

MONITORAMENTO DO DESASTRE POR DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO LITORAL BRASILEIRO, A PARTIR DO SATÉLITE SENTINEL-1A

Catarina de Oliveira Buriti¹

Humberto Alves Barbosa²

1 Introdução

A indústria de Petróleo e Gás ocupa o terceiro lugar no *ranking* das principais atividades econômicas do Brasil. É também a 4^o colocada no *ranking* das exportações, desempenhando um importante papel na balança comercial do País (IBGE, 2015). De acordo com um estudo do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP, 2020), no período de 2007 a 2017, foram gerados cerca de R\$ 1,4 trilhão de recursos, apenas em forma de arrecadação, do setor de petróleo e gás.

Além disso, a exploração e produção de petróleo possui um grande potencial de crescimento no País. Hoje, apenas 7% da área de bacias sedimentares brasileiras são exploradas. O Pré-Sal é considerado uma das mais importantes descobertas em águas profundas, em todo o mundo, na última década. A área compreende um conjunto de grandes reservatórios de óleo e gás, encontrados abaixo da camada de rocha de sal, abrangendo desde o estado de Santa Catarina até o Espírito Santo. Segundo um estudo do Instituto Nacional de Petróleo e Gás, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, o Pré-Sal brasileiro pode conter cerca de 176 bilhões de *Barris de Óleo Equivalente* (BOE). Caso seja comprovado e produzido, o Brasil se situará entre os principais produtores do mundo, nas próximas décadas.

Apesar da importância da exploração e transporte de petróleo em águas brasileiras, o Brasil é vulnerável no que diz respeito ao monitoramento e segurança das suas águas. As operações de extração e carregamento de petróleo no mar são atividades de alto risco ambiental. Em 2019, o País enfrentou um dos maiores desastres ambientais por derramamento de óleo em sua Costa, cujas causas continuam desconhecidas. No dia 30 de agosto de 2019, enormes manchas de petróleo cru invadiram as praias da região Nordeste, sendo identificadas primeiro sua chegada em praias da Paraíba. O vazamento de óleo no Litoral nordestino foi considerado o mais extenso desastre ambiental dessa natureza já ocorrido no Brasil. Desde janeiro

1 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

2 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis)/Universidade Federal de Alagoas (Ufal). E-mail: barbosa33@gmail.com.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através, respectivamente, do Projeto Pró-Alertas no 24/2014, sobre “Análise e Previsão dos Fenômenos Hidrometeorológicos Intensos do Nordeste do Brasil”, e do “Projeto de Pesquisa e Difusão: Monitoramento Ambiental por Satélite para Planejamento da Agricultura Familiar no Semiárido Brasileiro”.

de 2020, os órgãos responsáveis pela gestão emergencial do desastre passam por um processo de desmobilização. Nesta fase, há apenas o acompanhamento e limpeza do óleo residual, visando reduzir as áreas ainda com vestígios do poluente.

O incidente de derramamento de óleo, no Litoral do Nordeste, colocou em evidência a falta de um sistema de monitoramento contínuo dos mares brasileiros. Os danos socioeconômicos e ambientais, causados pelo incidente, ainda não foram totalmente mensurados, e acarretaram enormes prejuízos aos segmentos sociais mais vulneráveis, que praticavam atividades ligadas à pesca artesanal e ao turismo na região.

Na ocasião, o Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS - <http://lapismet.com.br/>) desenvolveu o protótipo de um sistema APP-Web para realizar o monitoramento de incidentes de poluição por óleo no Litoral brasileiro. A plataforma possui capacidade de fornecer dados de vigilância marinha e imagens de satélites para análise, gestão e tomada de decisão, apoiando a prevenção, preparação e resposta a incidentes de poluição por óleo no mar.

