efetivamente viável para a economia pesqueira (Dayton et al., 1995).

Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear (ALDFG) seria equivalente a Abandono, Perda ou Descarte de Aparelhos de Pesca, o qual, além de atuarem efetivamente na pesca fantasma são responsáveis pela formação do lixo marinho (Macfadyen et al., 2009). As principais causas para a formação de um ALDFG são o uso inadequado de apetrechos, conflitos de aparelhos de pesca, danos operacionais, alto custo relacionado ao descarte, falta de instalações para descartes, tempestades ou mau tempo, falta de espaço nas embarcações, dificuldades logísticas para recuperar equipamentos e choque com o assoalho marinho (Macfadyen et al., 2009, Richardson et al., 2018; Richardson et al., 2019b).

Para minimizar estes impactos a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) sugeriu algumas ações preventivas e remediadoras de manejo para diminuir a vida útil dos ALDFG, como a marcação das artes de pesca visando a implementação de medidas legais afim de assegurar a redução de abandono, perda e descarte de aparelhos de pesca, bem como a utilização de métodos para estimar os impactos gerados. (Macfadyen et al., 2009; Gilman et al., 2016; Viana et al., 2021). Além disso, o código de conduta da FAO reconhece os impactos negativos gerados pela pesca fantasma, e afirma que todas as unidades de gestão deveriam adotar medidas para mitigar o impacto ambiental causado (FAO, 1991; 1995; 2014).

Com intuito de descrever a pesca fantasma ao redor do mundo, trabalhos de revisão bibliográfica, cienciometria e meta-análises a partir de bibliometria foram realizados, porém focando seus esforços para áreas, períodos, espécies, e APPADs específicos (e.g. Wilcox et al., 2012; Wilcox et al., 2014; Stelfox et al., 2016; Link et al., 2019; Richardson et al., 2019b), com poucas informações integrativas. Além disso, Trabalhos publicados sobre os APPADs ainda são pouco frequentes quando comparados a outras áreas da biologia marinha ou da conservação (Stelfox et al., 2016), fragilizando o conhecimento que podem colaborar com as tomadas de decisão, contribuindo para impotência administrativa da gestão dos recursos pesqueiros no mundo e da atividade pesqueira global.

A cienciometria é uma ferramenta de grande utilidade já que ela consiste na análise quantitativa das produções científicas publicadas dentro de um tema específico (Figueira et al., 1999, Liberti et al., 2009). A partir desta análise, resultados que podem ser utilizados como base científica e referencial teórico no desenvolvimento de novas pesquisas (Queiroz & Noronha, 2004), contudo vale ressaltar que a cienciometria não substitui resultados analíticos, mas dá maior visibilidade a resultados já publicados, identificando as áreas que mais precisam de atenção científica (Spinak, 1998).

Visando integralizar e atualizar resultados sobre a pesca fantasma obtidos ao redor do mundo, o presente trabalho teve como principal objetivo realizar o levantamento de publicações científicas relacionadas à pesca fantasma, buscando identificar regiões com déficit de resultados sobre a pesca fantasma, demonstrar crescimento na abundância de produções científicas ao longo do tempo, determinar aparelhos de pesca com maiores chances de se tornarem APPADs e observar biodiversidade impactada por estes resíduos. Desta forma, gerando uma base completa e atualizada de resultados importantes no desenvolvimento de novos estudos para mitigar a pesca fantasma.

2. Material e Métodos

O método utilizado para a revisão bibliográfica foi adaptado de Link et al. (2019), em que, para a realização das buscas dos trabalhos, foram utilizadas as bases de dados Google Scholar, Web of Science e Scopus. As palavras-chave utilizadas nas pesquisas foram *ALDFG*, *Fishing debris* e *Ghost gear* e foram filtradas a partir da correlação direta entre cada palavra-chave com a palavra generalista *Ghost fishing* a partir do operador booleano “*and*” que possibilitou o foco de encontro a trabalhos que citavam e/ou explicavam detalhadamente sobre o tema, de forma direta e

indireta, até os trabalhos com esforços para entender e mitigar a problemática da pesca fantasma no mundo.

Para classificar e analisar os trabalhos encontrados nas bases de dados, aspectos excludentes e inclusivos foram traçados com base na declaração PRISMA (*transparent reporting of systematic reviews and meta-analyses*) (adaptado de Liberati et al., 2009). A realização das exclusões e inclusões aconteceram em quatro etapas, nas quais, resumos publicados em anais de eventos, relatórios baseados em *workshops*, trabalhos que apenas citaram APPAD ou pesca fantasma e que não estivessem redigidos em língua inglesa ou portuguesa foram desconsiderados desde as buscas (Fig. 1).

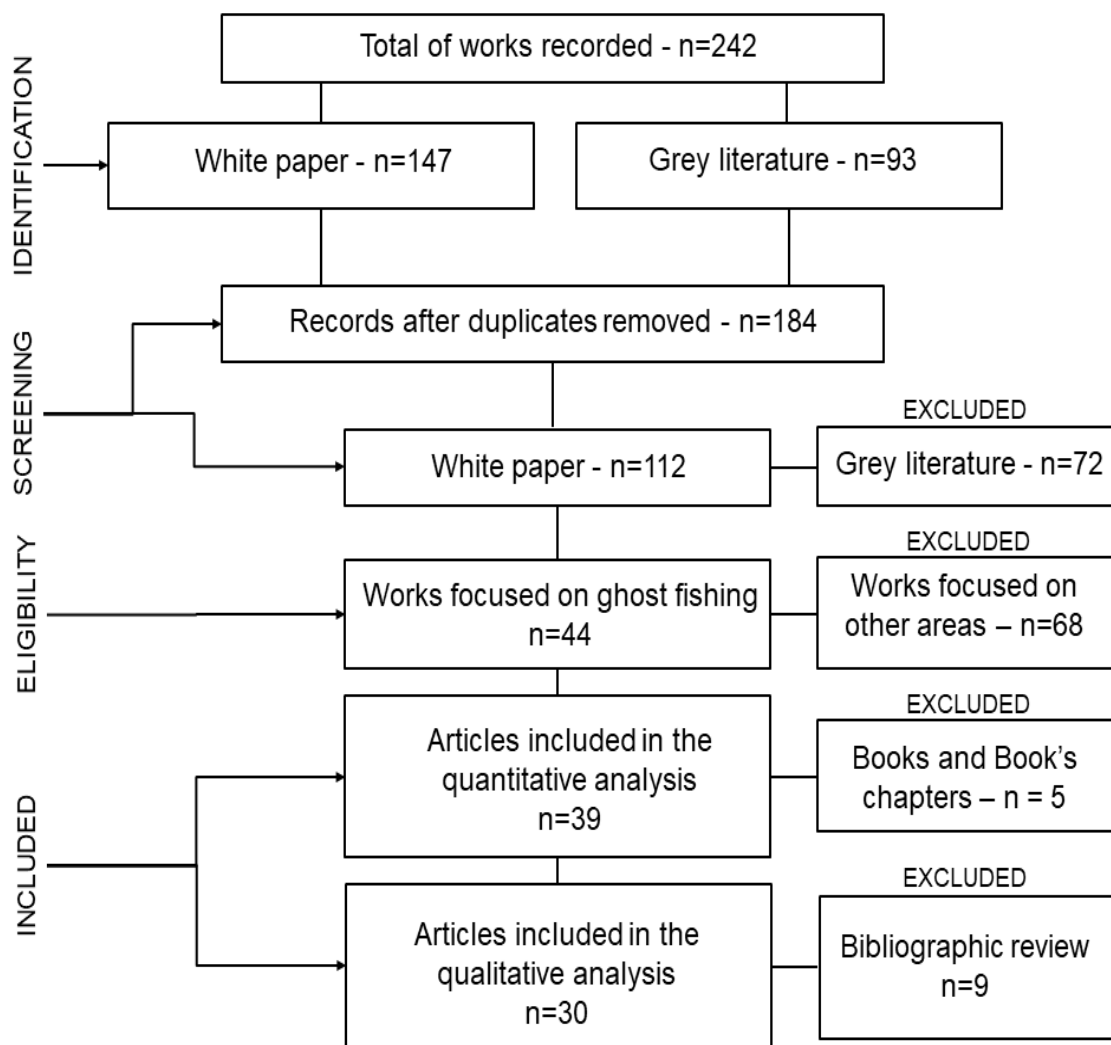


Figure 1 - Fluxograma de inclusão e exclusão de dados bibliográficos para cada fase de análise. Font: adapted by Liberati et al. (2009).

Após a pesquisa, os trabalhos encontrados foram cuidadosamente analisados e classificados de acordo com o tema central da pesquisa e os trabalhos que apenas citaram a pesca fantasma foram desconsiderados para análises posteriores. Foram classificados 6 temas principais sendo eles *Ghost fishing* (trabalhos com foco nos impactos, distribuição e mitigação de ALDFG); IUU; *Marine debris* (lixo marinho de forma geral); *Conservation and ecology* (conservação da fauna e habitat marinho); *Fisheries and aquaculture* (desenvolvimento da atividade para maior produtividade) and *Trash from fishing activity* (resíduos da atividade de pesca além de ALDFG como óleo, embalagens e outros).

Além do tema central da pesquisa, também foram observados o tipo de acesso das publicações, ano de publicação, tipo de documento, país de desenvolvimento, metodologia utilizada e o Fator de impacto (JCR) das revistas em caso de artigo científico, este coletado no site oficial de cada revista de acordo com o Citescore 2019. Os artigos científicos e as metodologias utilizadas foram classificados de acordo com o estágio de desenvolvimento de estudos da pesca fantasma a partir de uma análise holística a partir de precedentes observados na literatura estudada (McEvoy & Duffy, 2008). Quatro estágios de desenvolvimento foram considerados, sendo eles: 1º estágio – mapeamento, quantificação e caracterização de ALDFG; 2º estágio – Observação e descrição de impactos causados pela pesca fantasma; 3º estágio; medidas mitigadoras da pesca fantasma; 4º estágio – Desenvolvimento tecnológico para o combate da pesca fantasma.

Para estimar o número de publicação entre 2021 - 2030 foi utilizada a regressão linear múltipla (polinomial), uma vez que os dados não possuem tendência linear, a fórmula utilizada para a realização da regressão polinomial foi $y = aX^2 + bX + \epsilon$ e o grau de melhor ajuste da função foi o 2, evitando assim a sub ou superestimação dos dados, o número de publicações foram estimados a partir da abundância encontrada no presente trabalho entre 1995 e 2020 a partir dos coeficientes encontrados na função polinomial, em a correlação exponencial foi realizada com o intuito de avaliar o grau de determinação (R^2) entre as variáveis “tempo” e “publicações” a partir da formula $y = ae^{bX}$. Para esta mesma análise foram consideradas classes bianuais e foram estimadas publicações futuras até o final de 2030 seguindo os coeficientes obtidos pela fórmula polinomial. Para testes de hipóteses entre dados descritivos foi utilizado o teste de Monte Carlo. Para avaliar as proporções entre parâmetros, como base de pesquisa, local de produção e APPAD estudado, por exemplo, foram utilizados os testes de Mann & Whitney (1947), para dois grupos

não pareados, e Kruskal & Wallis (1952) para três grupos ou mais não pareados. Para a organização e análise dos dados foram utilizados os programas Excel 365, Rstudio (R core Team, 2020) e Past3.

3. Resultados

Partindo dos critérios de pesquisas, foram encontrados um total de 242 publicações, a partir do cruzamento entre a palavra generalista e as palavras chaves, considerando todas as bases bibliográficas utilizadas para a busca. A Google Scholar foi a base de pesquisa com maior número de publicações encontradas, com 214 resultados, uma diferença significativa quando comparada com a SCOPUS, 17 publicações ($p < 0.0001$, $\chi^2 = 168.0$), e a Web of Science com 11 ($p < 0.0001$, $\chi^2 = 183.1$) (Tab. 1).

Table 1- Frequências absolutas e relativas das obras encontradas em cada base bibliográfica considerada.

Bibliographic base	KEYWORDS			Total	%
	ALDFG	Fishing Debris	Ghost Gear		
Google Scholar	75	58	81	214	88%
SCOPUS	7	3	7	17	7%
WEB OF SCIENCE	5		6	11	5%
General	87	61	94	242	100%

Dos 242 títulos que exploraram a pesca fantasma de forma direta ou indireta, 36 deles se repetiram em mais de uma vez, sendo Link et al. (2019) encontrado em 7 das 9 combinações de pesquisas. Este estudo direcionou seus esforços em mapear, quantificar e caracterizar os trabalhos realizados no Brasil com foco direto e indireto na pesca fantasma e nos ALDFG a partir de uma revisão bibliográfica. Richardson et al. (2019) foi o segundo título com maior número de encontros, aparecendo 6 vezes, este por sua vez, mapeou, quantificou e caracterizou os ALDFG globalmente a partir de um banco de dados de compartilhamento de informações mundial. A partir deste número de encontros, pode-se perceber que ambos os trabalhos desempenham importantes funções na divulgação de resultados de distribuição e abundância da pesca fantasma e de ALDFG no Brasil e no mundo, essencial para o desenvolvimento de estratégias para a mitigação deste impacto. Além destas pesquisas, mais 3 títulos se repetiram em 4 das 9 combinações possíveis, 6 foram em 3, e outros 27 se repetiram 2 vezes (Fig. 2).

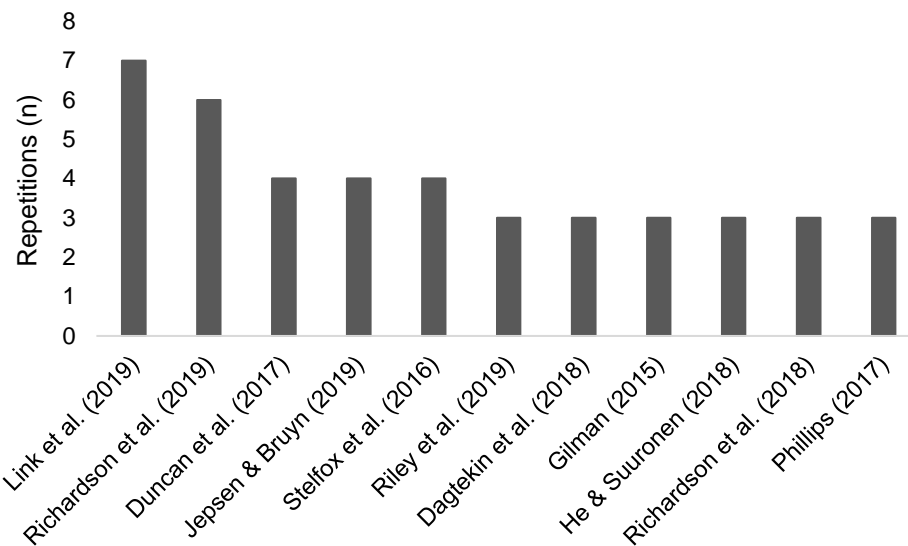


Figure 2- Principais publicações encontradas em mais de duas palavras-chave ou bases bibliográficas.

De acordo com o total de bibliografias encontradas, desconsiderando as repetições, observou-se que 33,7% das publicações tiveram a pesca fantasma como principal objetivo de estudo (n= 62), destes, observou-se que 71% dos trabalhos encontrados foram trabalhos considerados de literatura branca (Artigos científicos publicados em revistas indexadas, livros e capítulos de livro), valor significante quando comparado à literatura cinza encontrada (Monografias, teses, dissertações, relatórios e anais de eventos) (p = 0.0003). A abundância de trabalhos sobre a pesca fantasma foi significativamente menor que os 66,3% dos trabalhos que estudaram o tema de forma indireta (p < 0.0001), distribuídos *em marine debris*, com cerca de metade dos trabalhos encontrados (n= 92), *fisheries and aquaculture* (n= 19), *conservation and ecology* (n= 7), *trash from fish activity* (n= 3) e *Illegal, unreported and unregulated fishing* (IUU) (n= 1)(Fig. 3).

