



Análise dos impactos à fauna e flora local causados pelo derramamento de petróleo no Nordeste do Brasil

João Paulo Gomes de Oliveira
E-mail: joaopaulo.g.o@outlook.com
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO - Este artigo científico tem como objetivo descrever os impactos do derramamento de petróleo que atingiu a zona costeira e marinha do Nordeste brasileiro em 2019 na biodiversidade do litoral nordestino. A análise qualitativa dos dados e informações disponíveis na literatura mostrou que a maioria dos estudos se concentra nos impactos do derramamento na fauna local, principalmente na microfauna aquática, e que os estados de Pernambuco e Bahia são os mais analisados. No entanto, há também estudos que abordam a região costeira do Nordeste de forma mais ampla. Dados analisados comprovam a ocorrência de fauna e flora oleada em todos os estados afetados pelo derramamento, afetando principalmente as comunidades bentônicas e nektônicas. Unidades de conservação e importantes hotspots de biodiversidade também foram atingidos. É fundamental monitorar a área afetada a longo prazo para obter resultados mais robustos sobre os impactos e os efeitos do derramamento de petróleo, que poderão ser observados por um período prolongado.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade; Microrganismos; Serviços ecossistêmicos; Zona costeira; Ecossistemas costeiros.

ABSTRACT - This scientific article aims to describe the impacts of the oil spill that affected the coastal and marine zone of the Brazilian Northeast in 2019 on the biodiversity of the Northeastern coast. Qualitative analysis of data and information available in the literature showed that most studies focus on the impacts of the spill on the local fauna, especially the aquatic microfauna, and that the states of Pernambuco and Bahia are the most analyzed. However, there are also studies that address the Northeastern coastal region more broadly. Analyzed data confirm the occurrence of oiled fauna and flora in all states affected by the spill, affecting mainly benthic and nektonic communities. Conservation units and important biodiversity hotspots were also affected. It is essential to monitor the affected area in the long term to obtain more robust results on the impacts and effects of the oil spill, which could be observed for a prolonged period.

KEYWORDS: Biodiversity; Microorganisms; Ecosystem services; Coastal zone; Coastal ecosystems.

INTRODUÇÃO

A sociedade moderna é altamente dependente do petróleo e seus derivados, que são amplamente utilizados em setores como transporte, indústria química, geração de energia e agricultura (PIXININE, 2019). No Brasil, com o aumento da exploração de petróleo, o setor energético cresceu consideravelmente nos últimos anos. No entanto, a produção e uso do



petróleo envolvem diversos riscos e impactos socioambientais, como vazamentos de óleo, emissão de gases poluentes e geração de resíduos tóxicos. Esses impactos são particularmente graves para ambientes costeiros sensíveis, como manguezais e recifes de coral, que já sofrem com a exploração humana e a consequente degradação ambiental (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020).

O Nordeste brasileiro é conhecido por sua rica biodiversidade e pela prestação de serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção da vida. Os impactos da atividade petrolífera nesses locais pode causar danos irreparáveis à biodiversidade local e aos serviços ecossistêmicos fornecidos por esses ambientes, como pesca e turismo (BRASIL, 2019). Em 2019, um evento de grande impacto envolvendo derramamento de petróleo afetou os ambientes costeiros de onze estados brasileiros, causando danos significativos à biodiversidade e às comunidades costeiras afetadas (DISNER; TORRES, 2020; CARMO; TEIXEIRA, 2020).

Os impactos do derramamento de petróleo na biodiversidade do litoral nordestino são particularmente preocupantes (CERQUEIRA *et al.*, 2020). O petróleo no ambiente marinho causa diversos danos à fauna e flora, como a diminuição da quantidade de oxigênio na água, prejudicando a reprodução de algumas espécies e afetando a qualidade do alimento disponível para os animais marinhos (MARTINEZ; COLACIOS, 2016). Desastres ambientais anteriores, como o acidente provocado pela plataforma *Deepwater Horizon* no Golfo do México em 2010, demonstram os efeitos duradouros e devastadores que esses eventos podem ter na biodiversidade local (PENA *et al.*, 2020).

Este artigo tem como objetivo descrever os impactos do derramamento de petróleo na biodiversidade do litoral nordestino, abordando os efeitos na fauna e flora marinha da região. Através de uma análise dos dados e informações disponíveis, esperamos contribuir para a compreensão dos impactos dessa atividade na biodiversidade e para o desenvolvimento de medidas preventivas e de mitigação.

