



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

BEATRIZ DINIZ LOPES

VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA
COSTA DO CEARÁ, BRASIL (2019-2020)

FORTALEZA

2021

BEATRIZ DINIZ LOPES

VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA COSTA
DO CEARÁ, BRASIL (2019-2020)

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D61v Diniz Lopes, Beatriz.
 VARIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA COSTA DO
 CEARÁ,
 BRASIL (2019-2020) / Beatriz Diniz Lopes. – 2021.
 77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de
Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.

1. Desastre Ambiental. 2. Derramamento de Petróleo. 3. Litoral. 4. Impactos. I. Título.

CDD 333.7

BEATRIZ DINIZ LOPES

VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA COSTA
DO CEARÁ, BRASIL (2019-2020)

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Wersângela Cunha Duavi
Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMA)

A Deus, por sempre estar comigo.

À minha família, por sempre apoiarem meus
sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, e acima de tudo, gostaria de agradecer a Deus por sempre demonstrar das formas mais simples que tudo que eu preciso é lembrar de respirar e que as sincronicidades estão sempre por aí, colocando no meu caminho exatamente o que eu preciso viver no momento.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa por 2 anos através da Bolsa de Iniciação Científica.

À minha família, por sempre apoiarem os meus sonhos e sentirem orgulho de mim. Painho e mainha, sou extremamente grata por todo o sacrifício que vocês já fizeram por mim e por me darem força. Obrigada em especial à minha irmã e ao meu cunhado, por me concederem um abrigo pra escrever esse trabalho em poucos meses e por me fazerem rir quando eu mais precisei. Essa conquista é nossa!

Ao Prof. Dr. Marcelo Soares, “parabéns por fazer o mínimo!”.

Aos meus amigos do “hay tec”, por fazerem da faculdade a melhor época da minha vida e serem meus parceiros de aventuras, trabalhos, confusões, choros e risadas. Minha irmã me deu a dica de assim que entrar na faculdade, arranjar um grupo de trabalho. Eu arranjei um grupo de irmãos! Sem vocês eu não teria conseguido nada!

Ao LACOr, por ter me acolhido de coração aberto e hoje serem minha família. Eu nunca seria “IC Revelação” sem pessoas tão maravilhosas sempre me ensinando da melhor forma.

À Secretaria do Meio Ambiente do Ceará (SEMA), em especial à Sarah Pianowski, pelos dados concedidos para a realização desse trabalho, por toda ajuda prestada e pela compreensão!

“No meu coração sempre
Serei oceano
Oceanarei
Derramar-me-ei
Em muitas águas
[...]
Nada será capaz de me represar
Ninguém poderá segurar meu mar
[...]
Ainda que me façam sertão
Serei mar.”

- Cristiane Sobral

RESUMO

O petróleo é a principal fonte de energia primária atualmente. Devido a isso, houve um crescimento no tráfego de navios cargueiros em todo o mundo, principalmente no Brasil, aumentando assim os riscos de acidentes. Em setembro de 2019, ocorreu o mais grave desastre ambiental já registrado no país. Cerca de 5,3 mil de petróleo foram recolhidas das praias brasileiras, atingindo mais de 1000 locais em 11 estados, principalmente o Nordeste. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a distribuição espacial e temporal da ocorrência de óleo frente ao derramamento de 2019-2020 na costa do Ceará, Brasil. A metodologia consistiu na análise de dados provenientes dos órgãos ambientais IBAMA e SEMA, através da tabulação e compilação das informações referentes ao Ceará. A partir disso, foram realizadas cruzamentos entre as informações, além da geração de gráficos para melhor compreensão. Foi constatado que 101 locais foram monitorados pelo IBAMA e SEMA, havendo ocorrência de óleo em 19 municípios. Baseado nos monitoramentos do IBAMA, o óleo reapareceu em 10 pontos no litoral cearense. Foram retirados um total de 39,75 toneladas de resíduos, sendo novembro de 2019 o mês que mais chegou óleo a costa, com 37,47 toneladas. A Caucaia foi o município mais impactado pelo óleo, com 14,5 toneladas, seguido de São Gonçalo do Amarante, com 13,73 toneladas, totalizando 71% de óleo que foi recolhido no Ceará. Em relação ao IDH, 15 municípios apresentaram classificação “Média”, sendo estes mais suscetíveis do ponto de vista social e econômico a desastres ambientais. Além disso, o estado possui cerca de 23 Unidades de Conservação próximas ao litoral, e cerca de 8 foram registradas com óleo, sendo do estas Reservas Extrativistas, Parques municipal, estadual e nacional, além de Áreas de Proteção Ambiental. Concluiu-se que o >90% do litoral do Ceará foi contaminado, tendo em vista que o único município que não possuiu ocorrências foi Cruz. Salienta-se a importância de monitoramento de longo prazo para avaliar os efeitos em termos de saúde pública, econômicos, ecológicos e sociais desse desastre.

Palavras-chave: Desastre Ambiental. Derramamento de petróleo. Litoral. Impactos.

ABSTRACT

Oil is the main source of primary energy today. Due to this, there has been a growth in cargo ship traffic worldwide, especially in Brazil, thus increasing the risk of accidents. In September 2019, the most serious environmental disaster ever recorded in the country occurred. About 5.3 thousand of oil were collected from Brazilian beaches, affecting more than 1000 sites in 11 states, mainly the Northeast. Thus, the present work aimed to analyze the spatial and temporal distribution of oil occurrence in front of the 2019-2020 spill on the coast of Ceará, Brazil. The methodology consisted in the analysis of data from the environmental agencies IBAMA and SEMA, through the tabulation and compilation of information regarding Ceará. From this, the information was cross-referenced, and graphs were generated for better understanding. It was found that 101 sites were monitored by IBAMA and SEMA, with oil occurring in 19 municipalities. Based on IBAMA's monitoring, the oil reappeared in 10 points along the Ceará coast. A total of 39.75 tons of waste were removed, with November 2019 being the month that most oil reached the coast, with 37.47 tons. Caucaia was the municipality most impacted by oil, with 14.5 tons, followed by São Gonçalo do Amarante, with 13.73 tons, totaling 71% of oil that was collected in Ceará. In relation to the HDI, 15 municipalities presented "Medium" classification, being these more susceptible from the social and economic point of view to environmental disasters. In addition, the state has about 23 Conservation Units near the coast, and about 8 were registered with oil, these being Extractive Reserves, municipal, state and national Parks, and Environmental Protection Areas. It was concluded that >90% of the Ceará coast was contaminated, considering that the only municipality that had no occurrences was Cruz. The importance of long-term monitoring to assess the public health, economic, ecological and social effects of this disaster is highlighted.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: Environmental Disaster. Oil spill. Coastal. Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Navios de tanque (cor vermelha) na costa brasileira em Maio de 2021 transportando substâncias como óleo cru, químicos, asfalto/betume, entre outros	16
Figura 2 – Evolução temporal dos lugares impactados entre Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro (2019)	17
Figura 3 – Dinâmica de circulação das correntes oceânicas no Brasil	18
Figura 4 – Aspecto do óleo encontrado nas praias brasileiras	21
Figura 5 – Processos de intemperismo que atuam sobre o óleo no mar	22
Figura 6 – Mecanismo de redistribuição de componentes de cera e formação de agregados enriquecidos com cera	23
Figura 7 – Mapas sobre a extensão do impacto do derramamento de óleo nos habitats costeiros marinhos entre agosto e dezembro de 2019	24
Figura 8 – Imagens da análise realizada para o impacto do óleo no plâncton: (a e b) gotículas de óleo cru intercaladas entre o microzooplâncton; c) Organismo planctônico oleado (<i>Brachyura zoea</i>) com manchas de óleo no aparelho oral..	26
Figura 9 – Animais oleados durante o evento do derramamento de óleo no Brasil (2019)	27
Figura 10 – Voluntários trabalhando na retirada do óleo na Praia de Itapuama (PE)	28
Figura 11 – Litoral do Estado do Ceará, destacando em verde escuro os municípios com área costeira e marinha	32
Figura 12 – Monitoramento sendo realizado na Praia de Apiques/Itapipoca em 30/12/2019 pela Marinha do Brasil/SEMA/IBAMA	37
Figura 13 – Imagem de parte da planilha com os dados do Ceará filtrados	38
Figura 14 – Exemplo de vestígios esparsos de óleo em Amontada em 31/12/2019	38

Figura 15 – Exemplo de local com manchas na Praia de Sabiaguaba em Fortaleza (Ceará)	39
Figura 16 – Imagem de parte das planilhas disponibilizadas pela SEMA sobre os casos no Estado do Ceará	40
Figura 17 – Exemplo de resíduos de Icaraizinho de Amontada enviados para coprocessamento	42
Figura 18 – Porcentagem relacionada a quantidade de resíduos recolhidos por município	43
Figura 19 – Óleo encontrado na Praia do Cumbuco no dia 08/11/2019	44
Figura 20 – Municípios afetados pelo óleo (em vermelho) na costa do Ceará pelo derramamento de petróleo ocorrido no Brasil (2019/2020)	45
Figura 21 – Número de pontos monitorados em cada município atingido pelo óleo	46
Figura 22 – Equipes de limpeza trabalhando no recolhimento do petróleo nas localidades afetadas no Ceará	50
Figura 23 – Mancha de petróleo encontrada em uma localidade não identificada no Ceará	51
Figura 24 – Monitoramentos realizados através de levantamentos aéreos, marítimos e terrestres	56
Figura 25 – Barreira de Contenção instalada na foz do Rio Jaguaribe/Fortim colocada segundo indicação das cartas SAO (Sensibilidade Ambiental ao Óleo)	56
Figura 26 – Tartaruga marinha encontrada morta em Aracati	57
Figura 27 – Moluscos contaminados pelo óleo em um manguezal do Ceará	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fornecimento total global de energia por tipo de fonte.....	15
Tabela 2 – Capacidades dos navios cargueiros PANAMAX e SUEZMAX	20
Tabela 3 – Classificação do nível de contaminação do local	38
Tabela 4 – Quantidade em toneladas de resíduos coletados nos respectivos municípios	43
Tabela 5 – Locais não revisitados pelo IBAMA	47
Tabela 6 – IDH (2010) dos municípios atingidos pelo óleo	52
Tabela 7 – Unidades de Conservação impactadas pelo óleo e suas características	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

STFM	<i>Spill, Transport and Fate Model</i>
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
HPAs	Hidrocarboneto Policíclicos Aromáticos
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ONGs	Organização Não-Governamental
PNC	Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente do Ceará
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ANP	Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis
SEMACE	Superintendência do Meio Ambiente
SETUR	Secretaria de Turismo
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
NUTEC	Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto
SOP	Superintendência de Obras Públicas
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
EPIs	Equipamento de Proteção Individual
UCs	Unidade de Conservação
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Petróleo e o derramamento de óleo na costa brasileira	15
1.2	Processos físico-químicos de um derramamento de óleo	21
1.3	Impactos na biodiversidade	24
1.4	Impactos socioeconômicos	27
1.5	Ações governamentais	29
2	OBJETIVOS	31
2.1	Objetivo geral	31
2.2	Objetivos Específicos	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	Área de estudo	32
3.1.1	<i>Características climatológicas e meteorológicas</i>	33
3.1.2	<i>Caracterização dos ambientes costeiros e marinhos e sua biodiversidade</i>	34
3.2	Coleta e Análise de dados	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Análise quantitativa do óleo registrado no Ceará	42
4.2	Pontos monitorados pelo IBAMA e SEMA	44
4.3	Reaparecimento do óleo nos pontos monitorados	48
4.4	Índice de Desenvolvimento Humano e sua relação com os municípios impactados	51
4.5	Unidades de Conservação afetadas	53
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE - TABELAS COM OS DADOS SOBRE O REAPARECIMENTO DO ÓLEO	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Petróleo e o derramamento de óleo na costa brasileira

O petróleo é uma fonte de energia essencial e não renovável, sendo esta a principal fonte de energia primária na atualidade (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020). Mesmo apresentando considerável diminuição (de 46% em 1973 para 32% em 2018), o petróleo ainda é majoritário na oferta total de energia, seguido do carvão (26,88%) e do gás natural (22,84%) (Tabela 1) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020). Embora o papel deste na geração de eletricidade tenha caído para 3% em 2018, ele ainda é bastante dominante em outros setores, com 92% do consumo no setor de transportes e 70% do consumo de matéria-prima nos setores químico e petroquímico (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020).

Tabela 1 – Fornecimento total global de energia por tipo de fonte.

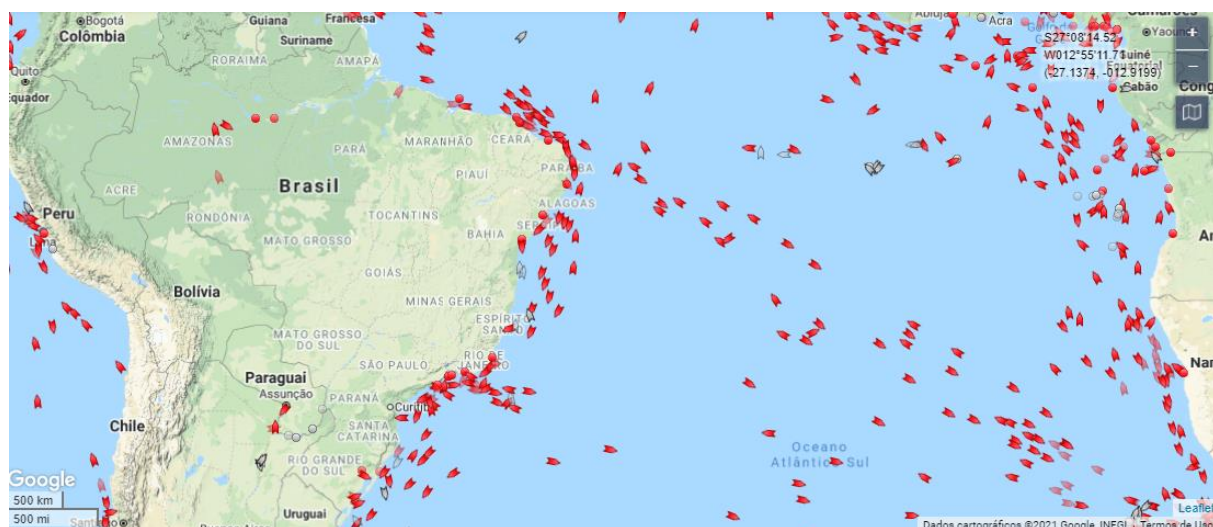
Fonte	Energia total (ktoe*)	Energia total (%)
Petróleo	4.496.998	31,49
Carvão	3.838.326	26,88
Gás Natural	3.261.595	22,84
Biocombustíveis e Resíduos	1.327.127	9,29
Nuclear	706.814	4,95
Hidro	362.332	2,54
Eólica, Solar, etc.	286.377	2,01
TOTAL	14.279.569	100,0

Fonte: IEA, 2020

*Os dados são apresentados em ktoe ou mil toneladas de óleo equivalente.

O Brasil possui posições estratégicas para rotas de petroleiros e demais navios cargueiros (Figura 1) (ZACHARIAS et al., 2021). O atual aumento no tráfego marítimo contribuiu para o número de acidentes e derramamentos registrados com petroleiros na costa brasileira nos últimos 20 anos (MUSK, 2012), sendo o país um dos mais vulneráveis aos impactos socioeconômicos e ambientais da poluição por petróleo bruto em ambientes costeiros (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020).

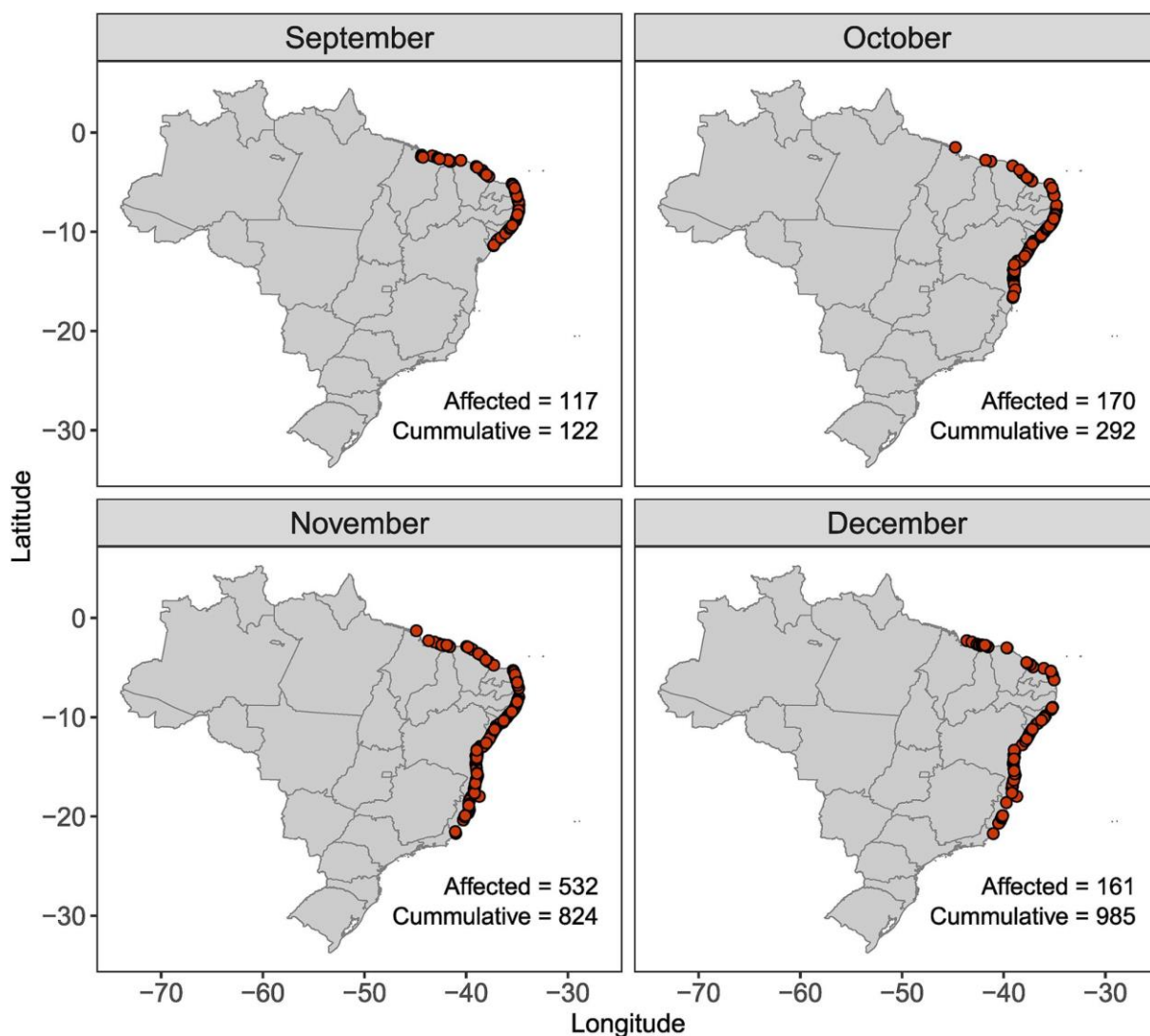
Figura 1 – Navios de tanque (cor vermelha) na costa brasileira e Oceano Atlântico Sul em Maio de 2021 transportando substâncias como óleo cru, químicos, asfalto/betume, entre outros.