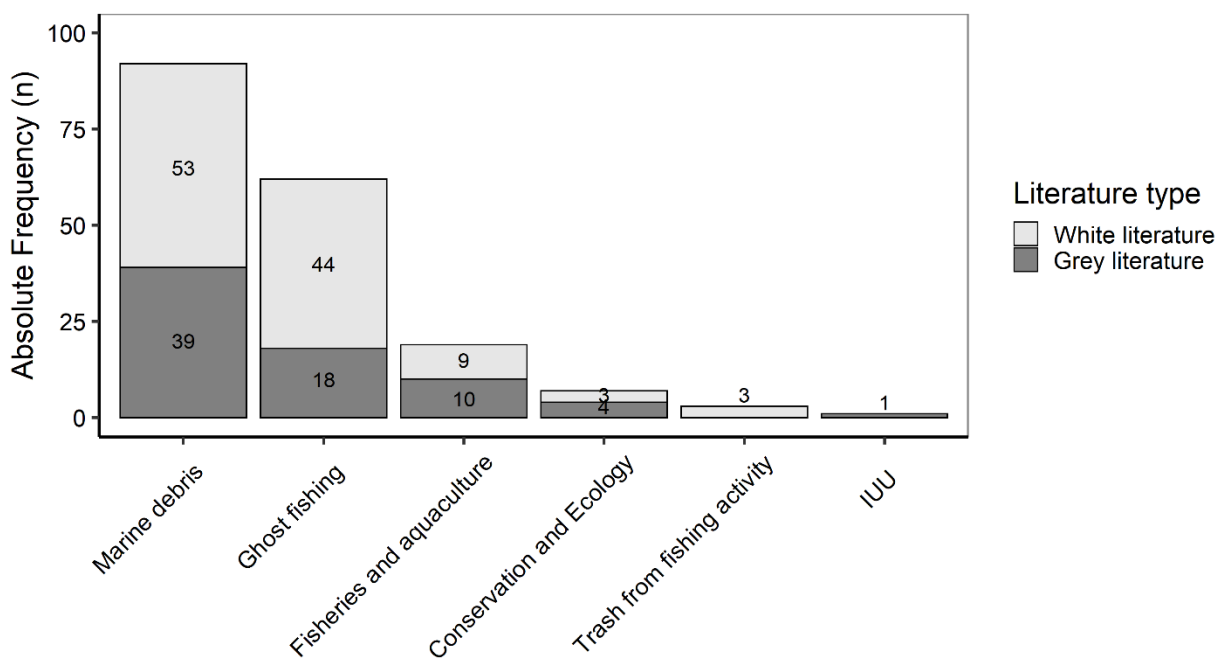


Figure 3 - Proporção de literatura branca e cinza disponíveis em bases bibliográficas e palavras-chave de acordo com o tema principal.

Entre os trabalhos publicados como literatura branca sobre a pesca fantasma, foram encontrados 39 artigos científicos e 5 capítulos de livros (e.g. Carr & Harris, 1997; He, 2007; Leesfield, 2018, Montarsolo et al., 2018; Lively & good, 2019). Dos artigos publicados, incluídos na análise, 26 deles foram encontrados no hemisfério norte do globo terrestre (n), predominantemente em águas marinhas (Oceano Pacífico (9); Oceano Atlântico (7); Mar Mediterrâneo (5); Oceano Índico (2); Mar Negro (1); Mar Cáspio (1)) e apenas 1 trabalho realizado em regiões fluviais, mais especificamente no Lago Ohrid (fig. 4). 13 trabalhos foram realizados no hemisfério sul onde a totalidade dos trabalhos foram realizados em regiões oceânicas (Oceano Pacífico (9); Oceano Atlântico (3); Oceano Índico (1) (fig. 4).



Figure 4 - Distribuição de artigos científicos publicados com foco em APPAD ou pesca fantasma no mundo. (para interpretação: ● - Trabalhos com dados internacionais, afiliação do primeiro autor foi utilizada para a georreferencia; ● - Trabalhos realizados com dados locais, área de estudo indicada na metodologia do trabalho foi utilizado para a georreferencia.)

Foram encontrados artigos sobre a pesca fantasma desde 1995 até fevereiro de 2020. A curva acumulativa de artigos encontrados até 2019 se mostra em uma crescente até os dados preditivos, com alta correlação ($R^2= 0,97$) no aumento da abundância de trabalhos sobre o tema com o decorrer dos anos (Fig. 5). Apesar do surgimento importante de novas informações, esse crescimento não demonstrou ser expressivo quando observado ano a ano ($p < 0.001$).

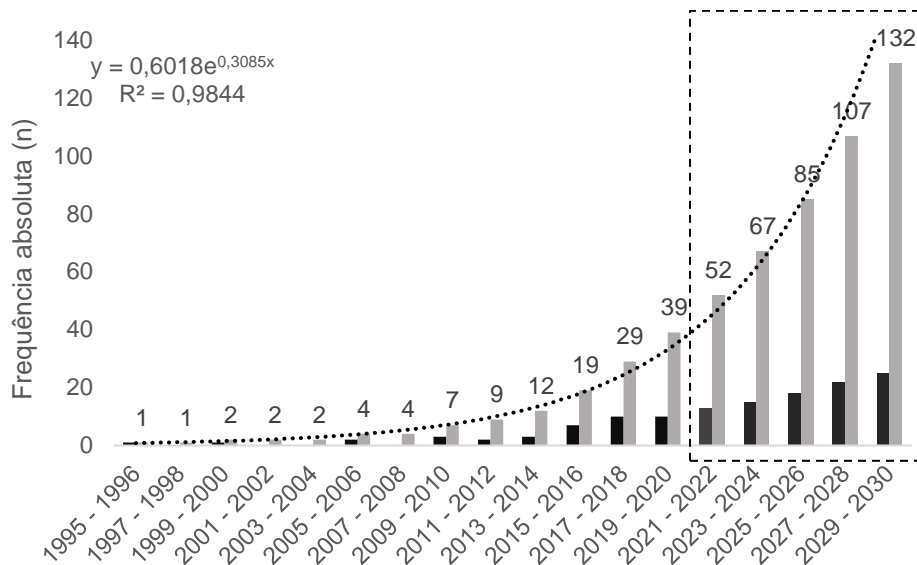


Figure 5 - Frequência absoluta e curva de tendência dos artigos publicados a cada dois anos de janeiro de 1995 a fevereiro de 2020. Barras pretas = número de artigos já publicados em 25 anos; retângulo tracejado = número de publicações estimado até o final da década do oceano (ONU); barras cinzas = curva acumulativa de publicações.

A *Marine Pollution Bulletin* (JCR= 4.049) foi a revista com maior número de publicações (n= 8), dominando o cenário de artigos sobre a pesca fantasma no mundo. Outras 4 revistas que publicaram sobre o tema não apresentavam fator de impacto em sua página oficial na internet (*Fish for the people*, *Fishing Chimes*, *Resources, Conservation & Recycling: X* e *Scientific reports of the Port-Cros national park*.) Não foi encontrada uma correlação entre o número de publicações por revista e o fator de impacto das mesmas. O JCR das revistas que publicaram sobre o tema variou entre 0.583 (*Journal Applied Ichthyology*) e 7.126 (*Conservation Letters*) e a média do fator de impacto das revistas encontradas foi de 2.53 ± 1.62 (média \pm SD), desconsiderando as revistas sem a avaliação (Fig. 6).

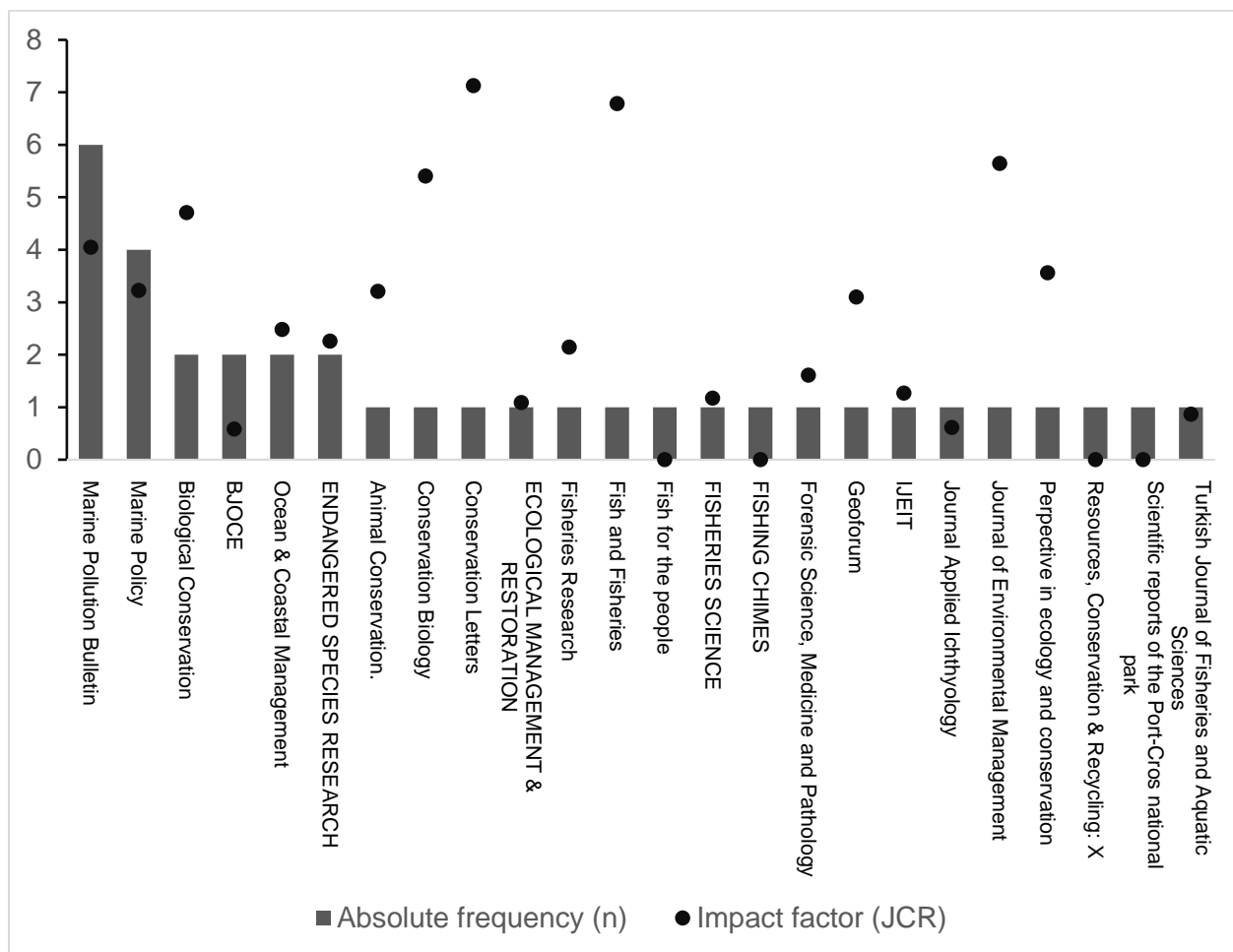


Figure 6 - Revistas científicas que mais publicaram artigos sobre pesca fantasma e seu fator de impacto (círculos pretos).

O 1º estágio dos estudos sobre a pesca fantasma, focado em entender os aspectos da pesca fantasma de uma determinada região por meio de mapeamento, quantificação e caracterização de ALDFG ou emaranhamentos, foi utilizado como objetivo de estudos em 10 trabalhos enquanto o 2º estágio, focado em observar e descrever os impactos da pesca fantasma, foi objetivo de estudo em 12 trabalhos. Com o intuito de gerar medidas remediadoras e preventivas para mitigar a pesca fantasma, o 3º estágio foi estudado em 6 artigos publicados, enquanto 4 trabalhos focaram seus esforços em desenvolver tecnologias para evitar ou reduzir os impactos da pesca fantasma (4º estágio). Três trabalhos atuaram em mais de um estágio (Fig. 7). Além disso, o estudo da pesca Ilegal, Não reportada e Não regulamentada (INN) só foi observada no 1º estágio de estudos da pesca fantasma, demonstrando uma provável relação entre os estudos iniciais da pesca fantasma e a INN. Por fim no 4º estágio (Tecnologia e Inovação) apenas os testes de tecnologias e o desenvolvimento modelagem estatística específica foram observados, indicando possuir metodologias direcionadas para esta finalidade.

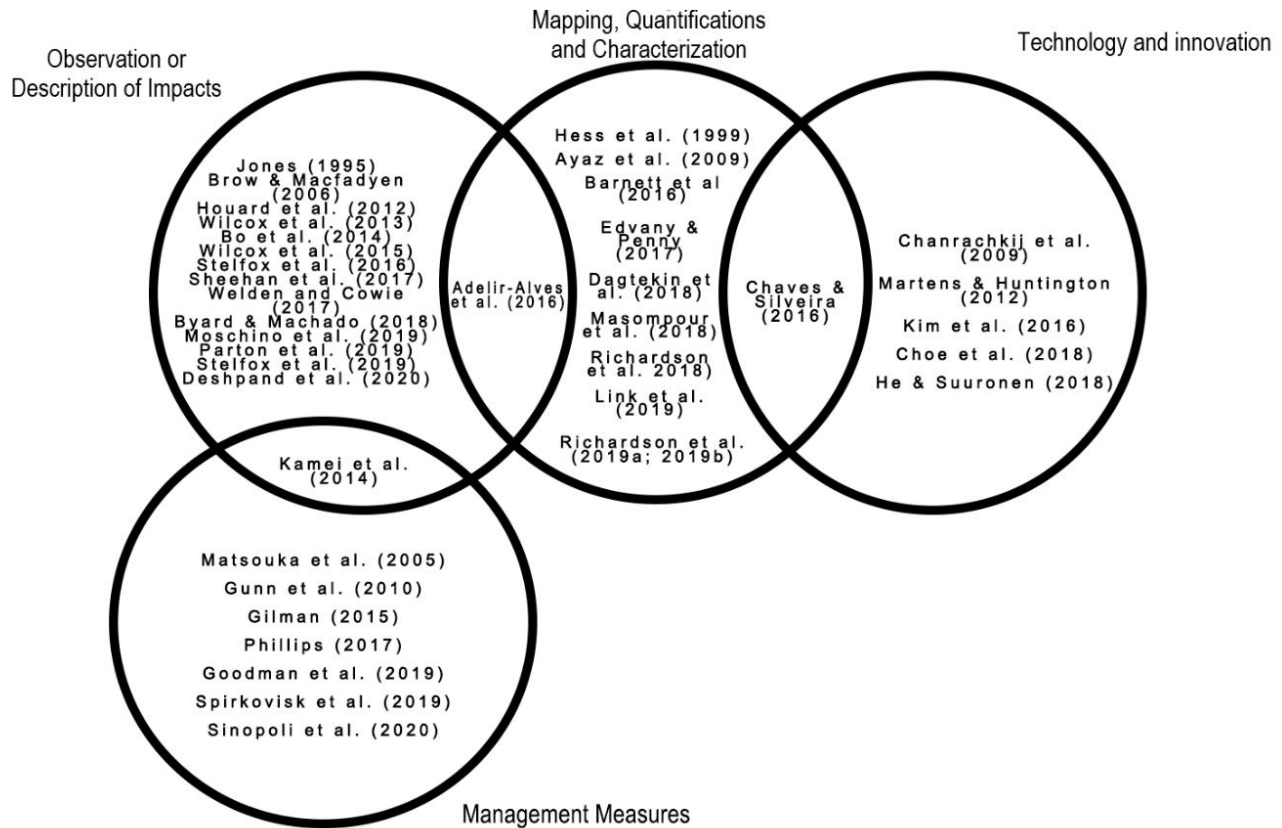


Figure 7 - Grupos de classificação para o estágio de desenvolvimento científico da pesca fantasma identificados neste trabalho. A - Artigos publicados organizados em cada etapa. B - Principais métodos utilizados para cada objetivo do estudo. EO = observação emergida; INT = entrevista; LR = revisão de literatura; DA = análise de dados; INN = estimativas de pesca ilegal, não declarada e não regulamentada; SO = observação submersa; TT = Teste de tecnologia.

As artes de pesca perdidas, abandonadas ou descartadas mais estudadas entre os trabalhos encontrados nas pesquisas foram as redes, seguidas das armadilhas, indicando, possivelmente, que estes são os aparelhos de pesca que causam maiores impactos uma vez que são perdidos ou descartados com maior frequência (Fig. 8). Apesar disso, não foi encontrada uma diferença estatística nas frequências encontradas entre os tipos de ALDFG gerados ($\chi^2 = 11$, $p = 0.44$).

