

# Gestão Ambiental de Vazamentos de Óleo no Mar Territorial Brasileiro e o Uso do Sensoriamento Remoto

## Environmental Management of Oil Spills in the Brazilian Territorial Sea and the Use of Remote Sensing

Nájla Vilar Aires de Moura<sup>i</sup>  
IBAMA  
Brasília, Brasil

Osmar Abílio de Carvalho Júnior<sup>ii</sup>  
Universidade de Brasília  
Brasília, Brasil

**Resumo:** O gerenciamento de desastres causados por vazamentos de óleo no Brasil tem como alicerce a Lei nº 9.966/2000. No entanto, o seu atendimento representa um desafio para o poder público, que demonstrou dificuldades no atendimento à referida lei ao longo dos últimos anos. O presente artigo contempla os instrumentos jurídicos e os programas de Estado utilizados para auxiliar na tomada de decisão durante a ocorrência de acidentes, considerando como referência os três principais eventos ocorridos nas últimas duas décadas no Brasil, a saber: a ruptura de duto na Baía da Guanabara (2000), o vazamento de petróleo no Campo de Frade (2011) e a poluição por óleo, de origem indeterminada, nas praias do Nordeste (2019/2020). O monitoramento desses eventos, com o uso de sensoriamento remoto, é discutido, a partir da escassa produção científica disponível, o que evidencia a necessidade de estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento de projetos que possam subsidiar a ação do Estado durante os acidentes.

**Palavras-chave:** Poluição; Gestão Costeira; Gerenciamento de Desastres; Produção de Petróleo; Monitoramento Ambiental.

**Abstract:** Managing disasters caused by oil spills in Brazil is based on Law n. 9966/2000. However, its attendance represents a challenge to the Government, which has shown difficulties complying with this Law over the last few years. This article presents the legal instruments and the state programs used to assist in decision-making, during the occurrence of accidents, considering as reference the three main events that occurred in the last two decades in Brazil: the pipeline rupture in Guanabara Bay (2000), the oil spill in Campo de Frade (2011) and the oil pollution of undetermined origin on the beaches of

---

i Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Doutora em Geografia/UNB. najla.moura@ibama.gov.br.  
<https://orcid.org/0000-0002-8536-0640>.

ii Professor titular da Universidade de Brasília. osmarjr@unb.br.  
<https://orcid.org/0000-0002-0346-1684>.

the Northeast (2019/2020). Monitoring these events using remote sensing is discussed based on the scarce scientific production available, which highlights the need to encourage research and develop projects supporting state action during accidents.

**Keywords:** Pollution; Coastal Management; Disaster Management; Oil Production; Environmental Monitoring.

## Introdução

Derramamentos de óleo no mar representam grande preocupação pública no Brasil, em virtude dos impactos imediatos causados nos ambientes costeiros, no turismo e na pesca, além de acarretarem atenção midiática significativa (MOURA *et al.*, 2020). O óleo pode se acumular nos sedimentos e contaminar a flora, a fauna e a água. Sua presença tem potencial para danos em praias e em suas comunidades biológicas, podendo permanecer nesses ambientes por longos períodos, causando prejuízos significativos, por exemplo, em manguezais, acarretando o comprometimento das atividades produtivas na área costeira (SOUSA, 2013). A presença de óleo na água atinge diretamente as atividades pesqueiras, podendo danificar equipamentos de pesca e instalações de maricultura, além de poder restringir essa atividade por longos períodos. Igualmente, atinge as atividades ligadas ao turismo, como a navegação, os mergulhos e a natação (SOUSA, 2013), além de poder causar insegurança alimentar em comunidades pesqueiras (AZEVEDO *et al.*, 2022; SOUTO, 2022).

O petróleo bruto também representa grave ameaça à saúde, quando ocorre exposição por ingestão, absorção e/ou inalação. Os riscos toxicológicos envolvidos são graves, agudos e crônicos, podendo levar à morte por intoxicação. O petróleo contém uma variedade de toxinas conhecidas, com severas consequências para a saúde, incluindo: 1) os compostos orgânicos voláteis (VOCs), conhecidos pela associação a doenças carcinogênicas, a efeitos hematotóxicos, imunotóxicos e disfunção renal, hepática e hormonal, irritação respiratória, transtornos mentais, especialmente quadros de depressão; 2) os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), conhecidas substâncias cancerígenas, que podem alterar as funções reprodutivas e imunológicas, em mulheres e homens; 3) o sulfeto de hidrogênio, que pode causar efeitos agudos e crônicos no sistema nervoso central, como cefaleias, alterações da atenção, memória insuficiente; e 4) os metais pesados, como arsênico, cádmio, cromo, manganês, cobre, níquel, vanádio e chumbo, que acarretam enfermidades, tais como: as lesões renais, a neurotoxicidade, a carcinogenicidade e a imunotoxicidade (PENA *et al.*, 2020).

Diante desses impactos severos, faz-se necessária a criação de mecanismos para evitar os acidentes que tenham como consequência o vazamento de óleo para o mar, além do desenvolvimento de programas e de novas metodologias de identificação e monitoramento dos vazamentos, antes que atinjam a costa e se dispersem de maneira acelerada. Para tanto, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto é primordial para o alcance desse objetivo (MOURA *et al.*, 2020).

