


CONTINGENCIAMENTO E REMEDIAÇÃO DE DERRAMAMENTOS DE ÓLEO NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE AÇÕES E TECNOLOGIAS EMERGENCIAIS

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-071>

Data de submissão: 08/03/2025

Data de publicação: 08/04/2025

Érica Machado da Silva Guerreiro

Mestre

Av. Prof. Luciano Gualberto 1289, São Paulo, 05508-900.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5711902192159730>

E-mail: ericaguerreiro@usp.br

Elisabete de Santis Braga

Doutora

Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, Butantã, São Paulo, SP, 05508-120

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9298544294588050>

E-mail: edsbraga@usp.br

André Felipe Simões

Livre Docente e Doutor

Av. Prof. Luciano Gualberto 1289, São Paulo, 05508-900.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1503283535579534>

E-mail: afsimoes@usp.br

RESUMO

Os desafios associados a derramamentos de óleo no mar tem sido muitos, em especial em um país caracterizado por extensa faixa costeira, como é o caso do Brasil, cuja Zona Costeira se estende, na sua porção terrestre, por mais de 8.500 km, abrangendo 17 estados e mais de quatrocentos municípios, distribuídos do Norte equatorial ao Sul temperado do país. Nesse contexto, é premente haver uma atuação bem planejada, em que todos os órgãos cooperem entre si de forma a permitir uma ação de resposta imediata e coordenada. Sob a égide de tais considerações, o presente trabalho objetiva caracterizar e analisar as principais ações e tecnologias de contingenciamento e remediação a partir das melhores práticas adquiridas após o último derramamento de óleo no país, ocorrido no litoral Brasileiro, em 2019. A rota metodológica para tanto alicerçou-se em revisão bibliográfica com base em publicações científicas de alto impacto e, também, em pesquisa documental para obtenção de dados primários e secundários a respeito de acidentes geradores de derramamentos de petróleo. A partir do desenvolvimento deste estudo, foi possível depreender que, de modo geral, há notório despreparo das autoridades quanto às ações de prevenção e mitigação, tornando-se urgente a capacitação de quadros técnicos especializados em gestão de emergência, e isto em prol de maior eficiência da estrutura de contingência offshore e costeira. Conclusivamente, este estudo aponta para a necessidade de implementação de uma comunicação bem mais articulada entre as esferas do poder público e a sociedade civil para fins de coordenação e integração em caso de acidentes petrolíferos de maior porte causadores de derramamentos de óleo.

Palavras-chave: Derramamentos de óleo. Zona Costeira do Brasil. Contingenciamento. Remediação. Medidas ambientais emergenciais.

1 INTRODUÇÃO

Em agosto de 2019, ocorreu um dos maiores desastres ambientais do Brasil em decorrência de um derramamento de óleo bruto oriundo de um navio petroleiro, o qual, devido à sua extensão (2.890 km) e impactos, é considerado a catástrofe de maior gravidade já registada em regiões costeiras tropicais (BRUM *et al.*, 2020). As manchas do vazamento começaram a surgir no litoral da Paraíba e se estenderam por cerca de 1.000 km da costa (IBAMA, 2020a), nas regiões nordeste e sudeste, entre os estados do Maranhão ao Rio de Janeiro. De agosto de 2019 a março de 2020, foram atingidos pelo derrame de óleo 11 estados, 130 municípios e 1.009 localidades (IBAMA, 2020b).

Os motivos que tornaram esse desastre ambiental tão particular foram não apenas a ausência de medidas tomadas pelo Governo Federal à época, mas também pelas características do acidente em si, já que não era possível identificar o óleo cru facilmente na superfície, ocasionando diversos impactos negativos à biodiversidade marinha, atingindo 10 ecossistemas, mais de 57 áreas protegidas e 34 espécies (SOARES *et al.*, 2020). Em razão das dificuldades de detecção, é provável que o óleo tenha viajado abaixo da superfície do mar, ainda assim, a maior parte das técnicas de contenção e remediação adotadas foram baseadas no princípio de flutuação do óleo, ainda que nem sempre isso acontece e o óleo pode flutuar, permanecer em suspensão e/ou afundar conforme a corrente marítima e ocorrência de turbulência (LOBÃO *et al.*, 2022).

Apesar das circunstâncias extremas, ainda assim o desastre não recebeu a atenção requerida a um rápido intervalo de tempo pelo governo federal naquele momento, cuja inação levou a consequências mais significativas a longo prazo, como o comprometimento de áreas de preservação e a suspensão temporária da pesca artesanal, prejudicando a subsistência de milhares de moradores das localidades atingidas. O cenário de desorganização, comunicação ineficiente e ausência de um gabinete de crise sanitária conduziu à mobilização de milhares de voluntários desprotegidos de equipamentos de segurança e vulneráveis à exposição ao ambiente contaminado pelos derivados do petróleo (como benzeno e aromáticos), expondo com isso, a falta de recursos financeiros e a fragilidade de ações emergenciais de saúde do país (PENA *et al.*, 2020). O óleo foi recolhido majoritariamente por cidadãos voluntários, mesmo com a participação de órgãos públicos municipais (prefeituras e respectivas secretarias do meio ambiente, em especial) e da Petrobras.

Na época, foi dedicada grande atenção das autoridades à identificação da embarcação responsável pela origem do vazamento de petróleo, e de certa maneira, acabou sendo desviado o foco às rápidas ações emergenciais de contenção ao acidente. Com isso, a inação do governo em lidar de forma ágil no controle de espalhamento da mancha de óleo foi vista como prejudicial, conduzindo a danos de maiores proporções e impactos aos ecossistemas e às comunidades locais.

O Plano Nacional de Contingência Nacional (PNC) foi acionado pela primeira vez após o acidente de derramamento de petróleo no litoral brasileiro em 2019, cujas características eram de óleo persistente, em que, segundo dados internos da Marinha do Brasil, responsável pela investigação, foram recolhidas 5.379,76 toneladas de resíduos – sendo 30% desse montante equivalente a petróleo. Na maior parte dos estados atingidos, o óleo recolhido foi, majoritariamente, tratado e misturado a demais resíduos de alto poder calorífico e reaproveitado energeticamente como combustível alternativo em fornos de cimento através da atividade de coprocessamento; enquanto a parte não aplicada em cimenteiras foi disposta em aterros sanitários.