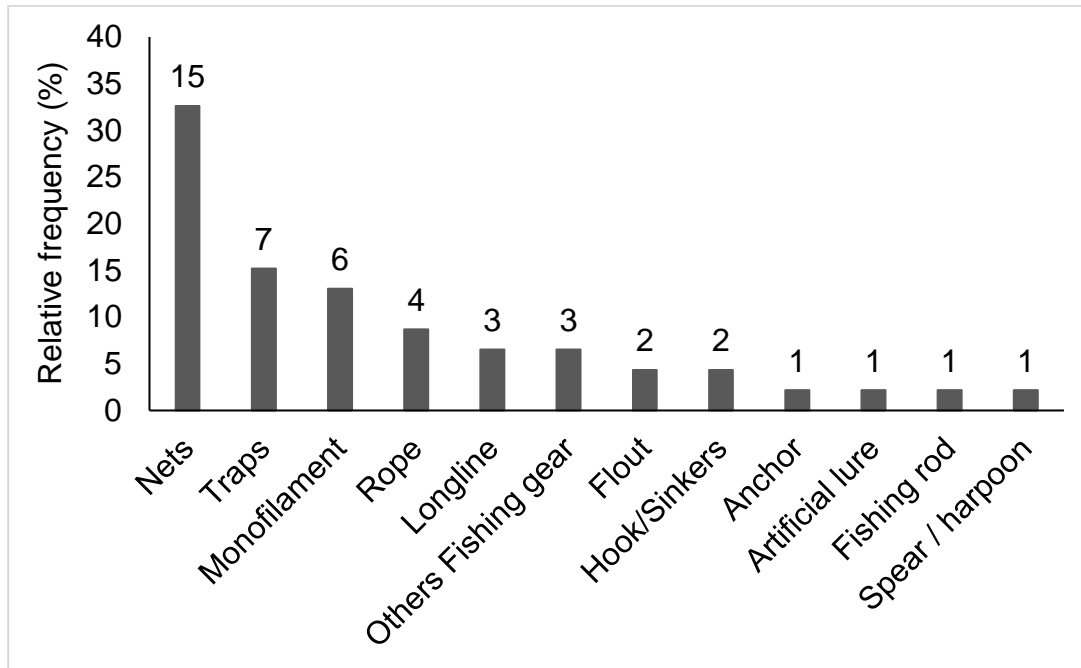


Figure 8 - Principais artes de pesca relatadas como abandonadas, perdidas ou descartadas causando impactos de acordo com os artigos publicados.

Quinze trabalhos avaliados nesta análise cienciométrica descreveram, no total, 11 grupos de animais impactados por ALDFG. As tartarugas marinhas e os crustáceos foram os grupos que mais foram estudados, sendo citados em 5 dos 14 artigos científicos, cada um, seguido dos peixes ósseos (4), aves marinhas e mamíferos aquáticos (2 vezes cada), elasmobrânquios, cefalópodes e cnidários (1). Classificado ao menor nível taxonômico possível, foram encontradas 60 espécies impactadas por ALDFG, além dessas, foram encontradas ocorrências de impactos sofridos por *Mugil spp.*, *Kyphosus spp.* lagosta (jumbo), peixe vermelho, Cottoidea, peixes demersais, cracas, capim marinho, caranguejo, tubarão-martelo, peixe-serra, serpentes marinhas, tartarugas e peixes ósseos não identificados a nível de espécie. O grupo dos peixes ósseos foi o mais impactados, com 26 espécies encontradas, seguido pelos Cnidários (n = 13); Répteis (n = 7); Crustáceos (n = 6); Aves marinhas (n = 5); Mamíferos (n = 2) e Moluscos (n = 1) (Tab. 2).

Tabela 2 - Animais registrados em artigos científicos com foco no emaranhamento e em outros impactos causados por ALDFG.

Observações: * O autor não identificou em nível de espécie; ** as espécies *Scorpaena notata* e / ou *Scorpaena porcus* não foram diferenciadas; *** Apenas a frequência relativa entre as tartarugas foi mostrada.

Author	Ocean / Sea	Fishing gear	Group	Specie	Entanglement cases
--------	-------------	--------------	-------	--------	--------------------

				<i>Cronius ruber</i> (Lamarck, 1818)	4
			Crustacea	<i>Mithrax hispidus</i> (Herbst, 1790)	5
				<i>Menippe nodifrons</i> Stimpson, 1859	5
				<i>Panulirus laevicauda</i> Latreille, 1817	1
			Reptiles	Cheloniidae	Spearfishers observation
			Seabird	<i>Spheniscus magellanicus</i> (Forster, 1781)	Spearfishers observation
				<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	2
				<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	3
				<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	Spearfishers observation
				<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	Spearfishers observation
				<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	1
				<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	7
			Teleostei	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	1
				<i>Kyphosus spp.</i>	Spearfishers observation
				<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	1
				<i>Mugil spp</i>	Spearfishers observation
				<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	Spearfishers observation
				<i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier, 1829)	1
				<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)	1
			Mollusc	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)	1
			Teleostei	<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	3
				<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	1
				<i>Acanthogorgia hirsuta</i> (Gray, 1857)	
				<i>Antipathella subpinnata</i> (Ellis & Solander, 1896)	
				<i>Antipathes dichotoma</i> (Pallas, 1766)	
				<i>Bebryce mollis</i> (Philippi, 1842)	
				<i>Callogorgia verticillata</i> (Koch, 1887)	
				<i>Dendrophyllia cornigera</i> (Lamarck, 1816)	
			Cnidarian	<i>Eunicella cavolinii</i> (Koch, 1887)	2286 coral colonies
				<i>Eunicella verrucosa</i> (Pallas, 1766)	
				<i>Leiopathes glaberrima</i> (Esper, 1788)	
				<i>Paramuricea clavata</i> (Koch, 1887)	
				<i>Parantipathes larix</i> (Esper, 1790)	
				<i>Villogorgia bebrycoides</i> (Koch, 1865)	
				<i>Viminella flagellum</i> (Johnson, 1863)	
Byard & Machado (2018)	Pacific	Rope	Mammal	<i>Neophoca cinerea</i> (Péron, 1816)	1
			Crustacea	Lobster (Jumbo)	25
			Fish	Redfish, Sculpin and groundfish	6
			Others	Barnacles, overgrown 'grassed up'	11
			Other Invertebrate	Echinoderms, crabs and bivalves	7
Adelir-Alves et al. (2016)	Atlantic	Gillnet			
Ayas et al. (2009)	Mediterranean	Net			
Bo et al. (2014)	Mediterranean	Nets, Longlines, other			
Goodman (2019)*	Atlantic	Trap			

			Crustacea	Crab	hundreds to thousands				
Gunn et al. (2010)	Pacific	Net	Elasmobranchii	Hammerhead sharks	not specified				
				Sawfish	1				
			Mammal	<i>Dugong dugon</i> (Müller, 1776)	1				
				<i>Chelonia mydas</i> Linnaeus, 1758	12% of turtles				
			Reptiles	<i>Natator depressus</i> (Garman, 1880)					
				<i>Crocodylus porosus</i> Schneider, 1801	1				
				<i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)	87% of turtles				
				<i>Lepidochelys olivacea</i> (Eschscholtz, 1829)					
				Sea snakes	not specified				
			Houard et al. (2012)**	Mediterranean	Net	Crustacea	<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)	6	
<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	3								
Teleostei	<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810 and/or <i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	5							
	unidentified teleosts	2							
	Seabird	<i>Podiceps major</i> (Boddaert, 1783)				6			
<i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)		1							
<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)		1							
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> von Brandt & Ratzeburg 1833		7							
<i>Acipenser stellatus</i> Pallas 1771		48							
Masompson et al. (2018)	Caspian Sea	Gillnet	Teleostei	<i>Acipenser persists</i> Borodin 1897	5				
				<i>Alosa caspia</i> (Eichwald, 1838)	238				
				<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	7				
				<i>Huso huso</i> (Linnaeus, 1758)	18				
				<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	3				
				<i>Rutilus kutum</i> (Kamensky, 1901)	186				
				<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	3				
				<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	1				
				Moschino et al. (2019)	Mediterranean	Net	Seabird	<i>Microcarbo pygmaeus</i> (Pallas, 1773)	1
							Crustacea	<i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775)	7
Sheehan et al. (2017)	Atlantic	Line	Crustacea	<i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775)	not specified				
Stealfox et al. (2019)	Indic	Nets	Reptiles	<i>Chelonia mydas</i> Linnaeus, 1758	7				
				<i>Dermochelys coriacea</i> (Linnaeus, 1766)	1				
				<i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)	18				
				<i>Lepidochelys olivacea</i> (Eschscholtz, 1829)	348				
				unidentified sea turtles	3				
Wilcox et al. (2013) ***	Pacific	Net	Reptiles	<i>Chelonia mydas</i> Linnaeus, 1758	14				
				<i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)	35				
				<i>Lepidochelys olivacea</i> (Eschscholtz, 1829)	53				
				<i>Natator depressus</i> (Garman, 1880)	3				
Wilcox et al. (2015) ****	Pacific	Net	Reptiles	<i>Caretta caretta</i> (Linnaeus, 1758)	~2				
				<i>Chelonia mydas</i> Linnaeus, 1758	~19				
				<i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)	~45				

4. Discussão

De acordo com os resultados avaliados, o Google Scholar demonstrou ser a base de dados mais viável para pesquisas, com um número de trabalhos consideravelmente maior, quando comparado com as outras bases. Este relato foi diferente do encontrado por Lima et al. (2019), uma vez que, para este, os trabalhos selecionados no Google Scholar na fase de pesquisa de títulos (n=57) teve abundância similar ao Science Direct (n=97) e aos Periódicos CAPES (n=50). Esta diferença de resultados pode acontecer porque o Google são bases de dados generalistas, que englobam um maior número de trabalhos por indexar um grupo maior de revistas, além disso dispõe de uma grade base de literatura cinza, principalmente monografias, dissertações e teses, enquanto a Web of Science e SCOPUS demonstraram uma maior seletividade nas indexações e e publicações, nos quais apenas literatura branca foram encontradas.

Dentre os trabalhos encontrados, 38 deles se repetiram mais de uma vez dentro das 9 combinações possíveis de pesquisa. Dentre estes, vale dar destaque a Link et al. (2019) e Richardson et al. (2019) que foram encontrados 7 e 6 vezes respectivamente. A alta frequência de encontro destes trabalhos pode estar relacionada ao fato de serem revisões bibliográficas que possuem a pesca fantasma como principal foco de estudo, conseqüentemente tendo um alto impacto nas pesquisas por ser base para outros estudos dentro do tema.

Mesmo com as pesquisas voltadas para a pesca fantasma no presente trabalho, apenas 1/3 destes focaram seus esforços no tema, resultado similar ao encontrado por Link et al. (2019) em observações de trabalhos na pesca fantasma realizados no Brasil, uma abundância tímida quando comparado a outros temas da ciência marinha. Parton et al. (2019) também evidencia esta escassez de informação, em que, o número de trabalhos sobre enroscamentos de elasmobrânquios, é consideravelmente pequeno quando observado dentro do universo de trabalhos publicados sobre estes animais, indicando que a pesca fantasma ainda não possui grande relevância por si só, estando comumente ligados a outros temas emergentes, como a poluição por lixo plástico.

De acordo com a distribuição demográfica dos trabalhos encontrados, a Austrália e os Estados Unidos da América (EUA) possuíram a maior frequência de publicações (9 e 7 respectivamente), em contra partida, não foram encontrados trabalhos no continente africano e na Rússia, resultado similar foi constatado por Richardson et al. (2019b) no qual os EUA obteve uma

frequência significativa de trabalhos publicados sobre o tema, principalmente antes dos anos 2000 (94%), enquanto que apenas um resultado foi encontrado para a Austrália e nenhum para a África e Rússia. Apesar dos resultados descritos anteriormente, 10% dos registros de elasmobrânquios emaranhados por lixo marinho foram realizados na África do Sul (Parton et al., 2019) demonstrando o efeito da pesca fantasma no continente africano sobre este grupo, indicando que outros animais também podem estar sob ameaça na costa leste do oceano atlântico sul.

Existem outros fatores que podem influenciar na diferença de produtividade de informações sobre o tema em diferentes regiões do globo. Por exemplo, o alto número de publicações sobre o tema nos EUA, pode se dar ao alto apoio financeiro destinado a ciência nacional (\$8.075 mi) (NSF, 2019), bem como, a preocupação precoce com a pesca fantasma em sua região costeira, enquanto que a falta de observações na África e na Rússia podem estar relacionadas ao idioma utilizado nas publicações dos trabalhos (diferente dos considerados para análise), ao não direcionamento dos esforços para a pesca fantasma na região ou ao baixo investimento financeiro na área, indicando que países melhores desenvolvidos possuem maiores chances de produzirem novas informações sobre o tema. Apesar das diferenças observadas, as parcerias científicas entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento podem alavancar ainda mais o conhecimento sobre a pesca fantasma no mundo, gerando novas pesquisas de qualidade e a baixo custo, além de conseguir alcançar um maior número de interessados uma vez que estes novos trabalhos vão ser divulgados em mais de um país (Gaillard, 1994; Costello & Zumla, 2000; Doll & Bowley, 2008; Binka, 2015)

Foi observada uma tendência de crescimento no número de trabalhos publicados sobre a pesca fantasma no decorrer do tempo, indicando que o tema vem ganhando importância e cada vez mais espaço na comunidade científica, além disso, este crescimento pode ser ainda maior que o estimado graças a visibilidade da conservação dos oceanos trazida pela Década do Oceano 2021 - 2030 (UNESCO, 2019). Para Lima et al. (2019), foi demonstrado um comportamento diferente, uma vez que o número de publicações sofreu pequenas flutuações em torno da média durante os anos sem grandes alterações, esta diferença pode ser possivelmente associada ao espaço temporal estudado e as diferentes metodologias aplicadas entre os estudos.

Percebe-se também a dominância dos jornais Marine Pollution Bulletin e a Marine Policy nas publicações de artigos sobre a pesca fantasma, outros tipos de poluições marinha e seus impactos, estes que possuem fator de impacto muito próximo da média total encontrada no

presente trabalho, indicando que estes jornais são considerados mais flexíveis nas considerações, com alta qualidade de publicações, bem como, com alcance internacional (Jepsen & Bruyn, 2019), além de já terem o foco principal voltado para esta temática.

Foi observado que o maior número de artigos encontrados focaram seus esforços em mapear, quantificar e caracterizar, bem como, observar e descrever os impactos gerados por APPAD (>60%), além de ser encontradas metodologias específicas para cada etapa de estudo, isso pode indicar que os conhecimentos acerca dos impactos causados pela pesca fantasma no mundo ainda são iniciais (1º e 2º estágios) com um número muito reduzido de artigos com o foco nas medidas de manejo e no desenvolvimento de novas tecnologias para mitigar o problema em questão. Gilman (2015) indicou que, das 18 medidas de manejo traçadas para a mitigação da pesca fantasma, metade delas podem ser colocadas em práticas por órgãos e acordos intergovernamentais competentes, fortalecendo a hipótese de que mais informações sobre o tema devem ser obtidas com a finalidade de desenvolver as outras medidas de prevenção e remediação de APPADs. Contudo a aplicação dessas medidas se torna inviáveis uma vez que pouco se sabe o que se tem como APPAD, quais seus impactos e onde estes impactos são observados.

As redes de pesca foram os tipos de aparelhos de pesca mais estudados nos artigos encontrados (e.g. Guun et al., 2010; Houard et al., 2012; Wilcox et al., 2013; Wilcox et al., 2015; Edyvane & Penny, 2017; Masompour et al., 2018), seguidas pelas armadilhas de fundo, como os covos e as linhas de monofilamento, comportamento similar ao encontrado por Richardson et al. (2019b) e Stelfox et al. (2016). Esses equipamentos de pesca são estudados em maiores escalas, possivelmente, porque são as principais artes de pesca utilizadas ao redor do mundo (Watson et al., 2006) comparado a outros resíduos de pesca como as linhas de mão, anzol e boias, por exemplo.

Foram registradas 59 espécies marinhas impactadas por APPADs, além destes, colônias de corais e fundo oceânico também foram identificados como impactados nos trabalhos estudados, indicando impacto direto da pesca fantasma tanto a fatores bióticos, em todos os níveis da cadeia trófica, quanto a abióticos do ecossistema marinho. Lima et al (2019) encontrou resultado similar ao do presente trabalho, com os peixes ósseos sendo o grupo mais impactado em termos de abundância, seguidos pelos cnidários. Este fato acontece uma vez que a pesca fantasma causa impactos desde a superfície até regiões profundas do oceano, em todos os oceanos e mares onde ocorre a atividade pesqueira, além de não selecionar indivíduos ou espécies, o que aumenta as

chances de enroscamento, mortalidade e outros impactos a uma alta diversidade de animais e habitats (Mcfadyen et al. 2009; Gilman et al., 2016; Masompson et al., 2018).