No Brasil, nas últimas décadas, três eventos são representativos dos impactos causados por grandes vazamentos de óleo em áreas costeiras. O acidente ocorrido na Baía da

Guanabara, em 2000; o vazamento de petróleo ocorrido durante a perfuração de poço de exploração pela empresa Chevron, no Campo de Frade, em 2011; e o incidente, ainda de origem oficial desconhecida, que acarretou a poluição por óleo em todos os estados da Região Nordeste, no Espírito Santo e no Rio de Janeiro, em 2019/2020.

Esses três acidentes ambientais, marcantes na história brasileira, são pano de fundo para a análise realizada no presente artigo, que inclui o arcabouço legal sobre o assunto e os instrumentos de gestão, utilizados pelo Estado, no gerenciamento de desastres ambientais, envolvendo o vazamento de óleo no litoral do país. Por fim, é discutido o uso do sensoriamento remoto nos três eventos em destaque e o seu papel na gestão ambiental.

## Acidentes Significativos

O vazamento de petróleo, que ocorreu na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, teve início em 18 de janeiro de 2000, ocasião em que 1,3 milhão de litros de óleo combustível escaparam do oleoduto PE-II, oriundo da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), da Petrobras. Segundo a empresa, o vazamento ocorreu em decorrência da expansão e da contração térmica do duto, iniciou à 1 hora da manhã e foi somente constatado 5 horas após iniciado (ACSELRAD e MELLO, 2002; MONTEIRO, 2003).

Além de toda a Baía de Guanabara, o óleo atingiu os municípios Duque de Caxias, Magé, Itaboraí, Guapimirim e São Gonçalo, além dos bairros e localidades: Ilha do Governador, Ilha de Paquetá, Mauá, Piedade, Ipiranga, Anil e Limão, totalizando mais de 40 km de praias e inúmeras áreas de manguezais (SOUSA, 2013). O acidente poluiu a água e os sedimentos da Baía e causou impactos em peixes, crustáceos, aves, répteis e mamíferos, presentes nos *habitats* afetados. Do ponto de vista socioeconômico, 30 mil pessoas ligadas às atividades pesqueiras foram afetadas, seja pela morte de peixes, pela perda de equipamentos, pelos períodos de proibição de pesca estabelecidos e/ou pela recusa de compradores a adquirirem os frutos do mar, mesmo meses após o ocorrido (SOUSA, 2013).

Destaca-se que os estudos encontrados sobre esse acidente estão, em sua maioria, restritos aos 2 anos subsequentes ao evento, não tendo ocorrido acompanhamento posterior acerca da qualidade ambiental da área ou das condições socioeconômicas dos indivíduos afetados. O único estudo de acompanhamento encontrado foi concluído em 2005 e tratou da caracterização química e biológica de amostras de sedimentos de mangues afetados (MACIEL-SOUZA *et al.*, 2006).

Pouco mais de uma década depois desse acidente, em 07 de novembro de 2011, ocorreu outro derramamento de grandes proporções. Foram vazados 3.700 barris de petróleo, durante a perfuração de um poço de exploração, pela concessionária Chevron Brasil a, aproximadamente, 120 km da costa brasileira, no Campo de Frade, na Bacia de Campos (Campos dos Goytacazes, RJ). A empresa somente identificou o vazamento 2 dias após o seu início e só conseguiu controlar após 6 dias (ANP, 2012). O óleo vazado se deslocou no sentido sudeste e, por isso, não atingiu a costa. A mancha de óleo, visível na superfície da água, chegou a 68 km de extensão e a área afetada foi de cerca de 163 km<sup>2</sup> (CAMPOS, 2016). Não foram encontrados estudos científicos sobre os impactos ambientais desse acidente.

O evento de 2019/2020 constituiu-se no aparecimento de manchas de óleo, de origem ainda desconhecida, em praias brasileiras. Seu início foi declarado oficialmente como ocorrido em 30 de agosto de 2019, tendo alcançado o litoral do estado Paraíba e, posteriormente, os litorais de Pernambuco e Sergipe, costa da Região Nordeste. Nos meses subsequentes, atingiu 11 estados (todos os estados costeiros da região Nordeste e dois estados da região Sudeste, Espírito Santo e Rio de Janeiro), totalizando uma faixa litorânea de, aproximadamente, 3.500 km, do Maranhão até a costa norte do estado do Rio de Janeiro, atingindo 130 municípios e 1.009 localidades, até 19 de março de 2020 (IBAMA, 2023a). Análises laboratoriais indicaram que as amostras coletadas eram oriundas de uma mesma fonte, até hoje desconhecida, com características similares às amostras de petróleo de origem venezuelana (NOBRE *et al.*, 2022).

Durante o evento, foram coletadas 5.300 toneladas de resíduos e resgatados 159 animais oleados, sendo que 112 deles já estavam mortos (IBAMA, 2023a). Os impactos ambientais, provocados pelo óleo, ao atingir manguezais, praias, recifes, estuários, planícies de marés e outros *habitats* são imensuráveis. Além dos impactos socioeconômicos, principalmente aqueles ligados ao turismo e à pesca, cuja estimativa é a de que envolvam, respectivamente, 365.657 (IPEA, 2019) e 503.692 pessoas que trabalham nesses setores (DIAS NETO, 2017).

## Legislação

O instrumento legal norteador das políticas públicas para a gestão de acidentes envolvendo petróleo no Brasil é a Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, conhecida como a “Lei do Óleo”. Essa lei 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 (BRASIL, 2000). Esse é um importante marco legislativo na esfera da responsabilidade civil e da reparação por desastre ambiental (COSTA; SILVA, 2021).