Em um momento inicial, grande parte do óleo foi coletado por voluntários das próprias comunidades costeiras, os quais estavam desprovidos de EPIs (equipamentos de proteção individual). Tal desastre ambiental, embora de larga extensão territorial, não é considerado tecnicamente de grande volume quando comparado a demais como, de acordo com ITOPF (2022), o Atlantic Empress (Caribe), em 1979, com 287.000 toneladas, e o Torrey Canyon (Reino Unido), em 1967, com 119.000 toneladas, por exemplo.

Muitos são os desafios, em especial, em um país de longa extensão continental como o Brasil. Por isso, em uma ocorrência de derramamento de óleo, é muito importante haver uma atuação bem planejada, em que todos os órgãos cooperem entre si e em sinergia, a fim de permitir uma ação de resposta imediata e coordenada. Também é de grande importância que a comunidade local esteja bem treinada e esclarecida sobre como proceder e quais ações emergenciais devam ser tomadas em um curto intervalo de tempo no caso de um eventual acidente petrolífero.

A tragédia de 2019 evidenciou na época o despreparo e discordância das autoridades quanto à tomada de decisões e escolha das respostas como, segundo Souto (2020), o atraso no acionamento do Plano Nacional de Contingência e modificação do Grupo de Acompanhamento e Avaliação (GAA), além da ineficiência das normas e mecanismos de contenção do avanço do petróleo às praias. O PNC, embora de grande relevância, é aplicável apenas em ocorrências de maiores proporções em macrorregiões, em especial, em zona *offshore*, mostrando a ausência de um plano de rápida mobilização e contingenciamento para enfrentamento de acidente com óleo, em especial, às comunidades mais vulneráveis e de difícil acesso por terra.

Assim, mesmo com as instâncias e aspectos escalares quanto às estratégias de respostas emergenciais (como o Plano Nacional de Contingência, Plano de Emergência Individual e Plano de Área), percebe-se a necessidade de um plano de ações com foco em áreas costeiras e especial atenção às pequenas cidades com menos recursos e infraestrutura, como as comunidades de difícil acesso.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar e analisar as principais ações e tecnologias de contingenciamento e remediação a partir das melhores práticas adquiridas após o último derramamento de óleo no país, ocorrido no litoral brasileiro, em 2019.

3 METODOLOGIA

Primeiramente, empreendeu-se uma revisão bibliográfica sistemática sobre acidentes petrolíferos causadores de derramamentos de óleo no mar. Em seguida, a partir de pesquisa documental, obteve-se dados primários e secundários a respeito das ações adotadas e respostas observadas no enfrentamento ao derramamento de petróleo de 2019. Subsequentemente, analisou-se as principais medidas brasileiras no que tange à estruturação de recursos e ações emergenciais de combate a acidente com óleo na costa, de maneira a observar possíveis formas de implementação quando confrontadas com medidas estabelecidas em protocolos internacionais. Frisa-se, ainda, que esta pesquisa é de caráter exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados internos da Marinha do Brasil, responsável pela investigação, foram recolhidas 5.379,76 toneladas de resíduos – sendo 30% desse montante equivalente a óleo. A Tabela 1 mostra o quantitativo informado de resíduos recolhidos por Estado em áreas atingidas pelo derramamento de óleo. Os estados de Alagoas (2.564,58 toneladas) e Pernambuco (1.676,26 toneladas) foram os que tiveram maior quantidade de resíduos recolhidos.

Tabela 1 – Quantidade de resíduos recolhidos por estado após o derramamento de óleo no litoral Brasileiro em 2019.
Fonte: Elaborado a partir de dados do IBAMA (2022).

UF	Resíduos Recolhidos pela Petrobras (ton)	Resíduos Recolhidos por Órgãos Locais (ton)	Quantidade Total Recolhida (ton)
Alagoas	16,09	2548,49	2564,58
Bahia	95,03	364,46	459,49
Ceará	0,00	39,76	39,76
Espírito Santo	0,00	6,26	6,26
Maranhão	0,01	13,68	13,69
Paraíba	0,00	0,85	0,85
Pernambuco	29,84	1646,42	1676,26
Piauí	0,00	10,46	10,46
Rio de Janeiro	0,00	0,00	0,00
Rio Grande do Norte	12,16	33,83	35,18
Sergipe	356,19	213,16	569,35
Offshore	1,00	2,88	3,88
TOTAL	510,32	4.880,25	5.379,76

Dados públicos fornecidos pelo IBAMA a partir da Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011b). Acesso em: 16/05/2022.

A Figura 1, a seguir, evidencia a grande quantidade de óleo derramado, em 2019, no litoral Brasileiro. Destaca-se, neste contexto, que os resíduos foram recolhidos majoritariamente por cidadãos voluntários e, em seguida, reaproveitados energeticamente como combustível alternativo em cimenteiras, enquanto outra parte foi disposta em aterros sanitários.

Figura 1. Derramamento de óleo no litoral Brasileiro em 2019. Fonte: IBAMA, 2020a.



A partir de acesso externo a dados públicos do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), é possível verificar que a maior parte do óleo recolhido em praias no litoral Nordeste foi reaproveitada energeticamente como combustível alternativo em fornos de cimenteiras licenciadas para coprocessamento, conforme observado na Tabela 2, nas unidades da Votorantim Cimentos em Laranjeiras (localizada em Sergipe) e Sobral (localizada no Ceará), Mizu Cimentos (localizada em Baraúna, RN), InterCement (localizada na Bahia) e a Cimenteira APODI (localizada no Ceará) para fins de geração de energia nas respectivas indústrias.

Tabela 2 – Quantidade e destinação do óleo recolhido nas praias do Nordeste Brasileiro após o desastre ambiental de 2019. Fonte: Elaborado a partir de dados do IBAMA (2022).