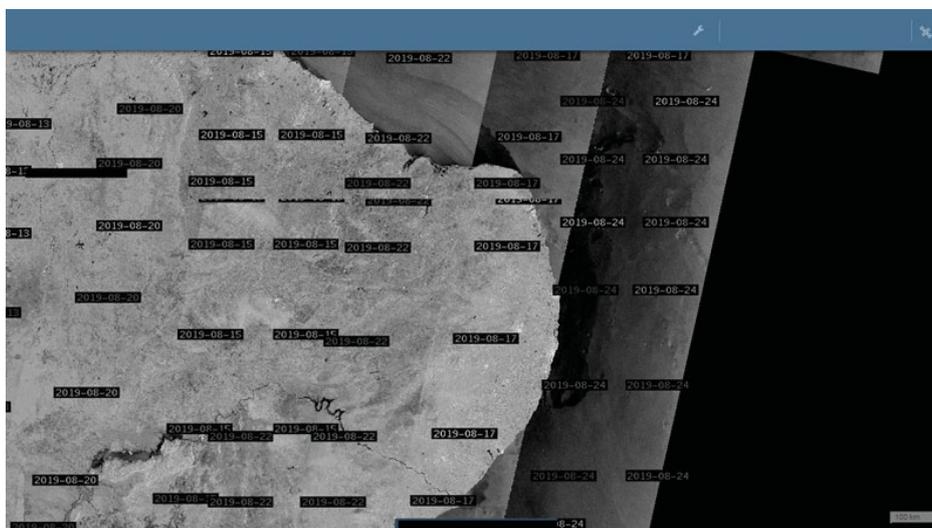
Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar o desastre ambiental de poluição por óleo no Litoral brasileiro, iniciado em agosto de 2019, com foco nas soluções de monitoramento por satélites desenvolvidas pelo LAPIS. Em caráter emergencial, o Laboratório estabeleceu metodologias e protocolos inéditos para esclarecer a origem desse desastre ambiental, de grandes proporções, na região, especialmente com uso de imagens do satélite Sentinel-1A.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Litoral brasileiro, com dados de satélites que abrangem desde o Maranhão, na costa norte do Nordeste, até o Rio de Janeiro, na costa leste do Sudeste brasileiro. De acordo com o mais recente balanço do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), atualizado no dia 19 de março de 2020, um total de 1009 locais foram afetados pelo óleo, em 130 municípios. O óleo atingiu 11 estados, compreendendo os nove estados do Nordeste, além do Espírito Santo e Rio de Janeiro, na região Sudeste.

A Figura 1 corresponde à varredura de todas as faixas de cobertura do satélite Sentinel-1A, da Costa brasileira, em busca da definição do padrão de assinaturas das manchas de óleo no oceano.



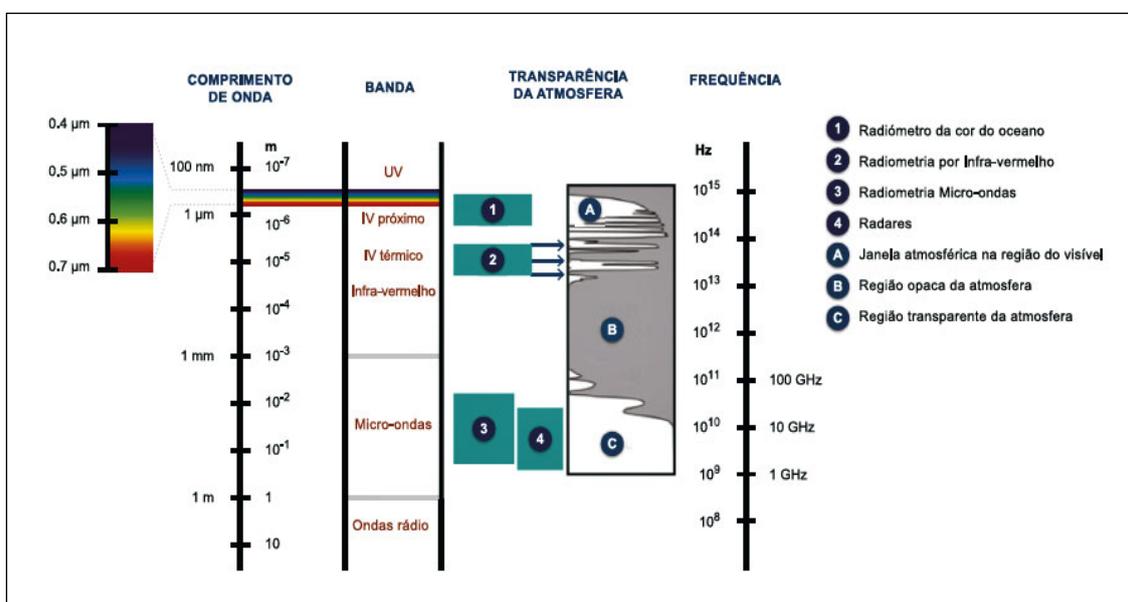
Fonte: Lapis.

Figura 1. Conjunto de imagens do Sentinel-1A (Radar SAR), do Litoral brasileiro.

