

## Capítulo 6

Aplicações dos Resultados e Metodologias do Projeto  
Costa Norte

### Autores do Capítulo

#### **Núcleo de Estudos em Geoquímica e Ecologia Marinha Costeira - UERJ**

Ma. Carla Muniz Sabino

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Chaves

Ma. Maria Rita Olyntho Machado

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares

#### **Prooceano**

Me. Gabriel Vieira de Carvalho

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini

### Colaboradores

Me. Alex Alves

Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz

Me. Felipe Gonçalves Amaral

Me. Gabriel dos Santos Duarte

Bel. Lucas Silva Pereira

Dra. Paula Maria Moura de Almeida

Dr. Rafael Silva de Barros

### Coordenação Científica do Projeto Costa Norte

Profa. Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz –  
ESPAÇO/UFRJ

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Chaves -  
NEGEMC/UERJ

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini –  
PROOCEANO

Prof. Dr. Luiz Paulo de Freitas Assad –  
LAMCE/UFRJ

Prof. Dr. Marcelo Rollnic – LAPMAR/UFPA

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares -  
NEGEMC/UERJ

### Coordenação Geral do Projeto

Ma. Maria Eduarda Pessoa- ENAUTA

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini –  
PROOCEANO

Bela. Anne Goni Guedes - ENAUTA

Bela. Dyellen Soares Queiroz – ENAUTA

### Coordenação de Comunicação do Projeto

Frederico Luna Rinaldi - PROOCEANO

Rebeca Kiperman – ENAUTA

### Citação Sugerida

PELLEGRINI, J.A.C., CARVALHO, G.V., MACHADO, M. R. O., SABINO, C.M., CHAVES, F.O., SOARES, M.L.G.  
“Aplicações dos Resultados e Metodologias do Projeto Costa Norte”, Capítulo 6. Em: Projeto Costa Norte, –  
Desenvolvimento de Metodologias para o entendimento de processos costeiros e estuarinos e da  
vulnerabilidade de florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira. v.1. Rio de Janeiro (BR), 2020.

## Sumário

6.	Aplicações dos Resultados e Metodologias do Projeto Costa Norte .....	246
6.1.	Aplicações Operacionais .....	246
6.1.1.	Suporte às ações de contingência de eventos acidentais.....	246
6.1.2.	Suporte ao Planejamento de Ações de Contingência .....	248
6.1.3.	Sistema de modelagem de dispersão de óleo com intemperismo e ação de resposta on-line 253	
6.2.	Aplicações Estratégicas.....	254
6.2.1.	Planejamento Ambiental de Áreas Sedimentares de Bacias Marítimas .....	254
6.2.2.	Gestão Ambiental da Zona Costeira .....	256
6.3.	Aplicações metodológicas .....	257
6.3.1.	Metodologia de análise de <b>vulnerabilidade</b> de florestas de mangue ao óleo.....	257
6.3.2.	Metodologia de integração das escalas em resultados probabilísticos de óleo .....	258
6.4.	Referências .....	258

## Índice de Figuras

Figura 6-1: Vulnerabilidade na entrada do estuário de São Caetano de Odivelas, para o período Seco com maré de Sízígia. Áreas laranjas representam <b>vulnerabilidade</b> média, e áreas amarelas, <b>vulnerabilidade</b> baixa. Esta figura é um recorte do mapa apresentado no Capítulo 4.....	247
Figura 6-2: <b>Sensibilidade</b> (esquerda) e <b>resiliência</b> (direita) em detalhe para a Ilha do Papagaio, no estuário de São Caetano de Odivelas. Áreas mais escuras Esta figura é um recorte do mapa apresentado no Capítulo 4. ....	248
Figura 6-3: Exemplo de mapa de integração dos resultados a partir de um caso teste fictício com o sistema de modelagem de dispersão de óleo. ....	253
Figura 6-4: Interface gráfica para inclusão de <i>skimmers</i> , barreiras e dispersantes químicos . ....	254
Figura 6-5: Visualização inicial do sistema de Análise de <b>suscetibilidade</b> dinâmica. No mapa, as fontes de vazamento são indicadas pelos pontos pretos e no canto esquerdo do mapa, a aba de controle do sistema. ....	255
Figura 6-6: Resultado da Análise de Suscetibilidade (à esquerda, probabilidade máxima de presença de óleo) para os 9 pontos selecionados (direita). ....	255