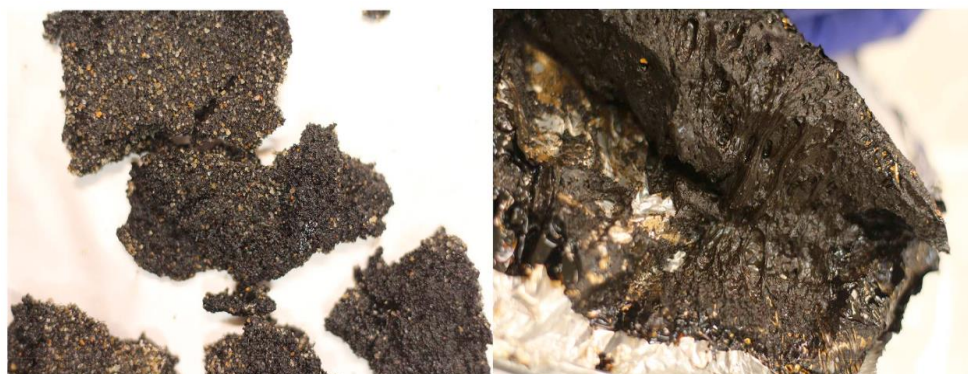
UF	Estimativa de Óleo Recolhido pela Petrobras (ton)	Estimativa de Óleo Recolhido por Órgãos Locais (ton)	Quantidade Total de Óleo Recolhido (ton)	Armazenamento Temporário	Transporte	Destinação
Alagoas	16,09	2.548,49	2.564,58	Pólo de Gerenciamento de Resíduos da	Petrobras	Votorantim Laranjeiras (SE) e

				Petrobras em Carmópolis (SE) Pólo de Gerenciamento de Resíduos da Petrobras em Carmópolis (SE); CETREL (em Camaçari)		Mizu Cimentos em Baraúna (RN)
Bahia	95,03	364,46	459,49		Estado	Cimenteira InterCement e CTR-Bahia
Ceará	0,00	39,76	39,76		Estado	Cimenteira APODI (CE)
Espírito Santo	0,00	6,26	6,26	São Luiz da Barra, Linhares e São Mateus - ES	Estado	Aterro Sanitário Classe I da empresa Vitória Ambiental Central de Gerenciamento de Resíduos Classe I de Tiara e Votorantim Cimentos em Sobral (CE)
Maranhão	0,01	13,68	13,69	IBAMA (MA), Tutóia, Capitania dos Portos em São Luiz e Central de Resíduos de Parnaíba (PI)	Estado e Petrobras	Aterro Sanitário Metropolitano Classe I de João Pessoa
Paraíba	0,00	0,85	0,85	Cabedelo	Estado	

Dados públicos fornecidos pelo IBAMA a partir da Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011b). Acesso em: 16/05/2022.

Segundo Lourenço *et al.* (2020), o óleo recolhido da costa Brasileira (Figura 2) apresentou aspecto sólido, mais denso do que a água do mar e visualmente similar a alcatrão, cujas análises de cromatogramas indicaram o padrão compatível ao de petróleo bruto, enquanto a caracterização química sugeriu a presença de hidrocarbonetos leves com elevado potencial de toxicidade a longo prazo aos ecossistemas afetados, em razão da possibilidade de liberação gradual de compostos tóxicos ao ambiente marinho, com efeitos negativos aos organismos e ecossistemas costeiros após a liberação na coluna d'água, especialmente, em caso de limpeza não eficiente.

Figura 2. Aspecto do óleo recolhido após o derramamento de óleo no litoral Brasileiro em 2019. Fonte: LOURENÇO *et al.*, 2020.

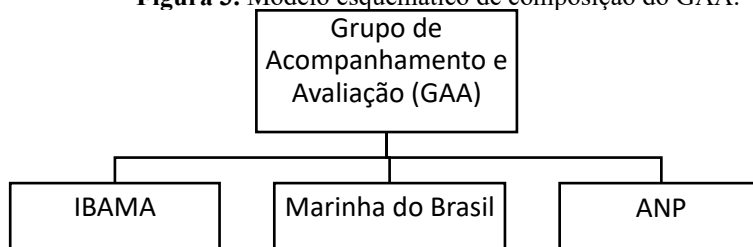


4.1 AÇÕES DE RESPOSTA A UM DERRAMAMENTO

As Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo, conhecidas por Cartas SAO, são instrumentos de grande importância para a elaboração de um planejamento de ações de contingência e resposta a derramamento por óleo, pois identificam os ambientes de maior necessidade de proteção e conduzem à correta destinação de recursos e mobilização de equipes (BRASIL, 2004). De acordo com a Lei Nº 9.966 (BRASIL, 2000), denominada por Lei do Óleo e posteriormente atualizada em 2002 – a qual dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional – o Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem por atribuição a responsabilidade de identificação e delimitação das áreas ecologicamente sensíveis.

No caso do Plano Nacional de Contingência Nacional (PNC) para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição, este foi regulamentado pelo Decreto Nº 10.950 (BRASIL, 2022) e prevê medidas adicionais sob responsabilidade do poder público sempre que for ultrapassada a capacidade de resposta individual de um empreendedor em um cenário de alta severidade; estabelecendo uma estrutura organizacional, diretrizes, procedimentos, ações e atribuição de responsabilidades. Segundo Ibama (2024), o PNC também estabelece o Grupo de Acompanhamento e Avaliação (GAA), o qual é composto por representantes da Marinha do Brasil, pelo próprio Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos) e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), conforme mostrado na Figura 3, que explicita que o acionamento do PNC ocorre apenas esgotados todos os recursos do Plano de Emergência Individual (PEI) e do Plano de Área (PA).

Figura 3. Modelo esquemático de composição do GAA.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Segundo Ibama (2022), está previsto no PNC que o Coordenador Operacional das estratégias de respostas a um acidente seja de competência do respectivo órgão público obedecendo a seguinte preferência:

- a) Marinha do Brasil para incidentes em águas marítimas;
- b) Ibama para incidentes em águas interiores;
- c) ANP para incidentes que envolvam estruturas submarinas de perfuração e/ou produção de petróleo.