Esse instrumento surgiu decorrente do impacto do derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara em 2000, uma vez que esse acidente evidenciou as lacunas de responsabilidade e a orientação prática na gestão desse tipo de incidente no Brasil (SOUSA, 2013). Assim, a referida lei estabeleceu os princípios a serem atendidos pelos operadores das atividades perigosas, que envolvam a movimentação de óleo e outras substâncias nocivas, em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios (incluindo os navios estrangeiros), em águas sob jurisdição nacional e estabeleceu competências, em diferentes esferas de poder, para a Marinha do Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e a Agência Nacional do Petróleo (ANP).

O texto legal impõe a necessidade de que todos os portos e plataformas tenham sistemas de prevenção, controle e combate da poluição decorrente do vazamento de óleo, incluindo os planos de emergência individuais para o combate à poluição. Esses planos de emergência individuais (PEI) devem ser posteriormente consolidados pelo órgão ambiental competente, na forma de planos de contingência locais (Planos de Área – PA) ou regionais (Plano Regional – PR), em articulação com os órgãos de defesa civil.

Ao Ibama também é atribuída a responsabilidade de consolidar os planos de contingência locais e regionais, na forma do Plano Nacional de Contingência (PNC), em articulação com os órgãos de defesa civil. A definição dessas ferramentas é uma inovação da lei, uma vez que cria o dever de prevenção e reparação de danos (COSTA; SILVA, 2021). Destaca-se que o PNC foi somente regulamentado em 22 de outubro de 2013, pelo Decreto nº 8.127/13, após a ocorrência do acidente no Campo de Frade e do acidente, sem precedentes na história, ocorrido no Golfo no México, oriundo da plataforma *Deep Water Horizon* (PEDROSA, 2012). A Figura 1 indica os níveis de abrangência de cada plano, estabelecido pela lei.

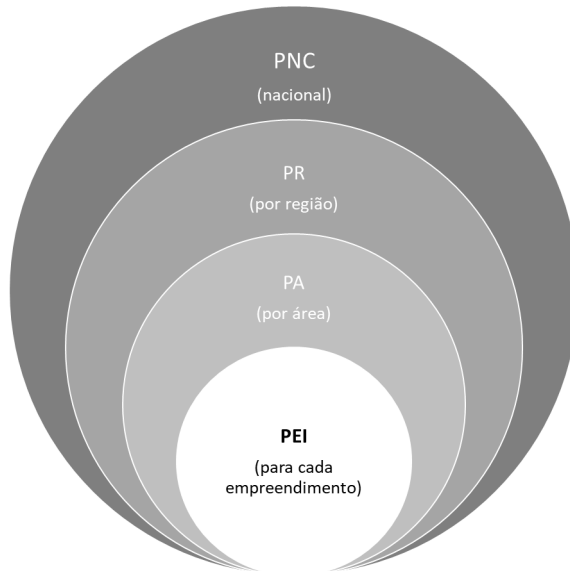


Figura 1 – Abrangência dos planos de respostas aos vazamentos de óleo, estabelecidos pela “Lei do Óleo”.

Antes da promulgação da “Lei do Óleo”, o Brasil já era signatário de instrumentos internacionais que tratam do direito do mar, da segurança de navegação e da poluição marinha, a saber:

- i. Marpol 73/78: Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, ocorrida em 2 de novembro de 1973, Londres, alterada pelo Protocolo de 1978, em 17 de fevereiro de 1978, e emendas posteriores. Essa convenção teve, como propósito, o estabelecimento de regras para a eliminação da poluição intencional do meio ambiente, por óleo e outras substâncias danosas, oriundas de navios, bem como a minimização da descarga acidental daquelas substâncias no ar e no meio ambiente marinho (Marinha do Brasil, 2023a);

- ii. CLC/69: Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, de 1969, ratificada pelo Brasil pelo Decreto nº 79.437, de 28 de março de 1977. Essa convenção teve por objetivo criar mecanismo internacional capaz de assegurar a compensação adequada e acessível às vítimas de danos por poluição, resultantes de escapamento ou descarga de óleo proveniente de navios (Marinha do Brasil, 2023b);
- iii. OPRC/90: International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation, 1990 (Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo), ratificada pelo Brasil. Teve, por objetivo, promover a cooperação internacional e aperfeiçoar as capacidades nacional, regional e global, de preparo e resposta à poluição por óleo, e, no caso do Protocolo, à poluição por substâncias potencialmente perigosas e nocivas (Marinha do Brasil, 2023c). Essa convenção foi proposta após o derramamento de óleo da Exxon Valdez (ocorrido no Alasca, em 1989) e define que todo acidente deve ser reportado imediatamente às autoridades marítimas, que todo navio ou plataforma deve manter um estoque de equipamentos necessários para a contenção de vazamentos e que os exercícios simulados devem ocorrer frequentemente, a fim de evitar possíveis falhas operacionais.

Embora seja parte desses instrumentos, o Brasil não é atualmente signatário de nenhum dos fundos internacionais existentes para compensação de desastres ambientais, como o Fundo Internacional de Compensação por Danos Causados por Poluição por Petróleo (FUND 92). Dessa forma, a responsabilidade de arcar com todos os custos financeiros decorrentes da poluição e das ações de respostas cabe ao poder público, quando não identificado o responsável, como no incidente de 2019/2020 (LAWAND, 2021).