Além disso, o Oceano Pacífico foi a região com maior número de publicações tanto para impactos quanto para o estudo espacial dos APPADs, seguido pelo Oceano Atlântico. Corroborando com o encontrado por Parton et al. (2019), no qual, o número de trabalhos publicados sobre enroscamento de tubarões e raias é maior para o Oceano Pacífico. No entanto, para Stelfox et al. (2016) a frequência de publicações sobre o enroscamento de elasmobrânquios, tartarugas e mamíferos marinhos é maior no Oceano Atlântico. A diferença entre os resultados pode estar ligada ao grupo biológico estudado, provavelmente trabalhos de impactos sofridos por elasmobrânquios são desenvolvidos em maior quantidade na região do Oceano Pacífico enquanto as tartarugas e mamíferos marinhos são foco de estudos no Atlântico, tornando-se estudos complementares sobre a pesca fantasma.

No presente trabalho as tartarugas marinhas aparecem em uma maior quantidade de estudos quando comparados aos outros grupos enquanto os peixes possuem o maior número de espécies impactadas. Uma maior procura em estudar as tartarugas pode estar relacionado ao fato de serem espécies carismáticas junto aos elasmobrânquios e os mamíferos aquáticos, estes que, por definição são organismos que causam atração ou charme que cause inspirações em outros (Bennett, 2011; McClenachan et al., 2011; Ducarme et al., 2012; Fortuna et al., 2018).

5. Conclusão

Estudos acerca da pesca fantasma no mundo vem ganhando importância no decorrer dos anos, tanto dentro da comunidade científica quanto em órgãos nacionais e internacionais capazes de promover a adoção de medidas mitigatórias deste impacto. Pode-se perceber que o acesso a novos conhecimentos sobre a pesca fantasma e APPADs é possível em várias regiões do mundo, uma vez que novos estudos desenvolvidos são publicados e acessados em grandes bases bibliográficas, o que pode facilitar a obtenção de novas informações e, por consequência, o desenvolvimento de novos trabalhos sobre a pesca fantasma e de novas tecnologias para evitar este impacto.

Mesmo com aspectos cientométricos otimistas encontrados no presente estudo, percebe-se a carência de novas informações sobre a pesca fantasma em regiões costeiras de muitos países,

principalmente na Ásia, África e América do Sul e Central, o que pode dificultar na aplicação de medidas de manejo de resíduos de pesca nestas regiões, bem como no desenvolvimento da tecnologia pesqueira voltada para a atividade local. Além disso, foi observado que a maioria dos países em que existe a carência de informações sobre a pesca fantasma são considerados “em desenvolvimento” (ONU, 2014), onde instituições de segurança alimentar e de governança pesqueira são frágeis. Estes aspectos dificultam ainda mais o desenvolvimento de estudos e aplicação de medidas de manejo da pesca fantasma em locais onde a pesca é importante tanto para a economia costeira quanto para a subsistência em comunidades de pescadores artesanais.

Portanto, se faz necessário o encorajamento de novos estudos ao redor do mundo, principalmente em países em desenvolvimento, além de abranger o foco de estudos para diferentes grupos de animais e níveis da cadeia alimentar distintos para um entendimento completo dos impactos da pesca fantasma em todo o ecossistema. Por fim, após conhecer e identificar os impactos da pesca fantasma ao redor do mundo, faz-se importante a aplicação de medidas de mitigação de APPADs de acordo com o já proposto por Gilman et al. (2016). A partir disso é possível realizar uma mitigação eficiente da pesca fantasma, ajudando, desta forma, a cumprir principal meta do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 14 (ODS 14) - Vida nos oceanos, promovendo a conservação e o uso sustentável dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

6. Referências

- Adelir-Alves, J., Rocha, G.R.A., Souza, T.F., Pinheiro, P.C., Feire, K.M.F., Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gears in rocky reefs of Southern Brazil. *BJOCE*. V. 64, n. 4, pp. 427-434. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016124806404>
- Ayaz, A., Unal, V., Acarli, D., Altinagac, U., Fishing gear losses in the Gokova Special Environmental Protection Area (SEPA), eastern Mediterranean, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* V. 26, pp. 416–419. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01386.x>
- Brown, J., Macfadyen, G., Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. *Marine Policy*. 31(4), 488 – 504, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2006.10.007>
- Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., Bavestrello, G., Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*. V. 171, pp. 167-176. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.011>
- Byard, R.W., Machado, A., Characteristic “neck collar” injuries in Australian sea lions (*Neophoca cinerea*) caused by marine debris. *Forensic Science, Medicine and Pathology*. V. 15, pp. 631-634. 2019. <https://doi.org/10.1007/s12024-018-0060-1>

- Corrado, E.M., The Importance of Open Access, Open Source, and Open Standards for Libraries. Issues in Science and Technology Librarianship. <https://doi.org/10.5062/F42F7KD8>
- Dagtekin, M., Ozyurt, C.E., Misir, D.S., Altuntas, C., Cankaya, A., Misir, G.B., Aydin, E., Rate and Causes of Lost "Gillnets and Entangling Nets" in The Black Sea Coasts of Turkey. Turk. J. Fish. & Aquat. Sci. 19(8), 699-705 http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_8_08
- Dayton, P.K., Thrush, S.F.; Agardy, M.T.; Hofman, R.J., Environmental effects of marine fishing. Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst. 5 (3), 205–232, 1995. <https://doi.org/10.1002/aqc.3270050305>.
- Duncan, E.M., Botterell, Z.L.R., Broderick, A.C., Galloway, T.S. Lindeque, P.K., Nuno, A., Godley, B.J., A global review of marine turtle entanglement in anthropogenic debris: a baseline for further action. Endang. Species. Res. V. 34, pp. 431–448. 2017. <https://doi.org/10.3354/esr00865>
- Edyvane, K.S., Penny, S.S., Trends in derelict fishing nets and fishing activity in northern Australia: Implications for trans-boundary fisheries management in the shared Arafura and Timor Seas. Fisheries Research. V. 188, pp. 23 – 37. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.11.021>
- Executive Planning Group (EPG). Accelerating Ocean Science for a Better World: The UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development 2021-2030. Decade Paper n. 1. 2019. https://oceandecade.org/assets/uploads/documents/Decade-Paper_1572448041.pdf
- FAO. Report of the Expert Consultation on the Marking of Fishing Gear. Victoria, British Columbia, Canada, 14–19 July 1991. Rome.
- FAO. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome. 41 pp. ISBN 92-5-103834-1. 1995.
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. 87 – 88 pp. ISBN 978-92-5-108275-1
- Gilman, E., Status of international monitoring and management of abandoned, lost and discarded fishing gear and ghost fishing. Marine Policy. 60: 225-239. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.016>
- Gilman, E., Chopin, F., Suuronen, P., Kuemlengan, B., Abandoned, lost and discarded gillnets and trammel nets Methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management. FAO. Rome. 2016. ISSN 2070-7010.
- Goodman, A.J., Walker, T.R., Brown, C.J., Wilson, B.R., Gazzola, V., Sameoto, J.A., Benthic marine debris in the Bay of Fundy, eastern Canada: Spatial distribution and categorization using seafloor video footage. Marine Pollution Bulletin. V. 150, pp. 110-722. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110722>
- Gunn, R., Hardesty, B.D., Butler, J., Tackling ‘ghost nets’: Local solutions to a global issue in northern Australia. Ecological Management & Restoration. V. 11, n. 2, pp. 88-98. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2010.00525.x>
- He, P., Suuronen, P., Technologies for the marking of fishing gear to identify gear components entangled on marine animals and to reduce abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. Marine Pollution Bulletin. 129: 253-261. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.033>

Houard, T., Boudoresque, C.F., Barcelo, A., Cottalorda, J., Formentin, J., Jullian, E., Kerlidou, B., Pironneau, E., Occurrence of a lost fishing net within the marine area of the Port-Cros national Park (Provence, northwestern Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park.* V. 26, pp. 109-118. 2012

Jepsen, E.M., Bruyn, P.J.N., Pinniped entanglement in oceanic plastic pollution: A global review. *Marine Pollution Bulletin.* V. 145, pp. 295-305. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.042>

Kruskal, W.H.; Wallis, W.A., Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association.* V. 47, n. 260, pp. 583-621. 1952. <https://doi.org/10.2307/2280779>

Liberati A.; Altman D.G.; Tetzlaff J.; Mulrow C.; Gøtzsche P.C.; Ioannidis J.P.A.; Clarke, M.; Devereaux, P.J.; Kleijnen, J.; Moher, D., The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med.* 6(7): e1000100. 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Lima, M.K.S., Vasconcelos-Filho, J.I.F., Freitas, R.M., Feitosa, C.V., Pesca Fantasma: uma síntese das causas e consequências nos últimos 15 anos. *Arq. Ciên. Mar.* V. 52, n. 2, pp. 98 – 114. 2019. <http://dx.doi.org/10.32360/acmar.v52i2.41589>

Link, J.; Segal, B.; Casarini, L.M., Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear in Brazil: A review. *Perspectives in Ecology and Conservation.* V. 17, n. 1, pp. 1-8. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.12.003>

Macfadyen, G.; Huntington, T.; Cappell, R., Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. *FAO FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL PAPER.* ISSN 2070-7010, 523, 2009.

Mann, H. B., Whitney, D. R., On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics.* 1947. 18, n. 50–60. 1947. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>

Masompson, Y., Gorgin, S., Pighambari, S.Y., Karimzadeh, G.H., Babanejad, M., Eighani, M., The impact of ghost fishing on catch rate and composition in the southern Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin.* V. 135, pp. 534-539. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.065>

Matsouka, T., Nakashima, T., Nagasawa, N., A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions. *Fisheries Science.* 71: 691–702. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01019.x>

NFS. Funding and Support Descriptions. USA. 2019. Accessed by 02/23/202. <https://www.nsf.gov/homepagefundingandsupport.jsp#where-it-goes>

Parton, K.J., Galloway, T.S., Godley, B.J., Global review of shark and ray entanglement in anthropogenic marine debris. *Endang. Species. Res.* V. 39, pp. 173–190. 2019. <https://doi.org/10.3354/esr00964>

Phillips, C, Ghostly encounters: Dealing with ghost gear in the Gulf of Carpentaria. *Geoforum.* 78: 33-42. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.11.010>

Queiroz, F. M.; Noronha, D. P. Temática das dissertações e teses em Ciência da Informação no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Comunicação da USP. *Ciência da Informação*, Brasília, v.33, n.2, p.132-142, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-19652004000200014>

Richardson, K., Gunn, R., Wilcox, C., Hardesty, B.D., Understanding causes of gear loss provides a sound basis for fisheries management. *Marine Policy*. 96: 278-284. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.021>

Richardson, K., Asmutis-Silvia, R., Drinkwin, J., Gilardi, K.V.K., Giskes, I., Jones, G., O'Brien, K., Pragnell-Raasch, H., Ludwig, L., Antonelis, K., Barco, S., Henry, A., Knowlton, A., Landry, S., Mattila, D., MacDonald, K., Moore, M., Morgan, J., Robbins, J., Van der Hoop, J., Hogan, E., Building evidence around ghost gear: global trends and analysis for sustainable solutions at scale. *Marine Pollution Bulletin*. 138, 222–229. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.031>

Richardson, K.; Hardesty, B.D.; Wilcox, C., Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: A literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*. V. 20, n. 6, pp. 1218-1231. 2019b. <https://doi.org/10.1111/faf.12407>

Riley, T., Rowley, K., Cheever, E., Roberts, J., Ship-based Marine Plastic Litter. NCRL subject guide. 2019. <https://doi.org/10.25923/qw9w-bw71>

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Shapiro, S.S.; Wilk, M.B., An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*. V. 52, n. 3-4, pp. 591-611. 1965. <https://doi.org/10.2307/2333709>

Sheehan, E.V., Rees, A., D. Bridger, D., Williams, T., Hall-Spencer, J.M., Strandings of NE Atlantic gorgonians. *Biological Conservation*. V. 209, pp. 482 – 487. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.020>

Smolowitz, R.J., Trap Design and Ghost Fishing: Discussion. *Marine Fisheries Review*. 40, 5 – 6, 1978.

Spinak, E., Indicadores cienciométricos. *Ci. Inf.* [Online]. vol.27, n.2, pp.nd-nd. ISSN 1518-8353. 1998. <https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000200006>

Stelfox, M.; Hudgins, J.; Sweet, M., A review of ghost gear entanglement amongst marine mammals, reptiles and elasmobranchs. *Marine Pollution Bulletin*. V. 111, 1-2. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.034>

Stelfox, M. Bulling, M., Sweet, M., Untangling the origin of ghost gear within the Maldivian archipelago and its impact on olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) populations. *Endang. Species Res.* V. 40, pp. 304 – 320. 2019. <https://doi.org/10.3354/esr00990>

Verschraegen, G., Schiltz, M., Knowledge as a Global Public Good: The Role and Importance of Open Access. *Societies Without Borders*. V. 2, n. 2, pp. 158 – 174. 2007. <https://doi.org/10.1163/187219107X203540>

Wilcox, C., Hardesty, B.D., Sharples, R., Griffin, D.A., Lawson, T.J., Gunn, R., Ghostnet impacts on globally threatened turtles, a spatial risk analysis for northern Australia. *Conservation Letters*. V. 6, n. 4, pp. 247 – 254. 2012. <https://doi.org/10.1111/conl.12001>

Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Pell, D., Hardest, B.D., Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation Biology*. V. 29, n. 1, pp. 198 – 206. 2015. <https://doi.org/10.1111/cobi.12355>

ARTIGO CIENTÍFICO

Influences of the use and management on characteristics, frequency, and distribution of abandoned, lost, or discarded fishing gear on the tropical coast of Brazil.

Artigo científico a ser encaminhado para *Marine Pollution Bulletin*

Influences of the use and management on characteristics, frequency, and distribution of abandoned, lost, or discarded fishing gear (ALDFG) on the coast of Pernambuco – Brazil.

Sidney Andrade^{a*}, Gabriella Gomes^a, Sindy Freitas^b, Victor Dias^a, Danielle Viana^a, Paulo Oliveira^a, Paul D. Winger^c, Fábio Hazin (in memorian)^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Rua D. Manuel de Medeiros, sn, Dois irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brazil.

^b Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura, s/n. Cidade Universitária, CEP 50740-550, Recife, PE, Brazil.

^c Fisheries and Marine Institute, Memorial University of Newfoundland, 155 Ridge Rd, St. John's, NL, A1C 5R3, Canada

* Corresponding author: sidney_marcelo95@hotmail.com

Highlights

- 2,756 fragments and full ghost gears and a total of 60.39 kg were collected;
- The frequency of ALDFG were no different according to the types of protected areas;
- ALDFG are frequently found in low demographic density areas;
- Touristic areas can avoid the ALDFG formation;
- Reef ecosystems work as a filter to the ALDFG.

Abstract

Abandoned, Lost, or Discarded Fishing Gear (ALDFG) are responsible for causing ghost fishing, consequently, generate mortality and other impacts on marine animals. Considering that fishery is an important activity in the tropical Brazilian coast, this article focused on identifying, mapping, quantifying, and characterizing the ALDFG in the Pernambuco state in different management measures according to the kind of marine protected areas. Ropes, plastic flat netting, and net were the most significant residuals in most beaches studied and usually used to construct gillnets, trawl nets, traps, and corral setnets, indicating a high diversity of fishery activities that caused ALDFG. Places with high demographic density, tourism, and fisher's associations on the north coast had many ALDFG. Still, they concentrated in accumulation points, while regions with inverse characteristics showed a random distribution, suffering environmental effects. On the south, where observed accumulation points in front to absence reefs; also, a low frequency of ALDFG influenced by beach cleaning on the summer season (high tourism), in this case, the

distribution is strongly influenced by the reef ecosystem. In addition, we did not observe differences in the distribution according to marine protected area locally existent. In general, we observed that the distribution of ALDFG is influenced by demographic density, tourism, fisher's associations, and environmental and ecosystemic variables.

Keywords: protected areas, fishery technology, ghost fishing, fishing, coastal ecosystems.

1. Introduction

Ghost fishing is the impact caused by abandoned, lost, or discarded fishing gear (ALDFG) that continues a fishery without human interference (Laist, 1997; Macfadyen et al., 2009; Walker, 2018; Avery-Gomm et al., 2019). Different types of impacts can be classified according to fishing gear utilized, such as difficulty to defense, susceptibility to predation, hunger, drowning, amputations, and mortality provoked through abandoned, lost, or discarded lines and hooks, nets, traps, and pots (Wilcox et al., 2013, Stelfox et al., 2016; World Animal Protection, 2018).