De acordo com a Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano e Qualidade Ambiental (SQA) e a Petrobras, o Ibama não segue um protocolo oficial específico para derramamento de óleo no litoral brasileiro ocasionado por empreendedores licenciados, e com isso, as ações emergenciais a serem tomadas são descritas no Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, regulado pela Resolução CONAMA 398 (BRASIL, 2008), as quais devem ser apresentadas ao Ibama pelas plataformas marítimas.

Em complementação ao PEI, utiliza-se o Plano de Área em regiões de concentração de empreendimentos, que é regulamentado pelo decreto nº 4.871 (BRASIL, 2003) e dispõe sobre o combate à poluição por óleo em áreas de concentração de portos organizados, terminais, dutos ou plataformas e suas respectivas instalações de apoio. A Tabela 3 mostra os Planos de Área aprovados e sob coordenação do Ibama, conforme os dados internos atualizados em 2024, em que é possível verificar que dos 26 estados brasileiros, apenas 7 possuem planos de área já aprovados.

Tabela 3. Planos de Área aprovados no Brasil sob coordenação do Ibama. Fonte: Dados internos do IBAMA, 2024.

UF	Planos de Área Aprovados
BA	Plano de Área do Porto de Aratu e Região
ES	Plano de Área do Espírito Santo
MA	Plano de Área do Complexo Portuário de Itaqui
MS	Plano de Área do Porto de Corumbá/Ladário
SC	Plano de Área da Baía da Babitonga
SP	Plano de Área do Porto de Santos e Região
SP	Plano de Área do Porto Organizado de São Sebastião
AL	Plano de Área do Porto de Maceió

A baixa quantidade de estados com Plano de Área em operação evidencia a ausência de ações de prevenção a derramamento com óleo no país. Embora de extrema relevância, o Plano Nacional de Contingência, entretanto, é utilizado apenas em ocorrências de maiores proporções, ou seja, de significância nacional. As cidades/ comunidades costeiras de difícil acesso por terra são as mais vulneráveis, pois, em caso de um acidente petrolífero a chegada de equipes e equipamentos torna-se mais complexa por não ser de forma imediata e não haver um plano de contingência com ações emergenciais específico a localidades mais afastadas.

São muitos os desafios a serem suplantados uma vez que foi verificada a falta de planos emergenciais localizados em áreas de maior vulnerabilidade e de difícil acesso. De modo que ações

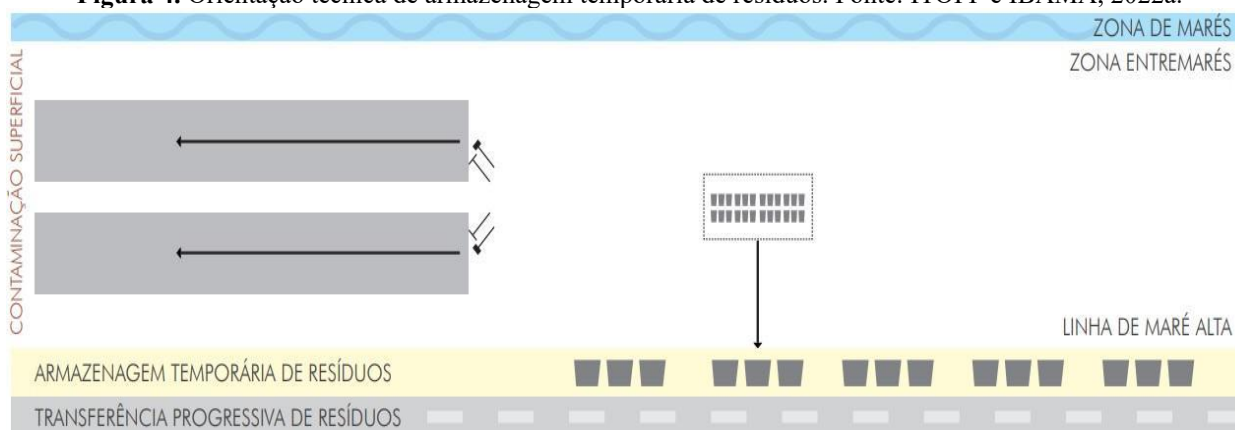
como contato e treinamento da população local é fundamental, assim como a implantação de equipamentos básicos e tecnologias de proteção, bem como o uso de *drones* e helicópteros, por exemplo, já que possibilitam uma rápida dimensão visual acerca das proporções de um acidente com óleo, além de serem relativamente de fácil acesso desde pequenas a grandes cidades.

A modelagem física de correntes marinhas é uma ferramenta auxiliar muito importante no apoio das decisões. A Petrobras é conhecida como a maior referência no país em ferramentas tecnológicas, como sensoriamento remoto orbital e aerotransportado, uso de modelos de deriva de mancha e desenvolvimento de protocolos para testes laboratoriais e de campo *ad-hoc*.

Em seguida, finalizado o reconhecimento aéreo, são realizadas a detecção de localização com auxílio de GPS e a estimativa de dimensionamento, sendo, em seguida, necessário a definição das regiões de maior prioridade e a avaliação da espessura da mancha, a fim de se determinar a quantidade de óleo na superfície do mar (FERREIRA, 2006). Após a detecção das áreas atingidas pelo óleo, são delimitados os *end points* (do inglês, pontos de término), os quais demarcam as regiões que serão desmobilizadas e terão o acesso liberado à população após a conclusão da fase de limpeza.

Ressalta-se que, em razão da grande quantidade de óleo recolhido, os acidentes petrolíferos além de questões ambientais, acabam englobando também a gestão de resíduos, a qual, de acordo com as recomendações de ITOPF e Ibama (2022a), quando bem realizada, evita a geração de novos resíduos e a contaminação secundária, em que o óleo é coletado na linha costeira de forma a minimizar a remoção de areia, sendo posteriormente armazenado em recipientes apropriados (como *big bags*), os quais devem ser realocados em áreas de armazenamento temporárias/intermediárias, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Orientação técnica de armazenagem temporária de resíduos. Fonte: ITOPF e IBAMA, 2022a.