Em 30 de outubro de 2019, foi submetida ao Senado Federal a Proposta de Emenda Constitucional (PEC) nº 184/2019, visando criar o Fundo Nacional de Responsabilidade por Poluição Causada por Incidentes com Hidrocarbonetos, tendo como justificativa o combate e a mitigação dos danos ambientais causados por incidentes com petróleo e seus derivados. Atualmente, a proposição encontra-se na Comissão de Constituição e Justiça do Senado, com a situação “Em tramitação”, aguardando a designação de relator, desde o dia 31/10/2019 (SENADO FEDERAL, 2023).

Após a promulgação da “Lei do Óleo”, outros instrumentos jurídicos surgiram para detalhar os procedimentos e as responsabilidades:

- i. Resolução CONAMA nº 269/2000 (revogada): estabelecia critérios para o uso de dispersantes químicos em incidentes de poluição por óleo no mar (substituída pela Res. CONAMA nº 472/2015);
- ii. Resolução CONAMA nº 293/2001 (revogada): estabelecia o conteúdo mínimo dos Planos de Emergência Individual (PEI) (substituída pela Res. CONAMA nº 398/2008);
- iii. Decreto nº 4.871/2003: instituiu os Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional;

- iv. Resolução CONAMA nº 398/2008: estabelece o conteúdo mínimo dos Planos de Emergência Individual (PEI). Revogou a Res. CONAMA nº 293/2001, de maneira a ampliar o conteúdo anterior;
- v. Decreto nº 8.127/2013 (revogado): Institui o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional. Elaborado após o derramamento ocorrido no Golfo do México (substituído pelo Decreto nº 10.950/2022);
- vi. Resolução CONAMA nº 472/2015: normatiza o uso de dispersantes químicos para ações de resposta a incidentes de poluição por óleo no mar. Revoga a Res. CONAMA nº 269/2000;
- vii. Decreto nº 10.950/2022: dispõe sobre o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC). Revoga o Decreto nº 8.127/2013. Tem por objetivo fixar responsabilidades, estabelecer estrutura organizacional, diretrizes, procedimentos e ações para a execução do PNC. Elaborado após o incidente de poluição por óleo de origem desconhecida, que atingiu as praias do Nordeste em 2019/2020.

Destaca-se o fato de que muitos dos instrumentos legais, existentes no Brasil, foram elaborados e/ou alterados de maneira reativa a incidentes ocorridos, que indicaram lacunas, tanto de responsabilidades como de diretrizes claras, acerca de como proceder em situações reais específicas. Na Figura 2, foi elaborada a linha do tempo dos principais instrumentos legais, em paralelo com os eventos nacionais e internacionais ocorridos.

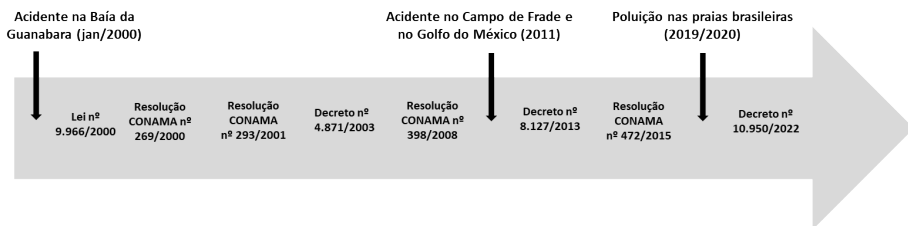


Figura 2 – Linha do tempo da legislação, em associação com os incidentes envolvendo vazamento com óleo.

## Outros Instrumentos de Gestão

### *Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo (Cartas SAO)*

A Lei do Óleo atribuiu ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade de identificar, localizar e definir os limites das áreas ecologicamente sensíveis com relação à poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas, em águas sob jurisdição nacional. Para o atendimento dessa demanda legal, o MMA publicou as Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo (Cartas SAO). As cartas SAO têm como objetivo serem ferramentas e fontes de informação, para o

planejamento e a implantação de ações de resposta frente à ocorrência de vazamentos de óleo. Permitem, entre outros, a identificação de áreas prioritárias para proteção (e aquelas de sacrifício, quando necessário), o direcionamento de equipes e equipamentos (MMA, [s.d.]).

Essas cartas têm quatro grupos de informações principais, no escopo do seu conteúdo: 1) Sensibilidade ambiental do litoral ao óleo; 2) Recursos biológicos sensíveis ao óleo, existentes na área da carta; 3) Atividades socioeconômicas, que podem ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou afetadas pelas ações de resposta; 4) Informações para a implementação de ações de resposta a derrames, como as estradas de acesso à costa, os aeroportos, as rampas para barcos, os padrões de circulação oceânica e costeira, as fontes potenciais de poluição por óleo e derivados, entre outros (MMA, 2023).

### *Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo (PAE-Fauna)*

O Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo (PAE-Fauna) foi elaborado pelo Ibama, em 2017, sendo constituído por três documentos: 1) Manual de Boas Práticas, que tem, por objetivo, estabelecer procedimentos, a serem adotados no manejo de animais oleados resgatados e estabelecer as estruturas necessárias aos centros utilizados, durante a resposta a um incidente; 2) Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (Marem), um banco de dados com informações sobre o litoral brasileiro, capaz de contribuir para a gestão de respostas a acidentes ambientais envolvendo óleo; e 3) Plano de Fauna Oleada do Ibama, que tem, por objetivo, estabelecer a organização interna do órgão, nos eventos envolvendo a fauna oleada e, nele, constando a equipe especializada a ser acionada, o fluxo de comunicação com as instâncias do PNC e a organização interna do Ibama para a atuação em tais eventos (IBAMA, 2023b).