## Lista de Abreviações e Siglas

ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EAAS	Estudo Ambiental de Área Sedimentar
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MEB	Margem Equatorial Brasileira
ReBIO	Reserva Biológica
ResEX	Reserva Extrativista

## 6. Aplicações dos Resultados e Metodologias do Projeto Costa Norte

O Projeto Costa Norte, enquanto projeto de P&D, se propõe a explorar e expandir fronteiras conceituais, técnicas e metodológicas de determinadas áreas do conhecimento. A partir da aplicação de recentes avanços de tecnologias de sensoriamento remoto e de métodos de modelagem computacional em uma abordagem interdisciplinar em torno da determinação da vulnerabilidade de florestas de mangue ao óleo, foi possível o alcance de resultados inéditos e de propostas metodológicas inovadoras.

Avanços em pesquisa e desenvolvimento, pelo caráter inerente de inovação e ineditismo, passam por exercícios de análise de possíveis aplicações no contexto das práticas vigentes. Apesar de muitas aplicações concretas serem facilmente identificadas, outras podem depender de interações e transformações das próprias práticas vigentes. Outras tantas, somente poderão ser identificadas sob o olhar de outros atores – por exemplo equipes especializadas em operações de contingência, órgãos de planejamento estratégico, equipes gestoras de Unidades de Conservação, pesquisadores especializados em outras áreas.

Neste Capítulo buscou-se realizar esse exercício de análise de aplicações possíveis dos resultados e metodologias do Projeto Costa Norte. As aplicações sugeridas foram divididas em *Operacionais*, *Estratégicas* e *Metodológicas*.

### 6.1. Aplicações Operacionais

#### 6.1.1. Suporte às ações de contingência de eventos acidentais

Um dos avanços proporcionados pelo Projeto Costa Norte, para a atuação em situações de contingência de vazamentos de óleo, está associado ao detalhamento infrassistêmico dos aspectos de **suscetibilidade**, **sensibilidade** e **resiliência** das florestas de mangue. Os manguezais são associados ao mais alto índice de sensibilidade do litoral (ISL) e, portanto, são áreas prioritárias para proteção. Porém, em áreas tão vastamente dominadas por esse ecossistema, a priorização de áreas para defesa se torna inviável com o nível de informações atualmente disponível e utilizado na elaboração dos Planos de Emergência Individuais (PEI).

A partir da possibilidade de detalhamento infrassistêmico das componentes de **vulnerabilidade**, essa subclassificação torna-se viável, identificando dentre as áreas de prioridade já considerada máxima (nível 10 no ISL), quais são as regiões mais prioritárias.

Ainda que a **suscetibilidade** seja dependente de diversos fatores como a fonte do vazamento, o tipo e o volume de óleo<sup>1</sup>, em uma situação real, os mapas de **vulnerabilidade** e **suscetibilidade** podem auxiliar as ações iniciais do processo de contingência em determinada região, indicando o direcionamento de esforços em um primeiro momento. Após a eventual chegada do óleo em determinado sistema costeiro ou estuarino, os mapas de **resiliência** e **sensibilidade** podem auxiliar tomadas de decisão em termos de priorização de resposta, em tempo real, segundo a progressão da situação de emergência.

---

<sup>1</sup> Para o acompanhamento de vazamentos reais, são utilizadas técnicas de monitoramento da mancha de óleo como sobrevôo por helicóptero, derivadores, e modelos numéricos operacionais.

Exemplifica-se a aplicação para o estuário de São Caetano de Odivelas. Identificado um vazamento de óleo em uma região que potencialmente traz riscos para este estuário (ver Análise Inversa no Capítulo 4.2.1), os recursos de contingência disponíveis para São Caetano de Odivelas devem ser prontamente direcionados para as zonas mais vulneráveis do estuário. Estas zonas são indicadas nos mapas de **vulnerabilidade** – com especificidade do período sazonal e cenário de maré - que, como pode ser visto na Figura 6-1, para um vazamento durante o período seco, se encontram na margem leste da ilha de Taipu. Nota-se que o eixo leste do estuário não se apresenta como foco principal dos esforços de contingência em um primeiro momento, visto que apresenta **vulnerabilidade** baixa ou nula em sua maior parte.