2.2 O Sistema SAR (Radar de Abertura Sintética)

Desde os anos 1960, foram desenvolvidos sensores capazes de fornecer dados da superfície terrestre, em alta resolução. Porém, como operavam nos comprimentos de onda do visível e infravermelho, as imagens que obtinham dependiam da quantidade de luz solar disponível e da cobertura de nuvens. A tecnologia SAR (Radar de Abertura Sintética) superou essa limitação, em função de usar micro-ondas, zona em que o espectro eletromagnético é transparente à passagem da radiação, ou seja, a transmissividade atmosférica é quase 100%.

A Figura 2 ilustra o espectro eletromagnético e as bandas usadas pelos vários sensores de observação da terra. Os SAR são sensores ativos ou radares que não se limitam a receber radiação emitida ou refletida da superfície do mar. Um sensor ativo emite um pulso eletromagnético e espera o retorno do seu eco. As diferenças entre o pulso emitido e o recebido contêm informação sobre a superfície do mar (SUTCLIFFE; CATALÃO; BRITO, 2016).



Fonte: Robinson, 2010.

Figura 2. Sensores de observação da terra e destaque à tecnologia SAR.

A tecnologia SAR é considerada a mais avançada para monitoramento das águas costeiras e oceânicas. A partir das informações recebidas pelos sensores, na frequência de micro-ondas, é possível processar imagens da superfície dos oceanos. Os sensores SAR operam nas frequências de micro-ondas, que devido ao seu comprimento de onda, penetram somente na camada superior do oceano. Em função das propriedades da água do mar, a maior parte da radiação é refletida de volta para o sensor. É a radiação refletida que é medida pelo SAR.

Uma das maiores vantagens dos sensores-SAR é que a cobertura de nuvens não impede que informações da superfície do oceano sejam obtidas, nas frequências de micro-ondas. Nesses comprimentos de onda, a radiação é capaz de atravessá-las, sem ser absorvida. Além disso, o uso dessa zona do espectro possibilita recolher dados do oceano, independentemente da luz solar disponível. Outra característica dos radares-SAR é a sua elevada resolução espacial, tipicamente de 25 m. Ao receber a energia retrodifundida, o sensor irá analisar não só o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso, como também irá analisar alterações no sinal (fase, amplitude e polarização). Todas essas alterações fornecem informações sobre o objeto refletor, visto que dependem das suas propriedades refletoras.

A elevada resolução dos radares-SAR, na direção de alcance, depende da precisão com que o sensor consegue medir o tempo, entre a emissão do pulso e a recepção do seu eco. O intervalo de tempo entre sucessivas imagens SAR é da ordem de dias (12 dias para o Sentinel-1A).

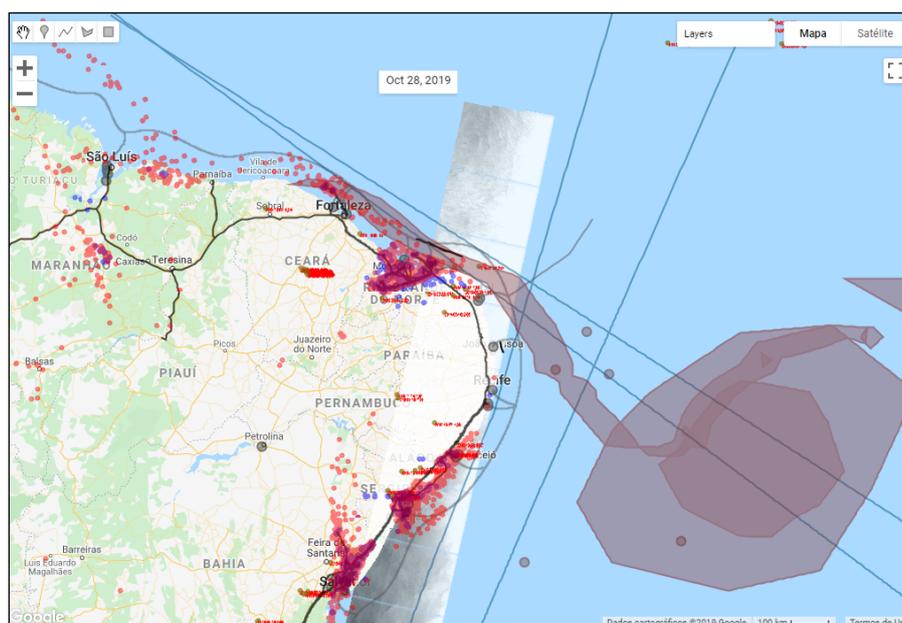
O programa Sentinel é desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), para aplicações de monitoramento dos oceanos e da Terra. O primeiro de uma série de satélites (Sentinel-1), foi lançado em abril de 2014, e a bordo, carrega um sensor SAR, a operar na banda C, centrado nos 5,405 GHz.