Fonte: Website Marine Traffic 2021 (Acesso em 10/05/2021).

No final de agosto de 2019 a agosto de 2020, ocorreu o derramamento de óleo mais extenso e o mais grave desastre ambiental já registrado na história do Brasil, no oceano Atlântico Sul e nas regiões costeiras tropicais do mundo (SOARES et al. 2020a,b). Este se espalhou rapidamente durante os meses desse período, chegando a atingir cerca de 2890 km da costa nordeste e sudeste brasileira, com aproximadamente 1.000 relatos de áreas oleadas em cerca de 550 locais (Figura 2) (IBAMA, 2020; LOURENÇO et al., 2020; MAGRIS; GIARRIZZO, 2020; CRAVEIRO 2021). Dentre os 11 estados afetados, 9 são da região Nordeste, a qual tem características demográficas únicas, como a maioria das capitais estarem localizadas no litoral, além da diversidade dos ecossistemas tropicais associados ao turismo e a pesca de subsistência (SOARES et al. 2020a).

Figura 2 - Evolução temporal dos lugares impactados entre Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro na costa Brasileira em 2019.



Fonte: SOARES et al., 2020a.

Esse óleo foi lançado provavelmente na Corrente Equatorial Sul ou próximo à sua bifurcação (SOARES et al. 2020a; LESSA et al., 2021). Em seguida, a Corrente Norte do Brasil (Figura 3) transportou o óleo para Norte e depois para Oeste de onde foi lançado até as águas do Maranhão, e a Corrente do Brasil (Figura 3) que flui para Sudoeste transportou o óleo para o Sul, ao longo da plataforma continental, alcançando o Rio de Janeiro (SOARES et al. 2020a; LESSA et al., 2021). A partir do talude, onde as correntes de contorno Oeste fluem, o óleo foi possivelmente transportado em direção à costa por correntes perpendiculares à mesma e depois levado para a praia por correntes de maré, ventos e ondas (SOARES et al. 2020a; LESSA et al., 2021).

Figura 3 – Dinâmica de circulação das correntes oceânicas no Brasil.



Fonte: MetSul Meteorologia (2019).

Devido às suas características de transporte abaixo de 17m de profundidade (LESSA et al., 2021), o óleo não pode ser identificado por técnicas de sensoriamento remoto e voos de baixa altitude, visto que foi identificado apenas na chegada ao litoral na zona de arrebentação (SOARES et al. 2020a). Além disso, eventos meteorológicos energéticos (como tempestades e ondas do tipo *swell*) podem ter ressuspensionado o óleo na coluna d'água, transportando-o para linha de costa (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020; LOURENÇO et al. 2020).

A causa, a fonte, o local, a quantidade de petróleo liberada e como o derramamento ocorreu ainda permanecem desconhecidos. Artigos científicos informaram que o petróleo derramado apresentava características compatíveis com o “*fingerprint*” do petróleo venezuelano (OLIVEIRA et al., 2020) e possivelmente da mesma fonte o que, conseqüentemente, indica que houve um único evento causador (LOURENÇO et al., 2020). A Venezuela, por sua vez, representa 17,5% das reservas mundiais de petróleo, sendo a costa brasileira uma das suas principais rotas de transporte (Figura 1) devido à sua localização

geográfica que conecta a América do Sul à Europa, como também o Canal do Panamá ao Cabo da Boa Esperança (RODRIGUE, 2020). Essas rotas resultam em milhares de navios petroleiros navegando na costa brasileira (ZACHARIAS et al. 2021), porém não foram registrados oficialmente acidentes com navios que transportassem esse tipo de óleo ou qualquer outro em uma zona marítima que permitisse que o derramamento atingisse a costa do Brasil (LOURENÇO et al., 2020).

Oliveira et al. (2020) analisou a possível origem do óleo derramado comparando-o com os dados das amostras de óleo do Banco de Petróleo da Universidade Federal da Bahia, que possui diferentes tipos de óleos produzidos no Brasil. Amostras do Oriente Médio, Nigéria e Venezuela também foram selecionadas, visto que esses petroleiros possuem suas rotas pelo Oceano Atlântico passando pela região nordeste do Brasil (OLIVEIRA et al., 2020). Dessa forma, concluiu-se que há semelhança entre as amostras coletadas nas praias brasileiras e o petróleo da Venezuela (OLIVEIRA et al., 2020). Isso porque os óleos venezuelanos e brasileiros são provenientes de diferentes bacias sedimentares, tendo condições físico-químicas diferenciadas da água e origem da matéria orgânica, o que levou a uma produção de petróleo específica para cada uma (WANG et al., 2013; LI et al., 2016; LEE et al., 2020; LOURENÇO et al., 2020; MAGRIS; GIARRIZZO 2020; OLIVEIRA et al., 2020).

Alguns dos cenários formulados sobre a fonte do derramamento são: 1) um vazamento no fundo do oceano, o que é implausível tendo em vista que, considerando o tempo e o volume, um vazamento no fundo do oceano não pararia sem qualquer motivo desconhecido (ZACHARIAS et al. 2021); 2) um grande derramamento de óleo em poços brasileiros, porém não houveram relatos de acidentes ou derramamentos próximos à costa em águas rasas, bem como nenhum avistamento de aeronaves, pequenas embarcações ou imagens de satélites (ZACHARIAS et al. 2021), além do óleo ser de bacia sedimentar da Venezuela (OLIVEIRA et al., 2020); 3) um vazamento lento de óleo proveniente de um naufrágio antigo ou novo (ESCOBAR, 2019; SOARES et al., 2020a); ou 4) um petroleiro despejou ilegalmente uma carga de óleo em águas internacionais (ZACHARIAS et al. 2021).

Esse último cenário tem sido a hipótese mais plausível, na qual se subdivide em duas teorias: 1) houve uma pequena ruptura em um ou dois tanques internos de petróleo bruto, que no caso não comprometeu a embarcação mas resultou em um pequeno vazamento durante um grande período; ou 2) houve algum problema que colocou o navio petroleiro em risco, como falha no motor, e a tripulação optou por despejar parte da carga para melhorar as condições de

flutuabilidade (ZACHARIAS, 2021). O lento derramamento ao longo da rota seria compatível com a velocidade de descarga das bombas petroleiras, juntamente com a intenção de não chamar a atenção das autoridades internacionais e assim evitar problemas jurídicos (ZACHARIAS, 2021).

Apesar dos diversos pontos que foram avaliados sobre o derramamento de óleo, a estimativa do volume inicial ainda permanece desconhecida, pois a quantidade exata de óleo que foi derramado só pode ser identificado quando a fonte for encontrada (ZACHARIAS, 2021). Contudo, com base nos dados supracitados, é possível pelo menos estimar a faixa do volume inicial (ZACHARIAS, 2021). O que se sabe é que mais de 5.300 toneladas de óleo foram removidos do litoral brasileiro (BRUM et al., 2020).

Zacharias et al. (2021) usou o modelo *Spill, Transport and Fate Model* (STFM) para estimar a quantidade real do óleo. Este, por sua vez, calcula as frações de perda de óleo na superfície do oceano e o utiliza como complemento ao volume de óleo bruto estimado. Fundamentado nisso, os limites encontrados nesta estimativa obteve valor mínimo de 500 m³ e o máximo de 12.000 m³ de óleo cru derramado, na qual o valor máximo, em sua metade, equivale à um tanque individual de um navio PANAMAX, e no total, um tanque individual quase cheio de um navio SUEZMAX (Tabela 2). Essa informação é compatível com a hipótese de um derramamento por problemas de flutuabilidade do navio, visto que nessas condições de vazamento lento, o petroleiro poderia navegar longas distâncias com poucos riscos (ZACHARIAS et al., 2021). Além disso, comparado com derramamentos anteriores em águas brasileiras, este foi semelhante, com a mesma magnitude de resíduos oleados (BRUM et al., 2020) e tipos de óleo (LOPÉZ, 2014; OLIVEIRA et al., 2020; ZACHARIAS et al., 2021), o que reforça a ideia de navios que são rotineiros na costa brasileira (Figura 1).

Tabela 2 – Capacidades dos navios cargueiros PANAMAX e SUEZMAX.

Navio	Volume do tanque (m ³)	Volume de carga (m ³)
PANAMAX	6.601	79.214
SUEZMAX	14.251	171.009

Fonte: Adaptado de ZACHARIAS et al. (2021).

1.2. Caracterização do petróleo e os processos físico-químicos de um derramamento de óleo

Os efeitos do óleo dependem não apenas da sua quantidade, mas também da composição específica, da toxicidade do óleo, do tempo de permanência no ambiente e de seu intemperismo (CALIXTO, 2011). O óleo que atingiu o Brasil tem aspecto sólido e é mais denso que a água do mar (Figura 4) (LOURENÇO et al. 2020).

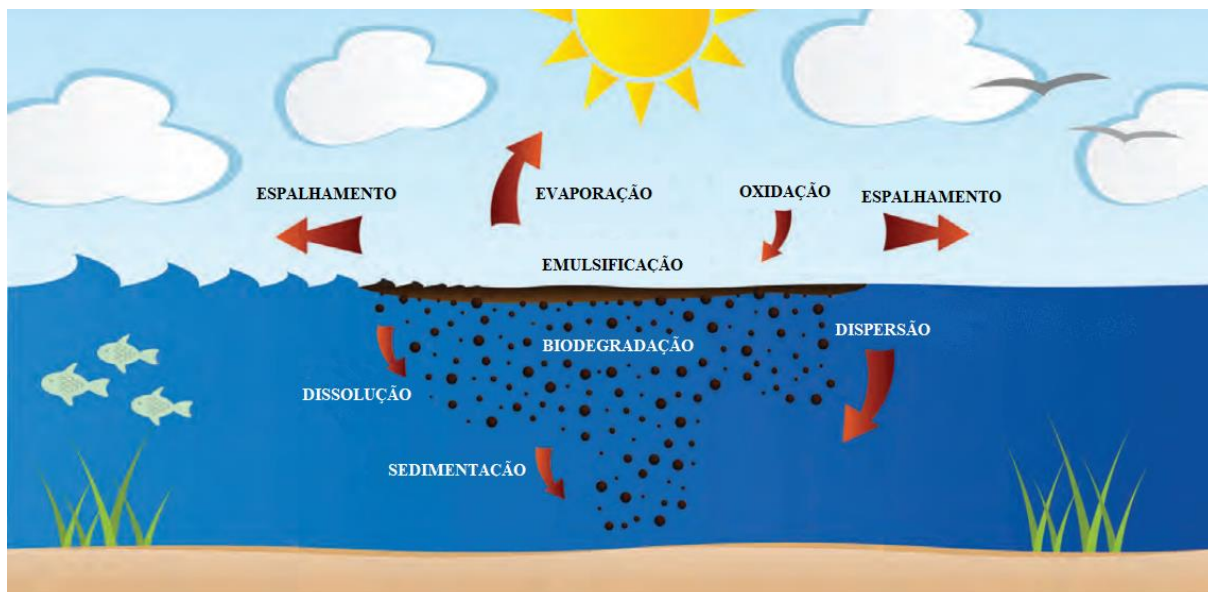
Figura 4 – Aspecto do óleo encontrado nas praias brasileiras.



Fonte: Lourenço et al., 2020.

Após um evento de derramamento, a mancha de óleo, em seu percurso em direção à costa ou alto mar, sofre uma série de processos intempéricos que são influenciados por diversos fatores como: temperatura, pH, umidade, radiação solar, presença de bactérias, além das propriedades físico-químicas do óleo derramado (CALIXTO, 2011). Geralmente, os processos de espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução ocorrem nos primeiros estágios de derramamento, enquanto a oxidação, sedimentação e biodegradação são processos de longo prazo e definem o destino final do óleo (Figura 5) (ITOPF, 2011).

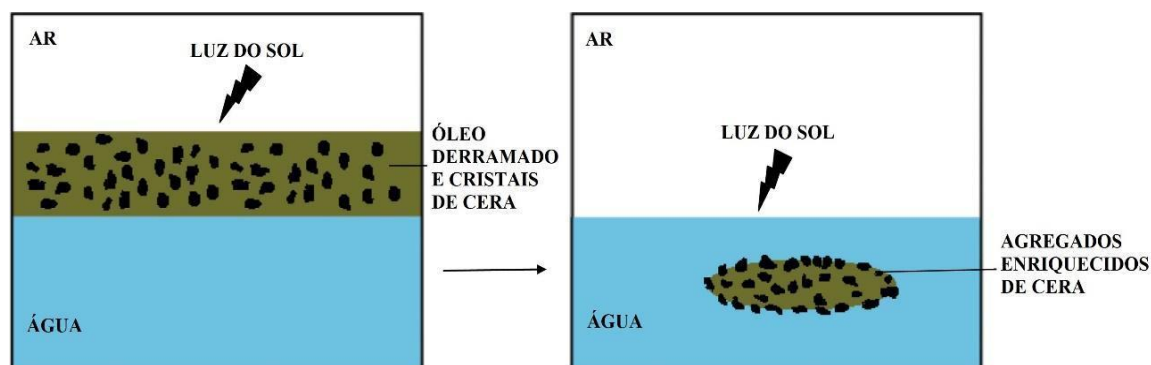
Figura 5 – Processos de intemperismo que atuam sobre o óleo no mar.



Fonte: Adaptado de ITOPF (2011).

Segundo Lourenço et al. (2020), o óleo derramado no Brasil teve tempo suficiente para passar por tais processos de intemperismo, o que revela um extenso transporte no oceano tropical. A partir de análises realizadas pode-se supor que, devido a uma combinação de precipitação de cera causada pela perda dos componentes do solvente e turbulência no mar, houve uma redistribuição da cera do petróleo. Isso pode ter protegido os hidrocarbonetos da luz solar devido ao transporte em subsuperfície do mar, reduzindo assim sua exposição às ondas UV (Figura 6) (LOURENÇO et al., 2020). Essa hipótese pode explicar o aspecto sólido do óleo encalhado nas praias brasileiras, além de que foi visto que a degradação do óleo pela luz solar ocorreu minimamente nas análises químicas (LOURENÇO et al., 2020).

Figura 6 - Mecanismo de redistribuição de componentes de cera e formação de agregados enriquecidos com cera.



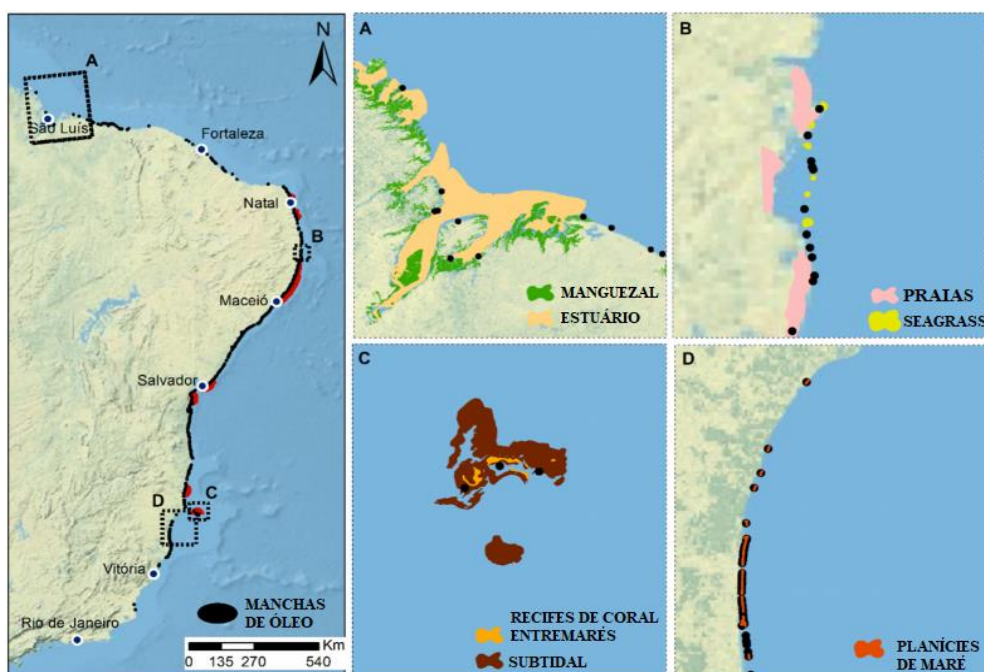
Fonte: Adaptado de Lourenço et al. (2020).

Esse petróleo bruto é uma mistura complexa de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), hidrocarbonetos (alcanos, cicloalcanos e hidrocarbonetos aromáticos) e compostos não-hidrocarbonados (ALMEDA et al., 2013). Sendo assim, a sua toxicidade e impacto biológico pode variar em função dos compostos constituintes em contato com o ambiente aquático (CALIXTO, 2011). Dentre os principais poluentes orgânicos citados, estão os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) que se destacam por sua ampla distribuição e pelas suas características mutagênicas, tóxicas e carcinogênicas. Os hidrocarbonetos são substâncias formadas especificamente de carbono e hidrogênio, sendo os HPAs compostos por dois ou mais anéis de benzeno conjugados. Os HPAs que apresentam entre 4 e 6 anéis aromáticos são altamente mutagênicos e carcinogênicos, enquanto que os de 2 e 3 anéis aromáticos, apesar de menos mutagênicos, são altamente tóxicos (USEPA, 1990; PEREIRA NETTO et al., 2000; IARC, 2009). Esses contaminantes fazem parte do grupo de compostos conhecidos como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), os quais possuem características de maior persistência no ambiente, baixa biodegradabilidade e alta lipofilicidade, necessitando de maior atenção sob o ponto de vista ambiental e saúde pública das comunidades atingidas (TANIGUCHI, 2001). Dessa forma, os impactos desse derramamento no Brasil são devastadores para os ecossistemas costeiros e marinhos tropicais associados (recifes de corais, bancos de algas calcáreas, manguezais, praias, estuários, bancos de fanerógamas marinhas) (MAGRIS & TOMMASO, 2020).