As ações de vistoria e limpeza de ambientes atingidos pelo derramamento de óleo, segundo orientações técnicas de ITOPF e Ibama (2022b), são divididas em três fases conforme cada tipo de ambiente, sendo:

- 1ª Fase: Ação reativa de limpeza em localidades recém atingidas;
- 2ª Fase: Sistematização da vistoria de acompanhamento e limpeza de praias;
- 3ª Fase: Vistoria de acompanhamento e limpeza de óleo residual.

No Brasil, ainda não existe um plano de monitoramento contínuo. Para uma reparação efetiva dos danos ocasionados por um derramamento de óleo é necessário haver um monitoramento, pois, em muitos casos apenas a indenização atribuída pelo judiciário não é suficiente para suprir todas as necessidades emergenciais dos ambientes atingidos, devido à sua complexidade (SILVA, 2019).

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO ÓLEO

Em termos de identificação do óleo, são de grande importância para classificação visual os aspectos: as avaliações de óleo em linha de costa, delimitação de zonas de marés e distribuição das camadas de óleo.

a) Avaliações de Óleo em Linha de Costa

O mapeamento das linhas de costa permite uma melhor compreensão quanto aos tipos de vegetação e espécies, e da acessibilidade por terra e mar, contribuindo para o planejamento de estratégia e trânsito de pessoas e equipamentos de acordo com as características de cada ambiente. São avaliados os possíveis impactos aos *habitats* locais, considerando a capacidade de resiliência da própria natureza, assim como as características ambientais e de acesso às regiões. Todos esses aspectos, somados às propriedades do óleo e padrão de derramamento, configuram importantes itens na identificação das ações de resposta mais adequadas ao cenário de acidente observado.

Segundo o Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes, 2006), as avaliações de óleo em linha de costa foram efetuadas pela primeira vez no Brasil em 2000 pela Petrobras com o objetivo de mapear as áreas atingidas por um derramamento de óleo naquele mesmo ano e são determinantes na tomada de decisões quanto às estratégias de resposta, pois permite uma melhor visualização quanto à extensão e severidade de um derramamento. O Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo (Petrobras, 2002), é conhecido como uma importante referência de guia quanto aos códigos de caracterização do óleo e delimitação das áreas atingidas pelo derramamento, cujos principais tipos de linha de costa no Brasil são segmentados de acordo com o índice de sensibilidade, com variação de 1 a 10, conforme os impactos e ação de resposta.

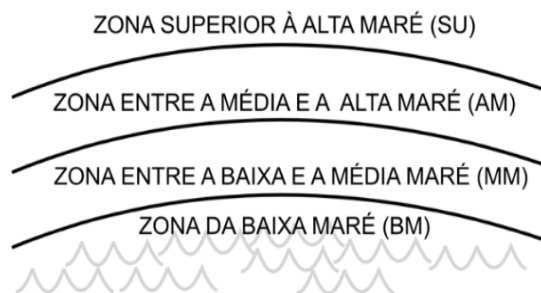
Entretanto, observa-se que o manual elaborado pela Petrobras sobre Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo é extremamente técnico e voltado mais diretamente à classificação das manchas de óleo e das áreas atingidas, não sendo didático e simplificado quanto às respostas emergenciais a serem tomadas pela comunidade local. Ou seja, não há um enfoque voltado à sociedade nem à saúde ambiental.

Assim, em um eventual acidente por derramamento de petróleo, as populações de regiões costeiras não estarão esclarecidas sobre como proceder em caso de ações rápidas de contingenciamento, e o meio ambiente estará mais vulnerável a efeitos toxicológicos.

b) Zonas de Marés e Camada de Óleo

Segundo o Manual da Petrobras elaborado por Cenpes (2006), é proposta uma padronização quanto aos códigos de classificação de zonas de marés e camada de óleo (quanto à distribuição, espessura e características), a fim de viabilizar uma rápida identificação das condições do derramamento e contribuir com a escolha de ações de limpeza. A delimitação da altura da maré, como mostrado na Figura 5, é importante para identificar a ocorrência e localização de óleo na costa.

Figura 5. Classificação das zonas de marés. Fonte: CENPES, 2006.



Onde:

BM: zona ao nível da maré baixa;

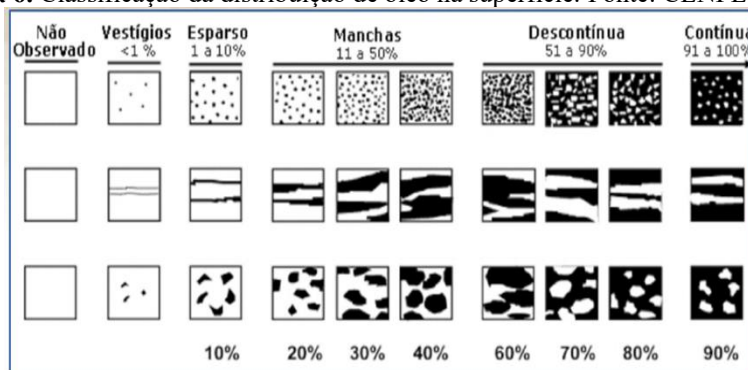
MM: zona ao nível da maré média;

AM: zona ao nível da maré alta;

SU: zona acima do nível da maré alta.

A distribuição da Camada de óleo (Figura 6) serve para estimar o percentual quantitativo de óleo na superfície a partir do estabelecimento de uma escala.

Figura 6. Classificação da distribuição de óleo na superfície. Fonte: CENPES, 2006.



Onde:

NO = não observado (ausência de vestígio de óleo);

V = vestígios de óleo (<1%);

E = óleo esparsos (1% a 10%);

M = manchas de óleo (11% a 50%);

D = cobertura descontínua (51% a 90%);

C = cobertura contínua (91% a 100%).