Ghost gears usually have a long-life cycle with direct and indirect impacts on social, economic, and environmental development. These impacts can negatively influence marine resources, especially those less resilient to anthropogenic influences (Sheavly and Register, 2007; Macfadyen et al., 2009, Link et al., 2019). Although the fishing mortality caused by ALDFG is considerably less than traditional fishing activities (Brown et al., 2005; Criddle et al., 2009), it can catch both vertebrates (e.g., Elasmobranchii, Teleost, Seabirds, Mammals, and Reptiles) and invertebrates (e.g., Crustaceans and Molluscs). As a result, mortality can occur across multiple unintended trophic levels, disturbing the local food web and the overall ecosystem equilibrium (Tasker et al., 2000; Macfadyen et al., 2009; Beek, 2012; Adelir-Alves, 2016; Stelfox et al., 2016; Gibbs, 2019).

A large range of environmental and operational factors contribute to generate ALDFG, including poor weather, structural damage to vessels, tie ropes break, gear improperly stored, gear conflict with third parties, etc (Richardson et al., 2018). In addition, the distribution and frequency of these ghost gears can be correlated to the intensity of tourism activity, demographic density, protected areas, type of coastal ecosystem, geology of the beaches, or fishery activity (Schlining et al., 2013; Bo et al., 2014; Angilillo et al., 2015; Becherucci et al., 2017; Link et al., 2019; Richardson et al., 2019), which influence, consequently, the number of ghost fishing cases and the management measures that would be utilized to each of this cases (Gilman et al., 2016). Studying

the characteristics of these ghost gears can, in many cases, identify the source fishery, for exemplo, the mesh size, rope diameter, fishing gear shape and other (e.g., Claereboudt, 2004; Bo et al., 2014; Becherucci et al., 2017; He and Suuronen, 2018; Araya-Schmidt and Queirolo, 2019).

In Brazil, ghost fishing was increased from the beginning of the 1960s, where the fiber factories started producing polymers for application in national fishing gear (Diegues, 1983; Link et al. 2019). Link et al. (2019) gathered the main studies about ALDFG in the country. From this survey, they could observe that 32 works that studied ghost fishing or ALDFG, directly or indirectly were carried out in Brazil from 1995 to 2017, of which 17 of them were carried out in the Northeast region.

Located in northeastern Brazil, Pernambuco has the fishery activity quite diverse, for example, trawls, gill nets, pots, handline and hook, longline, harpoon, fishing rods, cast net, fishing diving, manual collection, and others (MMA, 2006; Lucena et al., 2021; Viana et al., 2021). the state is known for catching targets such as shrimp, lobster, goldfish, crab, mollusks, and others (Lessa et al., 2004; MMA, 2006, Lucena et al., 2021), and this high diversity can increase the ADLFG formation (Viana et al., 2021). Although to have many types of different fishing gears, only one work was realized focusing the ghost fishing on Fernando de Noronha, the oceanic island of Pernambuco (e.g., Santos et al., 2009). Still, no researchers are studying the ALDFG and ghost fishing on the Pernambuco coast.

Considering the scarce information about ghost fishing and ALDFG in Pernambuco, the purpose of this study was to investigate the distribution and density of ghost gears along the coast of Pernambuco, northeast of Brazil, to contribute to the development of improved management measures. We focus on identifying the main fisheries activities that generate ALDFG and document the distribution of ALDFG across different types of use and management of beaches.

2. Materials and Methods

2.1. Study site and data collection

The Pernambuco coast is 187 km long, divided into 21 cities between Goiana in the north and São José da Coroa Grande in the south (Manso et al., 2006). The region is composed of mangrove ecosystems, Atlantic Forest, sandbank, and coral and sandstone reefs that are under the influences from E-SE winds from October to March and E-NE from April to September (Araújo,

2003), inter tides variations, waves from 0.7 to 1.4 m in height, and coastal currents generally to the North (Manso et al., 2006; Mallmann & Pereira, 2014).

The Marine Protected Areas (MPAs) are regions used according to the management objective. Currently, seven categories of MPAs are recognized by international policies, for example, Ia Strict Nature Reserve; Ib Wilderness Area; II National Park; III Natural Monument or Feature; IV Habitat/Species Management Area; V Protected Landscape/Seascape; VI Protected area with sustainable use of natural resources (Day et al. 2014).

All MPAs studied in the current work are from category VI, according to the IUCN. Nonetheless, the Chico Mendes Institute for Biodiversity and Conservation (ICMBio), responsible for the protected areas in Brazil, expanded these classes to two groups and twelve categories, seeking to contemplate the greatest types of different management measures (available in [icmbio.gov.br/portal/conservation units/categories](http://icmbio.gov.br/portal/conservation%20units/categories)). Between then, the ExRes = extractive reserve; EPA = environmental protected area, and MNP = municipal natural park. These MPAs have different management measures but intending to protect marine areas with sustainable use of natural resources as proposed in category VI.

The collections were carried out on the beaches of 3 coastal cities in Pernambuco: Tamandaré, on the south coast, where the distribution and frequency of ALDFG were observed on Tamandaré beach, a high touristic area, and in the CEPENE Bay, located within the Environmental Protected Area Costa dos Corais (APACC). On the north coast, Itamaracá Island (Pilar and Jaguaribe beaches) and Goiana (Carne de vaca and Ponta de Pedras beaches) were studied. These cities are responsible for a considerable fishery production to Pernambuco; also, the RESEX Acaú-Goiana, a protected area with managed fishery removals, located in Goiana. Six beaches were selected (two beaches in each city) in order to have the most diverse types of marine protected areas (MPAs), fishery activities, and demographic density indexes, furthermore the presence or absence of fisher's associations (Colônia de Pesca), and tourism (Table 1). In addition, the presence or absence of a river delta close to the beach was considered in the event it may contribute to the distribution of ALDFG.

The samples were carried out in the summer, between September/2019 and February/2020, to avoid potential rainfall influence. Also, the period of full and new moons was not considered in the sample to prevent big tides, which can carry waste to the ocean.

Table 1: Tourism, fishery, and administrative areas in each beach studied.

City	Beach	MPAs*	Fisher's associations **	Demographic density (r/km ²)	Hotelry ***
Goiana	Carne de Vaca	ER	Z-14	0 - 19.9	No
	Ponta de Pedras	EPA	Z-03	4.9 - 70.9	Yes
Itamaracá	Juaribe	EPA	---	5.7 - 13.8	No
	Pilar	EPA	Z-11	5.7 - 37.1	Yes
Tamandaré	Tamandaré	EPA	Z-05	0.4 - 8.7	Yes
	APACC	EPA/MNP	---	2.1 - 8.7	No

Obs.: r/km² = residents per square kilometer (dependent on the total area of each city); ExRes = extractive reserve; EPA = environmental protected area; MNP= municipal natural park.

*Font: Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio/MMA) and State Environmental Agency of Pernambuco (CPRH)

**Font: Development and society research group (GPDESOUFRPE)

***Font: Carvalho (2009)

The method utilized was an adaptation of Chaves and Robert (2009), where the sampling effort was the walking time, in order to simulate a tourist/local individual walking along the beach. Two researchers walked 1 hour, collecting all fragments or full ALDFG found within the supratidal area; according to Chaves and Robert (2009), most items are found in the superior limit of the beach). The specific location of each item was registered through the android system and google maps on the maximum precision (20 meters according to google support) and registered in a database. After the fieldwork, the type of fishing gear was categorized, and the weight of each item was obtained; also, essential characteristics that can indicate the use of this fishing gear was obtained, such as the diameter of ropes and distance between knots and seams of nets and plastic flat netting, respectively, for later analysis.

2.2. Mapping

The geographic coordinates of all ALDFG items were recorded in degrees, minutes, and seconds and then transformed to UTM coordinates through the TCGeo Program (version 6.2) after they were inserted at the QGIS program (version 3.18.1), where all project was configured to a coordinate system SIRGAS2000/UTM 25S. The points obtained were plotted in relation to the demographic density, reefs, type of marine protected areas (MPAs), and rivers. The demographic density was calculated according to the population census of 2010 through the formula r/km², in which r = resident number and km² = city area. Shape files utilized in this analysis were obtained through the Brazilian Navy, ICMBio/MMA, Forest-gis.com, and Brazilian Institute of Geography

and Statistics (IBGE) websites. In addition, we utilized the 2010 census of demographic density metadata also obtained on the IBGE website.

2.3. Data analysis

To verify if the absolute frequency of ALDFG between the cities and their beaches was significantly different (alternative hypothesis = H_1), we utilized a proportion study (realized through the division of absolute frequency of each beach studied per total number). To examine differences in these frequencies, we utilized the Qui-Square test (χ^2), using the formula $\chi^2 = \sum_{i=1}^n (o - e)^2/e$, in which o = observed frequency and e = expected frequency to observe if there is ($\chi^2_c > \chi^2_t$) or no ($\chi^2_c < \chi^2_t$) statistical evidence to accept H_1 , in which χ^2_c = Qui-square calculated value and χ^2_t = Qui-square tabled value ($\alpha = 0.05$).

The kind of ALDFG (Fig. 1) and their frequencies were analyzed separately in a hierarchical tree analysis (adapted from Santos et al., 2020). For this analysis, we used conditional probability (CP) to observe the chance of the studied objects (j) occur according to each topic of the superior hierarchical attribute (B), considering that B happened. Also, we did the marginal probability (MP) to observe the chance of j occur according to other objects categories of the same hierarchical attribute (Z). These probabilities were calculated as: $CP_{B,j} = P(N_{B,j}|N_{Bh}) = N_{B,j} \cdot N_{Bh}^{-1}$ and $MP_{Z,j} = P(N_{Z,j}) = N_{Z,j} \cdot N_Z^{-1}$, respectively, in which N = absolute frequency. One thousand artificial trees were estimated through the double bootstrap technique correlated to probabilities of CP and MP to obtain the confidence interval (CI = 95%) (Santos et al., 2020), and the differences between CI ranges indicated the significant differences of ALDFG according to the local (Froese, 2006). Fishing gears with CI low limit < 0.001 in more than three beaches were excluded from the shape analysis.



Figure 9 - Examples of ALDFG found on the beaches of Pernambuco - Brazil. A - Ropes; B - Float, C - Plastic flat netting; D - Corral setnet (cut); E - Ring net, F - Net (undefined type). Source: Personal archive.

According to measurements that indicate the fishing gear's utilization, the shape analysis was done, such as line and rope diameter, anchor weight, and net mesh lateral size (a) (FAO, 1990; Gamba, 1994). The Shapiro-Wilk test was conducted to identify if the parameters had a normal distribution using the formula $W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_{(i)})^2}{(\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x})^2}$, in each x_i = ordered random sample values, a_i = constants generated from the covariance, variances, and means of the sample (size n) from a normally distributed sample, $x_{(i)}$ = the i th-smallest number in the sample, and \bar{x} = sample mean.

To test if these parameters are different between the beaches, we used the Generalized Linear Model (GLM) from an exponential family of probability distributions, linear predictor ($\eta_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik}$) and a canonical link function g to a better linearization (McCullagh and Nelder, 1983; Fox, 2008). To variables normally distributed was used the Gaussian family and the canonical link = identity (μ_i) through the formula $p(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$ in which the mean μ and the variance σ^2 have a density function. Other parameters had the most distribution concentrated to the left of the curve, to this cases we used the Gamma family and a canonical link = inverse (μ_j^{-1}) inserted in the formula $p(y) = \left(\frac{y}{\omega}\right)^{\psi-1} \times \frac{\exp\left(\frac{-y}{\omega}\right)}{\omega\Gamma(\psi)}$ for $y > 0$, in which scale parameter $\omega > 0$ and shape parameter $\psi > 0$. All analysis and plots were conducted using the packages data.tree (Glur, 2020); Stats (R core team, 2021) and ggplot2 (Wickham, 2016) on the software R Studio version 1.1.456 (R core team, 2021).

3. Results

A total of 2,756 fragments and full ghost gears were collected and a total of 60.39 kg, among them (Absolute frequency (n)) anchors (2), bait bags (2), ropes (2,407), corral setnets (12), floats (87), line and hook (1), plastic flat nettings (PFN) (162), traps (3) and trap entrance (1). Most of the items were found in Itamaracá Island (50.1%), followed by Goiana (34.0%) and Tamandaré (15.9%). On Itamaracá Island, Pilar beach had significantly more items than Jaguaribe beach ($p < 0.05$). The same case happened to Tamandaré city, where the abundance of ghost gear items inside APACC was significantly more than outside the protected area (Tamandaré beach) ($p < 0.05$). In Goiana, there was no significant difference between the beaches ($p > 0.05$). The probability way formed for the arrow on the hierarchical tree for all sites showed that the ropes were the most significant ALDFG found, also, nets and plastic flat netting, despite less abundance than the ropes, showed significant differences compared to other types of ALDFG collected ($CI > 0.001$) (Fig. 1).

Both ropes, nets, and plastic flat netting did not show a significant difference between the beaches according to the CI range ($p > 0.001$), indicating a high probability to collect a large number of these types of items on all beaches studied. When compared to all ALDFG collected in the four beaches, the ropes had the highest proportion, varying from 12.4 to 27.9, while nets (0.4 – 1.3) and PFN (0.8 – 1.2), although significantly different compared to other kinds of ALDFG, had a small and similar abundance (Fig. 2).

The collected ropes (mean (min-max)) had 3 mm (1 – 15 mm) diameter; 250 mm (2 – 13,690 mm) of total length, and 2.02 g (0.07 – 41,000 g) of total weight. Although a significant difference in rope diameter was detected between the beaches ($p < 0.001$), graphically, all the beaches showed to be a similar proportion of ropes according to the diameter (Fig. 3).

The nets had mean of 3.3 cm (0.7 – 9 cm) of the distance between nodes (a), consequently 6.6 (1.4 – 18 cm) of the stretched-out mesh size, and the total number of mesh varied between 73 and 16,720 with a mean = 4779. APACC beach was significantly different from the other beaches ($p = 0.0133$). It could happen because of the low frequency and the mean outside the normality (“a” more prominent than the total average (Fig. 3).

The plastic flat netting had the distance between seams (a) varying between 1 and 5 cm with a mean = 2 cm, and the total number of mesh (mean (min-max)) of 175 (5 – 825). In this case, we observe that plastic flat netting on fishery activity of Pernambuco is used to construct traps and pots. Just the distance between seams is important once it controls the capture size of fish and crustaceans. At the same time, the quantity of mesh does not have a direct capture function, such as observed none gillnets, for example, in this way utilized only to form the wall of the equipment. APACC, Jaguaribe, and Pilar beaches showed statistical differences compared to total beaches ($p = 2.0 \times 10^{-16}$; $p = 3.7 \times 10^{-5}$; $p = 0.04$ respectively). It probably happens because APACC had a smaller mesh size than the total average, while both Itamaraca’s beaches have a big mesh size, and this difference is directly correlated to the group of animals or species focused on the fishery (Fig. 3).