1.3 Impactos na biodiversidade

Magris e Giarrizzo (2020) avaliaram a sobreposição de manchas de óleo relatadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (2019) em mapas de distribuição de habitats costeiros marinhos (Figura 7). Nisso, foi constatado que diferentes tipos de habitats costeiros haviam sido expostos aos resíduos do óleo, sendo estes: estuários (4.929,74 km²), manguezais (489,83 km²), seagrass beds (324,77 km²), praias (185,3 km²), planícies de maré (63,64 km²) e recifes de coral entremarés (45,95 km²) e subtidais (9,69 km²). As diferenças nas extensões dos habitats frente a poluição se dá pela distribuição natural destes, bem como às diferenças nos movimentos de poluentes (MAGRIS; GIARRIZZO 2020) e a alta ocorrência de manguezais e estuários em Pernambuco e Alagoas (que juntos receberam mais de 75% do óleo coletado). Vale ressaltar que esse derramamento causa impactos adicionais sobre ecossistemas que já são ameaçados por outros fatores de estresse como urbanização, lixo marinho, poluição urbana, entre outros (SOARES et al., 2017).

Figura 7 – Mapas sobre a extensão do impacto do derramamento de óleo nos habitats costeiros marinhos entre agosto e dezembro de 2019.



Fonte: Adaptado de Magris e Giarrizzo, 2020.

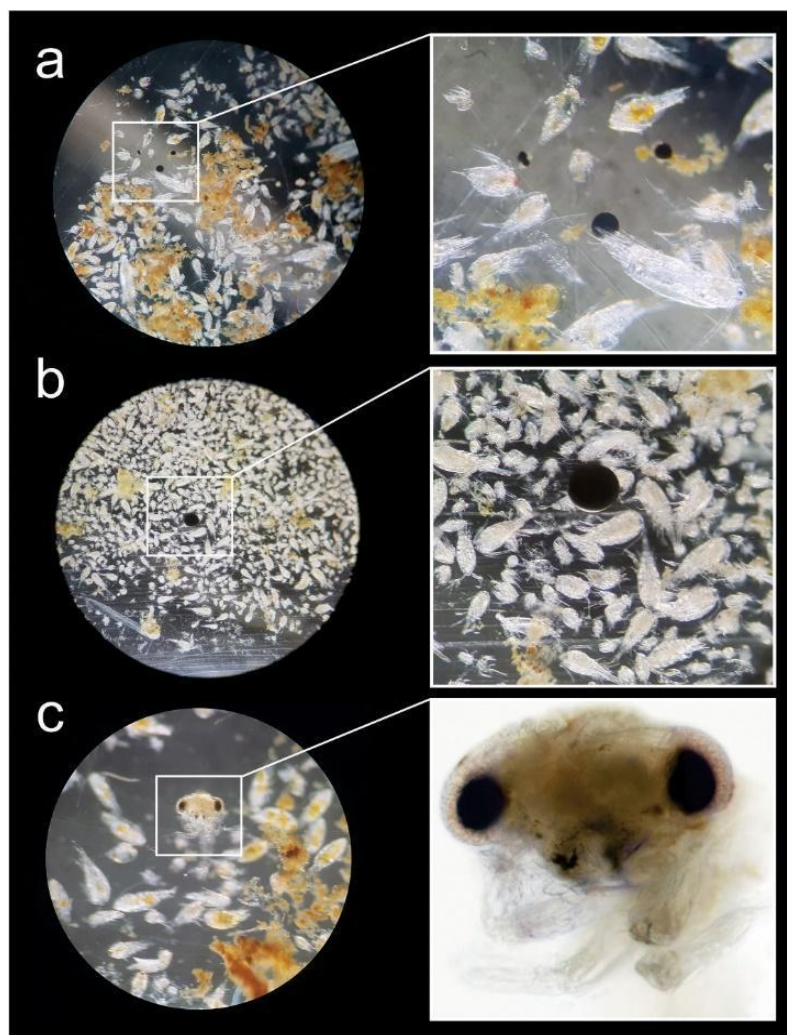
A fauna e a flora são impactadas gravemente por efeitos físicos (como sufocamento e luz reduzida), efeitos ecotoxicológicos e no seu habitat (com pH alterado, diminuição do oxigênio dissolvido e diminuição da disponibilidade de alimentos) (WEIS, 2014, 2015; YIM et al., 2020). Isso tudo vai influenciar o comportamento dos organismos, afetando suas capacidades natatórias, capturas de presas, reprodução, entre outros (MACIEL et al., 2015, TORREIROMELO et al., 2015; WEIS, 2015). A caracterização química do óleo mostrou que ainda há presença de hidrocarbonetos leves, o que aumenta o risco de perda de biodiversidade costeira e serviços ambientais, afetando a estrutura e dinâmica das comunidades bentônicas, planctônicas e nectônicas (MAGRIS; GIORRIZZO, 2020; LOURENÇO et al., 2020; SOARES et al., 2020a).

Os relatórios estimaram que pelo menos 55 unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral no Atlântico Sul Tropical foram afetadas por frações do óleo (SOARES et al., 2020a). As manchas atingiram importantes unidades de conservação que protegem áreas protegidas de recifes de coral como a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais e o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, sendo estes abrigos para o maior complexo de recifes de coral do Atlântico Sudoeste, além de apresentarem riqueza significativa de moluscos prosobrânquios (BARROSO et al., 2016) e peixes recifais (PINHEIRO et al., 2018) (SOARES et al., 2020a). Essas unidades de conservação afetadas são de extrema importância para a biodiversidade, bem como para serviços ecossistêmicos, sendo estes: fornecimento de alimentos, manutenção da biodiversidade, ciclagem de nutrientes, áreas de reprodução e berçários, lazer e recreação (SOARES et al., 2020a).

Os impactos do derramamento do óleo estão sendo avaliados também nas redes tróficas marinhas como ovos, fases larvais, organismos filtradores e de interesse comercial. Campelo et al., (2021) mostrou a contaminação por óleo em copépodes, larvas de caranguejos e poliquetas, que são a base de redes tróficas essenciais (Figura 8). Além disso, o último relatório sobre a vida marinha afetada apresentado pelo IBAMA continha um total de 159 animais contaminados, dos quais 112 morreram. Destes, 105 eram tartarugas-marinhas que são espécies ameaçadas de extinção (Figura 9) (IBAMA, 2019). Nas águas costeiras, pelo menos 27 espécies foram consideradas especialmente vulneráveis ao óleo, incluindo 11 elasmobrânquios (como *Carcharhinus perezii*, *Mobula thurstoni*, *Pristis pristis*), 10 peixes ósseos (como *Epinephelus itajara*, *Hippocampus reidi*, *Megalops atlanticus*), 5 invertebrados (como *Mussismilia harttii*, *Luidia senegalensis*, *Eustrombus goliath*) e 2 mamíferos (*Sotalia*

guianensis, *Trichechus manatus*) (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020; MAGALHÃES et al., 2020; SOARES et al., 2020a,b).

Figura 8 – Imagens da análise realizada para o impacto do óleo no plâncton: (a e b) gotículas de óleo cru intercaladas entre o microzooplâncton; c) Organismo planctônico oleado (*Brachyura zoea*) com manchas de óleo no aparelho oral.



Fonte: Campelo et al. (2021).

Figura 9 – Animais oleados durante o evento do derramamento de óleo no Brasil (2019).



Fonte: Mídia cidadã (2019/2020).

1.4 Impactos socioeconômicos

Além de impactar a biodiversidade costeira, o derramamento de óleo afetou gravemente as comunidades pesqueiras tradicionais, visto que os recursos pesqueiros que constituem majoritariamente a sua renda e dieta não podiam ser vendidos ou consumidos (ARAÚJO et al., 2020). Estimativas iniciais indicavam que mais de 159.000 pescadores distribuídos ao longo da costa nordestina foram afetados, sendo que desde 2011 o Governo Federal não atualiza os dados sobre os mesmos (SOARES et al., 2020a). Isto indica que este número pode estar subestimado (SOARES et al., 2020a), podendo chegar a cerca de 503.692 pescadores gravemente afetados (MAGRIS; GIARRIZZO, 2020).

Os pescadores receberam ajuda do governo através de uma decisão judicial efetivada por meio da Medida Provisória n. 908, de 28 de novembro de 2019 (BRASIL, 2019). Contudo, outros setores da economia continuaram sem apoio financeiro. A Bahia, o Pernambuco e o Ceará são as três maiores economias do Nordeste, tendo o turismo como uma

de suas principais fontes de renda (CÂMARA et al., 2021). O turismo no Brasil faturou R\$ 20,3 bilhões até outubro de 2019, sendo o Nordeste responsável por 13% desse valor (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO [CNC], (2019); CÂMARA et al., 2021). Além disso, dos 10 destinos nacionais mais procurados no segundo semestre de 2019, seis foram cidades litorâneas da região Nordeste, tendo Fortaleza como o principal destino (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2019; CÂMARA et al., 2021). A partir disso, as consequências socioeconômicas do derramamento de óleo são enormes, o que pode agravar ainda mais as desigualdades no Nordeste (MAGALHÃES et al., 2020; RIBEIRO et al., 2020). A recuperação econômica da região demandará tempo, devido ao fato de que o impacto das manchas afeta diretamente o cenário turístico, reduzindo assim o fluxo de turistas para a região (ANDRADE et al., 2010; NELSON et al., 2018; CÂMARA et al., 2021).

Ademais, as pessoas mais afetadas pela crise foram as que fizeram o máximo para resolver o problema. As comunidades locais criaram rapidamente uma rede de colaboração para limpar o óleo utilizando todos os recursos que tinham, além de pressionar os governos locais e nacionais por assistência (Figura 10). Os voluntários da sociedade civil e Organizações Não-Governamentais (ONGs) foram responsáveis pela maior parte da remoção do resíduo de óleo, mesmo sem nenhuma ação governamental para monitorar a saúde dos voluntários (LOURENÇO et al., 2020). Em Pernambuco, segundo o relatório da Secretaria Executiva de Vigilância Sanitária do Estado de Pernambuco (2019), houveram 149 casos de intoxicação por petróleo, com sintomas neurológicos, cutâneos, respiratórios e digestivos (ARAÚJO et al., 2020).

Figura 10 - Voluntários trabalhando na retirada do óleo na Praia de Itapuama (PE).



Fonte: Leo Motta (2019).

Os riscos toxicológicos em humanos por exposição ao óleo são graves, podendo levar à morte por envenenamento, principalmente associados aos compostos aromáticos (PENA et al., 2020). Os COVs, em particular o benzeno, têm sido associados a câncer (SAVITZ et al., 1997; BAAN et al., 2009; PENA et al., 2020), toxicidades hematológicas, imunológicas e disfunção renal, mesmo em níveis de exposição relativamente baixos (CHANG et al., 2018). Alterações hepáticas e hormonais, irritação respiratória e transtornos mentais, especialmente depressão, também têm sido amplamente descritas na literatura como efeitos a essa exposição (PALINKAS et al., 1993; GILLIS et al., 2007). Ademais, os HPAs são substâncias carcinogênicas que podem alterar as funções reprodutivas e imunológicas, o que agrava a exposição de crianças (AGUILERA et al., 2010). Avaliações de impacto mostraram que o efeito na cadeia alimentar em áreas afetadas pela poluição do petróleo pode perdurar por mais de 50 anos (PENA et al., 2020).

As comunidades nordestinas não tinham instruções e recursos suficientes para mitigar e amenizar totalmente o derramamento (GONÇALVES et al., 2020). Para isso, eles precisariam de recursos e apoio dos governos locais e nacionais. No entanto, o Governo Federal mostrou inércia e bastante negligência quanto à mitigação deste problema, o que contribuiu para o aumento dos impactos ecológicos e socioeconômicos (SOARES et al., 2020a,b).

1.5 Ações governamentais

A primeira notificação do IBAMA sobre o incidente foi em 30 de agosto de 2019, mas o primeiro comunicado encontrado no site do Instituto foi em 25 de setembro de 2019 (IBAMA, 2019). A Marinha só começou a se mobilizar em 26 de setembro de 2019, quase um mês depois (CÂMARA et al., 2021) e, de acordo com registros oficiais, o presidente do Brasil pediu uma investigação apenas no dia 5 de outubro de 2019 (BRASIL, 2019). Não houve também a adoção imediata e coordenada do Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC), elaborado em 2013, que estabelece a estrutura organizacional de resposta do governo ao acidente. Este Plano atribui responsabilidades a diversos órgãos, estabelece uma metodologia de resposta, da estrutura e organização financeira e permite que os Estados sejam chamados ao grupo para participar das decisões ou acompanhá-las (BRASIL, 2013; SOARES et al., 2020a). Para mais, no início de

2019 houve o encerramento de dois comitês que eram essenciais para a estruturação deste plano, sendo estes o comitê executivo, que representa a autoridade nacional do plano e é responsável pelo seu início; e o comitê de apoio, encarregado de fomentar a capacidade de resposta e propor acordos de cooperação internacional (SOARES et al., 2020a,b).

Devido à ausência de resposta do Governo Federal, o Ministério Público Federal dos nove estados do Nordeste entrou com uma ação judicial estabelecendo multa de R\$ 1 milhão de reais por dia em caso de descumprimento do PNC (SOARES et al., 2020a). A partir disso, o PNC só foi acionado em 11 de outubro de 2019 e ainda não completamente implementado (GONÇALVES et al., 2020). Ademais, os cientistas brasileiros que possuem conhecimentos em modelagem e dispersão de óleo só foram convidados a fazer parte do grupo de trabalho do governo em 16 de novembro de 2019, quando o governo criou grupos de trabalho científico (GONÇALVES et al., 2020). A desorganização e a resposta inadequada levaram a um apelo ao voluntarismo, mobilizando milhares de pessoas que estavam desprotegidas para a remoção de resíduos de óleo, muitas vezes manualmente e sem as instruções ou equipamentos necessários, refletindo a falta de recursos financeiros e humanos ao lado da fragilidade organizacional de atividades de saúde (PENA et al., 2020).

O Ceará foi um dos estados que recebeu razoavelmente óleo, estando em 5º lugar entre 11 estados (SOARES et al., 2021). No entanto, as manchas continuaram reaparecendo no litoral cearense até 2020, afetando os ecossistemas litorâneos, inúmeras colônias de pescadores e o turismo da região. À vista disso, é necessário realizar uma avaliação da distribuição do óleo no litoral do Ceará e suas consequências, ante a importância desses ecossistemas para a região nordestina bem como para uma melhor gestão e conservação da biodiversidade. Essa avaliação inédita será feita nesse trabalho de investigação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a distribuição espacial e temporal da ocorrência de óleo frente ao derramamento de 2019-2020 na costa do Ceará, Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

1. Examinar quais municípios do litoral cearense tiveram mais registros em relação a quantidade de óleo;
2. Verificar quais Unidades de Conservação (UC) foram afetadas pelo óleo;
3. Averiguar quais meses obtiveram a maior quantidade de óleo que chegou à costa;
4. Analisar e relacionar os municípios cearenses impactados pelo evento de derramamento de óleo com os seus respectivos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil, apresentando um litoral com cerca de 573 km de extensão (Figura 11) (CLAUDINO-SALES, 2014). A sua capital, Fortaleza, está situada nesta zona litorânea, sendo a quinta cidade mais populosa do Brasil, contando com uma população de 2,6 milhões de habitantes (IBGE, 2020). A zona costeira cearense consiste em praias arenosas que variam de 50 a 500 metros, geralmente apresentando baixa inclinação e irregularmente interrompidas por pontas litorâneas, falésias, *beachrocks* e estuários com manguezais. (CLAUDINO-SALES, 2014; HESP et al., 2009).

Figura 11 – Litoral do Estado do Ceará, destacando em verde escuro os municípios com área costeira e marinha.



Fonte: A autora (2021).

3.1.1 Características climatológicas e meteorológicas

O clima predominante na região é o tropical semiárido, caracterizado por dois períodos bem definidos: um seco e longo, e outro úmido e curto; além de elevadas temperaturas (AZEVEDO; SILVA; RODRIGUES, 1998). Devido à proximidade da linha do Equador, as temperaturas médias mensais do ar variam de 21,8°C a 30,7°C (INMET, 2010), sendo o primeiro semestre o de clima mais ameno (MORAIS, 1980). A pluviosidade média anual é de 1440 mm, com maior concentração no primeiro semestre e vai diminuindo gradativamente no restante do ano até atingir os valores mínimos nos meses de setembro a novembro. (MAIA, 1998).

Em relação a temperatura da superfície do mar (TSM), as médias estão entre 27°C e 29°C, com os valores máximos ocorrendo entre os meses de março e junho, chegando a 28,9°C em março, e os valores mínimos, alcançados em setembro, por volta de 26,5°C (SOARES et al., 2019). O regime de marés na região pode ser caracterizado como de meso-marés, com periodicidade semi-diurna de 12,4 h (MAIA, 1998). As correntes marítimas no litoral cearense são resultantes da ação dos ventos, sendo estas orientadas na direção noroeste, com a velocidade sempre abaixo de 1 nó, dependendo da intensidade dos ventos e das marés (MORAIS, 1980). Próximo à linha de costa, o comportamento das correntes de deriva litorâneas é bastante sensível à incidência das ondas (CLAUDINO-SALES, 2014).

O principal sistema meteorológico que produz o padrão dos ventos da região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (SILVA, 2006), o que acarreta numa sazonalidade na intensidade e direção dos ventos (FREITAS, 2015). A velocidade dos ventos no Ceará possui uma variação mensal entre 3,7 e 6,8 m/s, sendo os meses de fevereiro, março e abril os que apresentam os menores valores. Já nos meses de agosto a novembro, tanto os ventos alísios quanto as brisas marinhas se intensificam, havendo predomínio dos ventos alísios de leste com uma velocidade média de 6,8 m/s (MORAIS, 1980).