MARCO TEÓRICO

Exploração de petróleo e seus derivados: principais processos produtivos, riscos e impactos socioambiental

As atividades econômicas exercem impactos ambientais significativos sobre as regiões costeiras, as quais são frequentemente superpovoadas e sujeitas a pressões que podem resultar em riscos, acidentes e desastres ambientais. Grande parte desses eventos é resultado dos processos de industrialização e da visão de infinitude dos espaços e recursos naturais (KITZMANN; ASMUS; LAYDNER, 2004).

Com a crescente demanda energética e o uso excessivo de combustíveis fósseis como principal fonte de energia para o transporte no Brasil, o país investiu na indústria de petróleo para atender a essa necessidade da sociedade. Atualmente, o petróleo é amplamente distribuído em diversos setores econômicos e é considerado a principal fonte de combustível no Brasil. No entanto, a exploração, refino e transporte do petróleo e seus derivados representam os principais desafios emergentes da gestão costeira do país (KITZMANN; ASMUS; LAYDNER, 2004; EGLER, 2020).

As áreas mais propícias para a formação de petróleo são mares interiores, baías e golfos. As reservas que ocorrem dentro do continente são originalmente marítimas, emergindo devido a eventos geológicos na crosta terrestre. A prospecção é a fase inicial para obtenção dessa substância, na qual se busca por jazidas com o auxílio de programas e softwares avançados. Por



meio dessas tecnologias, é possível estimar a quantidade de petróleo em cada jazida (GURGEL *et al.*, 2013).

A mudança na política energética resultou em um considerável aumento nas atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo nesta região do país. No entanto, os impactos ambientais e efeitos colaterais gerados por essas atividades são classificados como um dos principais fatores de incidentes na zona costeira e marítima, aumentando o grau de vulnerabilidade desses ambientes (NICOLODI; PETERMANN, 2010).

A palavra petróleo deriva do latim *petra* (pedra) e *oleum* (óleo), significando literalmente "óleo de pedra". O petróleo é composto por uma mistura homogênea de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs), sulfeto de hidrogênio e metais pesados. Essa substância é altamente inflamável, apresentando densidade menor que a água, odor característico e cor que varia do negro ao âmbar (THOMAS *et al.*, 2001; PENA *et al.*, 2020).

O petróleo é uma substância derivada da decomposição de materiais orgânicos fósseis que se acumularam em estratos sedimentares e foram submetidos a transformações termoquímicas ao longo de um longo período de tempo geológico (D'ALMEIDA, 2015). Esse recurso natural pode ser encontrado em diferentes estados físicos, variando desde a forma líquida mais fluída (óleo cru) até formas mais densas, como o asfalto, ou mais gasosas, como o gás natural (GURGEL *et al.*, 2013).

O petróleo é encontrado predominantemente em poros de rochas sedimentares em terra firme e em terras submersas, com profundidades que variam desde poucos metros abaixo da superfície até cerca de 3 km de profundidade (GURGEL *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2015). As rochas sedimentares são formadas a partir de depressões de relevo preenchidas por fragmentos de rochas preexistentes, que passaram por processos naturais desgastantes, como a erosão e o intemperismo.

A extração de petróleo ocorre por meio do processo de perfuração de poços, que é dividido em dois sistemas: onshore (perfuração em terra) e offshore (perfuração no mar) (MARTINS *et al.*, 2015). Para isso, são utilizados mecanismos e tecnologias que permitem o fluxo de fluidos do fundo do poço até a superfície. As rochas são perfuradas pela ação da rotação e do peso aplicados a uma broca posicionada na extremidade inferior de uma coluna de perfuração, seguida da extração final e transporte do petróleo por meio de barris ou tanques (FRANÇA; NETO, 2013). É durante essa fase que podem ocorrer vazamentos e derramamentos de petróleo em ambientes aquáticos.

Serviços ecossistêmicos fornecidos por ambientes costeiros sensíveis e sua importância para a manutenção da vida

A zona costeira do Brasil é uma região de grande diversidade ambiental, que abriga uma variedade de ecossistemas, como praias arenosas, campos de dunas, restingas, manguezais, estuários, costões rochosos, recifes de coral e zonas marinhas, além da Mata Atlântica (PINHEIRO; FREITAS; CORTES, 2018). Cada um desses ambientes possui características físicas, químicas e biológicas únicas que os diferenciam uns dos outros, gerando uma grande diversidade de espécies e suas interações (PINTO *et al.*, 2006).