2.3 Procedimentos Metodológicos

Para o processamento das imagens de satélites desta pesquisa, foram utilizados dados brutos do Meteosat-11, oriundos do Sistema EUMECast (BARBOSA, 2013). O EUMETCast é um sistema de baixo custo, de transmissão de informações por satélites, em tempo quase real, projetado para distribuir imagens do satélite meteorológico Meoteosat, de produtos e de serviços do Programa *Global Earth Observation Systems of System (GEOSS)*, a usuários que disponham de uma infraestrutura mínima, em qualquer ponto do Planeta. A partir do processamento das imagens, houve a integração dos dados, com uso da plataforma *LaView*, permitindo uma interpretação mais acurada das informações.

A Figura 3 mostra o protótipo do sistema de monitoramento de derrames de óleo no Litoral brasileiro, para integração de dados de instituições nacionais e internacionais, relacionados à prevenção, resposta e adaptação a desastres dessa natureza. A plataforma, desenvolvida pelo LAPIS, permite integrar uma rede de especialistas, em uso de dados de satélites, para monitoramento de vazamento de óleo nos oceanos, em formato colaborativo e interativo. Também possibilita a análise de informações relativas a poços de exploração de petróleo, rotas marítimas, dutovias, rotas de cabotagem, altura das marés, direção das correntes oceânicas, batimetria e dados sísmicos.

O processo de monitoramento e o processamento dos dados foram realizados no período de setembro a novembro de 2019. Também foram utilizados dados de geointeligência marinha, sobre trajetória de navios-tanque, obtidos junto à Marine Traffic.



Fonte: LAPIS.

Figura 3. Protótipo do sistema App-Web de monitoramento de derrames de óleo no mar.

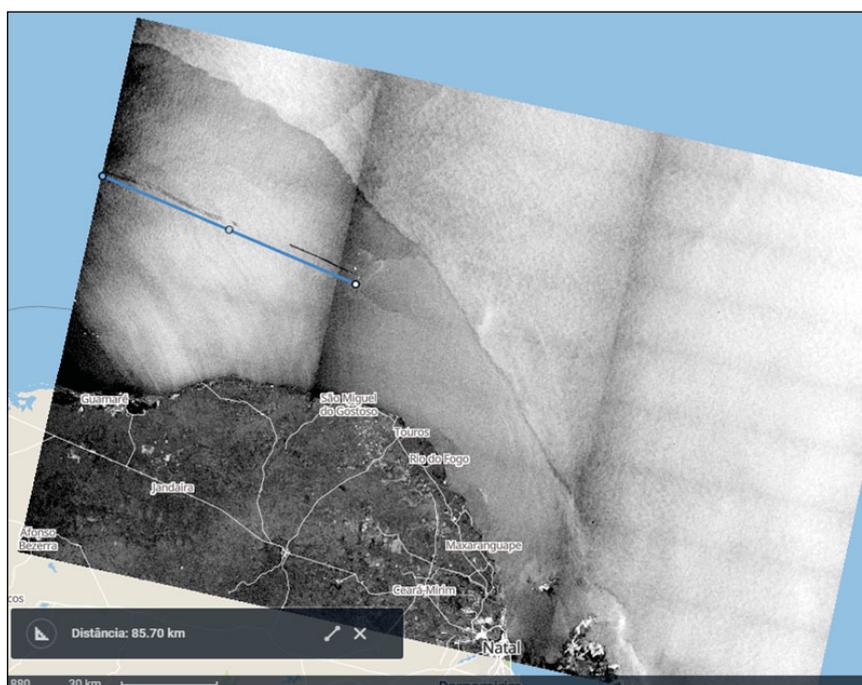
3 Resultados e discussão

3.1 Aperfeiçoamento das técnicas de interpretação de imagens SAR, a partir da sistematização de padrões de assinatura de óleo no Litoral brasileiro

Um dos grandes desafios científicos enfrentados no processo de monitoramento do desastre de derramamento de óleo no Litoral brasileiro, foi a ausência de padrões definidos de assinatura do óleo nas imagens de satélites. O Brasil ainda não contava com um banco de dados, com protocolos estabelecidos, que permitissem maior agilidade no monitoramento emergencial da dispersão de resíduos de óleo no mar, em casos de desastre.

No caso dos sensores SAR, contribuições por reflexão especular só se tornam importantes na presença de objetos angulares, como navios. Nesses casos, a radiação emitida em ângulo irá ser refletida de volta ao sensor, ao encontrar os cantos dos navios, gerando reflexões duplas, podendo, desse modo, refletir a radiação de volta para o sensor, pelo que aparecem nas imagens como pontos com forte intensidade.