3.1.2 Caracterização dos ambientes costeiros e marinhos e sua biodiversidade na área de estudo

O Ceará apresenta em sua zona costeira um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental. Ao longo do litoral, encontram-se ambientes de planícies flúvio-marinhas com manguezais, planícies flúvio-lacustres, terraços marinhos, falésias, cordões arenosos, campos de dunas móveis e fixas, além de pontas, pontais e promontórios que são considerados importantes para a manutenção do equilíbrio costeiro.

Os manguezais e regiões estuarinas são um dos ecossistemas costeiros mais produtivos das regiões tropicais e subtropicais do mundo (BARBIER, 1997). É uma fonte de alimentação, abrigo, local de reprodução e berçário para inúmeros organismos marinhos (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). No Ceará, os manguezais se desenvolvem medianamente ao longo da costa devido à falta de água doce (chuva e vazão dos rios), o que os limitam às regiões de desembocadura dos rios (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). Pode-se citar como exemplos o Estuário do Rio Jaguaribe, o Estuário do Rio Mundaú e o manguezal do Rio Cocó. É constituído de uma ampla diversidade de animais, principalmente de interesse econômico, como o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) e o sururu (*Mytella falcata*) (ALVES, 1975; CARDOSO, 2009).

No tocante às dunas, as semi-fixas e móveis são a geração mais recente que ainda não foi fixada pela vegetação. São desprovidas de cobertura vegetal, embora algumas plantas muito resistentes cresçam nas areias pobres em nutrientes e altamente móveis, como o Cajueiro (*Anacardium occidentale*) e o Murici (*Byrsonima crassifolia*) (MORO et al., 2015). Nas dunas fixas, há a presença de vegetação rasteira ou podem ser ocupadas por plantas lenhosas formando um arbustal ou uma floresta de pequeno a médio porte (MORO et al., 2015). Nas áreas mais abertas, degradadas ou sob forte influência antrópica predominam pássaros como bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) e o carcará (*Caracara plancus*). Já nas áreas com vegetação mais densa de dunas ou de tabuleiro, que propiciam abrigo e alimentação a diversas espécies de animais, é frequente a presença de lagartos, cobras, anfíbios, mamíferos e aves de maior porte (OLIVEIRA, 2021).

Encontra-se também na zona costeira os bancos de traqueófitas e macroalgas, principalmente na região do Banco dos Cajuais (Icapuí-CE), que apresenta grande importância

ambiental e econômica. Nele se concentra mamíferos marinhos, quelônios e peixes de interesse comercial que utilizam a área para alimentação, proteção e descanso. O peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*), única espécie da Ordem Sirenia que ocorre no litoral (SEMA, 2020), se alimenta da fanerógama marinha capim-agulha (*Syringodium filiforme*) que compõe a região, sendo esta sua principal fonte de alimentação (COSTA, 2006).

Outro ecossistema de extrema relevância são as áreas recifais. Sua importância se dá devido à capacidade do ambiente de fornecer abrigo, alimentação, berçário, suporte e substrato para crescimento de diversas espécies da flora e fauna marinha (KAPLAN, 1982; LEVINTON, 1995; PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009; SHEPPARD, et al., 2009). Outra característica bastante relevante dos recifes é a sua importância socioeconômica baseada nos seus serviços ecossistêmicos, como a proteção à linha de costa contra a ação das ondas. Duas das espécies de corais registradas no Ceará são a *Siderastrea stellata*, que é endêmica dos recifes brasileiros, e a *Montastraea cavernosa* (LABOREL, 1969). Ambas são espécies bastante resilientes (SOARES et al., 2020c), ocorrendo predominantemente em regiões rasas, geralmente expostas durante a baixamar, que possuem temperaturas superficiais elevadas, típico de zonas tropicais, com alto grau de turbidez e salinidade (SOARES et al., 2011).

Em relação à biodiversidade de fauna marinha, o inventário de peixes marinhos do Ceará inclui cerca de 400 espécies (XAVIER et al., 2021). Destas, 26 ordens e 84 famílias correspondem aos peixes ósseos, como o mero (*Epinephelus itajara*) e o pargo (*Pagrus pagrus*); e 10 ordens e 23 famílias as espécies de peixes cartilagosos. Estes últimos são compostos por: tubarões, com 37 espécies, como o cação (*Rhizoprionodon porosus*) e o tubarão-martelo (*Sphyrna tiburo*); raias, com 20 espécies, sendo duas delas *Hypanus marianae* e a *Rhinoptera bonasus*; e quimeras, apresentando 1 espécie (*Hydrolagus sp.*) (XAVIER et al., 2021).

Sobre os quelônios, todas as 5 espécies de tartarugas-marinhas que ocorrem no Brasil também são encontradas no Ceará, quais sejam: tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), sendo a mais avistada; tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*); tartaruga-gigante ou de-couro (*Dermochelys coriacea*); tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*); e tartaruga-oliva (*Lepidochelys oivacea*) (MENEZES, 1972). Já em relação aos cetáceos, Alves-Júnior et al., (1996) fez o registro das ocorrências para o litoral do Ceará, sendo avistadas 10 espécies, entre elas o boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*), sendo a espécie mais comum, e o cachalote (*Physeter macrocephalus*).

Dentre as 130 espécies de mamíferos marinhos reconhecidas no mundo (incluindo cetáceos, sirênios, pinípedes, alguns mustelídeos e o urso polar), cerca de 58 são registradas no Brasil (ICMBio, 2011). Destas, 25 ocorrem no Ceará, abrangendo representantes das ordens Cetartiodactyla e Sirenia (CARVALHO et al., 2021). Na Ordem Cetartiodactyla, são registradas 24 espécies de baleias e golfinhos, classificadas em cinco famílias (Balaenopteridae, Physteridae, Kogiidae, Delphinidae e Ziphiidae) (CARVALHO et al., 2021).

Vale ressaltar os pássaros costeiros da região. No Estado do Ceará existem 431 espécies registradas de pássaros, tais como os Martins-pescadores (*Ceryle torquata*, *Chloroceryle amazona* e *Chloroceryle americana*), batuíruçu-de-axila-preta (*Pluvialis squatarola*) e o batuíra-de-bando (*Charadrius semipalmatus*) (GIRÃO-E-SILVA; CROZARIOL, 2021).

3.2 Coleta e Análise de dados

Para realizar a avaliação espaço-temporal das localidades atingidas no Ceará, foi necessário a coleta de dados em relatórios de monitoramento dos órgãos ambientais Federal (IBAMA) e Estadual (SEMA). O IBAMA atuou no monitoramento e na gestão da emergência do derramamento de óleo desde o dia 2 de setembro de 2019. O Instituto estabeleceu uma série de ações em parceria com a Marinha, Polícia Federal, Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (ANP), Petrobras e órgãos ambientais estaduais e municipais, a fim de determinar procedimentos para a mitigação dos danos, como: orientar as equipes e os voluntários; direcionar as ações de resposta à fauna; orientar sobre a destinação de resíduos; e sobre a limpeza das praias, definindo prazos das ações e quais os ambientes prioritários. Do dia 02/09/2019 a 19/03/2020, os técnicos do Instituto monitoraram as áreas atingidas pelo óleo (Figura 12) e produziram relatórios regulares sobre as condições verificadas em campo.

Figura 12 – Monitoramento sendo realizado na Praia de Apiques/Itapipoca em 30/12/2019 pela Marinha do Brasil/SEMA/IBAMA.



Fonte: SEMA (2019).

Foi compilado e publicado pelo IBAMA os mapas e tabelas com todos os locais onde foram encontradas manchas de óleo no Brasil. Os dados sobre o Ceará foram obtidos no dia 23 de abril de 2021, através da plataforma do órgão ambiental federal sobre o óleo, em “Manchas de óleo”>“Localidades atingidas”, na qual se tem os relatórios disponíveis para download em dois formatos (.pdf e .xlsx). As tabelas disponíveis traziam as seguintes informações: o nome de cada localidade em que foi verificado a presença de manchas, município, data do primeiro avistamento, estado, latitude, longitude, data em que a localidade foi revisitada e status do local no momento.

Os dados filtrados das tabelas disponibilizadas foram compiladas em uma só, na qual consta todas as informações disponíveis referente às manchas de óleo no litoral cearense (Figura 13). As datas de revisão dos pontos são diferentes entre si, assim como a quantidade de revisões por local também. Apoiado nisso, foi possível determinar em quais pontos o óleo reapareceu depois de um determinado período bem como quais locais não houveram revisões do órgão ambiental federal. O status do local foi classificado em três categorias a depender do nível de contaminação (Tabela 3), sendo estas: “Oleada/Vestígios Esparsos” (Figura 14), “Oleada/Manchas” (Figura 15) e “Sem óleo” (Tabela 3).

Figura 13 – Imagem de parte da planilha com os dados do Ceará filtrados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	MUNICÍPIO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	DATA AVISTAMENTO	STATUS	DATA REVISÃO 1	STATUS 1	DATA REVISÃO 2	STATUS 2	DATA REVISÃO 3	STATUS 3	DATA REVISÃO 4
2	Beberibe	Morro Branco	04° 09' 17.58" S	38° 06' 22.53" W	07/09/2019	Oleada	03/11/2019	-Vestígios/Es	04/11/2019	Sem óleo	05/11/2019	Sem óleo	06/11/2019
3	Beberibe	Morro Branco	04° 09' 16.00" S	38° 06' 32.00" W	07/09/2019	Oleada	08/10/2019	-Vestígios/Es	03/11/2019	Sem óleo			
4	Beberibe	Barra da Sucatinga	04° 15' 10.00" S	38° 00' 27.00" W	08/09/2019	Oleada	09/10/2019	Sem óleo	04/11/2019	Sem óleo	08/11/2019	Sem óleo	11/11/2019
5	Aquiraz	Praia da Prainha	03° 54' 7.25" S	38° 20' 41.80" W	10/09/2019	Oleada	09/10/2019	-Vestígios/Es	01/11/2019	Sem óleo	04/11/2019	Sem óleo	07/11/2019
6	Paracuru	Paracuru	03° 24' 13.63" S	39° 1' 5.82" W	23/09/2019	Oleada	09/10/2019	-Vestígios/Es	18/10/2019	-Vestígios/Es	10/11/2019	-Vestígios/Es	19/11/2019
7	Gonçalo do Amara	Praia da Taiba	03° 30' 53.00" S	38° 52' 52.00" W	23/09/2019	Oleada	09/10/2019	-Vestígios/Es	18/10/2019	Sem óleo			
8	Gonçalo do Amara	Praia da Taiba	03° 32' 35.00" S	38° 50' 44.00" W	23/09/2019	Oleada	09/10/2019	-Vestígios/Es	18/10/2019	Sem óleo	13/11/2019	Sem óleo	15/11/2019
9	Fortaleza	Sabiaguaba	03° 48' 00.30" S	38° 25' 02.49" W	26/09/2019	Oleada	02/10/2019	Em limpeza	11/10/2019	Em limpeza	17/10/2019	-Vestígios/Es	04/11/2019
10	Joca de Jericoacoara	Malhada	02° 47' 26.00" S	40° 31' 05.00" W	26/09/2019	Oleada	29/09/2019	Sem óleo	03/10/2019	Sem óleo			
11	Fortim	Pontal do Maceió	04° 25' 22.27" S	37° 46' 08.90" W	28/09/2019	eada - Vestígios/Esparsos	10/10/2019	Sem óleo	24/10/2019	-Vestígios/Es	31/10/2019	-Vestígios/Es	02/11/2019
12	Barroquinha	Praia da Lama	02° 56' 22.40" S	41° 19' 25.18" W	28/09/2019	eada - Vestígios/Esparsos	24/10/2019	Sem óleo	12/11/2019	Sem óleo	16/11/2019	Sem óleo	
13	Paraipaba	Lagoinha	03° 20' 49.00" S	39° 06' 48.00" W	01/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	18/10/2019	-Vestígios/Es	08/11/2019	-Vestígios/Esparsos			
14	Fortaleza	Praia do Futuro	03° 44' 59.00" S	38° 26' 46.97" W	06/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	04/11/2019	Sem óleo	13/11/2019	Sem óleo			
15	Aquiraz	Praia da Prainha	03° 53' 57.62" S	38° 20' 53.20" W	09/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	21/11/2019	Sem óleo					
16	Cascavel	Caponga	04° 2' 12.31" S	38° 11' 59.62" W	14/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	23/10/2019	Sem óleo	04/11/2019	Sem óleo	13/11/2019	Sem óleo	14/11/2019
17	Aracati	Quixaba	04° 34' 9.615" S	37° 39' 22.40" W	14/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	01/11/2019	Sem óleo	03/11/2019	Sem óleo	06/11/2019	Sem óleo	07/11/2019
18	Icapui	Praia de Barreiras	04° 40' 39.63" S	37° 23' 40.81" W	21/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	01/11/2019	Sem óleo	02/11/2019	Sem óleo	03/11/2019	Sem óleo	11/11/2019
19	Barroquinha	Praia de Bitupita	02° 53' 20.76" S	41° 16' 16.80" W	21/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	01/11/2019	Sem óleo	03/11/2019	Sem óleo	14/11/2019	Sem óleo	28/11/2019
20	Aracati	Canoa Quebrada	04° 31' 10.29" S	37° 42' 24.69" W	23/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	01/11/2019	Sem óleo	02/11/2019	Sem óleo	03/11/2019	Sem óleo	04/11/2019
21	Aracati	Praia da Majorlândia	04° 33' 15.08" S	37° 40' 10.78" W	24/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	25/10/2019	Sem óleo	01/11/2019	Sem óleo	02/11/2019	Sem óleo	03/11/2019
22	Cascavel	Praia da Barra Nova	04° 05' 26.42" S	38° 09' 21.15" W	25/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	01/11/2019	Sem óleo					
23	Aracati	Cumbe	04° 28' 01.00" S	37° 44' 36.00" W	26/10/2019	eada - Vestígios/Esparsos	03/11/2019	Sem óleo	07/11/2019	Sem óleo	08/11/2019	Sem óleo	14/11/2019
24	Icapui	Praia de Quitéria	04° 44' 48.52" S	37° 17' 04.02" W	01/11/2019	eada - Vestígios/Esparsos	02/11/2019	Sem óleo	03/11/2019	Sem óleo	07/11/2019	Sem óleo	08/11/2019

Fonte: A autora (2021).

Tabela 3 – Classificação do nível de contaminação do local.

Status	Descrição
OLEADA/MANCHAS	>10% de contaminação
OLEADA/VESTÍGIOS ESPARSOS	<10% de contaminação
SEM ÓLEO	Não apresenta contaminação

Fonte: A autora (2021).

Figura 14 – Exemplo de vestígios esparsos de óleo em Amontada em 31/12/2019.



Fonte: SEMA (2019).

Figura 15 – Exemplo de local com manchas na Praia de Sabiaguaba em Fortaleza (Ceará).



Fonte: SEMA (2019).

Em relação à SEMA, esta atuou de forma coordenada com o IBAMA e demais órgãos da estrutura estadual, como: a Superintendência do Meio Ambiente (SEMACE), Secretaria de Turismo (SETUR), Secretaria de Saúde, Secretaria de Ciência e Tecnologia do Ceará (SECITECE), Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Polícia Militar, Corpo de Bombeiros, Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN), Defesa Civil, Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial (NUTEC), Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), Companhia de Água e Esgoto (CAGECE), Associação de Pescadores do Ceará, Superintendência de Obras Públicas (SOP) e Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), além de prefeituras municipais, ONGs e empresas privadas.

O órgão estadual desenvolveu um formulário na qual possuía perguntas chaves para o registro das ocorrências, realizar um melhor monitoramento na área e como proceder a tal situação (Figura 16). Baseado nisso, os dados eram colocados em planilhas, apresentando informações como: a data de avistamento do óleo por local; barreiras de contenção instaladas; estuários, rios e manguezais contaminados; quantidade de material recolhido; Equipamentos de

Proteção Individuais (EPIs); animais atingidos; além de fotos e vídeos. Os dados foram disponibilizados por meio de solicitação junto à SEMA através de documentação informando sobre os objetivos não lucrativos do presente trabalho e transparência na divulgação dos dados posteriormente.

Figura 16 – Imagem de parte das planilhas disponibilizadas pela SEMA sobre os casos no Estado do Ceará.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a green header row containing the title 'FORMULÁRIO' and a sub-header 'Preencha os dados abaixo usando os links para as abas e digite as respostas das duas últimas perguntas desta aba'. Below the header, there are six numbered questions in green text, each followed by a text input field. The questions are: 6. 'Quais praias - destacando os municípios - foram atingidas? Qual o dia?' 7. 'Quais estuários, rios e manguezais foram atingidos por manchas de óleo?' 14. 'Foram implantadas barreiras de contenção em quais estuários? Mencionar metragem de cada barreira.' 18. 'Qual o efetivo mobilizado pelo governo estadual?' 22. 'Qual a quantidade de material recolhido e qual a destinação?' 26. 'Qual a quantidade de EPI's disponibilizados para o recolhimento dos materiais?'. At the bottom, there is a tab bar with five tabs: 'FORMULÁRIO', 'AVISTAMENTO DE ÓLEO', 'BARREIRAS DE CONTENÇÃO', 'ESTUÁRIOS, RIOS E MANGUEZAIS', and an ellipsis followed by a plus sign. The 'FORMULÁRIO' tab is currently selected.

Fonte: A autora (2021).

Fundamentado nisso, os dados foram tratados e compilados em uma única planilha no Excel, na qual foi verificado se os pontos monitorados pelo IBAMA e pela SEMA coincidiam, e caso não, estes eram adicionados à planilha principal para se ter a quantidade total de pontos monitorados no Estado, bem como quantos e quais municípios foram atingidos também. Cada par de coordenadas geográficas representa um ponto oleado, podendo este estar situado no mesmo local de determinado município. Foi calculada também a quantidade total de óleo recolhida no Ceará, bem como analisado qual mês se teve a maior quantidade de óleo chegado a costa. Pode-se também gerar gráficos sobre os pontos apresentados, de modo a melhorar a compreensão e visualização dos dados. Assim, se pode atingir os objetivos propostos nessa pesquisa, os quais incluem a análise espacial e temporal no litoral cearense.

Para a análise do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), os dados foram obtidos no dia 20 de maio de 2021, por meio da plataforma do Anuário do Ceará, na qual é possível conferir o IDH de cada município, além do ranking nacional e estadual dos mesmos.