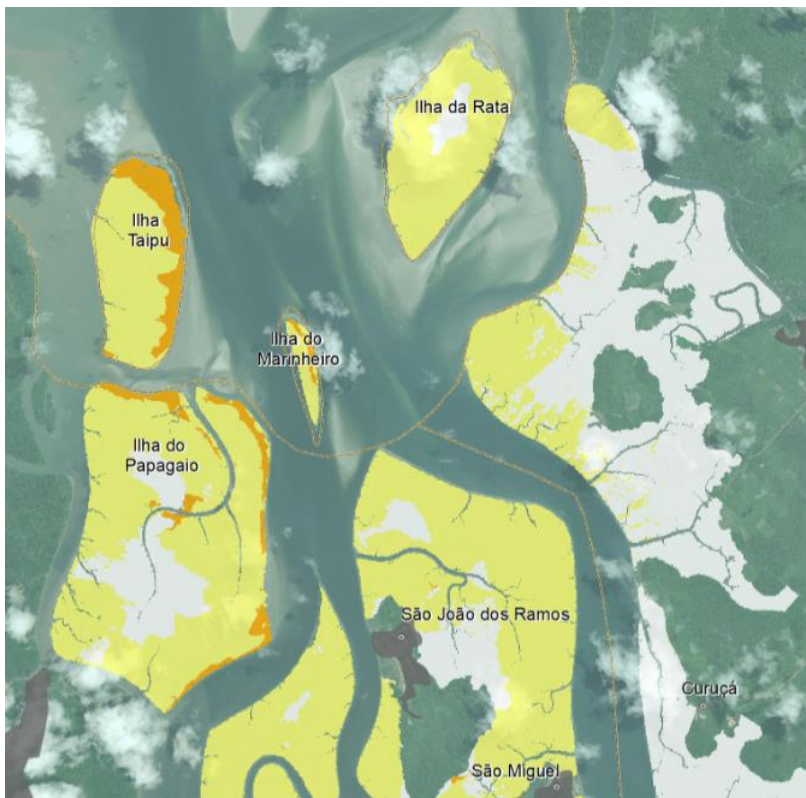


Figura 6-1: Vulnerabilidade na entrada do estuário de São Caetano de Odivelas, para o período Seco com maré de Sizígia. Áreas laranjas representam **vulnerabilidade** média, e áreas amarelas, **vulnerabilidade** baixa. Esta figura é um recorte do mapa apresentado no Capítulo 4.

No caso da eventual chegada de uma mancha de óleo no estuário, a sua trajetória pode divergir das regiões detectadas com maiores probabilidades. Independente da área que a mancha de óleo seja transportada pelas correntes e ventos, os mapas de **resiliência** e **sensibilidade** - por serem independentes do cenário acidental e inerentes às florestas de mangue - permitem ajustes nas estratégias de contingência. Como visto na Figura 6-2, no caso da chegada de óleo na ilha do Papagaio, seria indicada a priorização da instalação de barreiras de contenção na entrada do canal na face norte da ilha, visto que o óleo poderia ser conduzido para uma região de **sensibilidade** extremamente alta e **resiliência** muito baixa.