Os ecossistemas costeiros são considerados extremamente importantes para o equilíbrio ambiental, mas muitos deles são classificados como frágeis e vulneráveis às atividades humanas (AGUIAR; ERVATTI, 2020). De acordo com Pinheiro, Freitas e Cortes (2018), a Zona



Costeira do Brasil se estende por mais de 8.500 km, abrangendo 17 estados e mais de quatrocentos municípios, desde o Norte equatorial até o Sul temperado do país.

Os ecossistemas costeiros são intensamente pressionados pelas atividades humanas, como especulação imobiliária, turismo, instalação de parques eólicos, sobreexploração de recursos pesqueiros, exploração de petróleo, entre outras. Segundo Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva (2010), dados indicam que 35% dos manguezais, 40% das áreas florestadas e 50% das áreas alagadas já foram destruídas, além da redução dos estoques pesqueiros em até 80%. Esses impactos têm efeitos diretos sobre a produção dos serviços ecossistêmicos fornecidos nessas regiões, conforme destacam Pinto *et al.*, (2006).

O conceito de serviços ecossistêmicos engloba os benefícios tanto tangíveis quanto intangíveis que a sociedade obtém através das dinâmicas, funções e integrações complexas dos componentes dos ecossistemas. Isso significa que uma função ecossistêmica produz um serviço ecossistêmico específico quando os processos naturais subjacentes geram uma série de benefícios diretos ou indiretos que podem ser aproveitados pelo ser humano, incorporando a noção de utilidade antropocêntrica (ANDRADE; ROMERO, 2009). Esses benefícios incluem, por exemplo, a produção de alimentos, a polinização, a regulação do clima, a proteção contra a erosão costeira e a oportunidade de desfrutar da beleza cênica e da recreação proporcionadas pela natureza. Andrade e Romero (2009) classificam os serviços ecossistêmicos em quatro grupos: provisão, regulação, culturais e de suporte.

Esses serviços enfrentam uma crescente ameaça devido à degradação dos ecossistemas e à pressão exercida pelas atividades econômicas, especialmente a indústria petrolífera, que gera uma grande quantidade de gases de efeito estufa e frequentes derramamentos de petróleo. Isso contribui para o aumento da crise climática e causa danos imensuráveis aos ecossistemas (MESSIAS, 2015).

MATERIAIS E METÓDOS

Esta pesquisa é de natureza exploratória e qualitativa, visando realizar um levantamento e revisão da literatura sobre o desastre do derramamento de petróleo no litoral do Nordeste brasileiro em 2019 e seus impactos na biodiversidade. Para tanto, foram utilizados portais específicos de pesquisa, como *Scielo*, *ScienceDirect*, Periódicos da Capes e *Google Scholar*, com o intuito de identificar e coletar artigos e estudos relevantes sobre o assunto. As buscas foram realizadas nos idiomas português, inglês e espanhol.

Para a seleção dos trabalhos, foram utilizados diversos descritores, incluindo 'Vazamento de petróleo', 'Derrame de Petróleo', 'Desastres e Petróleo no Brasil', 'impactos à biodiversidade', entre outros. As buscas em inglês utilizaram os mesmos descritores, acompanhados do operador booleano '*and*', a fim de garantir que as palavras selecionadas aparecessem nos campos específicos.

Além disso, para garantir a relevância e qualidade dos estudos selecionados, adotou-se a ferramenta temporal, selecionando trabalhos publicados entre 2019 e 2023. Essa decisão foi tomada considerando que o desastre ocorreu em 2019 e que os estudos mais recentes podem apresentar informações mais atualizadas e relevantes. No entanto, foram estabelecidos critérios de exclusão para garantir a seleção adequada dos trabalhos. Foram descartados resumos apresentados em eventos científicos, uma vez que esses tipos de estudos podem não atender aos critérios de rigor e qualidade necessários para esta pesquisa exploratória e qualitativa.

Para selecionar os artigos relevantes, foram examinados os títulos, resumos e palavras-chave de cada artigo identificado nas buscas. Aqueles que atenderam aos critérios de inclusão



foram lidos integralmente. Dessa forma, garantimos que apenas os estudos mais relevantes e pertinentes ao objetivo da pesquisa foram incluídos na revisão da literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foram encontrados 27 estudos relacionados à temática do artigo, que trata dos impactos do derramamento de petróleo ocorrido no Nordeste brasileiro em 2019 sobre a biodiversidade local. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados apenas 7 estudos que abordam diretamente o assunto. Os 20 estudos descartados mencionaram superficialmente os impactos à biodiversidade local, mas não ofereceram análises detalhadas ou conclusivas sobre o assunto.