A partir disso, foram coletados apenas os números correspondentes ao IDH dos municípios atingidos pelo óleo para a comparação de valores. Já em relação as Unidades de Conservação (UC), elencou-se as presentes no litoral do Ceará (federais, estaduais e municipais) através de mapas disponíveis na plataforma do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), e estes foram cruzados com as coordenadas geográficas monitoradas pelo IBAMA e pela SEMA. Além disso, também comparou-se com as UCs listadas por Soares et al., (2020a) para verificação da localização dos pontos monitorados. Os tipos de unidades de conservação foram determinadas com base no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9985, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise quantitativa do óleo registrado no Ceará

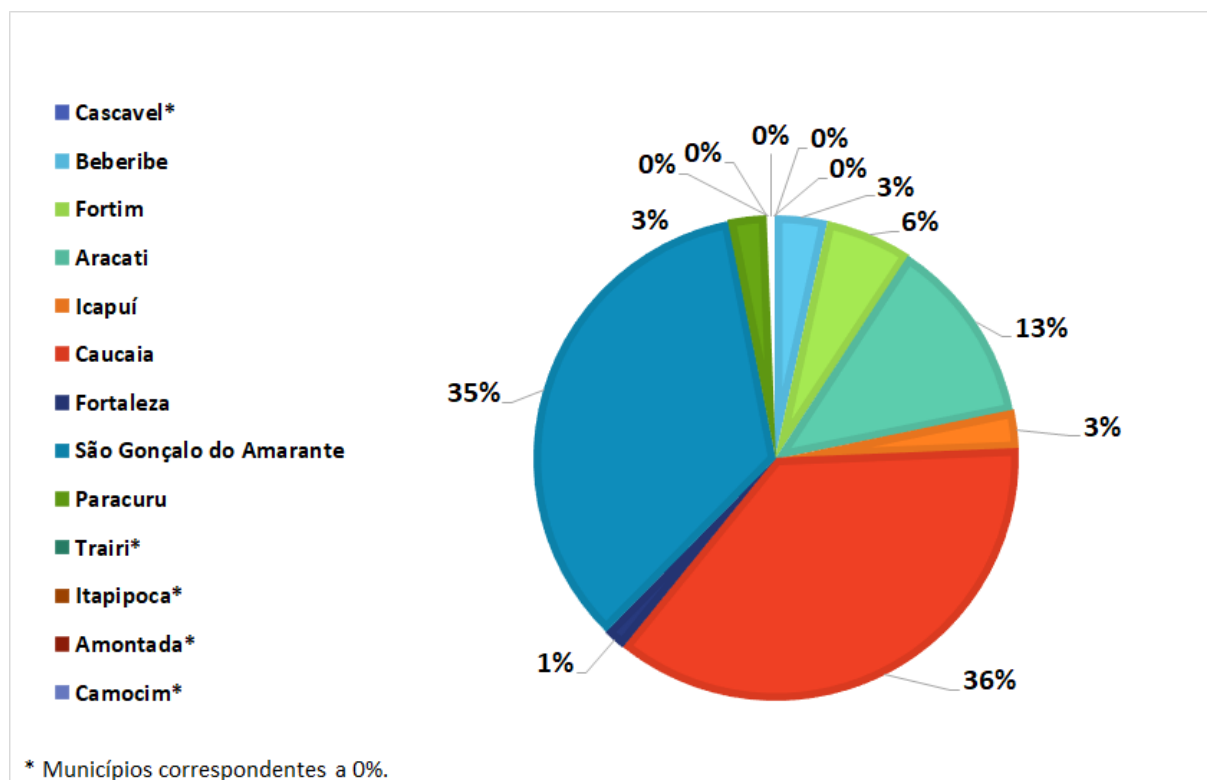
No total, foram recolhidos 39,75 toneladas de resíduos no litoral cearense. Contudo, esse total não corresponde apenas ao petróleo. Nele está incluído detritos e areia, além de restos de EPIs, possivelmente porque os municípios acabavam por misturar todos os resíduos proveniente das ações de limpeza e enviavam para coprocessamento (Figura 17). De acordo com os dados obtidos da SEMA, o local mais impactado foi a Caucaia, com 14,5 toneladas retiradas, seguido por São Gonçalo do Amarante, com 13,73 toneladas. Sendo assim, os dois municípios juntos correspondem a 70% do óleo encontrado no Ceará (Tabela 4 e Figura 18). De acordo com os registros, o mês de novembro de 2019 foi o que mais chegou óleo a costa cearense, com cerca de 37,47 toneladas recolhidas apenas nesse período, na qual só no dia 08/11/2019 foi recolhido a maior quantidade de resíduos do período, sendo este cerca de 8 toneladas oriundos da Caucaia e de São Gonçalo do Amarante (Figura 19). Nos demais municípios, a quantidade de óleo não foi tão expressiva, mas ainda assim não deixam de causar impacto. Após o recolhimento pelos órgãos ambientais, esses resíduos eram encaminhados para coprocessamento na Cimenteira Apodi, Unidade Quixeré.

Figura 17 – Exemplo de resíduos de Icaraizinho de Amontada enviados para coprocessamento.



Fonte: SEMA (2019).

Figura 18 – Porcentagem relacionada a quantidade de resíduos recolhidos por município.



Fonte: A autora (2021).

Tabela 4 – Quantidade em toneladas de resíduos coletados nos respectivos municípios.

MUNICÍPIO	QUANTIDADE DE PETRÓLEO/RESÍDUOS (TONELADAS)
Caucaia	14,5
São Gonçalo do Amarante	13,73
Aracati	5
Fortim	2,3
Beberibe	1,37
Icapuí	1,015
Paracuru	1
Fortaleza	0,6
Camocim	0,1
Amontada	0,08

Itapipoca	0,05
Trairi	0,01
Cascavel	0,0003
TOTAL	39,755

Fonte: Adaptado de SEMA (2019).

Figura 19 – Óleo encontrado na Praia do Cumbuco no dia 08/11/2019.



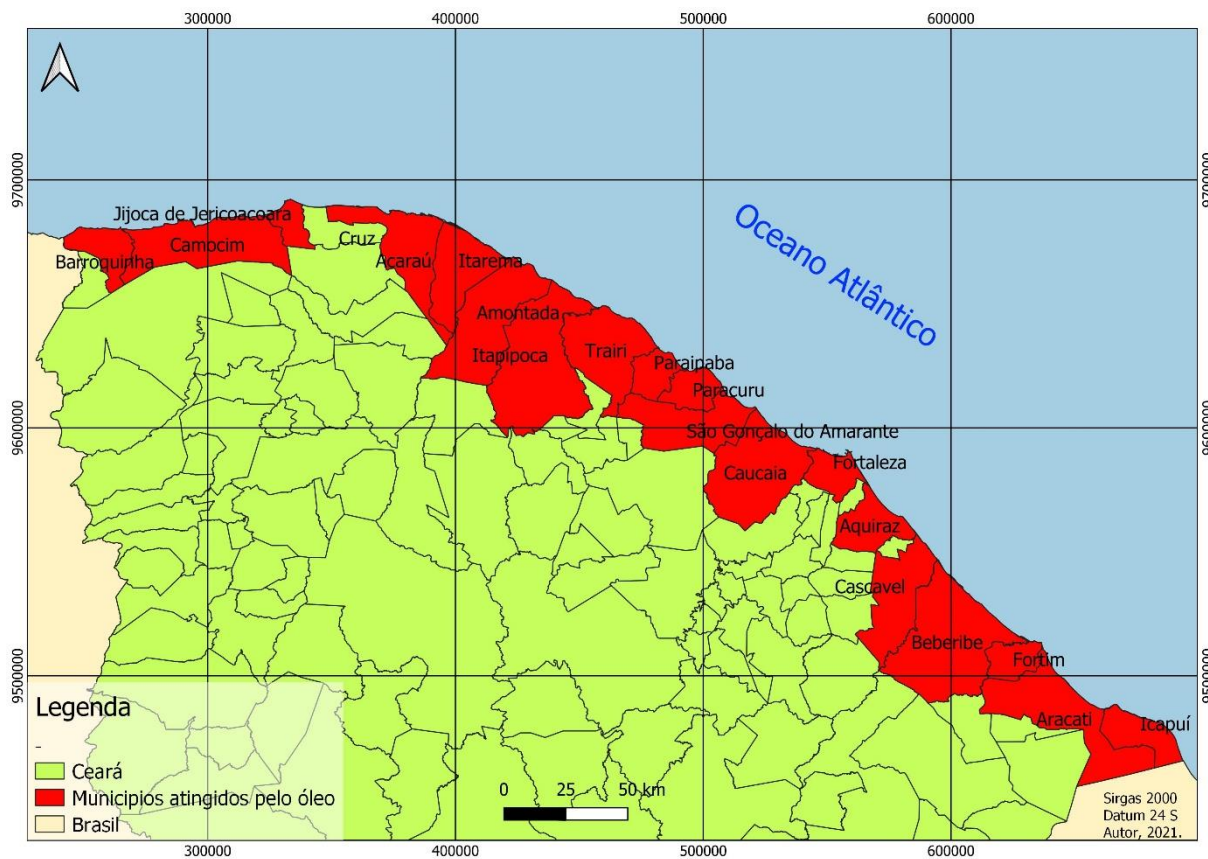
Fonte: SEMA (2019).

4.2 Pontos monitorados pelo IBAMA e SEMA

Como supracitado, o Ceará foi um dos estados que recebeu razoavelmente óleo (5º lugar entre 11 estados) (SOARES et al., 2021). Dos 20 municípios situados na costa cearense, 19 apresentaram ocorrências de contaminação (Figura 20), sendo estes: Beberibe, Aquiraz, Paracuru, São Gonçalo do Amarante, Fortaleza, Jijoca de Jericoacoara, Fortim, Barroquinha, Paraipaba, Cascavel, Aracati, Icapuí, Caucaia, Itarema, Trairi, Amontada, Acaraú, Camocim e Itapipoca. Esse resultado inédito indica que praticamente todos os municípios cearenses foram atingidos pelo evento de 2019/2020. O IBAMA e a SEMA monitoraram cerca de 101 pontos distribuídos irregularmente nesses municípios, do dia 07/09/2019 até 17/01/2020. Aracati,

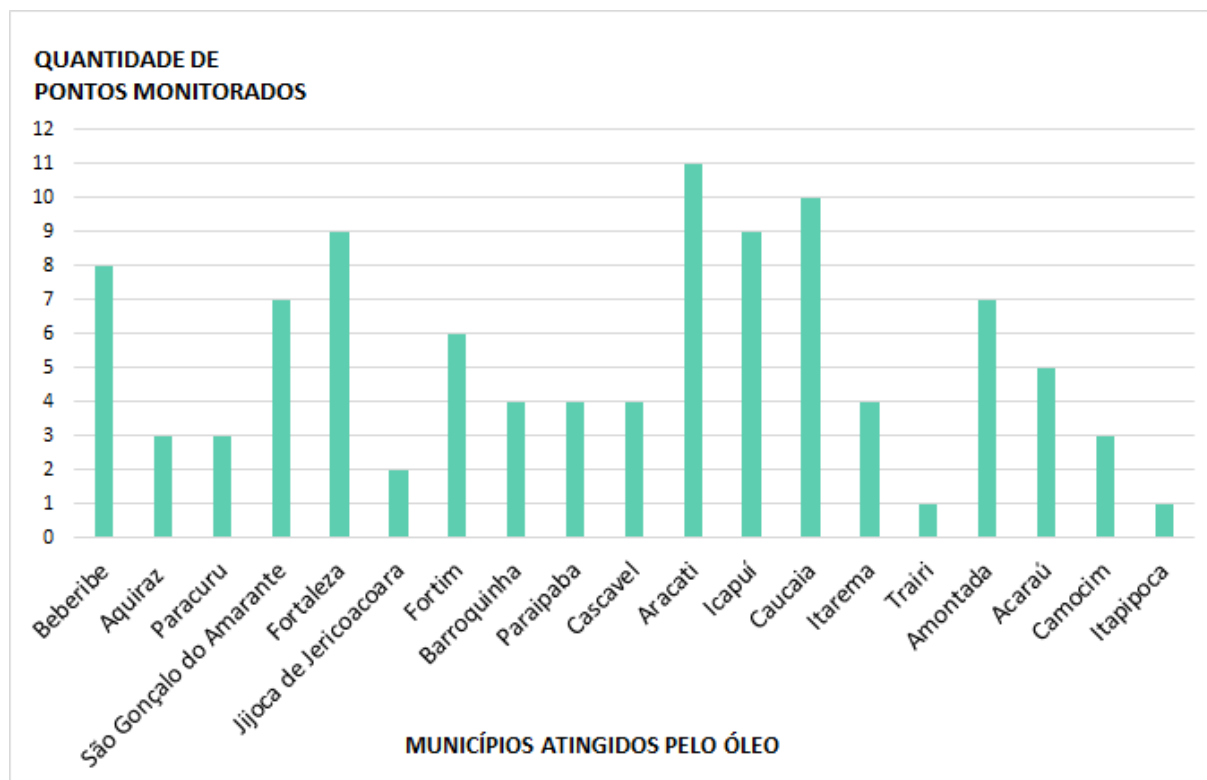
Caucaia, Icapuí e Fortaleza apresentaram a maior quantidade de pontos monitorados, respectivamente (Figura 21).

Figura 20 – Municípios afetados pelo óleo (em vermelho) na costa do Ceará pelo derramamento de petróleo ocorrido no Brasil (2019/2020).



Fonte: A autora (2021).

Figura 21 – Número de pontos monitorados em cada município atingido pelo óleo.



Fonte: A autora (2021).

Dos 101 pontos totais monitorados, 70 destes eram acompanhados pelo IBAMA e apresentavam informações sobre o status do local (como “Sem Óleo”, “Oleada/Vestígios esparsos” e “Oleada/Manchas”), bem como as datas de revisão. Já a SEMA monitorou 61 pontos, na qual, ao comparar estes com os pontos acompanhados pelo IBAMA, observa-se que o monitoramento por ambos os órgãos ambientais coincidiu em 30 pontos desses 61, e os 31 restantes acompanhados pela SEMA foram adicionados ao número total de pontos monitorados, mas sem informações sobre a classificação do status do local ou datas de revisões.

Desses 70 pontos do IBAMA, 14 não apresentaram óleo durante o primeiro avistamento ou revisões, e os 56 restantes apresentaram algum grau de contaminação durante o monitoramento. No entanto, a quantidade e a data das revisões também variaram por ponto monitorado. Dos 14 pontos constatados como “Sem Óleo”, 10 não apresentaram revisão após a data do avistamento e 4 foram revisitadas poucas vezes em datas bastante espaçadas. Além disso, no geral, 18 locais não obtiveram revisões, estando estes oleados ou não (Tabela 5).

Tabela 5 – Locais não revisitados pelo IBAMA.

LOCAIS NÃO REVISITADOS PELO IBAMA			
Local	Coordenadas Geográficas	Status	Data de avistamento
Cumbuco	03° 37' 32.16" S 38° 43' 41.42" W	Oleada/Vestígios esparsos	05/11/2019
Cumbuco	03° 37' 19.60" S 38° 44' 13.89" W	Oleada/Manchas	06/11/2019
Morro Branco	03° 43' 07.34" S 38° 31' 27.58" W	Oleada/Vestígios esparsos	06/11/2019
Cumbuco	03° 43' 7.341" S 38° 31' 27.57" W	Oleada/Vestígios esparsos	10/11/2019
Taíba	02° 51' 13.59" S 39° 57' 30.63" W	Oleada/Vestígios esparsos	10/11/2019
Volta do Rio	02° 51' 19.79" S 39° 57' 25.78" W	Oleada/Vestígios esparsos	10/11/2019
Cumbuco	03° 43' 7.341" S 38° 31' 27.57" W	Oleada/Vestígios esparsos	18/11/2019
Rio Coreaú	2° 54' 34.88" S 40° 50' 11.59" W	Sem óleo	10/12/2019
Rio Coreaú	2° 51' 45.46" S 40° 53' 15.60" W	Sem óleo	10/12/2019
Lagoinha	3° 20' 42.39" S 39° 8' 32.64" W	Sem óleo	10/12/2019
Paracuru	03° 24' 20.15" S 39° 1' 49.24" W	Sem óleo	11/12/2019
Redonda	4° 39' 2.037" S 37° 28' 2.264" W	Sem óleo	11/12/2019
Ponta Grossa	4° 37' 39.55" S 37° 30' 12.26" W	Sem óleo	11/12/2019
Icapuí	4° 49' 58.00" S 37° 15' 9.971" W	Sem óleo	11/12/2019

Barreiras	04° 40' 26.77" S 37° 24' 28.63" W	Sem óleo	11/12/2019
Rio Coreaú	2° 53' 26.97" S 40° 50' 40.69" W)	Sem óleo	11/12/2019
Barroquinha	2° 54' 44.56" S 41° 18' 25.11" W	Sem óleo	11/12/2019
Mucuripe	3° 43' 7.059" S 38° 28' 38.28" W	Oleada/Vestígios esparsos	31/12/2019

Fonte: A autora (2021).

4.3 Reaparecimento do óleo nos pontos monitorados

Apesar da lacuna que alguns locais apresentam pela falta de monitoramento ou pela inconstância do mesmo, foi possível observar através do tratamento de dados do IBAMA que o óleo reapareceu em 10 pontos do litoral cearense, constituídos por: 1 ponto em Morro Branco; 3 pontos em Pontal do Maceió; 1 ponto em Quixaba; 1 ponto na Praia de Majorlândia; 2 pontos no Cumbuco; 1 ponto na Barra do Cauípe; e 1 ponto na Sabiaguaba. As tabelas com as datas das revisões e os status dos respectivos locais estão presentes no Apêndice, de acordo com a ordem em que são citados.

Em Beberibe/Morro Branco, na data do primeiro avistamento (07/09/2019) a praia já apresentava grandes manchas de óleo, nas quais foram retiradas pela equipe de limpeza. No entanto, a segunda visita do IBAMA (03/11/2019) demorou quase 2 meses para ser realizada e o local ainda apresentava vestígios de óleo. A partir daí, foi registrado apenas mais 1 ocorrência de petróleo (06/11/2019). Vale ressaltar que algumas visitas são bastante espaçadas, como a do dia 12/11/2019 e a próxima sendo apenas em 20/11/2019.