### *Programas/Ações*

Com o objetivo de obter informações adicionais sobre as ações, programas e projetos, desenvolvidos pelos integrantes do PNC (Marinha do Brasil, ANP e Ibama) sobre o enfrentamento das ocorrências de poluição por óleo, no território brasileiro, foi realizada uma busca direcionada nas páginas da Internet dos três órgãos.

No site da Marinha do Brasil, existe uma lista de ações e programas, no entanto, não consta nenhum registro relacionado com o monitoramento, a prevenção e o combate à poluição por óleo (MARINHA DO BRASIL, 2023d). Ao inserir palavras-chave da ferramenta “Buscar” do site, foram encontradas notícias sobre os eventos de 2019/2020 e, mais recentemente, sobre a participação da entidade em exercícios simulados, sem maiores detalhes técnicos sobre a ocorrência dos mesmos.

No site da ANP, as buscas foram ainda mais infrutíferas. Na lista de publicações, não foram encontradas informações sobre a existência de qualquer ação de planejamento relacionada à prevenção e ao combate aos acidentes ambientais envolvendo óleo. Foi realizada pesquisa, a partir do recurso “O que você procura?”, e, da mesma maneira, não foram encontradas referências ao tema (ANP, [s.d.]).



No site do Ibama, foi encontrado abundante material sobre a temática, no recurso “O que você procura?”, incluindo dados sobre: licenciamento ambiental da atividade petrolífera, ocorrência de vazamentos de óleo, aplicação de multas, documentos relacionados ao PAE-Fauna, referências ao arcabouço legislativo, incluindo o Decreto nº 10.950, de 27 de janeiro de 2022. Consta também uma página, criada para divulgar o material relacionado ao evento de 2019/2020 (IBAMA, 2023a).

Em nenhum dos sites foi encontrada referência a programas de monitoramento do mar territorial brasileiro com o uso de sensoriamento remoto.

### *A Aplicação dos Princípios do PNC na Prática*

O incidente ocorrido em 2019/2020 foi o primeiro evento em escala nacional, cuja aplicação do PNC se justificou, e destaca-se que o acidente na Baía de Guanabara teve impacto local e ocorreu antes da regulamentação desse instrumento (PNC) no Brasil. Já o acidente no Campo de Frade, embora de impacto ambiental significativo para o mar territorial brasileiro, portanto de caráter nacional, não gerou acionamento do PNC. Talvez pelo fato de não ter atingido a costa e gerado cobertura midiática significativa.

No entanto, as análises jurídicas e técnicas sobre a implementação do instrumento em 2016/2020 são unânimes em afirmar que ocorreram atrasos e negligência do estado. Os meses da tragédia foram marcados por incertezas, dúvidas, falta de informações, de diretrizes, de coordenação e de liderança, que impossibilitaram a adoção de respostas rápidas, agravadas pela ação fraca, descoordenada e demorada das instituições federais (ZACHARIAS, GAMA, FORNARO, 2021; BRUM, CAMPOS-SILVA, OLIVEIRA, 2020; SOARES *et al.* 2020; AZEVEDO, VIEIRA, GUEDES-SANTOS, 2022; COSTA, SILVA, 2021).

O atraso para a implantação do PNC e a inércia do governo pode ter contribuído para a amplificação dos impactos ecológicos, sociais e econômicos, fato evidenciado pela ausência de medidas de proteção para áreas vulneráveis, como as unidades de conservação, áreas de preservação ambiental, fozes de rios, mangues (SOARES *et al.*, 2020; COSTA, SILVA, 2021). Destaca-se igualmente a falta de proteção aos voluntários envolvidos nas atividades de limpeza, que prestaram serviços incalculáveis para a sociedade brasileira, sem nenhuma contrapartida estatal. Os resíduos contaminados com o óleo foram coletados manualmente, sem equipamentos de proteção individual (COSTA, SILVA, 2021). Não foram encontrados nos sites oficiais quaisquer informações sobre as medidas adotadas na época ou sobre o acompanhamento do estado de saúde dos voluntários.

Lawand, Almeida Silva e Oliveira (2021), ao realizarem análise da responsabilidade jurídica, relacionada ao vazamento de óleo, afirmam que o Governo Federal não assumiu a liderança na gestão do incidente e nem indicou quem seria o responsável por essa tarefa, o que dificultou a resposta rápida, imediata e ordenada ao evento, evidenciando, dessa maneira, o despreparo das instituições para o enfrentamento de situações de emergência. O governo brasileiro aceitou os riscos inerentes à inação, implicando na responsabilização e potenciais consequências legais das falhas e omissões ocorridas, ao longo dos meses de gerenciamento do desastre (SOARES *et al.*, 2020).

Por fim, o Plano Nacional de Contingência foi implementado apenas em 11/10/2019 (41 dias após o início oficial do desastre).

### *O Uso do Sensoriamento Remoto*

Um dos objetivos que precederam a elaboração do presente artigo foi o de realizar um estudo comparativo dos trabalhos desenvolvidos em decorrência dos três eventos analisados, e que envolvessem o uso do sensoriamento remoto nas ações de resposta e acompanhamento dos eventos. No entanto, foi constatada, com surpresa, uma imensa lacuna de pesquisas científicas, dessa natureza, no Brasil. Foram realizadas buscas em diversas bases de conhecimento, disponíveis no portal de periódicos da Capes, principalmente na plataforma *Web os Science*, e, até mesmo, na página do Google Acadêmico (que engloba trabalhos não indexados). Ainda assim, os resultados encontrados foram escassos.