Os sete estudos revisados analisaram de forma mais aprofundada os componentes dos ecossistemas costeiros do Nordeste, examinando as hipóteses, impactos e efeitos do derramamento a curto e médio prazos, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Principais resultados dos estudos revisados na literatura

Autores/ano	Local da pesquisa	Principais resultados	Tipo de impacto
CERQUEIRA (2021)	Trecho entre as praias de Pedra do Sal e Farol de Itapuã, Salvador/BA	O autor levantou a hipótese de que o estresse gerado pelo impacto agudo do derramamento de óleo pode ter provocado reações de defesa nos quatro indivíduos de <i>Holothuria (Halodeima)</i> grisea encontrados mortos e eviscerados nas praias entre Pedra do Sal e Farol de Itapuã em Salvador. O óleo do derramamento no nordeste do Brasil em 2019 pode ter influenciado a mortalidade desses animais, comprometendo a biodiversidade da fauna marinha bentônica da região.	Impactos à microfauna
CERQUEIRA et al. (2020)	Praia da Pituba, Salvador/BA	O estudo analisado revelou que durante a necropsia em laboratório das esponjas e cnidários coletados, foram encontradas pelotas de petróleo na <i>espongiocela</i> de duas das nove amostras de <i>Desmapsamma anchorata</i> e na faringe de um dos quatro indivíduos de <i>Bellactis ilkalyseae</i> . A presença de vestígios de óleo na <i>espongiocela</i> do porífero <i>Desmapsamma anchorata</i> provavelmente ocorre em função da eficiência desse grupo como filtradores. A descoberta de resíduos de óleo na faringe de <i>Bellactis ilkalyseae</i> é	Impactos à microfauna



		preocupante, já que essa espécie é endêmica da costa brasileira e este é o primeiro registro de contaminação por petróleo.	
CRAVEIRO et al. 2021	Praia do Paiva, Jaboatão dos Guararapes/PE	Descobriu-se a presença de óleo aderido em <i>Jania capillacea</i> , <i>Penicillus capitatus</i> e em alguns invertebrados na praia do Paiva, incluindo algas, carapaças de anfípodes e <i>Acanthonyx</i> sp. O estudo também encontrou uma associação significativa entre o tamanho do animal e a quantidade de detritos ingeridos, sugerindo que animais maiores são mais propensos a ingerir mais detritos.	Impactos à fauna
OLIVEIRA-LIRA et al. (2021)	Praia do Paiva, Jaboatão dos Guararapes/PE	Após o desastre, houve uma diminuição na abundância de <i>Branchiosyllis</i> , mas o tamanho médio dos indivíduos não foi afetado. As esponjas na Praia do Paiva foram contaminadas com óleo, assim como o poliqueta simbiótico <i>Branchiosyllis spp.</i> associado a elas, apresentando manchas e gotículas de óleo em seus corpos e faringes.	Impactos à microfauna
MAGALHÃES et al. (2021)	Zona costeira do Nordeste, Brasil	As padarias foram afetadas diretamente e indiretamente, tanto pelo contato com o petróleo quanto pelas técnicas de remoção do material, incluindo a remoção manual. Os autores identificaram petróleo entre as folhas de ervas marinhas.	Impactos à flora
MAGRIS; GIARRIZZO (2020)	Zona costeira entre as cidades de Natal/RN e Maceió/AL, e litoral da cidade de Salvador/BA	Após análises realizadas pelos autores, foi identificado um total de 27 espécies em alto grau de vulnerabilidade devido ao derramamento de petróleo. Dentre essas espécies, foram identificados 11 elasmobrânquios, 10 peixes ósseos, 5 invertebrados e 2 mamíferos como afetados pela contaminação.	Impactos à fauna
TRINDADE (2022)	Litoral da Região Metropolitana do Recife/PE	Foram identificadas alterações histológicas nas brânquias dos mariscos coletados nas regiões avaliadas, o que sugere um grau de comprometimento da saúde	Impactos à fauna e aos serviços ambientais



		desses animais e pode indicar um ambiente não saudável. Foram encontrados vários achados histopatológicos em 19 lâminas avaliadas, sendo 10 de mariscos da região do Estuário do Rio Formoso (Litoral Sul) e 9 da Bacia do Pina (Litoral Norte).	
--	--	--	--

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2023.