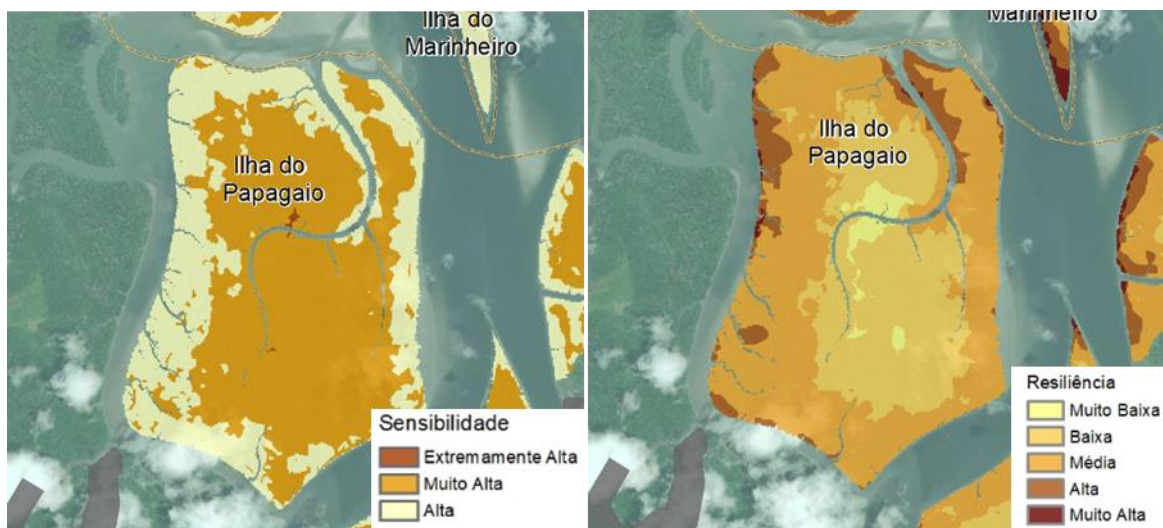


Figura 6-2: **Sensibilidade** (esquerda) e **resiliência** (direita) em detalhe para a Ilha do Papagaio, no estuário de São Caetano de Odivelas. Estas figuras são recortes dos mapas apresentados no Capítulo 4.

Entendemos que esta aplicação exemplificada está em consonância com as recomendações do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP, 2012) sobre a importância do detalhamento de “informações sobre determinada área, permitindo melhoria na tomada de decisão em situações extremas de priorização de resposta”.

Nesse sentido, indica-se que os mapas de **sensibilidade** e **resiliência** poderiam ser incorporados às informações contidas nas cartas SAO táticas e operacionais que contemplam as áreas de estudo do Projeto Costa Norte.

### 6.1.2. Suporte ao Planejamento de Ações de Contingência

A realização das campanhas para a obtenção de dados para o Projeto Costa Norte proporcionou o conhecimento de diferentes localidades em alguns trechos da costa entre o Maranhão e o Amapá. A localização das áreas de estudo exigiu um grande esforço de planejamento e, em alguns casos, extensas campanhas de reconhecimento. Um legado importante dessas atividades é o conjunto de informações reunidas sobre condições de acesso, infraestrutura local para alimentação e hospedagem, parceiros para os serviços de deslocamento utilizando embarcações e, sobretudo, o conhecimento *in loco* das condições para deslocamento nas extensas áreas de florestas de mangue percorridas durante a execução das campanhas de medição dos parâmetros da estrutura da vegetação.

Considerando o contexto das futuras operações de E&P nessa região, entendemos que essas informações podem ser úteis como ponto de partida para o planejamento e execução de ações de resposta à emergência e contingência em caso de vazamentos de óleo com risco de atingir a costa. Nesse sentido, as contribuições que o Projeto Costa Norte pode oferecer estão relatadas detalhadamente no Capítulo 11 do Volume 2, onde as campanhas realizadas em cada área de estudo encontram-se descritas e apresentamos as características das florestas de mangue estudadas; nos Relatórios Técnicos intermediários; e nos Planos de Saúde e Segurança elaborados para cada uma das áreas de estudo. Nesses documentos estão indicadas as informações mais importantes sobre acesso, infraestrutura disponível, riscos à segurança, condições de maré e navegabilidade, entre outros. Portanto, recomenda-se que estes documentos sejam utilizados como fonte de consulta para essas informações mais detalhadas.



Na sequência, apresentamos uma síntese das informações de maior relevância em relação a cada uma das áreas de estudo em termos de distância dos principais centros urbanos, forma de acesso, condições de navegabilidade e alturas de maré.