Nesta pesquisa, foi identificada uma imagem do satélite Sentinel-1A, capturada no dia 24 de julho, mostrando uma provável mancha de óleo, no Litoral Norte do Nordeste brasileiro, nas proximidades do Rio Grande do Norte. Na imagem de satélite abaixo (Figura 4), do dia 24 de julho, foi detectada a mancha de um fluido, possivelmente associado a petróleo, seguida por dois navios (um de grande porte e um de pequeno porte). A imagem apresenta sinal de dois navio, pontos brancos reluzentes, próximos à mancha de óleo. O de pequeno porte encontrava-se bem ao lado da mancha, podendo ser o possível responsável pelo vazamento.



Fonte: Lapis.

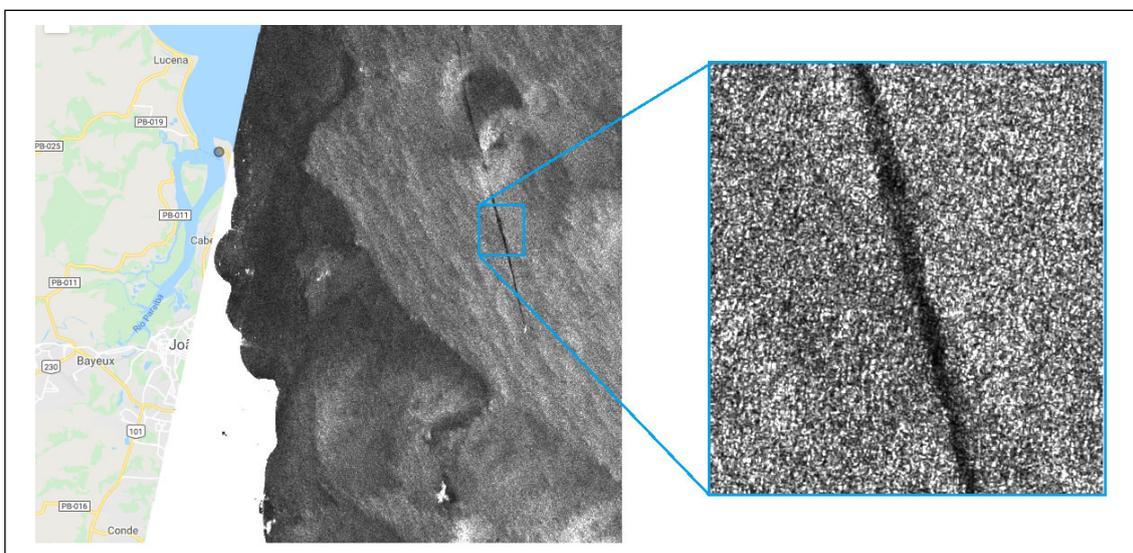
Figura 4. Imagem do satélite Sentinel-1A mostra mancha de óleo no Litoral do Nordeste, em 24 de julho.

No momento em que o satélite capturou a imagem acima, o ponto mais próximo que a mancha de óleo estava da Costa brasileira, no Litoral Norte do Rio Grande do Norte, era a cerca de 40 km de São Miguel do Gostoso (RN). A mancha registrada era de 85 km de extensão e 0,9 km de largura. É possível até mesmo que ela fosse mais extensa, pois a imagem do satélite não cobriu toda a sua extensão por completo.

Os navios podem ter uma assinatura nas imagens SAR, pois partes da sua estrutura/geometria provoca um aumento significativo da intensidade da radiação retrodifundida, resultando em assinaturas que se assemelham a pontos brancos luminosos. Contudo, é necessário cautela na interpretação, pois, sob certas condições, a turbulência causada na água, pela passagem de um navio, pode ter uma assinatura em imagens SAR. Contudo, eliminados todos os possíveis ruídos na imagem de satélite, o LAPIS considerou a possibilidade de realmente ser um navio, registrado pelo Sentinel-1A, ao lado da mancha.

Com base nessa informação, foram rastreadas os trajetos de 111 navios-tanque, que navegaram pelo Litoral brasileiro, transportando óleo cru, durante o período que antecedeu o desastre. A pesquisa foi feita com utilização de dados de geointeligência marinha, obtidos junto à companhia Marina Traffic. Todavia, os trajetos não coincidiram com a possível data do incidente que afetou a região. Assim, é possível que a causa do desastre tenha como fonte um navio-fantasma.