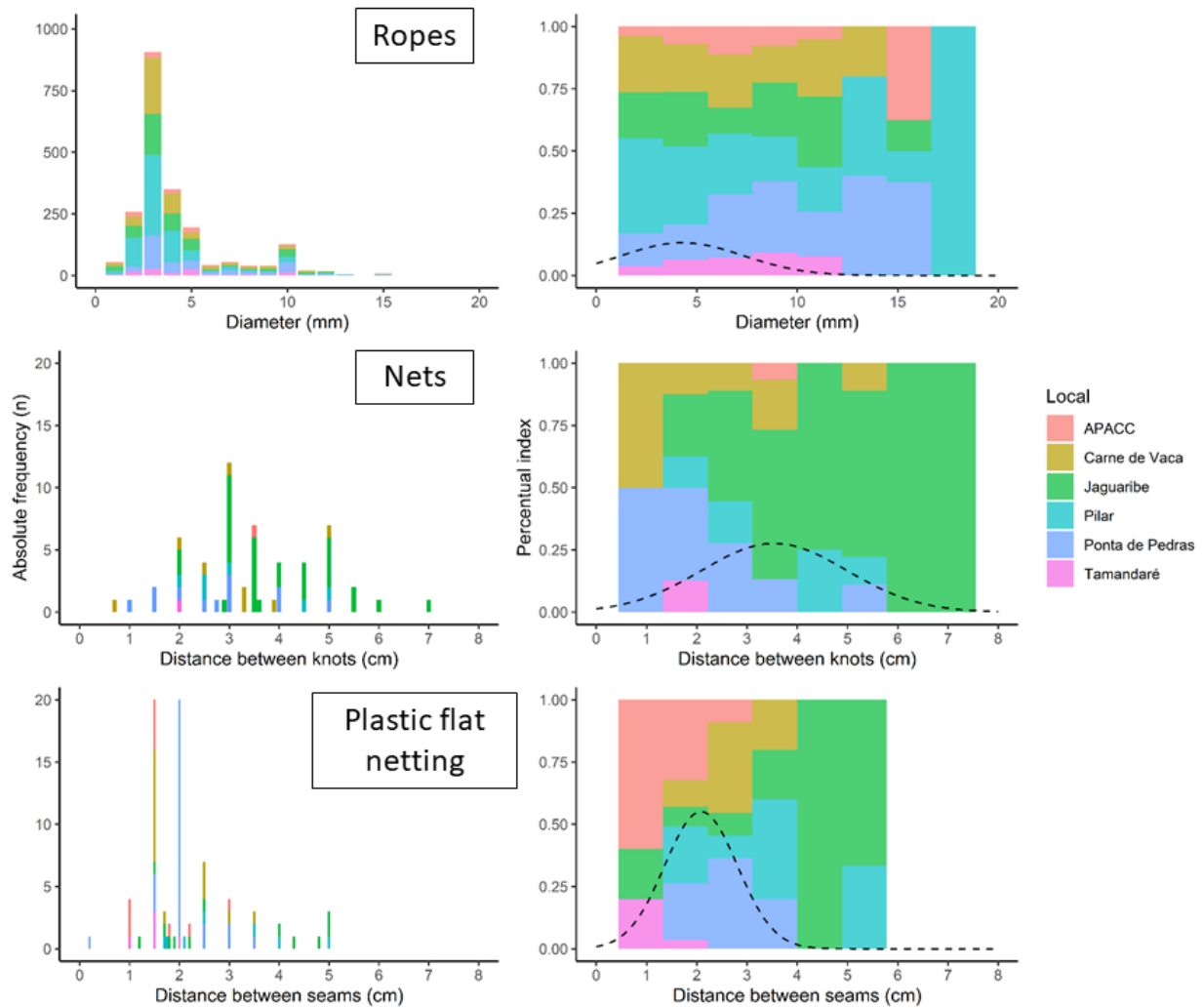


Figure 11: Absolute frequency and percentage index according to the diameter of the ropes (A), the distance between nodes on nets (B), and distance between seams on plastic flat nets (C), collected from September/2019 to February/2020 on the coast of Pernambuco – Brazil.

The distribution of ghost gear items was examined in relation to the protected area present (Fig. 3). Our results showed that both the frequency and the distribution of ALDFG in APACC and Tamandaré beaches were similar between themselves, but significantly lower compared to the Pilar, Jaguaribe, and Ponta de Pedras, which are considered important areas to the fishery production on the state, also under the influence of an Environmental Protected Area (EPA). Furthermore, different distributions were observed between Jaguaribe and Pilar, beaches located in the same city and under the EPA Santa Cruz management, which indicates that the type of protected areas employed does not influence in the resulting distribution of ALDFG. Also, it is noteworthy that the Goiana's beaches, in which Carne de Vaca is under an Extractivist Reserve (ER) System but had the same characteristic as Jaguaribe (under an EPA management).

. We observed that beaches with higher population density and hotel economy on the north coast of Pernambuco (Pilar and Ponta de Pedras) had some specific locations of ALDFG accumulation in limited areas, coincident with fisher's associations. The two beaches on the south coast presented similar characteristics: demographic density and same MPAs management measures. However, despite the fisher's association presence on Tamandaré beach, we did not identify fishing gear repair regions, even though similar ALDFG accumulation points were observed in both beaches. Perhaps these ghost gear items arrive through the currents and tides. Also, we observed that the accumulation points happened in front of areas with fewer reef ecosystems, indicating that the reefs work as a filter of ALDFG, suffering a negative environmental impact (Fig. 4).

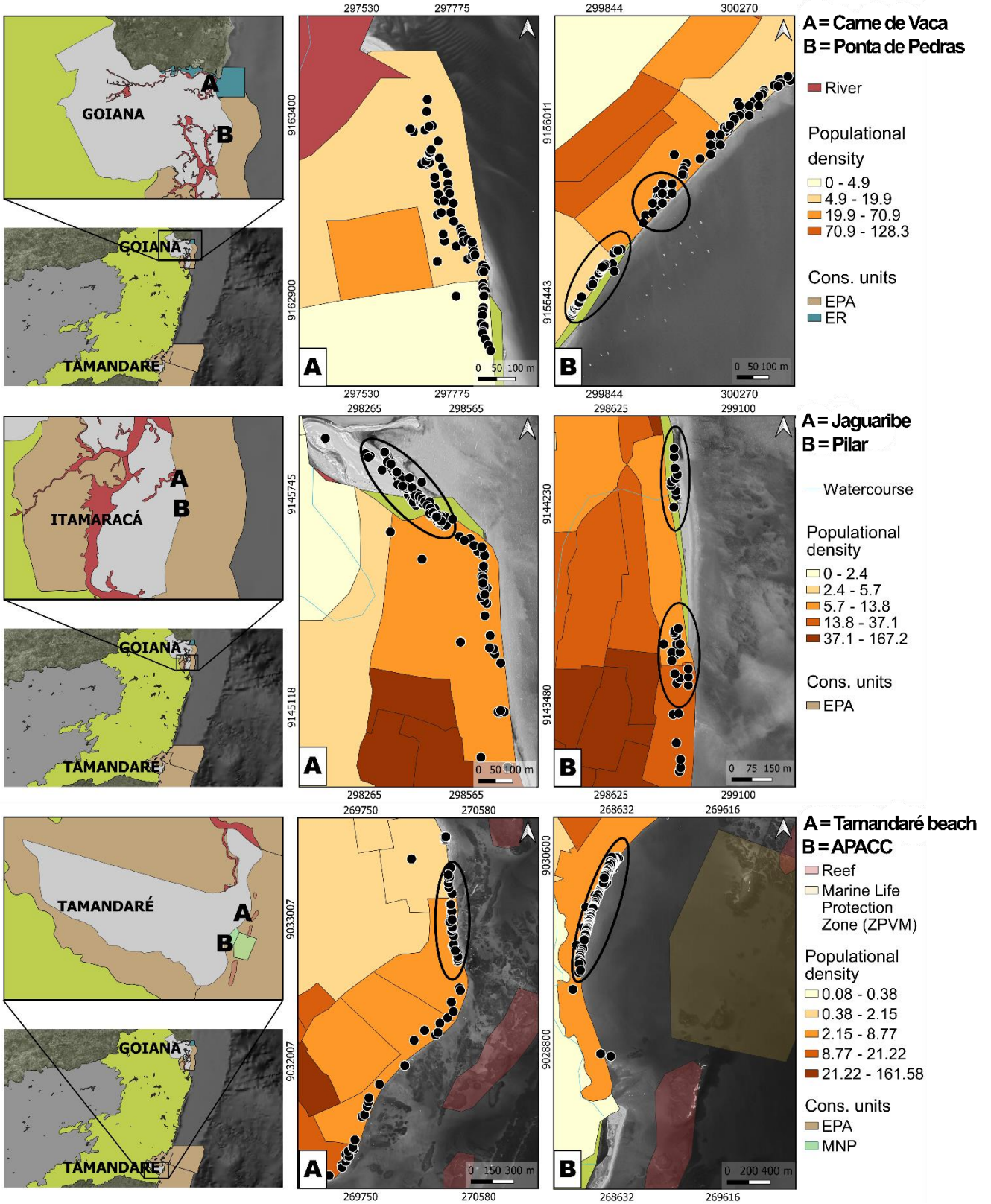


Figure 12: Distribution of ALDFG on the northern and southern coast of Pernambuco, Brazil. EPA = Environmental Protected Areas; ER = Extractives Reserve; MNP = Municipal Natural Park.

4. Discussion

The frequency of ALDFG was significantly different between the north and south coast of Pernambuco, with most fishing gear being lost, discarded, or abandoned on the north coast. The north coast has higher fishery productivity than the mean, indicating a high fishery effort, resulting in elevated ALDFG in the region (Quinamo, 2006; Lucena et al., 2013; Oliveira and Andrade, 2018). The greatest percentage of items was found on Pilar beach, which can be explained by fisher's association activities, including storing and repairing fishing gear, fish marketing, and mooring of vessels. Although the differences, these results indicate that most marine pollution by fishery activity on both the north and south coast of Pernambuco is caused by abandoned, lost, or discarded ropes

Pernambuco has registered 28 different types of fishing gears utilized for the artisanal fishery (small scale), including gillnets, line and hook, beach trawl net, corral, and traps. These gears are operated by small and medium-sized motored vessels that have a low sophisticated fishery technology (Lessa et al. 2006, 2009; Oliveira and Andrade, 2018, Lucena et al., 2021) - characteristics that can increase the ALDFG formation if not properly used (Richardson et al., 2018). According to the results, the number of nets, ropes, and plastic flat netting were significantly larger than other types of items in all areas. These are utilized to construct the main fisheries equipment of the state (Lessa et al. 2006, 2009; Silva, 2010; Lucena et al., 2013; Oliveira and Andrade, 2018, Lucena et al., 2021), indicating that all types of fishing need management measures to reduce the impacts of ghost fishing in Pernambuco.

The proportion of rope diameter was similar between the beaches on the north and different when compared with south beaches. We attribute this to the types of preferred gears in the different regions. Both Itamaracá and Goiana have corral as one of the main activities, and the corral setnets are constructed with these materials, while in Tamandaré, gillnet, trawl nets, and line and hook are more prevalent (Oliveira and Andrade, 2018, REVIZEE, 2009; Lucena et al., 2021). According to the FAO (1990) and Gamba (1994), lower rope diameter indicates that these materials are mainly used in flexible fishing gear, while larger rope diameters are used for functions involving greater force, such as the mooring of vessels. The ropes observed in the present study were small and flexible, indicating their use in net constructions. In this case, biodegradable ropes could be used in nets and setnets on all coasts of Pernambuco to reduce the time of marine pollution and ghost fishing.

Chaves and Robert (2009) carried out surveys from the north coast of Santa Catarina to the south coast of Paraná, observing a great variety in the size of the meshes (5 - 18 cm). These results are different than the present study in Pernambuco, where the range was from 1 to 7 cm, emphasizing the difference in the focus of fishing between these states. Chaves and Silveira (2016) also had the support of fishermen, who stated that the loss of buoys influences both the economy and the environment and reported some main factors that cause losses: longitudinal cuts for the nets to sink further, side cuts to allow the insertion and removal of the nets, as well as clashes between different fishing gear used at the same time. Although a non-significant number of floats on the Pernambuco coast, the buoys found in Jaguaribe show these same characteristics, cut off the nets, and discarded.

The mesh size (stretched out mesh size = $2a$ in centimeters) equivalent to the mesh side (a) in the present work could be used in all studied cities on pelagic and demersal fish fishing, such as *Elagatis bipinnulatus* (Quoy e Gaimard, 1824) (2.2-2.5 cm), *Opisthonema oglinum* (Lê Sueur, 1818) (3-4,3 cm), *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) (4.5-6 cm), *Sarda sarda* (Bloch, 1793) ($a=$ 5-7.5 cm), *Clupea* spp. (5-6 cm) and *Engraulis* spp. (2.8 cm), Polynemidae, *Bagres* spp., and roncadores fishes (5-7.5 cm). Only Jaguaribe focused on big fishes' species among the beaches, such as sharks (17-25 cm) and *Trichiurus* spp. (12 – 16 cm) (FAO, 1990; REVIZEE, 2009; Lucena et al., 2021). Due to the great variety of fishing activity and species focus, management measures and new fishery technology to avoid the ALDFG formation on the Pernambuco coast should be general to all kinds of nets, such as the application of biodegradable twines, new designs of fishing gears and collapsible traps, reducing ghost fishing impact several faunistic groups (Gilman et al., 2016; Choe et al., 2018; Megwalu et al., 2018).

Furthermore, according to FAO (1990), walls of the traps formed per diamond mesh shape and mesh size varying between 1.5 and 2 cm are usually used to catch reef fish. These traps are circular or square with lateral entrances and vary from 500 to 2000 cm³ of volume. This characteristic is similar to traps and plastic flat netting found in the present work. Therefore, walls of the traps could be constructed with biodegradable twines to reduce the ghost fishing impact per trap to reef fish in Pernambuco. In addition, technologically advanced trap designs (e.g., collapsible traps) with entrances built for certain fish body shapes (round, flat, tall) and behavior of capture (e.g., rising behavior of the Atlantic cod) could limit the diversity that could be affected

by ghost fishing (Kalaiarasan et al., 2015; Kim et al., 2016; Meintzer et al., 2018; Araya-Schmidt and Quirolo, 2019; Prajith and Remesan, 2019).

According to Araujo and Costa (2006), the local administration of Tamandaré contract a cleaning service to conduct beach cleaning every day during the high periods of tourism, between November and March, and three times per week in the rest of the year, reducing the occurrence of solid waste during peak tourism seasons. Also, there are reefs in the region parallel to the coastal zone that limit the water circulation. The low frequency of ALDFG found in this study in Tamandaré may be attributed to that fact that our surveys were carried out during the summer period, with a high tourism activity, coincident with elevated beach cleaning. We also speculate that the reef ecosystems of this area can work as a filter to the ALDFG, as accumulation points were observed in areas without reefs. Although our results demonstrate that the type of MPAs does not influence the distribution of ALDFG, both human activities (demographic density, tourism, and presence of fisher's associations) and environmental characteristics (estuaries, river, and reefs systems) can be important determinants.

Fishery activity (artisanal and recreational) is known to increase on the weekends which can elevate the number of ALDFG on the beaches (Cunha et al., 2014). On the north coast, although our data collection occurred during summer, we observed a high frequency of ALDFG and accumulation points of items in regions with more tourists, with the presence of fisher's association, and large demographic density, it can indicate that periods with increased population numbers on Itamaracá Island (carnival for example) can increase the frequency of solid waste, an inverse effect to the found by Araujo and Costa (2006) on the south coast. We speculate that the concentration points of ALDFG items is probably associated with areas for fishing gear repair by the artisanal fleet which does not have satisfactory means to discard their trash. Possibly installing trash bins in strategic locations and times could be effective at reducing the frequency of ALDFG on beaches. In addition, the city administration should improve beach cleaning efforts and promote environmental volunteerism by tourists and local people. On the other hand, beaches without high demographic density, tourism, and fisher's association showed a random distribution, perhaps caused by environmental variables, such as wind and currents generated by rivers in Carne de Vaca and Jaguaribe.

Previously published research has shown that the frequency of solid waste on beaches increases during the rainy season (tropical winter) compared to the dry season (tropical summer)

(Araujo and Costa, 2006; Silva-Cavalcante et al., 2013). We speculate that similar pattern should happen to the ALDFG and ghost fishing, but the rainfall was not analyzed in the present study.

5. Conclusion

The frequency of Abandoned, Lost, or Discarded Fishing Gear (ALDFG) in Pernambuco revealed a high abundance of these items on the north coast, possibly because this region has an important fishery resource production, and consequently a strong fishery effort. In contrast, on the south coast, the number of ALDFG was significantly less, perhaps caused by a more efficient beach cleaning during the summer season due to the tourism activity at that time. These results demonstrate that both tourism and fishing could be an excellent use of beaches in Pernambuco, both to increase the economy of tourism and reduce the marine pollution caused by the fishery. However, encourage tourism can enlarge the pollution per plastic and other human residuals on the beach.

There are many types of fishery styles in Pernambuco, and it is difficult to develop management measures focused on fishing gear such as size mesh delimitation and limits of space and submerged time. However, new fishery technologies could be applied to reduce ghost fishing in all activities, such as using biodegradables ropes on nets and traps (e.g., Araya-Schmidt et al. 2019), the development of collapsible traps (e.g., Meintzer et al. 2018), and improvements on the nets to permit the escape after the loss.

Our results showed that the distribution of ALDFG was independent of the MPA category. Perhaps this happened because all MPAs studied were of the category Protected area with sustainable use of natural resources (category VI), in this case, a new study should be realized to analyze the difference of the ALDFG between a category VI, where the fishery is allowed, and a Strict Nature Reserve (category Ia), where the fishing practice is prohibited. In areas with accumulation points, the government should install trash bins specifically for fishery waste, improve the beach cleaning in regions with a low demographic density and start environmental education work in associations of fishermen and tourists. In the south, the lack of accumulation points near reefs could indicate a serious potential environmental impact, with reefs functioning as collectors, preventing ALDFG items from reaching the beaches.