Uma informação relevante, comum a todas as áreas de estudo, refere-se às relações estabelecidas com as comunidades locais, cujo suporte em todos os momentos foi fundamental para que as campanhas de campo pudessem ser realizadas com agilidade e em segurança. Nesse aspecto, a acolhida pela comunidade e o conhecimento compartilhado por guias de campo e condutores das embarcações foram de grande relevância. No contato direto, notamos que a comunicação clara sobre o objetivo do trabalho, o momento adequado de acesso e navegação conforme a maré e os locais a serem visitados determinaram um planejamento adequado das campanhas e da duração de cada dia de trabalho. No entanto, as diferenças culturais mostraram que, em geral, a comunidade refere-se ao ambiente de forma particular e raramente têm familiaridade com mapas e representações gráficas. Assim, o aprimoramento da comunicação com eles foi um aprendizado de adequação da linguagem, com o uso de vocabulário reconhecido por eles, e uma troca de saberes diária. Assim, na comunicação com essas comunidades sugerimos o uso de referências geográficas, como rio, canal, furo, ilha, curva, vilas, preferencialmente chamadas pelos nomes reconhecidos pelas comunidades. Na ausência desse tipo de informação, uma alternativa é percorrer a descrição dessas referências a partir do local de onde se fala, por exemplo, 'saindo da rampa de embarque, desceremos o rio em direção à boca da baía, e pararemos depois da curva, na ilha à esquerda'. Em todas as áreas de estudo, a melhor estratégia para o entendimento da dinâmica local incluiu o envolvimento dos parceiros locais no planejamento das atividades, com a valorização do conhecimento tradicional, principalmente sobre a dinâmica da maré.

Complementamos essas informações, destacando os aspectos mais relevantes sobre a análise de **vulnerabilidade** realizada conforme a metodologia desenvolvida pelo Projeto Costa Norte e aplicada em cenários específicos. O objetivo desse conteúdo é indicar as informações essenciais para o planejamento operacional e tático de ações de resposta à emergência em caso de vazamentos de óleo no mar.

Os aspectos das análises de **vulnerabilidade** apresentados no contexto deste item indicam os principais pontos de atenção em cada área de estudo em caso de vazamento de óleo no mar com probabilidade de toque na costa. De forma geral, como descrito no item 6.1.1, os recursos de contingência disponíveis devem ser direcionados para os locais mais vulneráveis de cada área e, em caso de chegada do óleo ao sistema costeiro ou estuarino, deve-se planejar a proteção das áreas prioritárias de acordo com as informações sobre **sensibilidade** e **resiliência** disponíveis (Capítulo 4); no comportamento da maré e nas condições hidrodinâmicas locais. No que se refere às ponderações para as ações de contingência, deve-se considerar as incertezas inerentes aos processos de modelagem de sistemas naturais e pautar as ações na análise criteriosa dos resultados apresentados no Capítulo 4 e em novos estudos que apontem avanços sobre o tema para a região.

Ressalta-se ainda que os resultados da análise de **vulnerabilidade** apresentados no Capítulo 4 e utilizados como base para orientações gerais de priorização de áreas para ações de contingência consideram múltiplos pontos de vazamento distribuídos nas bacias efetivas da Margem Equatorial Brasileira. A Plataforma WEB ([projetcostanorte.eco.br](http://projetcostanorte.eco.br)) pode ser consultada para obter resultados de **suscetibilidade** e **vulnerabilidade** considerando fontes de vazamento específicas (dentre as 1138 disponíveis), de forma interativa.

### 6.1.2.1. Baía de Turiaçu (MA)

A Baía de Turiaçu (MA) destaca-se pela grande dimensão quando comparada às demais áreas de estudo consideradas no Projeto Costa Norte – cerca de 700 km<sup>2</sup>. As cidades próximas à baía com maior infraestrutura (pousadas, mercados, restaurantes e postos de combustíveis) são Turiaçu, a oeste da baía; e Apicum Açú e Bacuri, a leste da baía. Nas cidades de Turiaçu e Apicum-açu, há uma infraestrutura de porto e a disponibilidade de barcos de pesca. Embarcações rápidas e de menor porte (voadeiras) são poucas. Existem diversas comunidades pesqueiras na baía, mas a infraestrutura é bastante precária.