Com o avanço da pesquisa, foi localizada outra imagem do satélite Sentinel-1A (Figura 5), do dia 19 de julho de 2019, que permitiu identificar mais uma mancha de óleo, de grande proporção, na costa leste do Nordeste brasileiro, a 26 km do Litoral da Paraíba. Essa imagem ampliou o conjunto de evidências para contribuir com o esclarecimento da causa da origem do derramamento de óleo no Litoral do Nordeste.



Fonte: LAPIS.

Figura 5. Imagem do Sentinel-1A registrou uma grande mancha de óleo no Litoral da Paraíba, em 19 de julho.

Durante o monitoramento, também foram encontrados padrões de assinaturas de manchas semelhantes, embora em menores proporções, em outras áreas do Litoral brasileiro. É o caso de manchas de óleo localizadas próximo a Campos de Goytacazes (RJ), em imagem de satélite do dia 11 de julho de 2019, e no Litoral do Espírito Santo (ES), em imagem do dia 30 de julho do mesmo ano.

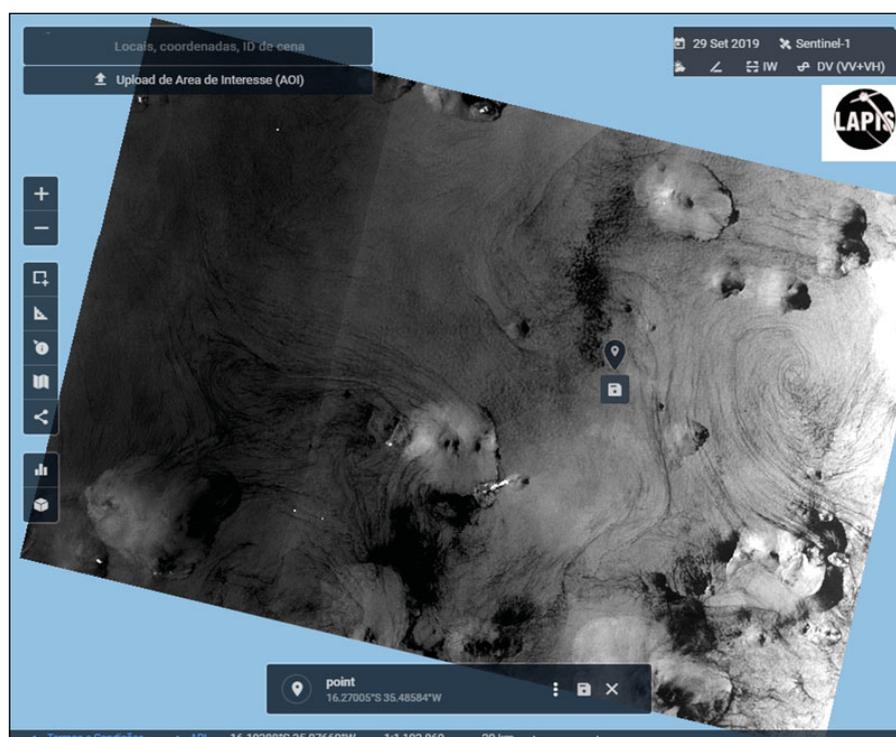
Essas manchas de óleo, encontradas em vários pontos do Litoral brasileiro, requerem uma investigação específica, mas alertam para a insegurança do Brasil na área de vigilância

das suas águas. Diariamente, há um intenso tráfego marítimo, de grandes embarcações, com bandeiras de diferentes nacionalidades, que passam pelo oceano Atlântico. Esse tráfego também inclui as operações de exploração e transporte de petróleo e gás, produzidos no próprio País. Todavia, o Brasil ainda carece de maior segurança e de um sistema robusto de vigilância para fortalecer o monitoramento dos seus oceanos. A nossa análise permitiu detectar, a partir de imagens de satélites, frequentes derramamentos de óleo no Litoral brasileiro, que apesar de ocorrerem em menor proporção, estão poluindo as águas brasileiras.

No próximo item, será discutido o protocolo utilizado para detectar a presença de *slicks* oceânicos, a partir de satélites. Essa identificação permitiu concluir que outros vazamentos de óleo podem ter ocorrido, em menores proporções, no Litoral brasileiro, enquanto o Nordeste enfrentava o desastre socioambiental sem precedentes, por derramamento de óleo, em suas praias.