Conforme apresentado no quadro acima, a maioria dos estudos analisa os impactos do derramamento de petróleo na fauna local, em especial na microfauna aquática. Embora a maior parte dos trabalhos se concentre nos estados de Pernambuco (CRAVEIRO *et al.*, 2021; OLVEIRA-LIRA *et al.*, 2021; TRINDADE, 2022) e Bahia (CERQUEIRA *et al.*, 2020; CERQUEIRA, 2021), há também estudos que analisam a região costeira do Nordeste de forma mais ampla (MAGALHÃES *et al.*, 2021; MAGRIS; GIARRIZZO, 2022)

Dados coletados pelo IBAMA em 2020 comprovam que houve casos de fauna oleada em todos os estados afetados pelo derramamento de petróleo. As espécies mais afetadas foram as tartarugas marinhas, aves e mamíferos marinhos. Dos 159 animais atendidos pelo instituto, 112 foram encontrados mortos e apenas 47 sobreviveram. No entanto, é importante destacar que o IBAMA não realizou análises da microfauna e flora aquática, o que reforça a relevância dos estudos apresentados no quadro 1.

Derramamento de petróleo no litoral do Nordeste brasileiro: impactos ecológicos e riscos para os ecossistemas

De acordo com Craveiro *et al.* (2021), o derramamento de petróleo na costa do Brasil é considerado um dos eventos mais graves que já impactaram os ecossistemas marinhos e costeiros da região. Isso ocorre porque os componentes tóxicos presentes no petróleo que atingiu o litoral do Nordeste brasileiro podem causar impactos significativos na biodiversidade costeira e marinha a curto, médio e longo prazo, representando um risco para a perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, conforme apontado por Magris e Giarrizzo (2020).

O evento afetou 55 Unidades de Conservação (UCs) marinhas e 14 costeiras no Nordeste brasileiro, incluindo Áreas de Proteção Ambiental (APA) como a Costa dos Corais (PE/AL), Delta da Paraíba (PB) e o Parque Nacional Marinho de Abrolhos (SOARES *et al.*, 2020; DISNER; TORRES, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 2021). Os impactos sobre essas UCs são particularmente preocupantes, já que elas desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros na região (PINHEIRO; FREITAS; CORTES, 2018). Essas áreas são consideradas verdadeiros guardachuvas dos serviços ecossistêmicos, além de serem essenciais para a proteção da fauna e flora endêmicas, que são únicas e exclusivas desses ecossistemas (REIS; SELVA, 2022).

Com base nos estudos analisados, pode-se observar que o derramamento de petróleo teve impactos significativos em diversos sistemas ecológicos ameaçados. Manguezais, estuários, prados de ervas marinhas, planícies de marés, praias e recifes de corais foram alguns dos ecossistemas impactados (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 2021). A praia do Paiva, em Jaboatão do Guararapes (PE), é um exemplo disso e foi estudada por Lira *et al.* (2020). Essa praia possui uma das áreas de recife de coral mais bem preservadas do Brasil



e, portanto, é um *hotspots* de biodiversidade que sofreu impactos significativos em decorrência do derramamento de petróleo.

Embora a Mata Atlântica e seus ecossistemas associados ainda abriguem uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil, com altíssimos níveis de endemismo, eles sofrem impactos diários decorrentes das atividades humanas (PINTO *et al.*, 2006). Nesse contexto, os impactos do derramamento de petróleo nesta região se tornam ainda mais alarmantes, uma vez que podem comprometer ainda mais a saúde desses ecossistemas e afetar a biodiversidade já ameaçada dessa região, principalmente a microfauna e flora.

Estudos sobre a microfauna e flora aquática são fundamentais, uma vez que o petróleo pode ter efeitos cumulativos nos processos biogeoquímicos, resultando na diminuição de espécies e até mesmo na extinção a longo prazo. Isso é particularmente preocupante porque essas espécies são a base da cadeia alimentar de espécies maiores, como destacado por Magalhães *et al.* (2021). Em seu estudo, Soares *et al.* (2020) identificaram a contaminação do zooplâncton, evidenciando a vulnerabilidade da base da cadeia alimentar marinha aos impactos do derramamento de petróleo.