A cidade de Turiaçu (MA), uma das bases de apoio utilizada para as campanhas na região, está localizada a aproximadamente 245 km de São Luís (MA). O percurso é realizado por automóvel em estrada asfaltada partindo de São Luís e inclui a travessia da baía de São Marcos em uma balsa para automóveis, que parte do porto de Ponta da Espera, em São Luís, até o porto de Cujupe, em Alcântara. A travessia dura cerca de 1:30h e o deslocamento do porto de Cujupe até Turiaçu dura cerca de 3:30h.

A navegação na baía de Turiaçu requer conhecimento da dinâmica das correntes e alturas de maré e da localização das planícies lamosas e canais de navegação, pois mesmo os canais mais largos podem secar e inviabilizar a navegação na maré baixa. Em períodos de vento, os cuidados na navegação devem ser redobrados, em especial na porção intermediária e externa da baía. Em áreas desabrigadas da baía, a navegação é feita preferencialmente pela manhã, quando os ventos são menos intensos.

A altura de maré na baía de Turiaçu é a segunda maior do Brasil, com alturas que chegam a 6,65 m na sizígia e 5,24 m na quadratura (Capítulo 2, Volume2). O tempo de navegação entre a cidade de Turiaçu as localidades mais ao norte, na porção mais externa da baía, nas embarcações disponíveis pode levar entre 3 e 4h.

Na baía de Turiaçu (MA), até 70% das florestas pode estar vulnerável a acidentes com vazamento de óleo no mar, dependendo do cenário analisado. No período seco, a extensão das áreas não vulneráveis, em comparação com o período chuvoso, é maior. Por outro lado, no período seco, os manguezais vulneráveis encontram-se mais expostos, pois as áreas classificadas como **vulnerabilidade** alta são mais expressivas nesse período (ver Capítulo 4, item 4.1).

Em caso de vazamento, inicialmente, as ações de contingência na baía de Turiaçu (MA) devem priorizar os locais na porção externa da baía voltados para o leste, localizadas tanto a leste quanto à oeste, que apresentam **vulnerabilidade** média e alta (ver Capítulo 4, item 4.1). As únicas áreas que, a princípio, não seriam o foco das ações de contingência por não serem vulneráveis são: locais da porção externa da baía situadas a leste e voltadas para o oeste (ao sul do povoado Sababa), locais específicos na porção interna da baía, parte das ilhas centrais e locais abrigados da porção leste (ao sul de Ponta Seca). Havendo a chegada do óleo à costa, deve-se planejar as áreas prioritárias para proteção de acordo com as características do evento acidental e com as informações sobre **sensibilidade** e **resiliência** disponíveis para a região.

### 6.1.2.2. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)

A cidade de São Caetano de Odivelas (PA) localiza-se a aproximadamente 115 km de Belém (PA) e o trajeto é realizado por automóvel em estrada asfaltada. Essa é a cidade que serve como base de acesso ao estuário e possui infraestrutura básica (pousadas, mercados, restaurantes e postos de combustíveis), onde há disponibilidade de barcos de pesca e algumas embarcações rápidas e de menor porte (voadeiras) particulares.

Dentre as áreas de estudo consideradas pelo Projeto Costa Norte, esse é o estuário mais abrigado, que apresenta condições mais seguras de navegação. Em áreas desabrigadas da baía, a navegação é feita

preferencialmente pela manhã, quando os ventos são menos intensos. A navegação na porção externa do estuário, onde há bancos de areia que ficam expostos durante a maré baixa, deve ser evitada nessa condição de maré.

A altura máxima de maré nesse estuário é de de 5,5 m. A maré atinge uma altura média de 4,8 m em maré de sizígia; e 2,5 m, em maré de quadratura (Capítulo 2, Volume2). O tempo de navegação entre a cidade de São Caetano de Odivelas e as áreas mais externas no estuário é de cerca de 30 minutos.

No estuário de São Caetano de Odivelas (PA), até 75% das florestas podem ser vulneráveis a episódios de vazamento de óleo na região, dependendo do cenário analisado. No período seco, a extensão das áreas não vulneráveis, em comparação com o período chuvoso, é maior. Por outro lado, no período seco, a ocorrência da classe de **vulnerabilidade** média é ligeiramente mais expressiva. Portanto, cuidados adicionais devem ser dedicados às ações de contingência no período seco (ver Capítulo 4, item 4.2).