3.2 Aprimoramento da detecção da presença de *slicks* oceânicos

Nesta pesquisa, foram detectadas, em imagens do satélite Sentinel-1A, manchas de óleo próximas ao Litoral da Bahia, que podem resultar de vazamento de petróleo no mar. Na imagem de satélite abaixo (Figura 5), identificou-se a presença de *slicks* ou películas sobre a superfície do mar, a 210 km de Porto Seguro (BA). Esse material pode ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo necessária uma análise bastante criteriosa para distinguir a sua origem.



Fonte: Lapis.

Figura 6. Presença de *slicks* no Litoral brasileiro, em imagem do Sentinel-1A.

A presença de *slicks* na superfície do mar provoca um aumento da tensão superficial e reduz a fricção por ventos, resultando numa diminuição da radiação difundida para o SAR, que na imagem aparece como uma zona mais escura. As ondas de comprimento de onda, da ordem dos centímetros, tais como a rugosidade da superfície do mar e a radiação das bandas C e X, são muito sensíveis à presença de *slicks*.

Os *slicks* não orgânicos são compostos de petróleo, que podem ter origem natural, resultante de descargas naturais do fundo do mar, ou de origem não natural, resultando, neste último caso, do derrame de petróleo de navios ou plataformas petrolíferas. Já os *slicks* de origem orgânica são camadas monomoleculares finas, podendo ser produtos de animais, plantas marinhas ou produtos de origem terrestre, resultantes da descarga de rios ou de transporte atmosférico. Em função da sua fina camada, esses *slicks* são facilmente transportáveis por advecção horizontal, gerada por correntes ou ventos.

Os *slicks* de origem não orgânica são mais espessos. Por essa razão, são necessários ventos mais fortes, para causar sua dispersão. Essas assinaturas podem também conter informação da direção dos ventos, já que óleos mais pesados serão empurrados pelos ventos, acumulando, no sentido de sopro, aparecendo na imagem como uma zona mais escura, e deixando para trás um rastro mais fino, que irá aparecer na imagem, como uma zona menos escura.

Foi necessário muito cuidado na interpretação das imagens SAR, já que existem alguns artefatos que resultam do método de construção dessas imagens. Uma imagem SAR tem um aspeto granuloso. Isto se deve à resolução elevada das imagens: as medidas de retrodifusão são recolhidas sobre uma área pequena (geralmente 25 m x 25 m), e durante um curto intervalo de tempo (menos de 1 s). Assim, a retrodifusão resulta da soma da energia refletida nessa área, que é baixa, por ter sido refletida por poucos elementos à superfície. O sinal refletido pode combinar-se, aleatoriamente, gerando variações na intensidade, que não correspondem a difusão por um objeto. Por essa razão, existe maior contaminação do sinal, ou seja, mais ruído no sinal, que se reflete como granuloso da imagem.

A rugosidade da superfície do mar pode aumentar e diminuir com a presença de ventos, de ondas de maior escala, e de correntes à superfície. Estas últimas podem ser geradas por fenômenos que ocorrem dentro do oceano, que assim poderão ter uma assinatura em imagens SAR.

Uma onda eletromagnética é definida pela sua amplitude, comprimento de onda, fase e polarização. O comportamento da fase deve ser estável, no curto período, entre a emissão e recepção do sinal. Conhecida a fase e polarização do sinal emitido, pode comparar-se com a fase e polarização do sinal recebido e conseguir-se mais informações sobre o objeto refletor. A polarização da onda pode ser alterada pela superfície do mar, pois ondas com polarização diferente são refletidas com intensidades diferentes. Essa informação pode ser usada para caracterizar a situação do mar.

As aplicações deste sensor permitem a detecção de *slicks*, resultantes de derrames de navios. A polarização VV é especialmente útil, já que é mais sensível à presença de *slicks*, e a alta resolução das imagens é uma característica importante. Os aumentos e diminuições na amplitude das ondas assinalam a presença de fenômenos que causem a sua variação. Uma diminuição da amplitude da onda de Bragg é traduzida por um sinal, com uma intensidade mais fraca (que tem uma assinatura mais escura na imagem). O aumento da amplitude da onda de Bragg é traduzido por um aumento na intensidade do eco, que aparece na imagem com uma assinatura mais clara.

A amplitude das ondas de Bragg pode ser modulada de várias maneiras: ventos na superfície dos oceanos; diferença de temperatura entre a água e o ar; intensidade das correntes na superfície; passagem de ondas superficiais mais longas; presença de petróleo ou *slicks* orgânicos na superfície do oceano; turbulência na camada superficial do oceano. Um fenômeno só terá uma assinatura em imagens SAR, se provocar variações na rugosidade da superfície do mar, acarretando, por consequência, uma variação na intensidade do sinal retrodifundido.