### *Estudos sobre o Desastre na Baía de Guanabara*

De maneira geral, foram encontrados estudos escassos sobre o acidente e apenas um deles com utilização do sensoriamento remoto (BENTZ, MIRANDA, 2001). Tal fato pode justificar-se pela localização conhecida da fonte de vazamento e dos locais atingidos, além da existência de insumos limitados, na época do evento. O estudo de Bentz e Miranda (2001) utilizou três imagens, sendo uma do satélite Landsat-5/TM (óptica) e dois do Radarsat-1 (radar), para monitorar o local do vazamento e o deslocamento do óleo. Com o auxílio de sistema de informação geográfica (SIG), foi realizada a classificação das imagens e o mapeamento da área, na qual se constatou que, 18 horas após o acidente, o óleo estava espalhado em uma área de 33 km<sup>2</sup>; e, após 34 horas, em 56 km<sup>2</sup>. A última imagem (adquirida em 26/01/2000) apresentou empecilhos para a sua interpretação, uma vez que o tempo decorrido dispersou o óleo e houve a interferência de outros fenômenos, que dificultaram a análise (BENTZ, MIRANDA, 2001). Embora escassas, as imagens usadas, sobretudo as de radar, foram importantes para o monitoramento da dispersão do óleo nos dias subsequentes ao vazamento.

### *Estudos sobre o Desastre no Campo de Frade*

O número de estudos encontrados sobre esse incidente é inexpressivo. A maior parte deles é relacionada aos aspectos jurídicos. Nenhum dos estudos foi específico sobre os impactos ambientais e apenas um deles relacionou-se à utilização do sensoriamento remoto, citando o evento apenas como um exemplo, não sendo o seu foco principal. Esse trabalho trata da identificação de feições oceanográficas, na condição de *sun glint* em imagens do satélite MODIS, e usa como um dos exemplos as imagens coletadas na época da ocorrência do vazamento no Campo de Frade (FREITAS, KAMPEL, LORENZ-ZETTI, 2017).

A ausência de pesquisas científicas sobre o evento talvez se justifique pelo fato de o óleo vazado não ter atingido a costa. Embora o volume derramado tenha sido significativo, não ocorreu interesse midiático, o que pode ter refletido no interesse acadêmico.

## *Estudos sobre o Desastre do Petróleo de 2019/2020*

Em relação a esse evento, foi encontrado maior número de estudos, com a aplicação de metodologias de sensoriamento remoto (CONCEIÇÃO *et al.*, 2021; FREIRE *et al.*, 2022; LENTINI *et al.*, 2022; NOBRE *et al.*, 2022). Acredita-se que, pelo número elevado de notas na mídia e de trabalhos acadêmicos sobre o assunto, que tenham sido feitas numerosas tentativas de identificar o vazamento, sem que houvesse resultados efetivos e, portanto, o interesse por publicações científicas. Destaca-se que, provavelmente, o óleo se deslocou da fonte de vazamento até as praias, em subsuperfície no mar, o que dificultou que o derramamento pudesse ser identificado por imagens de satélite e sobrevoos (LOURENÇO *et al.*, 2020).

As primeiras tentativas de uso do sensoriamento remoto para detecção da possível origem do vazamento de óleo que atingiu as praias brasileiras (especialmente, as da Região Nordeste), em 2019/2020, foram realizadas pelo INPE, com o uso de imagens SAR, providas pelo satélite Sentinel-1A/B, e com o auxílio das imagens óticas dos satélites Sentinel-2A/B e CBERS-4. Inicialmente, foram analisadas 100 imagens Sentinel-1 (anteriores à primeira identificação do óleo), usando a metodologia de classificação *Un-supervised Semivariogram Textural* (USTC). Foram identificadas 24 feições escuras, sendo que 23 delas foram classificadas como óleo, sem, contudo, estarem associadas ao evento (NOBRE *et al.*, 2022). Além disso, outras entidades também realizaram análises sobre as mesmas imagens, de acesso público, como o Ibama, universidades federais e empresas privadas (NOBRE *et al.*, 2022).

Cabe destacar que modelos matemáticos indicaram que o ponto de ocorrência do vazamento estava possivelmente localizado a mais de 400 km da costa brasileira, em local do oceano Atlântico, sem cobertura de satélites equipados com SAR (NOBRE *et al.*, 2022), instrumento adequado para identificação de óleo no mar (MOURA *et al.*, 2020), tendo o seu deslocamento ocorrido em subsuperfície, devido a processos de intemperização, conforme se deslocava em direção à costa brasileira, sendo indetectável nas imagens que existiam, com cobertura próxima à costa.

## **Conclusão**

Os estudos científicos sobre os acidentes envolvendo vazamentos de óleo no mar territorial brasileiro, analisados neste artigo, são escassos e descontinuados e não abrangem o acompanhamento de médio e longo prazo dos impactos ambientais, sociais e de saúde coletiva provocados pelos eventos.