The results obtained in the present work were important to identify the main challenges, besides proposing solutions to reduce the ALDFG and ghost fishing according to the management

measures and uses of the beach already existent on the Pernambuco coast. Although Article 7 (Fisheries Management) of the UN Code of Conduct for Responsible Fishing to be an important tool to the management of fisheries worldwide, little is known about the marine human impacts, including fishery pollution, that despite the information available, they have not yet been evaluated in a systematic way (Kalikoski et al., 2006). Using these results as a starting point and searching to contribute with the Article 7 of the UN Code of Conduct for Responsible Fishing, we suggest that new studies should be performed to quantify and describe the problem of ghost fishing on reef ecosystems underwater, identify the differences of ALDFG between MPAs categories, since they have different types of management measures, in addition increase the environmental education about the marine pollution in the artisanal and recreational fishermen and tourists.

We also suggest that IUCN broaden the types of classes of MPAs, categorizing the protected areas according to specific management measures, similar to ICMBio, through the studies of the environment, traditional populations, conservation level existent, and others. This new configuration could be presented in new categories or subcategories, contemplating the most diverse protected areas around the world.

6. Acknowledgment

We want to thank the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), the National Center for Research and Conservation of Northeast Marine Biodiversity - CEPENE, the Fisheries Engineering Base UFRPE, and the Fisheries and Marine Institute of Memorial University (MI-MUN) for logistical and scientific assistance.

7. Funding sources

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

8. References

- Adelir-Alves, J. Pesca fantasma em recifes rochosos no estado de Santa Catarina: causas, ocorrência e impactos (Graduate Program in Ecology of Tropical Aquatic Systems thesis). State University of Santa Cruz, Ilhéus, BA. 2013.
- Angiolillo, M., Lorenzo, B., Farcomeni, Al., Bo, Marzia. Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau., A., Mastascusa, V., Cau, A., Sacco, F., Canese, S. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, v. 92, pp. 149–159. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.044>

- Araújo, M.C.B. Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e consequências (dissertação). Graduate in Oceanography of the Federal University of Pernambuco, Recife, PE. 2003.
- Araújo, M.C.B., Costa, M.F. Municipal services on tourist beaches: costs and benefits of solid waste collection. *Journal of Coastal Research*. v. 22, pp. 1070–1075. 2006. ISSN 0749-0208
- Araya-Schmidt, T., Queirolo, A. Breaking strength evaluation of biodegradable twines to reduce ghost fishing in the pot and trap fisheries of Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 47, pp. 201-205. 2019. DOI: 10.3856/vol47-issue1-fulltext-24
- Avery-Gomm, S., Walker, T.R., Mallory, M.L., Provencherm J.F. There is nothing convenient about plastic pollution. Rejoinder to Stafford and Jones “Viewpoint – ocean plastic pollution: a convenient but distracting truth? *Mar. Policy*. v. 106, Issue 103552. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103552>
- Becherucci, M.E., Rosenthal, A.F., Pon, J.O.S. Marine debris in beaches of the Southwestern Atlantic: An assessment of their abundance and mass at different spatial scales in northern coastal Argentina. *Marine Pollution Bulletin*. v. 119, pp. 299–306. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.030>
- Beek I.J.M. Lobster trap detection at the Saba Bank. Den Helder: IMARES. pp. 35. 2012. (Report / IMARES Wageningen UR; C091/12).
- Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., Bavestrello, G. Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*. V. 171, pp. 167-176. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.011>
- Brown, J., Macfadyen, G. Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. *Marine Policy*. 31(4), 488 – 504, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2006.10.007>
- Carvalho, A.G. Turismo e Produção do Espaço no Litoral de pernambuco (Master’s degree thesis). Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 2009.
- Chaves, P.T., Robert, M.C. Extravio de petrechos e condições para ocorrência de pescafantasma no litoral norte de santa catarina e sul do paraná. *B. Inst. Pesca, São Paulo*. v. 35, pp. 513 - 519, 2009.
- Chavez, P.T., Silveira, B.E. Artisanal fishing net float loss and a proposal for a float design solution. *Brazilian Journal of Oceanography*. v. 64, pp. 89-94. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016114306401>
- Choe, M., Lee, K., Lee, J. Underwater Localization and Communications for Abandoned, Lost and Discarded Fishing Gears (ALDFG) Monitoring based on ICT. *IJEIT*. v. 7, Issue 12. 2018. ISSN: 2277-3754.
- Claereboudt, M.R. Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*. v. 49, pp. 770–777. 2004. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2004.06.004>

- Criddle, K.R., Amos, A.F., Carroll, P., Coe, J.M., Donohue, M.J., Harris, J.H., Kin, K., Macdonald, A., Metcalf, K., Rieser, A. Tackling marine debris in the 21st century. Washington DC: The National Academies Press. 2009.
- Cunha, D.M.A., Cunha, A.G., Mota-Sobrinho, M.A., Danielski, L., Calado, S.C. Solid waste and contaminating agents on the northern coastal beaches of Pernambuco. *Tropical Oceanography*. v. 42, pp. 177-186. 2014. doi.: 10.5914/1679-3013.2014.0110
- FAO, 1990. Guia Prático do Pescador. Editamar, Edições Marítimas, Lda., ISBN 972-95458-0-4, 195p.
- Gamba, M.R. 1994. Guia prático de tecnologia de pesca, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal – MMA, CEPSUL, p. 26 à 47.
- Gibbs, B.R. Monitoring the potential fish aggregating device effect of the ocean cleanup's barrier in the great pacific garbage patch (master's thesis submitted to the Faculty of the University of Miami). Florida, USA. 2019. Available in https://scholarlyrepository.miami.edu/oa_theses/789
- Gilman, E., Chopin, F., Suuronen, P., Kuemlangan, B. Abandoned, lost and discarded gillnets and trammel nets Methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management. FAO. Rome. 2016. ISSN 2070-7010.
- Glur, C. data.tree: General Purpose Hierarchical Data Structure. R package version Version 1.1.456 2021. <https://CRAN.R-project.org/package=data.tree>
- He, P., Suuronen, P. Technologies for the marking of fishing gear to identify gear components entangled on marine animals and to reduce abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. *Marine Pollution Bulletin*. v. 129, pp. 253-261, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.033>
- Kalaiarasan, M., Neethiselvanm N., Sundaramoorthy, B., Shanmugam, S.A., Rayan, X.P. Modified Norwegian trap for marine ornamental and food fishes off south-east coast of India. *Fishery Technology*. v. 52, pp. 71 – 79. 2015.
- Kim, S., Kim, P., Lim, J., An, H., Suuronen, P. Use of biodegradable driftnets to prevent ghost fishing: physical properties and fishing performance for yellow croaker. *Animal Conservation*. v. 19, Issue 4. 2016. <https://doi.org/10.1111/acv.12256>
- Laist, D. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records, Springer-V. ed, In: Coe, J.M. & D.B. Rogers (Eds.): *Marine Debris - Sources, Impacts, and Solutions*. New York. 1997. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_10
- Lessa, R., Vieira, A.C.S, Monteiro, A., Santos, J.S., Lima, M.M., Cunha E.J., Souza-Junior, J.C.A., Bezerra, S., Travassos, P.E.P.F., Oliveira, B.A.B.R. 2004. Diagnóstico da Pesca no Litoral do Estado de Pernambuco. In *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: Recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. Editora Universitária UFPA. 2006. ISBN: 85 - 247 - 0345 – 8

- Lessa, R.P., Monteiro, A., Duarte-Neto, P.J., Vieira, A.C. Multidimensional analysis of fishery production systems in the state of Pernambuco, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 25, pp. 256–268. 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01264.x>
- Link, J., Segal, B., Casarini, L.M. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear in Brazil: A review. *Perspectives in Ecology and Conservation*. v. 17(1), pp. 1-8. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.12.003>
- Lucena, F.P., Cabral, E., Santos, M.C.F, Oliveira, V.S., Bezerra, T.R.Q. A pesca de currais para peixes no litoral de pernambuco. *Bol. Téc. Cient.* v. 19, n. 1, p. 93-102, 2013.
- Macfadyen, G., Huntington, T., Cappell, R. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. ISSN 2070-7010, 523, 2009.
- Mallmann, D.L.B., Pereira, P.S. Coastal Erosion at Maria Farinha Beach, Pernambuco, Brazil: Possible Causes and Alternatives for Shoreline Protection. *Journal of Coastal Research*. v. 71, pp. 24-29. 2014. <https://doi.org/10.2112/SI71-003.1>
- Manso V.A.V., Coutinho P.N., Guerra N.C., Soares J.R. Erosão e progradação do litoral brasileiro. *Ministério do Meio Ambiente Brasília In: Pernambuco*. Muehe D. (ed.). pp. 179-196. 2009.
- Megwalu, F.O., Asare, O.E., Tchoundi, A., Rahman, M.A. Environmentally friendly fishing technologies: An adaptation tactic to climate change to the inland fisheries of developing countries. *Australian Journal of Science and Technology*. v. 2(3), pp. 143-149. 2018. ISSN: 2208-6404
- Meintzer, P. Walsh, P. Favaro, B. Comparing catch efficiency of five models of pot for use in a Newfoundland and Labrador cod fishery. *PLoS ONE*. v. 13, Issue e0199702. 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199702>
- Oliveira, S.A., Andrade, L.H.A. Análise da evolução do setor pesqueiro de pernambuco. *Labomar – Arquivos de Ciências do Mar*. v. 51(2). 2018. <https://doi.org/10.32360/acmar.v51i2.31362>
- Prajith, K.K., Remesan, M.P. Design, construction and operation of fishing pots and traps. *ICAR-CIFT, Kochi*, 2019.
- Quinamo, T.D.S. Pesca artesanal e meio ambiente em áreas de manguezais no complexo estuarino-costeiro delTamaracá, Pernambuco: O caso de Itapissuma [Artisanal Fishing and Environment in Mangrove Areas in the estuary coast complex of Itamaracá, Pernambuco: the case of Itapissuma] (Master's dissertation)(pp. 1–221). *Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e MeioAmbiente): Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa*.
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 1.1.456. 2021. <https://www.R-project.org/>
- Richardson, K., Gunn, R., Wilcox, C., Hardesty, B.D. Understanding causes of gear loss provides a sound basis for fisheries management. *Marine Policy*. 96: 278-284. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.021>
- Richardson, K., Asmutis-Silvia, R., Drinkwin, J., Gilardi, K.V.K., Giskes, I., Jones, G., O'Brien, K., Pragnell-Raasch, H., Ludwig, L., Antonelis, K., Barco, S., Henry, A., Knowlton,

- A., Landry, S., Mattila, D., MacDonald, K., Moore, M., Morgan, J., Robbins, J., Van der Hoop, J., Hogan, E. Building evidence around ghost gear: global trends and analysis for sustainable solutions at scale. *Marine Pollution Bulletin*. v. 138, pp. 222–229. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.031>
- Santos, J., Herrmann, B., Stepputtis, D., Kraak, S.B.M., Gökçe, G., Mieske, B. Quantifying the performance of selective devices by combining analysis of catch data and fish behaviour observations: methodology and case study on a flatfish excluder. *ICES Journal of Marine Science*. v. 77, pp. 2840-2856. 2020. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa155>
- Schlining, K., von Thun, S., Kuhnz, L., Schlining, B., Lundsten, L., Stout, N.J., Chaney, L., Connor, J. Debris in the deep: Using a 22-year video annotation database to survey marine litter in Monterey Canyon, central California, USA. *Deep Sea Research*, v. 79, pp. 96-105. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2013.05.006>
- Sheavly, S.B., Register, K.M., Marine debris & plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment*. v. 15, pp. 301–305, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3>
- Silva-Cavalcanti, J.S., Araújo, M.C.B., Costa, M. Medium-term patterns and trends of solid waste contamination on the beach of Boa Viagem, Northeast Brazil. *Q. Environ. Geosci.* v. 4, pp. 17–24. 2013.
- Stelfox, M., Hudgins, J., Sweet, M. A review of ghost gear entanglement amongst marine mammals, reptiles and elasmobranchs. *Marine Pollution Bulletin*. V. 111, 1-2. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.034>
- Tasker, M.L., Camphuysen, C.J., Cooper, J., Garthe, S., Montevecchi, W.A., and Blaber, S.J.M. The impacts of fishing on marine birds. *ICES Journal of Marine Science*. v. 57, pp. 531–547. 2000. doi:10.1006/jmsc.2000.0071
- Walker, T.R. Drowning in debris: solutions for a global, pervasive marine pollution problem *Marine Pollution Bulletin*. v. 126, p. 338. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.039>
- Wickham, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4. 2016. <http://ggplot2.org>. @Book{, author ..
- Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Pell, D., Hardest, B.D. Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation Biology*. v. 29(1), pp. 198–206. 2015. <https://doi.org/10.1111/cobi.12355>
- World Animal Protection. Ghosts beneath the waves 2nd Edition - Ghost gear's catastrophic impact on our oceans and the urgent action needed from industry. 2018

NOTA CIENTIFICA

ALDFG as an indicator of socio-economic impacts on the artisanal (small-scale) fishery during the SARS-CoV-2 pandemic on the north coast of Pernambuco, Brazil

Curta comunicação a ser encaminhado para *Marine Pollution Bulletin*

The first baseline of ALDFG generated by the artisanal fishery during the SARS-CoV-2 pandemic on the north coast of Pernambuco, Brazil

Sidney Andrade^{a*}, Gabriella Gomes^a, Sindy Freitas^b, Victor Dias^a, Bruno Silva^a, Danielle Viana^a, Paulo Oliveira^a, Fábio Hazin (in memorian)^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Rua D. Manuel de Medeiros, sn, Dois irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brazil.

^b Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura, s/n. Cidade Universitária, CEP 50740-550, Recife, PE, Brazil.

Corresponding author*: sidney_marcelo95@hotmail.com

Highlights

- Relationship between marine pollution and socio-economic impacts on fishery areas;
- Economic impacts caused by COVID-19 pandemic to small-scale fishery activity;
- The first study focused on ALDFG on the north coast of Pernambuco – Brazil;
- Analyze of COVID-19 pandemic as a restricted measurement to the fishery activity;
- ALDFG frequency in areas of fishery activities and protected areas.

Abstract

The prohibition of beach use to avoid contagion by COVID-19 has also contributed to a reduction of fishing. This study aimed thus to evaluate the influence of the lockdown in the incidence of ALDFG from artisanal fisheries along four beaches located on the northern coast of Pernambuco, Brazil. The absolute and relative frequency of occurrence and the number of observations per unit of effort (OPUE) between the periods before and after the prohibition period were analyzed. The Chi-square test (χ^2) was used to assess whether the differences were significant. A total of 1,935 fishing gear residues were found (63% before and 37% after prohibition). There was also a significant reduction in OPUE and in absolute frequency ($p < 0.05$) between these two periods. Although social isolation apparently has contributed to a reduction in the amount of ALDFG in the region, it does not indicate a complete pause in fishing activities.

Keywords: COVID-19, artisanal fishery, ghost fishing, fishing debris, pandemic

Ghost fishing is described as the ability of abandoned, lost, or discarded fishing gears (ALDFG) to continue catching marine animals, generating ecological, economic, or social impacts (Laist, 1997; Macfadyen *et al.*, 2009). ALDFG also contributes to approximately 10% of the marine debris volume globally, commonly found as residues from fisheries (Macfadyen *et al.*, 2009). It can be responsible for wasting fishing resources, dispersal of invasive species, interaction with endangered species, physical changes in habitats, injuries, and animal death by entanglement or ingestion. Due to its contribution to ocean pollution, ALDFG is equally harmful to humans (Macfadyen *et al.*, 2009; Gilman, 2015; Link *et al.*, 2019; FAO, 2020), also causing the death of divers, surfers, and bathers who sporadically can also get entangled.