É importante conhecer os vários mecanismos que podem gerar uma assinatura em imagens SAR, bem como ter um conhecimento do local de obtenção da imagem e das condições locais de ventos, para garantir uma correta interpretação das assinaturas.

Assim, na interpretação de *slicks* ou resíduos de óleo no Litoral brasileiro, foram integradas, nesta pesquisa, diversas técnicas para eliminar os ruídos nas imagens do radar SAR Sentinel-1A e permitir uma interpretação mais acurada.

As ondas de Bragg são sensíveis à presença de qualquer fenômeno que cause uma diminuição da rugosidade da superfície do mar. Além da diminuição da intensidade dos ventos, outro processo que provoca a diminuição da rugosidade do mar é a existência de películas ou *slicks* sobre a superfície do mar.

Foram eliminadas interferências como topografia, força dos ventos, correntes oceânicas e rastro da passagem de navios sobre a água que podem ser registrados nas imagens SAR.

Conclusão

Esta pesquisa buscou contribuir com o esclarecimento das causas do desastre ambiental por derramamento de óleo que impacta o Litoral brasileiro, desde as primeiras aparições de manchas nas praias, em agosto de 2019. O monitoramento permitiu rastrear toda a região da Costa, a partir de imagens SAR, do satélite Sentinel-1A, definindo protocolos e padrões de assinaturas das manchas de óleo do mar. A experiência de pesquisa forneceu metodologias e informações que podem facilitar e ampliar a prevenção, preparação e capacidade de resposta nacional a futuros incidentes de poluição por óleo em águas brasileiras.

As manchas por derramamento de óleo, detectadas por satélites, no Litoral do Rio Grande do Norte e da Paraíba, levaram o LAPIS a indicar a hipótese de que partiram de um navio-tanque, que transportava óleo cru. O fluxo diário desse tipo de embarcação pela Costa brasileira é bastante intenso. Paradoxalmente, o Brasil ainda não possui um sistema consistente de monitoramento dos oceanos. A experiência com o monitoramento do Litoral brasileiro, em busca do incidente que possa ter originado a poluição das manchas de óleo, levou-nos a identificar que o problema de vazamentos em águas brasileiras pode ser ainda maior que o desastre ambiental por derramamento de óleo enfrentado em 2019. O navio que pode ter causado o desastre, até agora, não foi identificado pelas autoridades brasileiras. Possivelmente seja um navio-fantasma.

A área de exploração e transporte de petróleo é intensa na região litorânea do Brasil e é necessário estabelecer um programa de monitoramento contínuo para evitar e mitigar esse tipo de desastre de vazamento por óleo no mar, conforme instituído no Decreto nº 8.127/2013, que estabeleceu o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC).

As evidências encontradas pelo LAPIS foram entregues às autoridades nacionais que investigam a causa do incidente, ainda não esclarecida, como a Polícia Federal, o Ministério Público Federal e o Congresso Nacional, na Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI do Óleo).

Referências

BARBOSA, H. A. **Sistema eumetcast**: uma abordagem aplicada dos satélites meteosat segunda geração. Maceió-AL: EDUFAL, 2013. v. 2, 186 p.

BRASIL. **Decreto nº 8.127, de 22 de outubro de 2013**: para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D8127.htm. Acesso em: 28 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Indústria e construção**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria>.

html. Acesso em: 24 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS-IBP. **A relevância do petróleo & gás** para o Brasil (2011-2019). 2020. Disponível em: https://rdstation-static.s3.amazonaws.com/cms%2Ffiles%2F49401%2F1566244541Publicacao_IBP_EY-final.pdf. Acesso em: 24 mar. 2020.

JACKSON, C. R.; APEL, J. R. **Synthetic Aperture Radar: Marine User's Manual**. Disponível em: www.sarusersmanual.com. Acesso em: 24 mar. 2020.

ROBINSON, I. S. **Measuring the Oceans from Space: the principles and methods of satellite oceanography**. Springer Praxis Books/Geophysical Sciences, 2004. 669 p.

ROBINSON, I. S. **Discovering the Oceans from Space: The unique applications of satellite oceanography**. Berlim: Springer Science & Business Media, 2010. 639 p. (Série: Springer Praxis Books).

SUTCLIFFE, A.; CATALÃO, J.; BRITO, A. C. **Observação da Terra: uso de imagens SAR para a monitorização de águas costeiras e oceânicas**. DGRM, Lisboa, Portugal. 2016. *E-book*. Disponível em: www.sophia-mar.pt. Acesso em 24 mar. 2020.