Os estudos envolvendo o uso do sensoriamento remoto são ainda mais exíguos e indicam que esse instrumento tem sido usado de maneira esporádica e pontual no monitoramento e acompanhamento de vazamentos de óleo, apesar de seu uso ser consagrado na literatura internacional como ferramenta importante para detecção e monitoramento de manchas e óleo no mar. Fato esse que ressalta a falta de imageamento satelitais do mar territorial brasileiro, além da falta de incentivo e interesse de profissionais capacitados para a execução da tarefa. Embora o Brasil possua ampla e detalhada legislação, foi constatado que a letra da lei não se expressa na atuação estatal, ao longo dos 20 anos analisados no

presente artigo, foi verificado o avanço significativo da lei, que, contudo, não foi suficiente para evitar o caos ocorrido no desastre de 2019/2020. Apesar do PNC já estar regulamentado à época da ocorrência desse desastre, sua implementação foi inadequada, não refletindo o potencial de aprendizado que os eventos desastrosos de 2000 e 2011 poderiam ter agregado para o poder público brasileiro. Tal ocorrido pode se justificar pela falta de continuidade de projetos, pela inexistência de memória institucional e pela falta de publicidade das ações pretéritas. O presente estudo identificou ainda a ausência de informações de acesso público sobre a atuação das instituições federais envolvidas nas ações de resposta aos eventos acidentais, principalmente dos dois mais antigos. Essa falta de memória institucional pode levar os pesquisadores e interessados no assunto ao entendimento de que existe recorrente inação do poder público. Entendimento esse que pode ser equivocado, contudo, justificado pela falta de transparência da divulgação das informações.

## Referências Bibliográficas

ACSELRAD, H.; MELLO, C. D. A. Conflito social e risco ambiental: o caso de um vazamento de óleo na Baía de Guanabara. In: ALIMONDA, H. (org.). *Ecología Política. Naturaleza, Sociedad y Utopía*, p. 293-317. Buenos Aires: CLACSO, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. *Investigação do incidente de vazamento de petróleo no Campo de Frade: Relatório final*. Jul. 2012. Disponível em: [https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/campo-de-frade/relatorio-frade-i\\_final.pdf](https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/campo-de-frade/relatorio-frade-i_final.pdf). Acesso em: 14 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. *Publicações*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes>. Acesso em: 03 mar. 2023.

AZEVEDO, A. K.; VIEIRA, F. A.; GUEDES-SANTOS, J.; GAIA, J. A.; PINHEIRO, B. R., BRAGAGNOLO, C.; CORREIA, R.A.; LADLE, R. J.; MALHADO, A. A big data approach to identify the loss of coastal cultural ecosystem services caused by the 2019 Brazilian oil spill disaster. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94., p. e20210397, 2022. DOI: 10.1590/0001-3765202220210397.

BENTZ, C.; DE MIRANDA, F. P. Application of remote sensing data for oil spill monitoring in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. In: IGARSS 2001. *Scanning the Present and Resolving the Future*. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cat. No. 01CH37217), 2001, Sydney, Australia, Proceeding... IEEE, 2001, p. 333-335. DOI: 10.1109/IGARSS.2001.976149.

BRASIL. Lei nº 9.966/2000, 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

Gestão Ambiental de Vazamentos de Óleo no Mar Territorial Brasileiro e o Uso do Sensoriamento Remoto ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9966.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9966.htm). Acesso em: 02 jan. 2023.

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

CAMPOS, I. Z. A. A atuação do tribunal marítimo em caso de poluição ambiental: responsabilidade administrativa marítima ambiental. *Direito e Desenvolvimento*, v. 7, n. 2, p. 171-188, 2016. DOI: 10.26843/direitoedesenvolvimento.v7i2.323.

CONCEIÇÃO, M. R. A.; DE MENDONÇA, L. F. F.; LENTINI, C. A. D.; DA CUNHA LIMA, A. T.; LOPES, J. M., DE VASCONCELOS, R. N.; GOUVEIA, M. B.; e PORSANI, M. J. SAR oil Spill detection system through random forest classifiers. *Remote Sensing*, v. 13, n. 11, p. 2044, 2021. DOI: 10.3390/rs13112044.

COSTA, W. C. L.; SILVA, A. S. A responsabilidade civil estatal frente aos desastres ambientais: o óleo no litoral do Nordeste. In: DA SILVEIRA, A. F.; MAMED, D. DE O.; FERREIRA, H. S.; DA SILVA, L. A. L.; CALEIRO, M. M. (org.). *Natureza, Povos e Sociedade de Risco*, v. IV, cap. 1, p. 7- 33. Curitiba: CEPEDIS, 2021.

DIAS NETO, J. *Análise do seguro-desemprego do pescador artesanal e de possíveis benefícios para a gestão pesqueira*. Brasília: Ibama, 2017. 120 p.

FREIRE, N. C.; CAMPOS, L. H. R.; QUEIROZ, V.; SOUZA, L. B.; SILVA, M. C. Multispectral Remote Sensing for mapping the areas affected by the techno-industrial disaster of the oil spill on Brazilian beaches. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94, suppl. 2, p. e20210308, 2022. DOI: 10.1590/0001-3765202220210308.

FREITAS, L. B.; KAMPEL, M.; LORENZZETTI, J. A. Feições oceanográficas em imagens MODIS na condição de sunglint: exemplos para a costa sudeste brasileira. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 321-41, 2017. DOI: 10.1590/0102-77863230014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Manchas de óleo no litoral brasileiro*. 2023a. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/manchasdeoleo#>. Acesso em: 02 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo (PAE-Fauna)*. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2020/plano-nacional-de-acao-de-emergencia-para-fauna-impactada-por-oleo-pae-fauna>. Acesso em: 02 mar. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. *Extrator de Dados Ipea*. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/extrator/simt.html>. Acesso em: 05 nov. 2019.