Por fim, são também designados códigos de classificações de camada quanto aos parâmetros de espessura e características.

a) Códigos de Espessura da Camada de Óleo:

OE = óleo empoçado (óleo fresco ou musse com espessura acima de 1cm);

CG = óleo em camada grossa (óleo ou musse superior a 1mm e inferior a 1cm em qualquer superfície);

CF = óleo em camada fina (<1mm, podendo ser retirado com raspagem);

MA = mancha de óleo visível, mas que não pode ser retirado com raspagem;

FI = filme (camada brilhosa transparente);

NO = nenhuma evidência de óleo encontrada.

b) Códigos de Características da Camada de Óleo:

FR = óleo fresco e líquido;

MS = musse (óleo emulsificado cobrindo áreas extensas);

PO = pelotas de óleo (pequenos acúmulos de óleo inferior a 10cm de diâmetro);

PI = piche (capa de óleo altamente intemperizado, de consistência grossa, quase sólida);

RS = resíduos de óleo na superfície (resíduos de óleo não coesivos na superfície do sedimento);

PA = pavimento asfáltico (óleo associado ao sedimento, tornando-o coesivo)

NO = nenhuma evidência de óleo.

Ressalta-se que a caracterização em subsuperfície pode ser realizada a partir da técnica de perfuração a fim de identificar a eventual presença de óleo nos poros de sedimentos.

c) Estratégias de Resposta a um Derramamento de Óleo

A escolha das técnicas mais apropriadas de enfrentamento a um acidente petrolífero é feita de acordo com as avaliações de mapeamento, linha de costa e características ambientais, além das classificações de zonas de marés e camada de óleo.

Segundo Ferreira (2006), as estratégias mais comuns de resposta a um derramamento de óleo, são:

1. **Não Resposta/ Monitoramento da Mancha** – utilizada quando não há deslocamento da mancha de óleo às áreas ambientais mais sensíveis e em que é feito o monitoramento da evolução e comportamento da pluma (deslocamento, espalhamento e características físicas e químicas);
2. **Contenção e recolhimento** – técnica preferível em situações de condições meteorológicas e oceanográficas favoráveis, em que é removida maior quantidade possível de óleo, através de contenção (do inglês, *booming*) e recolhimento (do inglês, *skimming*);
3. **Dispersão Mecânica** – agitação mecânica a partir de propulsores ou dispositivo de agitação em embarcações, ou até mesmo, uso de canhões de água para estimular a dispersão do óleo através do bombeamento da água do mar, de forma a superar a resistência mecânica ocasionada pela viscosidade do óleo e pela resistência química gerada pela tensão interfacial da mistura óleo-água;
4. **Dispersão Química** – técnica utilizada preferencialmente quando há risco de vida ou perigo de incêndio à embarcação, que envolve aplicação de dispersante químico seja por helicóptero, navio e/ou avião, a fim de reduzir a tensão interfacial óleo-água e estimular o surgimento de gotículas de óleo. Esta estratégia é considerada polêmica por ambientalistas pelo fato de não extinguir o derramamento;
5. **Respostas Químicas Não-Dispersantes** – aplicação de produtos alternativos (como solidificantes e desemulsificantes) com o objetivo de alterar as características físicas ou químicas do óleo;
6. **Queima controlada de óleo no mar** – estratégia de eliminação de grande volume de óleo na superfície, entretanto, acompanhada de algumas limitações em razão das emissões de poluentes atmosféricos e controle de combustão da chama; além de não ser utilizada no Brasil;

7. **Proteção e Limpeza de Linhas de Costa** – uso de barreiras flutuantes e materiais absorventes para proteger áreas sensíveis (como manguezais) da mancha de óleo;
8. **Biorremediação** – processo de aceleração da biodegradação natural do óleo em componentes mais simples (como CO₂, água e biomassa) a partir de aplicação de nutrientes ou micróbios através de bioestimulação e/ou bioaugmentação. A técnica, embora útil, é lenta e de uso restrito, já que não pode ser aplicada quando o óleo se encontra na superfície do oceano.

Cabe ressaltar que, por recomendação da ITOPF, o recolhimento tanto mecânico quanto manual tem se mostrado como as técnicas mais apropriadas de recolhimento de óleo. Enquanto a aplicação de dispersantes químicos, como detergentes (surfactantes), não tem sido bem aceita por ambientalistas, em razão dos impactos da toxicidade, já que após a quebra da mancha de petróleo, a maior parte dos hidrocarbonetos dispersos permanecem na coluna de água, aumentando a exposição e a absorção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) por algumas espécies, como peixes e crustáceos (SAADOUN, 2015) e, por outras mais sensíveis, como os corais.

4.3 INTemperismo E EFEITOS DO ÓLEO NO AMBIENTE MARINHO

Os processos de intemperismo são um dos critérios decisórios para avaliação e seleção das técnicas de resposta e dos equipamentos a serem alocados em campo. As dimensões dos impactos de um derramamento de óleo no ambiente dependem de diversos fatores, como características climáticas e da área atingida, grau de eficiência dos métodos de resposta aplicados, assim como a quantidade e o tipo de óleo, o qual pode ser: a) não-persistente quando ocorre rápida dissipação a partir de evaporação; e b) persistente quando a dissipação acontece mais lentamente e oferece uma potencial ameaça aos recursos naturais (ANDERSON, 2001), isto em relação a permanência aparente no ambiente.

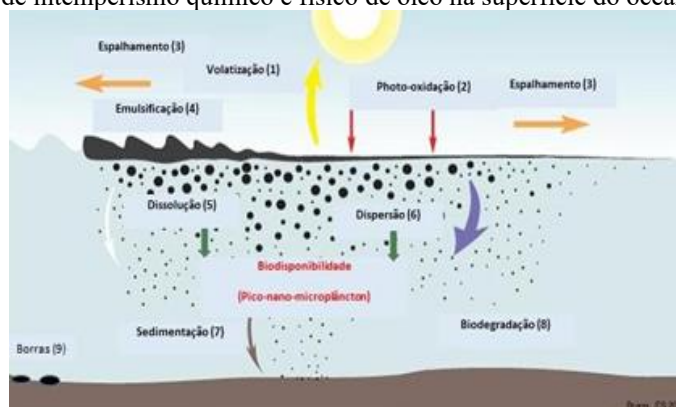
Para a melhor compreensão quanto ao comportamento do óleo no ambiente, deve-se levar em consideração, segundo Ferreira (2006), a caracterização do tipo de óleo (densidade, viscosidade e ponto de fluidez), a classificação (parafínicos, naftênicos, leves e pesados) e os testes (análises laboratoriais, ensaios de intemperização e derramamentos experimentais).