Em Pontal do Maceió/Fortim, no primeiro ponto ocorreram 4 visitas seguidas em que foram constatadas a presença de óleo, mas em dias intervalados, como as do dia 24/10/2019 e 31/10/2019. Em 02/11/2019 foram encontradas manchas na região, e a próxima visita só ocorreu dois dias depois (04/11/2019), dessa vez com vestígios de óleo. Desse dia em diante, as visitas passaram a ser mais frequentes, porém não contínuas. No segundo e terceiro ponto as características são as mesmas, isto porque são pontos bastante próximos. Segundo os registros, não apareceram manchas, mas sim vestígios, nos dias 16/11/2019 e

03/12/2019. Nesses dois últimos pontos, o intervalo entre as visitas variou de 2 a 7 dias, sendo a última visita ocorrida após 18 dias (04/01/2020).

Já Quixaba/Aracati foi um dos pontos que mais obteve monitoramento, totalizando 34 visitas. Além disso, muitas das revisões ocorreram em dias consecutivos e não foi verificada a presença de óleo. Porém, o contaminante apareceu duas vezes no local, no dia 14/10/2019 (data do primeiro avistamento) e 03/12/2019. Salienta-se que houveram alguns dias de diferença entre as visitas seguintes a essas datas, sendo estas de 17 e 2 dias, respectivamente. A Praia da Majorlandia/Aracati também apresentou muitos monitoramentos (34 no total) e com alguns dias consecutivos, mas ainda assim houveram várias revisões espaçadas. Segundo a tabela, o óleo reapareceu nos dias 24/10/2019 (data do primeiro avistamento) e 03/12/2020.

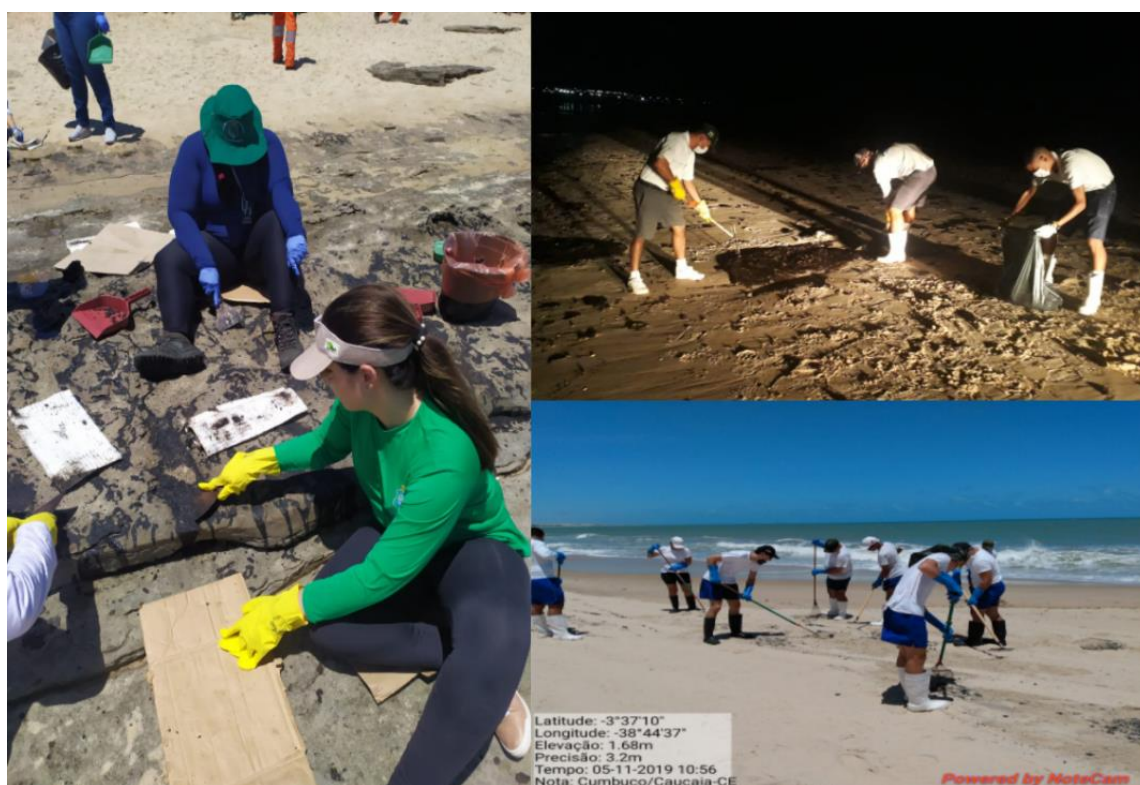
Caucaia foi um dos municípios mais afetados pelo óleo, principalmente a Praia do Cumbuco. Nesse caso, ele reapareceu em 2 pontos dos 5 monitorados pelo IBAMA nessa praia. No primeiro ponto, as duas primeiras revisões apresentavam manchas de óleo e, após isso, há uma certa intercalação entre os status “Sem óleo” e “Oleada/Vestígios esparsos”. Contudo, o segundo ponto foi monitorado em dias diferentes do primeiro e também apresenta mais revisões, além de só constar a presença do óleo no dia 03/12/2019.

Na Barra do Cauípe/Caucaia, os 4 primeiros monitoramentos ocorreram em dias consecutivos (do dia 10/11/2019 ao dia 13/11/2019) e com status alternando entre “Sem óleo” e “Oleado/Vestígios esparsos”. A partir do dia 13/11/2019 as visitas começaram a ficar intercaladas, porém sem mais ocorrências de óleo. E por fim na Sabiaguaba/Fortaleza, o IBAMA só visitou 4 vezes, apresentando até 20 dias de diferença entre as datas. O local também apresentou status intercalado entre “Oleada/Vestígios esparsos” e “Sem óleo”.

O fato das manchas se concentrarem em camadas subsuperficiais fazem com que a previsibilidade de novas manchas atingirem o litoral se torne difícil, sendo indispensável o monitoramento regular para minimizar os impactos do petróleo. Sendo assim, as pausas entre as revisões abrem espaço para inúmeras possibilidades sobre como o óleo atingiu de fato a costa cearense. Isso porque, durante os períodos sem visita, não há como afirmar que houve a presença ou não de óleo, devido a este poder ter aparecido novamente e recolhido sem o conhecimento dos órgãos ambientais. Nos casos em que há intercalação entre os status “Sem óleo” e “Oleada/Vestígios esparsos”, possivelmente se deve às ações de limpeza que eram organizadas pelo IBAMA e SEMA (Figura 22), mas a costa continuava sendo afetada pelo

aparecimento de novas manchas e vestígios (Figura 23). Porém, é importante destacar que, como alguma dessas visitas intercaladas não ocorreram de forma regular, isso indica que o local pode ter permanecido oleado por mais tempo do que o registrado, além de que há a possibilidade também dos próprios moradores recolherem o óleo sem o conhecimento dos órgãos ambientais. Outro aspecto a se destacar é que nos dois pontos do Pontal do Maceió, Quixaba, Praia da Majorlandia e Cumbuco foi verificado a presença de óleo no dia 03/12/2019, o que pode ser explicado pelo fato de que os 4 primeiros estão situados no Litoral Leste do Estado e o óleo ter chegado aproximadamente no mesmo tempo nesses locais, sendo apenas o Cumbuco no Litoral Oeste.

Figura 22 – Equipes de limpeza trabalhando no recolhimento do petróleo nas localidades afetadas no Ceará.



Fonte: SEMA (2019).

Figura 23 – Mancha de petróleo encontrada em uma localidade não identificada no Ceará.



Fonte: SEMA (2019).

4.4 Índice de Desenvolvimento Humano e sua relação com os municípios impactados

O Ceará tem sua economia majoritariamente baseada no turismo, além de grande parte das comunidades tradicionais dos municípios litorâneos sobreviverem da pesca e mariscagem. Conseqüentemente, estes sofreram de forma mais abrupta os danos que o óleo causou. Há relatos de os próprios residentes das regiões afetadas recolhendo e até mesmo escondendo o óleo encontrado na praia, numa tentativa desesperada de minimizar os impactos do derramamento na sua economia, já afetada pela crise sanitária do COVID-19. Em 2019, pesquisadores da Fiocruz Ceará visitaram o município de Fortim (Litoral Leste) a fim de realizar uma roda de conversa com as pescadoras e marisqueiras que foram afetadas pelo derramamento de óleo. Segundo relatos das mesmas, cerca de 500 famílias sobrevivem da pesca artesanal de mariscos no Rio Jaguaribe, sendo esta a principal fonte de renda dessa população através de gerações (FIOCRUZ CEARÁ, 2019). Contudo, após o derramamento, a venda de pescados despencou de forma bruta, chegando a menos de 50%, devido ao medo dos compradores do risco de contaminação (FIOCRUZ CEARÁ, 2019). A partir disso, essas

famílias sofreram violentamente o impacto desse desastre, deixando a maioria dessa população muitas vezes sem ter o que comer por falta de renda.

A intensidade de um desastre ambiental em um município depende de dois fatores: a magnitude do evento e o seu grau de vulnerabilidade, sendo este último relacionado a precariedade das condições de vida e proteção social (como renda, saúde e educação), assim como aspectos ligados à infraestrutura (como habitações precárias, falta de acesso ao saneamento e água). Fundamentado nisso, é interessante relacionar os municípios afetados pelo derramamento de óleo com os seus respectivos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH). Este último é calculado a partir de indicadores relativos à educação, longevidade e renda, variando de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (total desenvolvimento humano). Em 2010, o IDH foi medido a nível municipal no Ceará, na qual os municípios eram classificados em: até 0,499 como muito baixo; entre 0,500 e 0,599 são considerados de baixo desenvolvimento humano; de 0,600 a 0,699 como médio desenvolvimento humano; entre 0,700 e 0,799 como tendo alto desenvolvimento humano; e maior que 0,800 tem desenvolvimento humano qualificado como muito alto.

No caso dos municípios atingidos pelo óleo, estes em sua maioria possuem IDH classificados como médio (Tabela 6). Porém, nota-se que, por mais que classificadas como IDH “Médio”, das 19 cidades analisadas, 15 estão abaixo de 0,650, com Acaraú, Amontada, Itarema e Trairi com valores bem próximos ao que corresponde a um IDH considerado baixo. Percebe-se que isso segue o padrão de que locais com IDH baixos são mais vulneráveis aos desastres ambientais, tendo em vista a baixa capacidade de gestão e resiliência destes, ameaçando fortemente a sua sobrevivência e criando até novas vulnerabilidades. Com isso, é de suma importância investir em políticas públicas e geração de informações, de modo que auxilie nas tomadas de decisões atenuando as consequências a esses desastres.

Tabela 6 – IDH (2010) dos municípios atingidos pelo óleo.

IDH (2010) DOS MUNICÍPIOS ATINGIDOS PELO ÓLEO		
MUNICÍPIO	IDH	CLASSIFICAÇÃO
Barroquinha	0.571	Baixo
Camocim	0.62	Médio
Jijoca de Jericoacoara	0.652	Médio

Acaraú	0.601	Médio
Itarema	0.606	Médio
Amontada	0.606	Médio
Itapipoca	0.64	Médio
Trairi	0.606	Médio
Paraipaba	0.634	Médio
Paracuru	0.637	Médio
São Gonçalo do Amarante	0.665	Médio
Caucaia	0.682	Médio
Fortaleza	0.754	Alto
Aquiraz	0.641	Médio
Cascavel	0.646	Médio
Beberibe	0.638	Médio
Fortim	0.624	Médio
Aracati	0.655	Médio
Icapuí	0.616	Médio

Fonte: Adaptado de Anuário do Ceará (2020/2021).

4.5 Unidades de Conservação afetadas

Já em relação as Unidades de Conservação (UCs), estas são áreas com características naturais relevantes e passíveis de proteção, instituídas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000). As UCs possuem a função de preservar diferentes ecossistemas, a fim de proteger o patrimônio biológico existente, além de garantir às populações tradicionais o desenvolvimento de atividades econômicas em consonância com a natureza. Apoiado nisso, o impacto do óleo nesses locais é muito grave e preocupante, tendo em vista que são áreas estratégicas de conservação, abrigando espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora cearense.

No Ceará, 8 UCs foram afetadas pelo derramamento de óleo até o dia 03/01/2020 (SOARES et al., 2020b) (Tabela 7). No entanto, ao verificar as localizações das coordenadas geográficas dos pontos monitorados pelo IBAMA, foi constatado que existiam 3 UCs listadas

por SOARES et al. (2020b) que não possuíam nenhum ponto monitorado em seu interior, sendo estas: a Área de Proteção do Rio Pacoti; a Reserva Extrativista do Batoque; e a Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde. Além disso, existiam pontos monitorados pelo IBAMA em duas UCs em Icapuí (APA da Praia de Ponta Grossa e a APA do Manguezal da Barra Grande), na qual ambas possuíam o status “Sem Óleo”. Porém uma obteve nenhuma revisão e a outra só recebeu uma visita, respectivamente. No momento, não se sabe se de fato houveram ocorrências de óleo dentro das poligonais dessas Unidades de Conservação. Já nos registros da SEMA, há informações sobre vestígios de óleo encontrados no estuários e manguezais próximos a foz dos Rios Piranji, em Aracati; Jaguaribe, no Fortim; e Pacoti, em Aquiraz. Contudo, estudos mais específicos precisam ser realizados, a fim de se utilizar uma escala mais adequada para se ter uma perspectiva mais aproximada da realidade de quanto de fato as UCs foram impactadas.

Tabela 7 – Unidades de Conservação impactadas pelo óleo e suas características.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	AMBITO	MUNICIPIO ABRANGIDO	ECOSSISTEMA	ATIVIDADE DESENVOLVIDA
Reserva Extrativista Batoque	Federal	Aquiraz	Marinho Costeiro	Pesca artesanal; agricultura de subsistência, com cultivo de batata, macaxeira, etc.
Parque Estadual do Cocó	Estadual	Fortaleza	Manguezal, dunas, restinga e mata de tabuleiro	Pesca artesanal e turismo ecológico
Área de Proteção Ambiental Dunas do Litoral Oeste	Estadual	São Gonçalo do Amarante e Paracuru	Restinga e dunas	Pesca artesanal e extração de coco e carnaúba
Parque Municipal Dunas da Sabiaguaba	Municipal	Fortaleza	Campo de dunas	Turismo ecológico
Parque Nacional de Jericoacoara	Nacional	Jijoca de Jericoacoara e Cruz	Praia, <i>beachrocks</i> , restinga e dunas	Turismo e pesca artesanal

Área de Proteção Ambiental Lagamar do Cauípe	Estadual	Caucaia	Planície fluvio lacustre	Turismo e pesca artesanal
Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde	Federal	Beberibe	Marinho costeiro	Pesca artesanal; agricultura de subsistência; criação de pequenos animais; artesanato
Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti	Estadual	Fortaleza, Eusébio e Aquiraz	Manguezal, cordão de dunas, mata de tabuleiro e mata ciliar	Pesca artesanal; agricultura de subsistência; turismo.

Fonte: Adaptado de SOARES et al., (2020b).

De acordo com relatórios publicados pela SEMA, no Ceará houve a verificação da dispersão e ocorrência das manchas através de levantamentos aéreos, marítimos e terrestres desde o começo de setembro, quando foram observadas as primeiras manchas no Estado (Figura 24). Além disso, foram instaladas Barreiras de Contenção na foz do Rio Jaguaribe (Figura 25) em três pontos estratégicos, com 400 metros cada, por se tratar de um dos pontos suscetíveis ao aparecimento de óleo, tendo em vista as correntes marítimas bem como a proteção dos ecossistemas ali presentes e a segurança hídrica da região. Essas barreiras possuíam boias na superfície e malha de até 4 metros de profundidade a fim de conter as manchas que se deslocavam abaixo da superfície.

Figura 24 – Monitoramentos realizados através de levantamentos aéreos, marítimos e terrestres.



Fonte: SEMA (2019).

Figura 25 – Barreira de Contenção instalada na foz do Rio Jaguaribe/Fortim colocada segundo indicação das cartas SAO (Sensibilidade ambiental ao óleo).



Fonte: SEMA (2019).

Como supracitado, os efeitos dos HPAs vem sendo relatados na literatura por serem altamente carcinogênicos e tóxicos, influenciando o comportamento dos organismos e alterando seu habitat. Pesquisas demonstraram a absorção e armazenamento de HPAs nos tecidos orgânicos dos corais, moluscos e peixes, sugerindo a bioacumulação de toxinas (GAGAN et al., 2000; SUREDA et al., 2011; JUNG et al., 2011), além da incorporação de poluentes pelas estruturas esqueléticas dos corais (REDMAN et al., 1996). Efeitos específicos também foram constatados, como danos ao DNA (SHAWAND CONNELL, 2001; SARKER et al., 2018) e estresse oxidativo (WILK et al., 2013), que podem comprometer o desenvolvimento ou o metabolismo do organismo e, em alguns casos, levar à morte (BILLIARD et al., 2008). No litoral cearense foram encontradas 17 tartarugas marinhas mortas e 1 oleada viva, além de 1 ave oleada viva também (Figura 26). Vale ressaltar que além desses números, ainda existem os impactos causados à fauna bentônica, nectônica e planctônica cearense (Figura 27). Dessa forma, houve uma inovação na Resolução COEMA nº 08/2019, na qual dispõe sobre critérios e valores orientadores para o monitoramento de praias quanto à presença de substâncias químicas e micro-organismos, utilizando-se HPAS e Hidrocarbonetos Alifáticos (HAs) como parâmetros orgânicos. Isto foi um grande avanço para a política ambiental cearense, tendo em vista os perigos que a contaminação por esses compostos podem causar.

Figura 26 – Tartaruga marinha encontrada morta em Aracati.



Fonte: SEMA (2019).

Figura 27 – Moluscos contaminados pelo óleo em um manguezal do Ceará.



Fonte: SEMA (2019).

Pesquisas sobre como esse derramamento de óleo afetou a biota exposta ainda estão sendo realizadas, a fim de analisar sobre a segurança alimentar dos pescados, tendo em vista que, como visto na Tabela 7, a maioria das atividades realizadas nas UCs impactadas são de pesca de subsistência, além de ver como a biodiversidade foi afetada. No entanto, pode-se adiantar que a Fiocruz Ceará avaliou os impactos do derramamento de óleo na segurança alimentar em Fortim, mais especificamente no Rio Jaguaribe, tendo como sentinela o marisco *Mytella strigata* para o monitoramento da contaminação por HPAs e metais pesados. Durante os 3 primeiros meses de pesquisa, os resultados parciais indicaram que o nível dos contaminantes analisados estão dentro dos limites recomendados pelos órgão reguladores, além de que os mariscos não apresentação danos ao seu DNA (FIOCRUZ CEARÁ, 2021).