A fauna e flora afetadas por derramamentos de petróleo sofrem impactos significativos, podendo levar anos ou até mesmo décadas para se recuperarem. Estudos recentes, como o de Soares *et al.* (2020), têm demonstrado que o petróleo afeta negativamente a estrutura e dinâmica das comunidades biológicas bentônicas e nektônicas. Por exemplo, Trindade identificou alterações em moluscos, como o marisco pedra, após a exposição ao petróleo. Além disso, Nasri-Sissini *et al.* (2020) mostraram os impactos do derramamento de petróleo em bancos de rodolitos, uma das mais importantes comunidades bentônicas na plataforma continental brasileira.

Essas alterações podem ser explicadas por Lins *et al.* (2020), que destacam que os moluscos filtram a água e, portanto, acumulam mais resíduos de petróleo do que outras espécies. Em consonância com os estudos mencionados, Pena *et al.* (2020) constataram que as espécies de bivalves acumulam altas concentrações de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) após a exposição ao derramamento de petróleo. Embora a limpeza manual das áreas afetadas seja um método recomendado e menos agressivo para ambientes costeiros, como aponta Oliveira (2023), esse método pode não ser eficaz para remover pequenas pelotas de óleo presentes em organismos menores.

De acordo com Cerqueira (2021), o derramamento de petróleo causou estresse e perturbação nos ecossistemas marinhos, resultando na mortandade de pepinos do mar (*Holothuria*) em trechos das praias Pedra do Sal e Farol de Itapuã, em Salvador. Além disso, Craveiro *et al.* (2021) observaram a presença de óleo em diversas algas e organismos marinhos já na primeira semana do desastre, o que resultou na redução da diversidade de algas e no surgimento de espécies oportunistas. Cerqueira *et al.* (2020), por sua vez, detectaram a contaminação por petróleo em uma espécie endêmica de anêmona-do-mar (*Bellactis Ilkalyseae*) e em uma espécie de esponja (*Desmapsamma Anchorata*), além da presença de pelotas de petróleo na superfície externa de algas e sedimentos.

Além de afetar a microfauna e flora marinha, o derramamento de petróleo teve um impacto significativo na mortalidade de necton, incluindo peixes, tartarugas e golfinhos, bem como na avifauna, incluindo pássaros. Segundo o relatório do IBAMA (2020), houve uma grande mortandade desses animais durante o evento. Magalhães *et al.* (2021) destacam que houve uma diminuição notável da presença de animais marinhos na região após o derramamento. Os impactos dessa catástrofe ambiental são de longo prazo e podem afetar negativamente a ecologia marinha e os serviços ecossistêmicos por muitos anos.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a importância da biodiversidade local e a interação entre os componentes do ecossistema, é fundamental que sejam realizados estudos mais aprofundados sobre os impactos do derramamento de petróleo na microfauna e flora aquática. É importante ressaltar que essas espécies desempenham um papel fundamental na cadeia alimentar e podem acumular materiais prejudiciais, o que pode afetar não apenas a biodiversidade local, mas também seus serviços ecossistêmicos.

Embora haja uma quantidade razoável de estudos que citam impactos sobre a biodiversidade local, ainda há uma necessidade de analisar em profundidade esses impactos. É possível que a falta de estudos detalhados seja devido aos cortes orçamentários que ocorreram durante o governo Bolsonaro (2019 -2022). Além disso, a pandemia da Covid-19 também afetou as atividades de pesquisa em campo.

No entanto, é importante que a área afetada seja monitorada e analisada a longo prazo para apresentar resultados mais robustos sobre os impactos e os efeitos do derramamento de petróleo. É crucial entender se houve mudanças na microestrutura e macroestrutura da área afetada, se houve recuperação natural da área e quanto tempo levará para que o ecossistema se recupere totalmente.

Essas informações são necessárias para saber como agir e quanto tempo levará para a área se recuperar em caso de um novo evento de derramamento de petróleo. Portanto, é necessário investir em estudos detalhados e monitoramento de longo prazo para proteger a biodiversidade local e seus serviços ecossistêmicos.

CONFLITOS DE INTERESSE

O autor declara que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Thaís Morais Corrêa Borges; ERVATTI, Manuela. Vulnerabilidade costeira frente a mudanças climáticas e políticas públicas na cidade do Rio de Janeiro: estamos prontos?. *Novos Cadernos NAEA*, v. 23, n. 2, 2020. Disponível em: [Vulnerabilidade costeira frente a mudanças climáticas e políticas públicas na cidade do Rio de Janeiro: estamos prontos? | Aguiar | Novos Cadernos NAEA \(ufpa.br\)](#). Acesso em: 11 fev. 2023.