Segundo ITOPF (2014) e o GESAMP (Grupo de Peritos sobre os Aspectos Científicos de Proteção Ambiental Marinho), o intemperismo de um óleo no meio marinho pode sofrer efeitos dos seguintes processos:

- a) Espalhamento – a velocidade de espalhamento está relacionada à velocidade do óleo e ao volume derramado, em que óleos de baixa viscosidade se espalham mais rapidamente do que os de alta viscosidade;
- b) Evaporação – o processo de evaporação depende tanto da temperatura quanto da velocidade do vento do local, em que os componentes mais voláteis do óleo evaporam para a atmosfera;
- c) Dispersão – a dispersão é influenciada pela natureza do óleo e as condições meteorológicas e do oceano (como a presença de ondas, correntes e ventos);
- d) Emulsificação – as emulsões (de água em óleo) são formadas quando os óleos absorvem água. Os óleos mais viscosos tendem a absorver a água mais lentamente;
- e) Dissolução – a dissolução depende da composição do óleo, espalhamento, temperatura da água, turbulência e grau de dispersão;
- f) Oxidação – a luz solar promove a foto-oxidação do óleo, em que os hidrocarbonetos reagem com o oxigênio, levando à formação de produtos solúveis;
- g) Sedimentação – as gotas de óleo dispersas podem interagir com sólidos em suspensão na coluna de água, contribuindo para a sedimentação das partículas oleosas;
- h) Deposição – alguns óleos têm a gravidade específica (densidade) superior à da água do mar e, conseqüentemente, acabam sofrendo deposição.

A Figura 7 traz um esquema ilustrativo a respeito dos principais processos de intemperismo após um derramamento de óleo no oceano. Segundo Braga (2002), uma vez no meio marinho, o petróleo sofre vários processos que acabam por facilitar sua integração em sistemas biológicos, cuja poluição oferece impactos desastrosos sobre a maioria de espécies de fitoplâncton, algas bentônicas e zooplâncton.

Figura 7. Ilustração de intemperismo químico e físico de óleo na superfície do oceano e em coluna d'água.



Fonte: Braga, ES (2020), adaptado de ITOPF, 2008.

De acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (ONU, 1982), a “poluição do meio marinho” é a “introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia no meio marinho... que tenha ou possa ter efeitos deletérios, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha”. Dessa forma, a poluição marinha é aquela introduzida pelo homem, cujas substâncias apresentam concentrações acima do nível natural. Dentre as principais características dos poluentes estão a persistência, toxicidade e a bioacumulação (alta concentração com potencial nocivo).

O processo de bioacumulação pode ser encontrado em espécies marinhas, como peixes, cujos organismos sofreram efeitos fisiológicos, já que quanto maior a exposição à contaminação, maior o potencial de bioacumulação. No caso de poluição por petróleo e derivados, os poluentes são persistentes (degradação lenta) e lipossolúveis (se dissolvem em gorduras), cujos efeitos do óleo no ambiente marinho destacam-se a mortalidade de espécies, incorporação de hidrocarbonetos aos tecidos dos organismos, absorção de agentes mutagênicos e carcinogênicos na cadeia alimentar. Os compostos mais pesados são, em geral, os mais tóxicos.

Ressalta-se que os mangues são berçários extremamente sensíveis à exposição ao óleo, e por isso, carecem de medidas emergenciais, já que, em caso de acidente precisam ser imediatamente protegidos contra o avanço da mancha de petróleo.

A poluição por petróleo pode não implicar em efeitos visíveis a curto prazo, mas pode ocasionar efeitos a longo prazo provocados pela bioacumulação a partir do consumo de peixes e/ou outros organismos marinhos contaminados por introdução de substâncias tóxicas persistentes que induzem danos aos indivíduos na cadeia alimentar (Braga, 2002). Dessa forma, a exposição à poluição oferece graves riscos de contaminação à saúde da população, tanto pelo contato direto na pele quanto indireto a partir do consumo de animais marinhos contaminados.

As comunidades locais são as mais atingidas em caso de derramamento de óleo, pois dependem diretamente da atividade de pesca e turismo, e após a perda de seu principal meio de subsistência, muitas famílias acabam por sofrer abalos psicológicos e doenças ocasionadas em decorrência de contato com o óleo. As populações das regiões costeiras precisam ser esclarecidas pelas autoridades quanto às ações rápidas de contingenciamento e recuperação do óleo, assim como, à proteção de áreas mais frágeis, para não estarem vulneráveis a efeitos toxicológicos.

5 CONCLUSÕES

Foi observado que, mesmo com as instâncias e aspectos escalares quanto às estratégias de respostas emergenciais (como o Plano Nacional de Contingência, Plano de Emergência Individual e Plano de Área), percebe-se a necessidade de um plano de ações com foco em áreas costeiras e especial

atenção às pequenas cidades e comunidades com menos recursos e infraestrutura. Embora de extrema relevância, o PNC é utilizado apenas em ocorrências de maiores proporções nacionais, e além disso, o Ibama ainda necessita de um protocolo oficial específico para defesa de áreas tão vulneráveis, sendo importante contribuições socioambientais para aperfeiçoamento nas ações.

Ressalta-se também que a maior parte dos manuais de enfrentamento a derramamento são extremamente técnicos e direcionados à identificação e classificação das manchas de óleo e das áreas atingidas, não sendo elaborados com linguagem didática e simplificado quanto às respostas emergenciais a serem tomadas pela comunidade local. Dessa forma, percebe-se a carência por um enfoque maior, voltado ao esclarecimento da sociedade, em especial, às comunidades locais, para que no caso de em um eventual acidente por derramamento de petróleo, as populações de regiões costeiras deverão estar esclarecidas sobre como proceder em caso de ações rápidas de contingenciamento.

AGRADECIMENTOS

A autora Érica Machado da Silva Guerreiro agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro por meio de Bolsa de Doutorado. O autor André Felipe Simões agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro via Bolsa de Produtividade PQ2.