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em comparação com os demais estados atingidos pelo óleo, o Ceará foi um dos cinco estados mais impactados. Dos 20 municípios localizados no seu litoral, foram encontrados vestígios e manchas de óleo em 19 destes. O IBAMA e a SEMA atuaram no monitoramento de 101 pontos distribuídos na costa, com início do dia 07/09/2019 até 17/01/2020. Aracati apresentou a maior quantidade de monitoramentos, seguido por Caucaia, Icapuí e Fortaleza. Dentre esses pontos, 70 foram monitorados pelo IBAMA e eram classificados de acordo com seu status, na qual: 14 pontos estavam identificados como “Sem óleo” no primeiro avistamento ou durante as revisões; e 56 apresentaram algum grau de contaminação durante o período monitorado. Ademais, 18 locais não obtiveram visitas posteriores ao avistamento, estando esses oleados ou não. Através das classificações que o local recebia a cada monitoramento, foi possível observar que o óleo reapareceu em 10 pontos do litoral cearense.

Na análise quantitativa, foram retiradas das praias cearenses cerca de 39,75 toneladas de resíduos, constituídos de petróleo, areia, detritos e EPIs. Desse total, aproximadamente 37,47 toneladas foram recolhidas apenas no mês de novembro, sendo este o mês em que mais chegou óleo no Ceará. A Caucaia foi o município mais impactado do estado, com 14,5 toneladas de resíduos retiradas, seguido por São Gonçalo do Amarante com 13,73 toneladas, totalizando 71% do volume de óleo coletado no Ceará.

A maioria dos municípios litorâneos apresentam IDH Municipal Médio, exceto por Fortaleza, que apresenta IDH Alto, e Barroquinha, com IDH Baixo. No entanto, alguns municípios apresentam IDH abaixo de 0,650, com valores bem próximos do considerado um IDH Baixo, como Acaraú, Amontada, Itarema e Trairi. Oito UCs foram afetadas pelo derramamento de óleo até o dia 03/01/2020, porém 4 dessas não constavam no monitoramento realizado pelos agentes do IBAMA, como a Área de Proteção do Rio Pacoti; o Parque Estadual do Rio Cocó; a Reserva Extrativista do Batoque; e a Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde. Porém, há informações da SEMA sobre vestígios de óleo encontrados no estuários e manguezais próximos a foz do Rio Piranji/Aracati, Rio Jaguaribe/Fortim e Rio Pacoti/Aquiraz, o que indica que o número de UCs impactadas está subestimada.

Conclui-se que o Ceará obteve seu pico de contaminação por óleo no mês de novembro de 2019, afetando de forma mais brusca pontos focais, como o Cumbuco. Pode-se dizer que o litoral foi >90% contaminado, tendo em vista que o único município que não possui ocorrências é Cruz porém este pela dinâmica litorânea leste-oeste deve ter recebido poluentes em nível microscópico (HPAs e HAs) de óleo pelas correntes. Além disso, o estado possui cerca de 23 Unidades de Conservação próximas ao litoral, e cerca de 8 foram contaminadas. O presente trabalho permite compreender através de uma análise qualitativa e quantitativa como o Estado do Ceará foi impactado pelo óleo, de modo à elucidar a importância de ações rápidas de resposta que um Plano de Contingência traz, a fim de atenuar as consequências desse desastre ambiental. Futuros estudos também devem ser realizados no intuito de compreender em uma escala mais aproximada quais locais foram impactados pelo óleo, além de investigar a contaminação a médio e longo prazo da biota.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, Francisco; MÉNDEZ, Josefina; PÁSARO, Eduardo; LAFFON, Blanca. Review on the effects of exposure to spilled oils on human health. **Journal Of Applied Toxicology**, [S.L.], p. 291-301, 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jat.1521>.

ANDRADE, Milena Marília Nogueira de; SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian; SOUZA-FILHO, Pedro Walfir M.; ARAÚJO, Adrilayne dos Reis; GOMES, Monique Kelly Tavares. A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: a case study using gis and remote sensing. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 91, n. 10, p. 1972-1980, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.04.016>.

ALMEDA, Rodrigo; WAMBAUGH, Zoe; WANG, Zucheng; HYATT, Cammie; LIU, Zhanfei; BUSKEY, Edward J.. Interactions between Zooplankton and Crude Oil: toxic effects and bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. **Plos One**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. e67212, 28 jun. 2013. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067212>

ALVES, Maria Ivone Mota. Sobre a reprodução do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus), em mangues do Estado do Ceará (Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 85-91, dez. 1975. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1667>. Acesso em: 19 maio 2021.

ALVES JÚNIOR, Tarcísio Teixeira *et al.* Registros de cetáceos para o litoral do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 30, n. 1, p. 79-92, 1996. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/31398>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ARAUJO, Maria Elisabeth de; RAMALHO, Cristiano Wellington Noberto; MELO, Paulo Wanderley de. Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in pernambuco, northeast brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 1-6, jan. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00230319>.

AZEVEDO, P. H. V. de; SILVA, B. B. da; RODRIGUES, M. F. G. Previsão estatística das chuvas de outono no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 19 – 30, 1998.

BAAN, Robert; GROSSE, Yann; STRAIF, Kurt; SECRETAN, Béatrice; GHISSASSI, Fatiha El; BOUVARD, Véronique; BENBRAHIM-TALLAA, Lamia; GUHA, Neela; FREEMAN, Crystal; GALICHET, Laurent. A review of human carcinogens—Part F: chemical agents and related occupations. **The Lancet Oncology**, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 1143-1144, dez. 2009. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045\(09\)70358-4](http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045(09)70358-4).

BARBIER, Edward B.; ACREMAN, Mike; KNOWLER, Duncan. **Valoración económica de los humedales**: guía para decisores y planificadores. Gland: Oficina de La Convención de Ramsar, 1997. 155 p.

BARROSO, Cristiane Xerez; LOTUFO, Tito Monteiro da Cruz; MATTHEWS-CASCON, Helena. Biogeography of Brazilian prosobranch gastropods and their Atlantic relationships. **Journal Of Biogeography**, [S.L.], v. 43, n. 12, p. 2477-2488, 7 jul. 2016. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12821>.

BILLIARD, Sonya M.; MEYER, Joel N.; WASSENBERG, Deena M.; HODSON, Peter V.; GIULIO, Richard T. di. Nonadditive effects of PAHs on Early Vertebrate Development: mechanisms and implications for risk assessment. **Toxicological Sciences**, [S.L.], v. 105, n. 1, p. 5-23, 20 dez. 2007. Oxford University Press (OUP).
<http://dx.doi.org/10.1093/toxsci/kfm303>.

BRASIL. Decreto nº 8.127, de 22 de outubro de 2013. Institui o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional, altera o Decreto nº 4.871, de 6 de novembro de 2003, e o Decreto nº 4.136, de 20 de fevereiro de 2002, e dá outras providências. Brasília, 22 out. 2013.

BRASIL. **Despacho do Presidente da República**. 193-B. ed. Brasília, 05 out. 2019. Seção 1, p. 1-1.

BRASIL. INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas (1981-2010)**. 2010. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1981-2010/temperatura_media. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Medida Provisória nº 908, de 28 de novembro de 2019. Institui o Auxílio Emergencial Pecuniário para os pescadores profissionais artesanais inscritos e ativos no Registro Geral da Atividade Pesqueira, domiciliados nos Municípios afetados pelas manchas de óleo. Brasília, 28 nov. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TURISMO. **SONDAGEM EMPRESARIAL - AGÊNCIAS**. 2019. Disponível em: <http://dadosefatos.turismo.gov.br/component/k2/itemlist/category/17.html>. Acesso em: 24 maio 2021.

BRUM, H. D.; CAMPOS-SILVA, J. V.; OLIVEIRA, E. G.. Brazil oil spill response: government inaction. **Science**, [S.L.], v. 367, n. 6474, p. 155.3-156, 9 jan. 2020. American Association for the Advancement of Science (AAAS).
<http://dx.doi.org/10.1126/science.aba0369>.

CALIXTO, Eduardo. **CONTRIBUIÇÕES PARA PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO E DERIVADOS NO BRASIL**. 2011. 301 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2011/614-contribicoes-para-o-plano-de-contingencia-para-derramamento-de-petroleo-e-derivado-no-brasil>. Acesso em: 19 mai. 2021

CÂMARA, Samuel Façanha; PINTO, Francisco Roberto; SILVA, Felipe Roberto da; SOARES, Marcelo de Oliveira; PAULA, Thiago Matheus de. Socioeconomic vulnerability of communities on the Brazilian coast to the largest oil spill (2019–2020) in tropical oceans.

Ocean & Coastal Management, [S.L.], v. 202, p. 105506, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105506>.

CAMPELO, Renata Polyana de Santana; LIMA, Cynthia Dayanne Mello de; SANTANA, Claudeilton Severino de; SILVA, Alef Jonathan da; NEUMANN-LEITÃO, Sigrid;

FERREIRA, Beatrice Padovanni; SOARES, Marcelo de Oliveira; MELO JÚNIOR, Mauro de; MELO, Pedro Augusto Mendes de Castro. Oil spills: the invisible impact on the base of tropical marine food webs. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 167, p. 112281, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112281>.

CARDOSO, Danilo dos Martinz. **Caracterização da pesca artesanal no estuário do Rio Cocó, localidade de Sabiaguaba, Fortaleza - Ceará**. 2009. 34 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/33910>. Acesso em: 19 maio 2021.

CARVALHO, V.L.; MEIRELLES, A.C.O., SILVA, C. P. N. 2021. **Lista de Mamíferos Marinhos do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/mamiferos/>. Acesso em: 19 mai 2021

CHANG, Ta-Yuan; HUANG, Kuei-Hung; LIU, Chiu-Shong; SHIE, Ruei-Hao; CHAO, Keh-Ping; HSU, Wen-Hsin; BAO, Bo-Ying. Exposure to volatile organic compounds and kidney dysfunction in thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) workers. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.L.], v. 178, n. 1-3, p. 934-940, jun. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.02.027>.

CLAUDINO-SALES, Vanda; CARVALHO, Alexandre Medeiros de. DINÂMICA COSTEIRA CONTROLADA POR PROMONTÓRIOS NO ESTADO DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL. **Geociências**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 579-595, set. 2014.

CEARÁ. ANUÁRIO DO CEARÁ. . **IDH Municipal - Ceará (2010)**. 2020. Disponível em: <https://www.anuariodoceara.com.br/idh-municipal-ceara/>. Acesso em: 03 jun. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO. **CNC Aponta Novo Crescimento No Faturamento Do Turismo Em Outubro**. 2019. Disponível em: <http://stage.cnc.org.br/editorias/turismo/noticias/cnc-aponta-novo-crescimento-no-faturamento-do-turismo-em-outubro>. Acesso em: 21 abr. 2021

COSTA, Alexandra Fernandes. **Distribuição espacial e status do peixe-boi marinho, Trichechus manatus manatus, (Sirenia: Trichechidae) no litoral leste do Estado do Ceará**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4931>. Acesso em: 19 maio 2021.

CRAVEIRO, Nykon; ALVES, Rodrigo Vinícius de Almeida; SILVA, Juliana Menezes da; VASCONCELOS, Edson; ALVES-JUNIOR, Flavio de Almeida; ROSA FILHO, José Souto. Immediate effects of the 2019 oil spill on the macrobenthic fauna associated with macroalgae on the tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 165, p. 112107, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112107>.

ESCOBAR, Herton. Mystery oil spill threatens marine sanctuary in Brazil. **Science**, [S.L.], v. 366, n. 6466, p. 672-672, 7 nov. 2019. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.366.6466.672>.

FIOCRUZ CEARÁ (Ceará). **Pesquisa da Fiocruz Ceará aborda impacto do derramamento de petróleo na vida de pescadoras e marisqueiras do litoral leste do Estado**. 2019. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/pesquisa-da-fiocruz-ceara-aborda-impacto-do-derramamento-de-petroleo-na-vida-de-pescadoras-e>. Acesso em: 05 jun. 2021.

FIOCRUZ CEARÁ (Ceará). **Pesquisa da Fiocruz Ceará entrega resultados parciais de contaminação de mariscos após derramamento de petróleo no Estado**. 2021. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/pesquisa-da-fiocruz-ceara-entrega-resultados-parciais-de-contaminacao-de-mariscos-apos>. Acesso em: 06 jun. 2021.

FREITAS, Pedro Paulo de. **Modelagem hidrodinâmica da circulação sobre a plataforma continental do Ceará - Brasil**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10815>. Acesso em: 10 maio 2021.

GAGAN, M.K.; AYLIFFE, L.K.; BECK, J.W.; COLE, J.e.; DRUFFEL, E.R.M.; DUNBAR, R.B.; SCHRAG, D.P.. New views of tropical paleoclimates from corals. **Quaternary Science Reviews**, [S.L.], v. 19, n. 1-5, p. 45-64, jan. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0277-3791\(99\)00054-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0277-3791(99)00054-2).

GILLIS, Bruce; GAVIN, Igor M.; ARBIEVA, Zarema; KING, Stephen T.; JAYARAMAN, Sundararajan; PRABHAKAR, Bellur S.. Identification of human cell responses to benzene and benzene metabolites. **Genomics**, [S.L.], v. 90, n. 3, p. 324-333, set. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ygeno.2007.05.003>.

GIRÃO-E-SILVA, W.A.; CROZARIOL, M.A. 2021. **Lista de Aves do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/aves/>. Acesso em: 19 mai. 2021

GONCALVES, Leandra R. et al . The Brazilian Blue Amazon under threat: Why has the oil spill continued for so long?. **Ambient. soc.**, São Paulo , v. 23, e0077, 2020 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2020000100501&lng=en&nrm=iso>. access on 21 May 2021. Epub Oct 12, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200077vu202015id>.

HESP, Patrick A.; MAIA, Luiz P.; CLAUDINO-SALES, Vanda. The Holocene Barriers of Maranhão, Piauí and Ceará States, Northeastern Brazil. In: DILLENBURG, Sérgio R.; HESP, Patrick A.. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. [S.L.]: Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 325-345. (Lecture Notes in Earth Sciences).

IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER). **Complete List of Agents, Mixtures and Exposures Evaluated and Their Classification**. 2009. Disponível em: www.iarc.fr. Acesso em: 30 abr. 2021.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Localidades Atingidas**. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/manchasdeoleo-localidades-atingidas>. Acesso em: 24 abr. 2021.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Manchas de Óleo**. 2019. Disponível em: www.ibama.gov.br/manchasdeoleo. Acesso em: 25 abr. 2021.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Fortaleza**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em: 13 maio 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Balances**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances>. Acesso em: 23 abr. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Supply**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>. Acesso em: 23 abr. 2021.

ITOPF (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION). **Fate of marine oil spills**. 2011. Disponível em: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-02-fate-of-marine-oil-spills/>. Acesso em: 10 maio 2021.

JUNG, Jee-Hyun; KIM, Moonkoo; YIM, Un Hyuk; HA, Sung Yong; AN, Joon Geon; WON, Jong Ho; HAN, Gi Myung; KIM, Nam Sook; ADDISON, Richard F.; SHIM, Won Joon. Biomarker responses in pelagic and benthic fish over 1 year following the Hebei Spirit oil spill (Taean, Korea). **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 62, n. 8, p. 1859-1866, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.045>.

KAPLAN, E. H. **Ecology of the coral reefs**. Field guide to coral reef of the Caribbean and Florida. Houghton-Mifflin Company, 1982. 289 p

LABOREL-DEGUEN, Françoise et al. **Recifes Brasileiros: O Legado de Laborel**: “Les Peuplements de Madréporaires des Côtes Tropicales du Brésil” Jacques Laborel, 1970 (traduzido e comentado). Tradução de Clóvis B. Castro e Débora O. Pires. Rio de Janeiro: Gráfica Stamppa Ltda. 2019, 2019. 376 p. (Livros 64. Museu Nacional). Disponível em <<https://coralvivo.org.br/arquivos/documentos/Recifes-Brasileiros-o-Legado-de-Laborel-2019.pdf>>.

LEE, Kenneth; WELLS, Peter G.; GORDON, Donald C.. Reflecting on an anniversary. The 1970 SS Arrow oil spill in Chedabucto Bay, Nova Scotia, Canada. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 157, p. 111332, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111332>.

LEVINTON, J. S. **Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology**. Oxford University Press, 1995. 420 p.

LI, Pu; CAI, Qinhong; LIN, Weiyun; CHEN, Bing; ZHANG, Baiyu. Offshore oil spill response practices and emerging challenges. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 110, n. 1, p. 6-27, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.020>.

LÓPEZ, Liliana. Study of the biodegradation levels of oils from the Orinoco Oil Belt (Junin area) using different biodegradation scales. **Organic Geochemistry**, [S.L.], v. 66, p. 60-69, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2013.10.014>.

LOURENÇO, Rafael André; COMBI, Tatiane; ALEXANDRE, Marcelo da Rosa; SASAKI, Silvio Tarou; ZANARDI-LAMARDO, Eliete; YOGUI, Gilvan Takeshi. Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019–2020): trying to find answers and filling data gaps. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 156, p. 111219, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111219>.

MACIEL, Daniele Claudino; COSTA, Bruno Varella Motta da; SANTOS, Lilia Pereira de Souza; SOUZA, José Roberto Botelho de; ZANARDI-LAMARDO, Eliete. Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkman Rocco (1973). **Tropical Oceanography**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 26-37, 30 nov. 2015. Tropical Oceanography. <http://dx.doi.org/10.5914/tropocean.v43i1.5882>.

MAGALHÃES, Karine Matos; BARROS, Kcrishna Vilanova de Souza; LIMA, Maria Cecília Santana de; ROCHA-BARREIRA, Cristina de Almeida; ROSA FILHO, José Souto; SOARES, Marcelo de Oliveira. Oil spill + COVID-19: a disastrous year for brazilian seagrass conservation. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 764, p. 142872, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142872>.

MAGRIS, Rafael Almeida; GIARRIZZO, Tommaso. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 153, p. 110961, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110961>.

MAIA, Luís Parente. **PROCESOS COSTEROS Y BALANCE SEDIMENTARIO A LO LARGO DE FORTALEZA (NE-BRASIL): IMPLICACIONES PARA UNA GESTIÓN ADECUADA DE LA ZONA LITORAL**. 1998. 281 f. Tese (Doutorado) - Curso de Facultat de Geologia, Departament D'estratigrafia I Paleontologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1998. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40>. Acesso em: 18 de mai. de 2021.