ANDRADE, Diego Calixto.; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para Discussão: *IE/UNICAMP*, n.155, 2009. Disponível em: [www.avesmarinhas.com.br/Serviços ecossistêmicos e sua importância econômica.pdf](http://www.avesmarinhas.com.br/Serviços_ecossistêmicos_e_sua_importância_econômica.pdf). Acesso em: 25 mar. 2023.

ANDRADE, Joana França de. **Eventos de falhas de sistemas de medição de petróleo e gás natural**. 2017. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em:



<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/4096/Joana%20Fran%c3%a7a%20de%20Andrade.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Apresentando o diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. Brasília: Centro de Monitoramento da Conservação Mundial (WWF), 2019. 180 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1112419/1/Apresentandoodiagnosticobrasileirodebiodiversidadeeservicosecossistemicos2019.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2023.

CARMO, Eduardo Hage; TEIXEIRA, Maria Gloria. Desastres tecnológicos e emergências de saúde pública: o caso do derramamento de óleo no litoral do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, e00234419, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00234419>.

CERQUEIRA, Wagner Ribeiro Pinto. Probable mortality of *Holothuria* (*Halodeima*) grisea (Selenka, 1867) (Echinodermata, Holothuroidea) after acute impact of oil spill in the northeast of Brazil in 2019. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 54, n. 1, p. 61-68, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v54i1.43608>.

CERQUEIRA, Wagner Ribeiro Pinto; BATISTA, Rafael Nunes; SANTOS, Vanessa Oliveira; *et al.* Registro de petróleo em poríferos e cnidários durante o impacto agudo de derramamento no Nordeste brasileiro em 2019. **Scientia Plena**, v. 16, n. 5, 2020. Disponível em: <http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/5094>. Acesso em: 23 abr. 2023. DOI: 10.14808/sci.plena.2020.050103.

CRAVEIRO, Natalia; ALVES, Renata Valeriano Andrade; SILVA, João Marcos; *et al.* Immediate effects of the 2019 oil spill on the macrobenthic fauna associated with macroalgae on the tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 165, p. 112-107, 2021. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112107.

D'ALMEIDA, Albino Lopes. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo: formação, desenvolvimento e ambiência atual**. São Paulo: Blucher, 2015.
DISNER, G. R.; TORRES, M. The environmental impacts of 2019 oil spill on the Brazilian coast. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 241-256, 2020. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071518](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071518).

EGLER, Claudio Aguiar Gomes. Geoeconomia do petróleo e gás natural e seus impactos na Zona Costeira e Marinha. *In*: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha: Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos**. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 569-584. ISBN 978-65-992571-0-0.

FRANÇA, Guilherme Henrique; NETO, Antônio Pinto de Figueiredo. Análise da Automação no Processo Produtivo do Petróleo: um Estudo de Caso em um Poço com Bsc. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 97-114, jul./dez. 2013.

GURGEL, Cíntia Amorim Vieira; GALVÃO, Maria Lúcia de Macedo; QUEIROZ, Gabriela Barbosa de; *et al.* Impactos de extração do petróleo (óleo e gás) no Rio Grande do Norte, na



região do Alto do Rodrigues/RN. **HOLOS**, v. 3, p. 130-147, 2013. DOI:
<https://doi.org/10.15628/holos.2013.715>.

IBAMA. **Boletim de Monitoramento da Fauna Aquática nas Áreas Afetadas pelo Derramamento de Óleo no Litoral do Nordeste Brasileiro**. Brasília, DF, fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/emergencias-ambientais/manchasdeoleo/arquivos/2020/2020-02-12-ibama-manchasdeoleo-boletim-fauna.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; NUNES-SILVA, Patrícia. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 59-62, 2010.

KITZMANN, Daiane Isabel da Silva; ASMUS, Maria Luiza; LAYDNER, Caroline. Gestão Costeira no Brasil. Estado atual e perspectivas. **LabGerco-FURG**, 2004. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/2174/GEST%c3%83O%20COSTEIRA%20NO%20BRASIL%20ESTADO%20ATUAL%20E%20PERSPECTIVAS.pdf?sequence=1>. Acesso em: 24 de out. de 2022.

MAGALHÃES, Karoline Marques; BARROS, Karen Vanessa Santos; LIMA, Maria Carolina Santos; *et al.* Oil spill + Covid-19: A disastrous year for Brazilian seagrass conservation. **Science of the Total Environment**, v. 764, p. 142-872, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142872>.