A todos que acreditam na ciência.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. Persistent vs Non-Persistent Oils: What You Need to Know. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF). Article in Beacon (Skuld Newsletter), July 2001. Disponível em: <<https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/Papers/persistent.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2024.

Braga, E. S. Bioquímica Marinha - Efeitos da Poluição nos Processos Bioquímicos. 2a ed. FUNDES PA: São Paulo, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente.

_____. Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional. Diário Oficial da União. Brasília, 2022. BRASIL, 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente, MMA. Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo das Bacias Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo das Bacias Marítimas do Ceará e Potiguar Marítimas do Ceará e Potiguar. Brasília, 2004. Brasília, 2004. BRASIL, 2004.

_____. Resolução CONAMA Nº398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. Diário Oficial da União. Brasília, 2008.

_____. Decreto Nº 4.871, de 06 de novembro de 2003. Dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2003.

_____. Lei Nº 9.966, De 28 De Abril De 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2000.

BRUM, H. D.; CAMPOS-SILVA, J. V.; OLIVEIRA, E. G. Brazil oil spill response: Government inaction. Science, 2020, Vol 367 (6474), pp. 155-156. DOI: 10.1126/science.aba0369

CENPES. Manual de Avaliação de Óleo em Linha de Costa. Texto traduzido e adaptado do original Shoreline Assessment Manual, elaborado pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Centro de Pesquisa Leopoldo A. Miguez de Mello – CENPES/PETROBRAS. Rio de Janeiro, 2006. 81p. Disponível em <<https://saopelotas.furg.br/images/stories/documentosdereferencia/manuais%20de%20avaliacao%20petrobras.pdf>>. Acesso em 28 mai 2024.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos.

_____. Ibama assume coordenação de grupo que avalia incidentes de poluição por óleo. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/ibama-assume-coordenacao-de-grupo-que-avalia-incidentes-de-poluicao-por-oleo>>. Acesso em: 18 março 2025.

_____. Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC). 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/emergencias-ambientais/petroleo-e-derivados/pnc>>. Acesso em: IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Ministério do Meio Ambiente.

_____. Cartilha informativa sobre a trajetória do acidente. Brasília, 2020. Disponível em: <[cartilha_v2.indd \(ibama.gov.br\)](#)>. Acesso em: 30 abr 2022. IBAMA, 2020a.

_____. Localidades afetadas. Brasília, 2020. Disponível em: <[2020-03-19_LOCALIDADES_AFETADAS.pdf \(ibama.gov.br\)](#)>. Acesso em: . 17 março 2025. IBAMA, 2020 b.

ITOPF – International Tanker Owner Pollution Federation.

_____. Statistics - ITOPF. 2022. Disponível em: <<https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>>. Acesso em: 26 maio 2024.

_____. Fate of marine oil spills. ITOPF Ltd., 2014. 12p. (Technical Information Papers; 2). Disponível em: <https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/TIPS_TAPS_new/TIP_2_Fate_of_Marine_Oil_Spills.pdf>. Acesso em: 26 maio 2024.

_____. ITOPF Handbook 2007/2008.

ITOPF e IBAMA.

_____. Manchas de óleo – Litoral do Nordeste. Orientação Técnicas: Gestão de Resíduos. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/emergencias-ambientais/manchasdeoleo/arquivos/2022/20221216_OT_gestao_residuos_o_leo.pdf>. Acesso em: 03 jun 2024.

_____. Orientação Técnica: Vistoria de Acompanhamento e Limpeza do Litoral. 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/emergencias-ambientais/manchasdeoleo/arquivos/2019/10.pdf>>. Acesso em: 07 jun 2024.

FERREIRA, J. P. **Análise de Estratégias de Resposta a Derramamento de Óleo Pesado no Litoral do Espírito Santo Utilizando Modelagem Computacional**. 2006. 199f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2006.

LOBÃO, M. M.; THOMAZELLI, F. F.; BATISTA, E. P. M. P.; OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, M. D. C.; MATOS, N. A. V. 2022. Chronic oil spills revealed by the most important set of samples from the incident in northeastern Brazil, 2019. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 94: e20210492. DOI 10.1590/0001-376520220210492.

Lourenço, R.A., Combi, T., Alexandre, M.R., Sasaki, S.T., Zanardi-Lamardo, E., Yogui, G. T., 2020. Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019-2020): trying to find answers and filling data gaps. **Marine Pollution Bulletin**. 156, 111219. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111219>.

PENA, P. G. L.; NORTHCROSS, A. L.; LIMA, M. A. G.; RÊGO, R. C. F. Derramamento de óleo bruto na costa Brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. Espaço temático: Emergências em saúde pública em debate. Cadernos de Saúde Pública, Nº 36, ed. 2, 2020. DOI: 10.1590/0102-311XER231019.

SAADOON, I. M. K. Impact of Oil Spills on Marine Life. **Emerging Pollutants in the Environment - Current and Further Implications**. [s.l.] IntechOpen, 2015.

SILVA, Ana Carolina Corberi Famá Ayoub e. **Dano por derramamento de óleo no mar: responsabilidade e reparação**. São Paulo, 2019. 407 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SOARES, M. de O., TEIXEIRA, C. E. P., BEZERRA, L. E. A., PAIVA, S. V., TAVARES, T. C. L., GARCIA, T. M., CARNEIRO, P. B. de M. (2020). Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, 115, 103879. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103879>.

SOUTO, R. D. 2020. Estudo de caso: Governança Ambiental Participativa e Justiça Social: uso do mapeamento participativo como ferramenta para análise do derrame de petróleo na costa brasileira em 2019-2020. In: Gerhardinger LC Guarda AB (Eds), I Volume Horizonte Oceânico Brasileiro: ampliando o horizonte da governança inclusiva para o desenvolvimento sustentável do oceano brasileiro. Instituto Costa Brasilis - Desenvolvimento Socioambiental, p. 201-233. ISBN: 978-65-992751-0-4.

Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Organização das Nações Unidas - ONU. 1982. Disponível em: <https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/part1.htm>. Acesso em: 23 set 2024.