MENEZES, Mariana Ferreira de. As tartarugas marinhas do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. 17-20, jun. 1972. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1949>. Acesso em: 19 maio 2021.

MORAIS, Jader Onofre. Aspectos do Transporte de Sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 20, n. 1, p. 71-100, dez. 1980.

MORO, Marcelo Freire; MACEDO, Mariana Bezerra; MOURA-FÉ, Marcelo Martins de; CASTRO, Antônio Sérgio Farias; COSTA, Rafael Carvalho da. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, [S.L.], v. 66, n. 3,

p. 717-743, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566305>.

NASCIMENTO, Geisa Silveira do. **As dunas do litoral leste de Aquiraz/CE: evolução, dinâmica e gestão ambiental**. 2007. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7871>. Acesso em: 10 maio 2021.

NELSON, Jake R; GRUBESIC, Tony H. Oil spill modeling. **Progress In Physical Geography: Earth and Environment**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 112-127, 12 dez. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0309133317744737>.

NETTO, Annibal D. Pereira; MOREIRA, Josino C.; DIAS, Ana Elisa X. O.; ARBILLA, Graciela; FERREIRA, Luiz Filipe V.; OLIVEIRA, Anabela S.; BAREK, Jiri. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. **Química Nova**, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 765-773, dez. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-4042200000600010>.

OLIVEIRA, Olívia M.C. de; QUEIROZ, Antônio F. de S.; CERQUEIRA, José R.; SOARES, Sarah A.R.; GARCIA, Karina S.; PAVANI FILHO, Aristides; ROSA, Maria de L. da S.; SUZART, Caroline M.; PINHEIRO, Liliane de L.; MOREIRA, Ícaro T.A.. Environmental disaster in the northeast coast of Brazil: forensic geochemistry in the identification of the source of the oily material. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 160, p. 111597, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111597>.

OLIVEIRA, Aline Parente. **APA das Dunas do Litoral Oeste**. Fortaleza: Leds, 2021. Color.

PALINKAS, L. A.; PETTERSON, J s; RUSSELL, J; DOWNS, M. A. Community patterns of psychiatric disorders after the Exxon Valdez oil spill. **American Journal Of Psychiatry**, [S.L.], v. 150, n. 10, p. 1517-1523, out. 1993. American Psychiatric Association Publishing. <http://dx.doi.org/10.1176/ajp.150.10.1517>.

PENA, Paulo Gilvane Lopes; NORTHROSS, Amanda Laura; LIMA, Mônica Angelim Gomes de; RÊGO, Rita de Cássia Franco. Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 1-6, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00231019>.

PEREIRA, R. C. & SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 631 p.

PERNAMBUCO. SECRETARIA EXECUTIVA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE DE PERNAMBUCO. **Intoxicações exógenas relacionadas à exposição ao petróleo no litoral de Pernambuco**: informe nº06/2019. Informe nº06/2019. 2019. Disponível em: https://12ad4c92-89c7-4218-9e11-0ee136fa4b92.filesusr.com/ugd/3293a8_c5ecdbfcb41a4a0fb92ac3fa780e718d.pdf. Acesso em: 10 maio 2021.

PINHEIRO, Hudson T.; ROCHA, Luiz A.; MACIEIRA, Raphael M.; CARVALHO-FILHO, Alfredo; ANDERSON, Antônio B.; BENDER, Mariana G.; DARIO, Fabio di; FERREIRA,

- Carlos Eduardo L.; FIGUEIREDO-FILHO, Jessé; FRANCINI-FILHO, Ronaldo. South-western Atlantic reef fishes: zoogeographical patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity centre in the atlantic ocean. **Diversity And Distributions**, [S.L.], v. 24, n. 7, p. 951-965, 2 mar. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ddi.12729>.
- READMAN, J.W.; TOLOSA, I.; LAW, A.T.; BARTOCCI, J.; AZEMARD, S.; HAMILTON, T.; MEE, L.D.; WAGENER, A.; TISSIER, M. Le; ROBERTS, C.. Discrete bands of petroleum hydrocarbons and molecular organic markers identified within massive coral skeletons. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 437-443, maio 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326x\(96\)83974-9](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326x(96)83974-9).
- RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana; SOUZA, Kênia Barreiro de; DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza. Blue water turns black: economic impact of oil spill on tourism and fishing in brazilian northeast. **Current Issues In Tourism**, [S.L.], v. 24, n. 8, p. 1042-1047, 12 maio 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/13683500.2020.1760222>.
- RODRIGUE, Jean-Paul; COMTOIS, Claude; SLACK, Brian. **The Geography of Transport Systems**. 4. ed. Londres: Routledge, 2016. 454 p.
- ROCHA, Davi Aragão. **Ecossistema manguezal e licenciamento ambiental da ponte sobre o Rio Cocó no bairro Sabiaguaba, Fortaleza/Ceará**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16666>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- SARKER, Subhdeep; VASHISTHA, Deepti; SARKER, Munmun Saha; SARKAR, A.. DNA damage in marine rock oyster (*Saccostrea Cucullata*) exposed to environmentally available PAHs and heavy metals along the Arabian Sea coast. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 151, p. 132-143, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.004>.
- SAVITZ, David A.; ANDREWS, Kurtis W.. Review of epidemiologic evidence on benzene and lymphatic and hematopoietic cancers. **American Journal Of Industrial Medicine**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 287-295, mar. 1997. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0274\(199703\)31:33.0.co;2-v](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1097-0274(199703)31:33.0.co;2-v).
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G.; DE-ROSA, T.. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 561-570, jan. 2000. Michigan State University Press. <http://dx.doi.org/10.1080/14634980008650693>.
- SEMA (Secretaria do Meio Ambiente do Ceará). **Manchas de óleo no Ceará**. 2019. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/2019/12/03/manchas-de-oleo-no-ceara/>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- SEMA (Secretaria do Meio Ambiente do Ceará). **Mamíferos**. 2021. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/mamiferos/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SHAW, G. R.; CONNELL, D. W.. DNA adducts as a biomarker of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in aquatic organisms: relationship to carcinogenicity. **Biomarkers**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 64-71, jan. 2001. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/135475001452805>.

SHEPPARD, C. R.; DAVY, S. K.; PILLING, G. M. **The biology of coral reefs**. Oxford, 2009, 339 p.

SILVA, Greicy Kelly da; SANTOS, Antônio Carlos Santana dos; SILVA, Marx Vinicius Maciel da; ALVES, José Maria Brabo; BARBOSA, Augusto César Barros; FREIRE, Cristiano de Oliveira; ALCÂNTARA, Clênia Rodrigues; SOMBRA, Sérgio Sousa. Estudo dos Padrões de Ventos Offshore no Litoral do Ceará Utilizando Dados Estimados pelo Produto de Satélites BSW. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 679-690, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324015>.

SOARES, Marcelo de Oliveira; RABELO, Emanuelle Fontenele; MATHEWS-CASCON, Helena. Intertidal Anthozoans from the coast of Ceará (Brazil). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 4, n. 9, p.437-443, dez. 2011.

SOARES, Marcelo de Oliveira *et al.* Brazilian Marine Animal Forests: A New World to Discover in the Southwestern Atlantic. In: ROSSI, Sergio; BRAMANTI, Lorenzo; GORI, Andrea; OREJAS, Covadonga. **Marine Animal Forests: the ecology of benthic biodiversity hotspots**. [S.L.]: Springer, Cham, 2017. Cap. 2. p. 73-110. Disponível em: http://doi.org/10.1007/978-3-319-21012-4_51. Acesso em: 25 abr. 2021.

SOARES, Marcelo de Oliveira; TEIXEIRA, Carlos Eduardo Peres; FERREIRA, Sarah Maria Cavalcante; GURGEL, Anne Larisse Alves Rebouças; PAIVA, Bárbara Pereira; MENEZES, Maria Ozilea Bezerra; DAVIS, Marcus; TAVARES, Tallita Cruz Lopes. Thermal stress and tropical reefs: mass coral bleaching in a stable temperature environment?. **Marine Biodiversity**, [S.L.], v. 49, n. 6, p. 2921-2929, 17 ago. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12526-019-00994-4>.

SOARES, M. O.; TEIXEIRA, C. E. P.; BEZERRA, L. E. A.; ROSSI, S.; TAVARES, T.; CAVALCANTE, R.M.. Brazil oil spill response: time for coordination. **Science**, [S.L.], v. 367, n. 6474, p. 155.2-155, 9 jan. 2020a. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaz9993>.

SOARES, Marcelo de Oliveira; TEIXEIRA, Carlos Eduardo Peres; BEZERRA, Luís Ernesto Arruda; PAIVA, Sandra Vieira; TAVARES, Tallita Cruz Lopes; GARCIA, Tatiane Martins; ARAËJO, Jorge Thé de; CAMPOS, Carolina Coelho; FERREIRA, Sarah Maria Cavalcante; MATTHEWS-CASCON, Helena. Oil spill in South Atlantic (Brazil): environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, [S.L.], v. 115, p. 103879, maio 2020b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103879>.

SOARES, Marcelo de Oliveira *et al.* Marginal Reefs in the Anthropocene: They Are Not Noah's Ark. In: ROSSI, Sergio. **Perspectives on the Marine Animal Forests of the World**. [S.L.]: Springer International Publishing, 2020c. Cap. 4. p. 87-128. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-57054-5>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SOARES, M.O.; TEIXEIRA, C.E.P.; BEZERRA, L.E.A.; RABELO, E.F.; CASTRO, I.B.; CAVALCANTE, R.M. The most extensive oil spill encountered in tropical oceans (Brazil 2019/2020): the balance sheet of a disaster. **Marine Pollution Bulletin**. 2021.

SUREDA, Antoni; BOX, Antonio; TEJADA, Silvia; BLANCO, Andreu; CAIXACH, Josep; DEUDERO, Salud. Biochemical responses of *Mytilus galloprovincialis* as biomarkers of acute environmental pollution caused by the Don Pedro oil spill (Eivissa Island, Spain). **Aquatic Toxicology**, [S.L.], v. 101, n. 3-4, p. 540-549, fev. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.12.011>.

TANIGUCHI, Satie. **Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos e organoclorados em diferentes compartimentos do ambiente marinho do Estado do Rio de Janeiro**. 2001. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46133/tde-19052007-134137/pt-br.php>. Acesso em: 19 mai. 2021.

TORREIRO-MELO, Anny Gabrielle A.G.; SILVA, Juliana Scanoni; BIANCHINI, Adalto; ZANARDI-LAMARDO, Eliete; CARVALHO, Paulo Sérgio Martins de. Bioconcentration of phenanthrene and metabolites in bile and behavioral alterations in the tropical estuarine guppy *Poecilia vivipara*. **Chemosphere**, [S.L.], v. 132, p. 17-23, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.079>.

USEPA (US Environmental Protection Agency). **Chemical fate rate constants for SARA section 313 chemicals and Superfund health evaluation manual chemicals**. Washington: Office Of Toxic Substances, 1989. 136 p.

XAVIER, L.G.; FREITAS, J.E.P.; CHARVET, P.; FARIA, V.V. 2021. **Lista de Peixes Marinhos do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/peixes/>. Acesso em: 19 mai. 2021

WANG, Chuanyuan; CHEN, Bing; ZHANG, Baiyu; HE, Shijie; ZHAO, Mingming. Fingerprint and weathering characteristics of crude oils after Dalian oil spill, China. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 71, n. 1-2, p. 64-68, jun. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.034>.

WEIS, Judith s. **Physiological, Developmental and Behavioral Effects of Marine Pollution**. [S.L.]: Springer, Dordrecht, 2014. 454 p.

WEIS, Judith S.. **Marine pollution: what everyone needs to know**. Londres: Oxford University Press, 2015. 253 p.

WILK, Anna; WALIGÓRSKI, Piotr; LASSAK, Adam; VASHISTHA, Himanshu; LIRETTE, David; TATE, David; ZEA, Arnold H.; KOOCHEKPOUR, Shahriar; RODRIGUEZ, Paulo; MEGGS, Leonard G.. Polycyclic aromatic hydrocarbons-induced ROS accumulation enhances mutagenic potential of T-antigen from human polyomavirus JC. **Journal Of Cellular Physiology**, [S.L.], v. 228, n. 11, p. 2127-2138, 25 jul. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jcp.24375>.

YIM, Un Hyuk; HONG, Seongjin; LEE, Changkeun; KIM, Moonkoo; JUNG, Jee-Hyun; HA, Sung Yong; AN, Joon Geon; KWON, Bong-Oh; KIM, Taewoo; LEE, Chang-Hoon. Rapid recovery of coastal environment and ecosystem to the Hebei Spirit oil spill's impact. **Environment International**, [S.L.], v. 136, p. 105438, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2019.105438>.

ZACHARIAS, Daniel Constantino; GAMA, Carine Malagolini; FORNARO, Adalgiza. Mysterious oil spill on Brazilian coast: analysis and estimates. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 165, p. 112125, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112125>.

APÊDICE – TABELAS COM OS DADOS SOBRE O REAPARECIMENTO DO ÓLEO

MORRO BRANCO/BEBERIBE (04° 09' 17.58" S 38° 06' 22.53" W)	
Data da revisão	Status
07/09/2019	Oleada/Manchas
03/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
04/11/2019 a 05/11/2019*	Sem óleo
06/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
12/11/2019	Sem óleo
20/11/2019	Sem óleo
22/11/2019	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

PONTAL DO MACEIÓ/FORTIM (04° 25' 22.27" S 37° 46' 08.90" W)	
Data de revisão	Status
28/09/2019	Oleada/Vestígios esparsos
10/10/2019	Sem óleo
24/10/2019	Oleada/Vestígios esparsos
31/10/2019	Oleada/Vestígios esparsos
02/11/2019	Oleada/Manchas
04/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
08/11/2019	Sem óleo
12/11/2019 a 13/11/2019*	Sem óleo
15/11/2019	Sem óleo
17/11/2019 a 20/11/2019*	Sem óleo
24/11/2019	Sem óleo
01/12/2019	Oleada/Vestígios esparsos
11/01/2020	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

PONTAL DO MACEIÓ/FORTIM (04° 24' 3.044" S 37° 46' 56.51" W)	
Data de revisão	Status
12/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
14/11/2019 a 18/11/2019*	Sem óleo
21/11/2019	Sem óleo
23/11/2019	Sem óleo
27/11/2019	Sem óleo
29/11/2019	Sem óleo
01/12/2019	Sem óleo
03/12/2010	Oleada/Vestígios esparsos
07/12/2019	Sem óleo
10/12/2019	Sem óleo
12/12/2019	Sem óleo
14/12/2019	Sem óleo
16/12/2019	Sem óleo
04/01/2020	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

PONTAL DO MACEIÓ/FORTIM (04° 24' 8.466" S 37° 46' 25.64" W)	
Data de revisão	Status
16/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
18/11/2019 a 19/11/2019*	Sem óleo
21/11/2019	Sem óleo
23/11/2019	Sem óleo
27/11/2019	Sem óleo
29/11/2019	Sem óleo
01/12/2019	Sem óleo

03/12/2019	Oleada/Vestígios esparsos
10/12/2019	Sem óleo
12/12/2019	Sem óleo
16/12/2019 a 17/12/2019*	Sem óleo
04/01/2020	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

QUIXABA/ARACATI (04° 34' 9.615" S 37° 39' 22.40" W)	
Data de revisão	Status
14/10/2019	Oleada/Vestígios esparsos
01/11/2019	Sem óleo
03/11/2019	Sem óleo
06/11/2019 a 08/11/2019*	Sem óleo
10/11/2019 a 11/11/2019*	Sem óleo
15/11/2019 a 16/11/2019*	Sem óleo
18/11/2019 a 23/11/2019*	Sem óleo
26/11/2019 a 27/11/2019*	Sem óleo
29/11/2019 a 30/11/2019*	Sem óleo
01/12/2019	Sem óleo
03/12/2019	Oleada/Vestígios esparsos
04/12/2019 a 05/12/2019*	Sem óleo
06/12/2019	Oleada/Vestígios esparsos
07/12/2019 a 13/12/2019*	Sem óleo
17/12/2019	Sem óleo
19/12/2019	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

PRAIA DA MAJORLÂNDIA/ARACATI (04° 33' 15.08" S 37° 40' 10.78" W)	
Data da revisão	Status
24/10/2019	Oleada/Vestígios esparsos
25/10/2019	Sem óleo
01/11/2019 a 04/11/2019*	Sem óleo
06/11/2019 a 12/11/2019*	Sem óleo
14/11/2019 a 16/11/2019*	Sem óleo
18/11/2019 a 20/11/2019*	Sem óleo
01/12/2019	Sem óleo
03/12/2019	Oleada/ Vestígios esparsos
04/12/2019 a 07/12/2019*	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

CUMBUCO/CAUCAIA (03° 36' 48.69" S 38° 45' 12.71" W)	
Data de revisão	Status
05/11/2019	Oleada/Manchas
10/11/2019	Oleada/Manchas
11/11/2019	Sem óleo
12/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
13/11/2019	Sem óleo
15/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
10/12/2019	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

CUMBUCO/CAUCAIA (03° 37' 32.15" S 38° 43' 41.41" W)	
Data da revisão	Status
17/11/2019	Sem óleo
19/11/2019 a 21/11/2019*	Sem óleo
27/11/2019	Sem óleo
29/11/2019	Sem óleo
03/12/2019	Oleada/Vestígios esparsos
04/12/2019	Sem óleo
06/12/2019	Sem óleo
09/12/2019 a 12/12/2019*	Sem óleo
16/12/2019	Sem óleo
18/12/2019	Sem óleo
10/01/2020	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

BARRA DO CAUÍPE/CAUCAIA (03° 35' 27.03" S 38° 46' 32.97" W)	
Data de revisão	Status
10/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
11/11/2019	Sem óleo
12/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
13/11/2019	Sem óleo
15/11/2019	Sem óleo
29/11/2019	Sem óleo
06/12/2019 a 07/12/2019*	Sem óleo
11/12/2019	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).

SABIAGUABA/FORTALEZA (03° 46' 42.73" S 38° 25' 43.37" W)	
Data de revisão	Status
15/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
19/11/2019	Sem óleo
20/11/2019	Oleada/Vestígios esparsos
10/12/2019	Sem óleo

*Visitas em dias consecutivos.

Fonte: A autora (2021).