LAWAND, A.; ALMEIDA SILVA, C. D. de; OLIVEIRA, L. P. F. de. Derramamento de óleo no nordeste brasileiro: responsabilização e desdobramentos. *Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy – International Law and Business Review*, v. 1, n. 1, p. 84-113, 2021.

LENTINI, C. A. D.; MENDONÇA, L. F. F.; CONCEICAO, M. R. A.; LIMA, A. T.; VASCONCELOS, R. N.; PORSANI, M. J. Comparison between oil spill images and look-alikes: an evaluation of SAR-derived observations of the 2019 oil spill incident along Brazilian waters. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94, suppl. 2, p. e20211207, 2022. DOI: 10.1590/0001-376520220211207

LOURENÇO, R. A.; COMBI, T.; DA ROSA ALEXANDRE, M.; SASAKI, S. T.; ZANARDI-LAMARDO, E.; YOGUI, G. T. Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019–2020): Trying to find answers and filling data gaps. *Marine Pollution Bulletin*, v. 156, p. 111219, 2020. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111219

MACIEL-SOUZA, M. D. C.; MACRAE, A.; VOLPON, A. G. T.; FERREIRA, P. S.; e MENDONÇA-HAGLER, L. C. Chemical and microbiological characterization of mangrove sediments after a large oil-spill in Guanabara Bay-RJ-Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 37, p. 262-266, 2006. DOI: 10.1590/S1517-83822006000300013

MARINHA DO BRASIL. Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (Marpol). 2023a. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/marpol>. Acesso em: 08 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo (CLC). 2023b. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/clc>. Acesso em: 08 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation (OPRC). 2023c. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/codigos-e-convencoes/convencoes/oprc>. Acesso em: 08 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. *Ações e Programas*. 2023d. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/acoes-e-programas>. Acesso em: 08 mar. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. *Cartas de sensibilidade ao óleo*. [s.d.]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo.html>. Acesso em: 02 mar. 2023.

MONTEIRO, A.G. *Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo: o estudo de caso do complexo REDUC-DTSE*. 2003. 271f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético e Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MOURA, N.V.A.; DE CARVALHO JÚNIOR, O.A.; TRANCOSO GOMES, R.A.; FONTES GUIMARÃES, R. Revisão sobre o uso de sensoriamento remoto na detecção de vazamentos de óleo no mar. *Caminhos de Geografia*, v. 21, n. 75, p. 214–224, 2020. DOI: 10.14393/RCG217551341.

NOBRE, P.; LEMOS, A. T.; GIAROLLA, E.; CAMAYO, R.; NAMIKAWA, L.; KAMPEL, M.; RUDORFF, N.; BEZERRA, D. X.; LORENZZETTI, J.; GOMES, J.; SILVA JR, M. B. DA; LAGE, C. P. M.; PAES, R. L.; BEISL, C.; LOBÃO, M. M.; BIGNELLI, P. A.; MOURA, N. DE; GALVÃO, W. S.; POLITO, P. S. The 2019 northeast Brazil oil spill: scenarios. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94, suppl. 2, p. e20210391, 2022. DOI: 10.1590/0001-3765202220210391.

PEDROSA, L. F. *Análise dos mecanismos de planejamento e resposta para incidentes com derramamento de óleo no mar: uma proposta de ação*. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PENA, P. G. L.; NORTHROSS, A. L.; LIMA, M. A. G. D.; RÊGO, R. D. C. F. Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, n. 2, p. e00231019, 2020. DOI: 10.1590/0102-311X00231019

SENADO FEDERAL. *Proposta de Emenda à Constituição nº 184, de 2019*. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/139657>. Acesso em: 03 mar. 2023.

SOARES, M. DE O.; TEIXEIRA, C. E. P.; BEZERRA, L. E. A.; PAIVA, S. V.; TAVARES, T. C. L.; GARCIA, T. M.; DE ARAÚJO, J. T.; CAMPOS, C. C.; FERREIRA, S. M. C.; MATTHEWS-CASCON, H.; FROTA, A.; MONT'ALVERNE, T. C. F.; SILVA, S. T.; RABELO, E. F.; BARROSO, C. X.; FREITAS, J. E. P. DE; MELO JÚNIOR, M. DE; CAMPELO, R. P. DE S.; SANTANA, C. S. DE; CARNEIRO, P.B. DE M.; CAVALCANTE, R. M. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. *Marine Policy*, v. 115, p. 103879, 2020. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103879.

SOUSA, L. G. R.; DE MIRANDA, A. C.; DE MEDEIROS, H. B. Impacto ambiental e socioeconômico do derramamento de óleo na Baía de Guanabara. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 2, p. 94-108, 2013. DOI: 10.17271/19800827922013633.

SOUTO, R. D.; BATALHAO, A. Citizen science as a tool for collaborative site-specific oil spill mapping: the case of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94, suppl. 2, p. e20211262, 2022. DOI: 10.1590/0001-3765202220211262.

Nájla Vilar Aires de Moura e Osmar Abílio de Carvalho Júnior

ZACHARIAS, D. C.; GAMA, C. M.; FORNARO, A. Mysterious oil spill on Brazilian coast: Analysis and estimates. *Marine Pollution Bulletin*, v. 165, p. 112125, 2021. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112125.

Recebido em: 14/03/2023.

Aceito em: 20/08/2023.