MAGRIS, Rafael Andrade; GIARRIZZO, Tommaso. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110961>.

MARTINEZ, Patricia Helena; COLACIOS, Rui Décio. História ambiental do Pré-sal: meio ambiente e mudanças sociais em São Paulo (2007-2016). **Revista de la SOLCHA - Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña**, v. 6, n. 2, p. 263-277, 2017. DOI:
<https://doi.org/10.5935/2237-2717.20160015>.

MARTINS, Silas Sarkiz da Silva et al. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **HOLOS**, v. 6, p. 54-76, 2015.

MESSIAS, Ewerton Ricardo. Petróleo, gás e mudanças climáticas: ponderação sobre o pagamento por serviços ambientais. **Energia e meio ambiente: contribuições para o necessário diálogo**, v. 1, p. 141-142, 2015.

NASRI-SISSINI, Mohamad; BERCHEZ, Fernando; HALL-SPENCER, Jason. Brazil oil spill response: protect rhodolith beds. **Science**, v. 367, n. 6474, p. 156, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.1126/science.aba2582>.

NICOLODI, José Luiz.; PETERMANN, Rômulo Machado. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 2, 151-177, 2010. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340129001.pdf>. Acesso em: 24 de out. de 2022.



OLIVEIRA, João Paulo Gomes. Estratégias de resposta a incidentes de poluição marítima por petróleo no litoral do Nordeste: uma análise das tecnologias ambientais utilizadas. **Revista Ambientale**, v. 15, n. 1, p. 60-72, 2023. Disponível: [Estratégias de resposta a incidentes de poluição marítima por petróleo no litoral do Nordeste | Revista Ambientale \(emnuvens.com.br\)](#). Acesso em: 22 abr. 2023.

OLIVEIRA-LIRA, Anny Laura *et al.* Effects of contact with crude oil and its ingestion by the symbiotic polychaete *Branchiosyllis* living in sponges (*Cinachyrella* sp.) following the 2019 oil spill on the tropical coast of Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 801, p. 149655, 2021. Disponível em: [Effects of contact with crude oil and its ingestion by the symbiotic polychaete Branchiosyllis living in sponges \(Cinachyrella sp.\) following the 2019 oil spill on the tropical coast of Brazil - ScienceDirect](#). Acesso em: 14 jan. 2023.

PENA, Priscila Gonçalves Lopes; NORTHROSS, Amanda Luzia; LIMA, Mariana Alves Gomes, *et al.* Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 2, p. e00231019, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00231019>.

PENA, Pâmela Gonçalves; NORTHROSS, Ana Luiza; LIMA, Maria Aparecida Gomes; *et al.* Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 2, p. e00231019, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00231019>.

PINHEIRO, Ana; FREITAS, Rita; CORTES, Rui. Modelação do escoamento em meandros com recurso ao modelo de simulação numérica (SISUAH) - Estudo de caso no rio Vouga. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 15, n. 4, p. 241-251, 2018.

PINTO, Maria Priscila, KLINK, Carlos Augusto, MOREIRA, André Gonçalves. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para a conservação da biodiversidade em um *hotspot* mundial. *In: O futuro das Florestas Tropicais do Brasil*. Anais do Seminário Internacional, Belém, 26 a 28 de março de 2006. RiMa Editora, 2006. p. 11-26.

PIXININE, Thaísa Loureiro. **Uso de redes neurais para a previsibilidade de parâmetros de perfuração de poços de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/13770>. Acesso em: 15 mar. 2023.

REIS, Josimar Vieira; SELVA, Vanice Santiago Fragoso. Valoração ambiental dos serviços ecossistêmicos culturais em Unidade de Conservação marinha no litoral do Nordeste brasileiro. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 358-375, 2022. Disponível em: [VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS CULTURAIS EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO MARINHA NO LITORAL DO NORDESTE BRASILEIRO | Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental \(animaeducacao.com.br\)](#). Acesso em: 15 fev. 2023.



SOARES, Márcia. *et al.* Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, v. 115, p. 103-879, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.10>.

THOMAS, José Eduardo *et al.* **Fundamentos de engenharia de petróleo**, Ed. Interciência: Petrobrás, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

TRINDADE, Maria Raissa Coelho Marchetti. **Determinação do status da saúde de mariscos (*Anomalocardia brasiliiana*) em áreas afetadas pelo derramamento de óleo no Litoral de Pernambuco através de alterações histopatológicas de brânquias**. 2022. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca) - Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.