On the northeast of Brazil, more specifically on the Pernambuco state, shrimps, lobsters, crabs, mollusks, and a high diversity of fishes' species are normally caught by trawl nets, gillnets, corral, line and hook, longlines, traps, pots, diving and other, totalizing around 18 different types of fishing gears (Lessa *et al.*, 2004; MMA, 2006; Lucena *et al.*, 2021; Viana *et al.*, 2021), and this high diversity can increase the abundance of ALDFG in the region, creating different impacts according to the ghost gear, difficulting the use of appropriate management measures to avoid this problem (Macfadyen *et al.*, 2009; Gilman *et al.*, 2016)

To mitigate ghost fishing and to avoid generating new ALDFG, Gilman *et al.* (2016) proposed remedial and preventive measures, such as input controls, including a limit on soak time and spatial and temporal restrictions on fishing. However, no measurement has ever been taken in Brazil to reduce the impact of ALDFG, an issue that has been entirely off the radar. Therefore, the SARS-CoV-2 pandemic had an immediate effect on fishing communities (*e.g.*, Bennett *et al.*, 2020; Reis-Filho & Quinto, 2020; Sunny *et al.*, 2020). According to the survey by Salas *et al.* (2011), coastal and small-scale fishers are the most vulnerable to any ecosystem change or extreme situations that may result in the suspension of their activities, given their direct dependence on fisheries resources for their subsistence.

Due to the new Coronavirus pandemic (SARS-CoV-2) (Phan, 2020), however, it was necessary to adopt the drastic measure of social isolation to control the spread of the disease, enforced by the State decree n° 48.832, of March 19, 2020, which prohibited activities of any nature on the beaches of Pernambuco, northeast coast of Brazil, including fishing. Therefore, the objective of this study was to evaluate, quantitatively, the influence of the social isolation period, or lockdown, on the

incidence of ALDFG and, indirectly, on the artisanal fishing activities in two areas of the northern coast of Pernambuco, Brazil.

The surveys were done in August and October 2019 and 2020, on the northern coast of Pernambuco, which accounts for a significant proportion of the state's fishery production, besides receiving the discharge of various rivers and the presence of protected areas (Terrestrial and Marine Protected Areas (MPAs)). Three fisher's associations (Colônia de Pesca) are also present in this region, including the Z-11, in Itamaracá Island (7°44'S 34°49'W), where the Jaguaribe river is located, as well as the Z-3 and Z-14, in Goiana (7°33'S 35°00'W), where the Goiana river is located.

The survey effort utilized was standardized as two researchers per scrolled hour in each beach. This measure was used for calculating the number of ALDFG observations per unit of effort (OPUE) through the formula: $OPUE = (faf/Nr)/t(h)$, where faf = absolute frequency of fragments (N); Nr = number of researchers; $t(h)$ = walking time, in hours. Every walk was done at the supratidal limit since, according to [Chaves & Robert \(2009\)](#), the highest frequency of ALDFG occurs in this region.

The OPUE was estimated for two distinct periods: before and after the period of prohibition of beach use, to allow the comparison of the incidence of ALDFG between them. The statistical significance of the differences in absolute frequency of fishing gear residues per beach was assessed by the Chi-square test (χ^2), with a significance level $\alpha = 0.05$.

During the four months of the survey, 1,935 fishing gear residues were found, with a total weight of 58.64 kg. Ropes were the most abundant ALDFGs, with 1,699 items and 37.72 kg. Several other kinds of fragments, as well as full ALDFGs, were also found, including (absolute frequency, in numbers; total weight, in kg): plastic flat netting (99; 4.24), gillnets (89; 12.57), floats (35; 0.31), corral setnets (6; 4.30), line and hook (3; 0.05), bait bags (2; 0.18), trap entrance (1; 0.02) and ring net (1; 0.24). Of all the collected materials, 63% were found in 2019, before social isolation caused by pandemic, and 37% in 2020, after the prohibition was lifted. Of the 5 types of fragments that were collected both before and after social isolation, four of them, (floats, ropes, nets, and plastic flat netting) were more common before the prohibition of beach use, while only one of them, corral setnet fragments, was found in higher numbers after the prohibition (Fig. 1). There was a significant reduction ($p < 0.0001$) in the OPUE between the periods before (609.0 items/col h⁻¹) and after prohibition (358.5 items/col h⁻¹), although a similar monthly variation was

observed in both years, with the OPUE increasing in October (Fig. 2). There was a significant reduction ($\chi^2 > 3.8$; $p < 0.05$) in the frequency of occurrence of ALDFG in both beaches, after the prohibition, as well, indicating a decrease in the formation of ALDFG and fishing gear fragments during the social isolation in all beaches (Table 1).

Table 1 - Absolute and relative frequencies for each beach studied before and after the social isolation decreed in Pernambuco, Brazil.

Beach	Abs. freq. BP	Abs. freq. AF	Rel. freq. BP	Rel. freq. PF	χ^2	p
Pilar	385	291	0.60	0.40	12.4	0.0004
Jagaribe	402	187	0.68	0.32	78.4	< 0.0001
Ponta de Pedras	246	117	0.57	0.43	14.1	0.0002
RESEX Acaú-Goiana	185	123	0.68	0.32	45.8	< 0.0001
TOTAL	1218	718	0.63	0.37	129.1	< 0.0001

Abs. freq. BP= absolute frequency before prohibition; Rel. freq. BP= relative frequency before prohibition.
 Abs. freq. PF= absolute frequency post flexibilization; Rel. freq. PF: relative frequency post flexibilization.

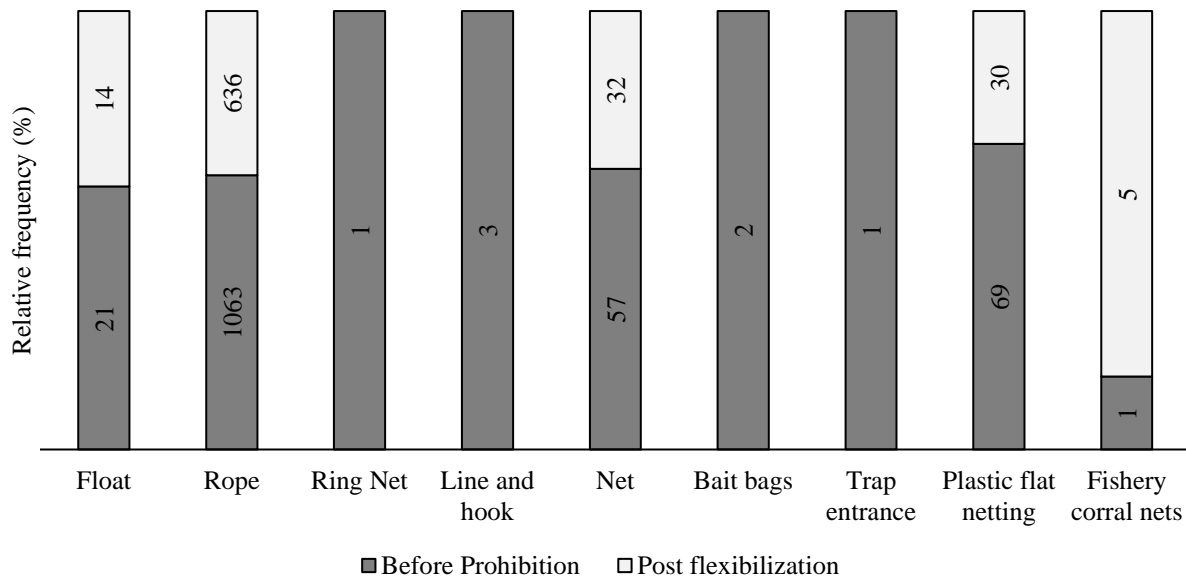


Figure 1 - Relative frequency of ALDFG observed before and after the period of prohibition of beach use in the northern coast of Pernambuco, Brazil.

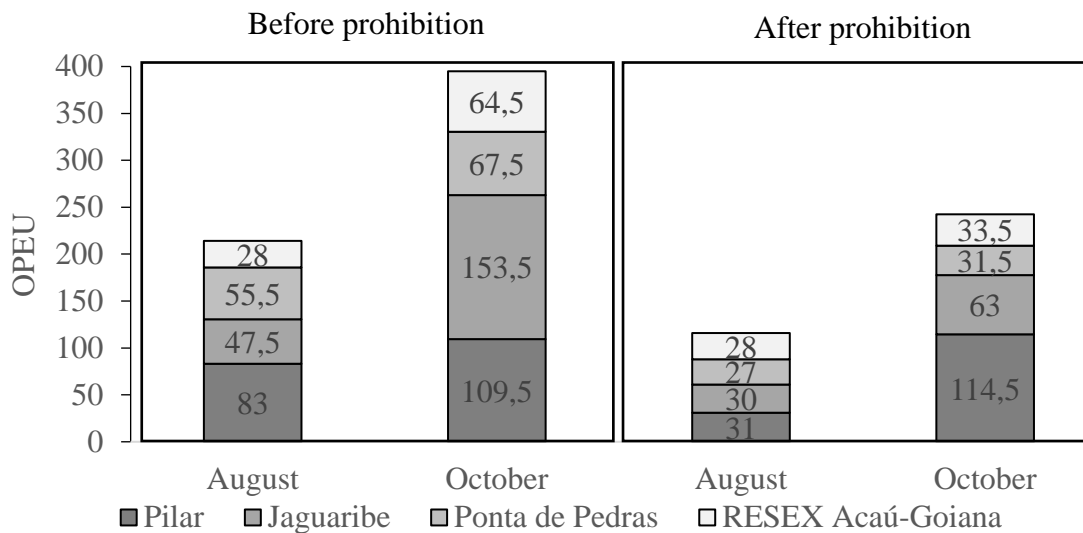


Figure 2 - Observation per unit effort (OPUE) of ALDFG before prohibition and post flexibilization of beaches uses on the north coast of Pernambuco, Brazil.

The decrease in the number and types of device fragments and ALDFG found in the present study may indicate that the artisanal fishing fleet has significantly reduced its activities on the north coast of Pernambuco, during the period of prohibition of beach use due COVID pandemic. Furthermore, the COVID 19 pandemic could increase already existent social-economic problems generated by the oil spilled on the coast of Pernambuco between 2019 and 2020, including the fishery limitation to artisanal fishing communities due the high level of marine pollution pollution (Araújo et al., 2020; Araújo et al. 2020; Disner & Torres, 2020; Magalhães et al., 2021) The main fishing gears used in this region are: trap, gillnet, and hand line and hook, accounting together for 72.2% of the landings. These fishing gears, used by artisanal fishers, with low fishing technology and small and medium-sized motorized vessels (Lessa et al. 2006), are primarily made of buoys, cables, nets, and monofilament lines, coinciding with the most common types of debris found in the present study.

Goiana and Itamaracá have many corral setnets, a structure formed by a wooden structure covered with a net panel (Lucena et al., 2013). All the corral setnet pieces found in the present study were cut and fragmented by hand and discarded on the beaches, indicating that other cable fragments found in this work may also come from this same activity, since it generates smaller multifilament cable fragments that can be spread out along the coast.

According to the Instituto Oceanário de Pernambuco (2010), about 92.5% of the fishers on the northern coast of Pernambuco depend on fishing for their livelihoods. Moreover, 84.5% of fishers

have a family income of less than two minimum wages and are heavily dependent on fishing to ensure their subsistence. Despite reducing ALDFG after social isolation, the same pattern of OPUE growth from August to October in all beaches indicates that fishing activity was not completely interrupted with the decree restricting the use of beaches but not the sea. Although the differences between the years, the Pernambucana Agency of Water and Climate (APAC) database shows that the months studied in 2020 were more dryer than in 2019. This variable could collaborate with a fewer abundance of ALDFG in 2020 because it reduces the level of the rivers in the region.

The continuity of the activity was probably intended to complement the emergency financial aid provided by the Federal Government, possibly insufficient to cover family costs and not accessible to all fishers. Similar behavior was described by [Reis-Filho & Quinto \(2020\)](#) in the state of Bahia, in which fishers maintained their regular work during the restrictions caused by the pandemic. [Sunny et al. \(2020\)](#), in turn, reported that social isolation negatively impacted all aspects of fishing activity in Bangladesh. For [Bennett et al. \(2020\)](#), the adverse effects also affected other commercial activities linked to the seafood trade, such as restaurants, markets, and hotels.

9. Conclusion

The change in abundance of fishing gear residues from ALDFG in the beaches on the northern coast of Pernambuco points to a likely significant reduction in fishing activity during the period when beach use was prohibited, probably accompanied by a similar reduction in the overall income of artisanal fishers in the region. The emergency financial support made available by the Federal Government was probably not enough to cover family expenses, besides not being accessible to all fishers, forcing them to maintain their activities during lockdown, consequently exposing themselves and their families to infection. Despite the similar monthly variation observed in both years, the continuous presence of ALDFG fragments indicate that fishing activities did not pause during the lockdown period.

10. Author's contribution

Sidney Andrade: Data Collect, data analysis, and paper writing;

Gabriella Gomes: Data Collect and methodological development;

Sindy Freitas: Data Collect and methodological development;

Victor Dias: Data analysis and paper writing;

Bruno Silva: Logistics and support

Danielle Viana: Paper writing and correction;

Paulo Oliveira: Paper correction, and financial support;

Fábio Hazin (in memorian): Supervision, Paper correction, and financial support.

11. Acknowledgement

We want to thank the Federal Rural University of Pernambuco, the National Center for Research and Conservation of Northeast Marine Biodiversity - CEPENE, and the UFRPE Fisheries Engineering Base for logistical assistance.

12. Formatting of funding sources

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

13. References

Bennett, N. J., Finkbeiner, E. M., Ban, N. C., Belhabib, D., Jupiter, S. D., Kittinger, J. N., Christie, P. (2020) - The COVID-19 pandemic, small-scale fisheries and coastal fishing communities. *Coastal Management*, 48(4), 336-347. <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1766937>.

Chaves, P.T., Robert, M.C. (2009) - Extravio de petrechos e condições para ocorrência de pesca fantasma no litoral norte de santa catarina e sul do paraná. *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 35(3): 513 – 519. Available on-line at https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/35_3_513-519.pdf

FAO (2020) - The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Gilman, E. (2015) - Status of international monitoring and management of abandoned, lost and discarded fishing gear and ghost fishing. *Marine Policy*. 60: 225-239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.016>

Gilman, E., Chopin, F., Suuronen, P., Kuemlangan, B. (2016) - Abandoned, lost and discarded gillnets and trammel nets Methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management. FAO. Rome. ISSN 2070-7010. Available on-line at <http://www.fao.org/3/i5051e/i5051e.pdf>

Laist, D. (1997) - Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records, Springer-V. ed, In: Coe, J.M. & D.B. Rogers (Eds.): *Marine Debris - Sources, Impacts and Solutions*. New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_10

Lessa, R., Vieira, A.C.S, Monteiro, A., Santos, J.S., Lima, M.M., Cunha E.J., Souza-Junior, J.C.A., Bezerra, S., Travassos, P.E.P.F., Oliveira, B.A.B.R. (2006) - Diagnóstico da Pesca no Litoral do Estado de Pernambuco. In *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: Recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. Editora Universit ra UFPA. ISBN: 85 - 247 - 0345 - 8. Available on-line at https://livroaberto.ufpa.br/jspui/bitstream/prefix/225/8/CapitulodeLivro_SinteseEstadoConhecimento.pdf

- Lucena, F.P., Cabral, E., Santos, M.C.F, Oliveira, V.S., Bezerra, T.R.Q. (2013) - A pesca de currais para peixes no litoral de pernambuco. Bol. Téc. Cient. v. 19, n. 1, p. 93-102. Available on-line at <https://www.icmbio.gov.br/cepene/images/stories/publicacoes/btc/vol19/art07-v19.pdf>
- Macfadyen, G.; Huntington, T.; Cappell, R. (2009) - Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. FAO FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL PAPER. ISSN 2070-7010, 523. Available on-line at <http://www.fao.org/3/i0620e/i0620e00.htm>
- Phan, T. (2020) - Novel coronavirus: from discovery to clinical diagnostics. Infect. Genet. Evol. v. 7, 104211. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104211>
- Reis-Filho, J.A., Quinto, D. (2020) - COVID-19, Afastamento social, Pesca artesanal e Segurança alimentar: Como esses temas estão relacionados e quão importante é a soberania dos rabalhadores da pesca diante do cenário distópico. Scielo preprints. Version 1. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.54>
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Charles, A. and Seijo, J.C. (2011) - Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean region: issues and trends. In S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles and J.C. Seijo (eds). Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 544. Rome, FAO. pp. 1–12. 2011. ISBN 978-92-5 106722-2. Available on-line at <http://smu-facweb.smu.ca/~charles/WEBPAGES/documents/2011-Ch1-CoastalFisheriesofLatinAmericaandtheCaribbeanRegion.pdf>
- Sunny, A. R., Sazzad, S. A., Datta, G. C., Sarker, A. K., Ashrafuzzaman, M., Prodhan, S. H. (2021) - Assessing impacts of COVID-19 on aquatic food system and small-scale fisheries in Bangladesh. Mar. Police. v. 126, 104422. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104422>