Ocorrendo um acidente com vazamento de óleo no mar e probabilidade de toque na costa, inicialmente, as ações de contingência no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) devem priorizar as ilhas a oeste do estuário, que apresentam **vulnerabilidade** média. Nessas ilhas, o foco deve ser voltado para as faces norte e leste da ilha de Taipu; norte e leste da ilha do Marinheiro; e a entrada do canal e a face norte da ilha do Papagaio. As extensas áreas da costa leste do estuário, a princípio, não seriam o foco das ações de contingência por não serem vulneráveis. Em caso de chegada do óleo à costa, deve-se planejar as áreas prioritárias para proteção de acordo com as características do acidente e com as informações sobre **sensibilidade** e **resiliência** disponíveis para a região (ver Capítulo 4, item 4.1).

### 6.1.2.3. Sistema Costeiro de Soure (PA)

A cidade de Soure (PA) está localizada na ilha de Marajó, a quase 100 km de Belém (PA), com travessia de balsa entre os portos de Icoaraci e Camará. Essa é a cidade que serve como base de acesso à costa leste do sistema costeiro e possui infraestrutura básica (pousadas, mercados, restaurantes e postos de combustíveis). Em Soure, há disponibilidade de barcos de pesca e embarcação com motor do tipo rabeta.

A costa norte do sistema costeiro (norte da Ilha de Marajó) é acessada por Araraquara, onde a infraestrutura é praticamente inexistente. O acesso por terra a essa área depende de condições específicas de manutenção da estrada de terra e não pode ser realizada no período chuvoso.

A costa nordeste da ilha de Marajó é uma área de conflito e violência, principalmente assaltos e pirataria, e por isso recomenda-se que essa região seja evitada.

A navegação em períodos de vento requer cuidados adicionais, assim como é preciso atenção com os horários de preamar e baixamar devido à altura de maré, principalmente para acesso ou travessia dos igarapés. Em situações de baixamar, o acesso pode ficar impossibilitado. A altura de maré varia entre 3 e 4 m.

O acesso e o deslocamento nas áreas de floresta apresentam um desafio adicional devido à presença expressiva de vegetação terrestre associada à vegetação de mangue nas margens dos igarapés (estreitos canais de água doce), praias e várzeas. Frequentemente essa vegetação apresenta-se densa e espinhosa, impedindo o acesso a partir das margens dos igarapés, como é o caso da taboca (*Olyra* spp.) – formando extensos e fechados tabocais – e do aturiá (*Machaerium lunatum*).

No sistema costeiro de Soure (PA), quase a totalidade das florestas é vulnerável a episódios de vazamento de óleo na região (ver Capítulo 4, item 4.3). Os manguezais encontram-se mais expostos durante o período seco, quando é maior o quantitativo de áreas nas classes de **vulnerabilidade** alta e média, em comparação

com o período chuvoso. Portanto, nessa região, recomenda-se especial atenção às ações de contingência voltadas para o período seco.

Em caso de vazamento de óleo no mar com probabilidade de toque na costa, inicialmente as ações de contingência no sistema costeiro de Soure (PA) devem priorizar os locais ao sul da costa leste e os locais da costa norte que apresentam **vulnerabilidade** alta (ver Capítulo 4, item 4.3). Destaca-se a existência de áreas que apresentam **vulnerabilidade** média por toda a costa e essas áreas também devem ser consideradas nas ações de contingência. Ressalta-se também que o sistema costeiro de Soure (PA) inclui a ResEX Marinha de Soure e planejar medidas para sua proteção são indispensáveis, considerando que provê o meio de subsistência para as comunidades tradicionais de Soure.

#### 6.1.2.4. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)

O sistema costeiro de Sucuriju (AP) localiza-se em uma área bastante remota do Amapá cujo acesso somente é possível por embarcação. O percurso até Sucuriju dura, no mínimo, dois dias, partindo de Macapá (AP), e envolve percorrer trechos de carro – até a cidade de Amapá (AP) – e de embarcação – da cidade de Amapá até a vila de Sucuriju. O deslocamento hidroviário entre a cidade do Amapá e a vila de Sucuriju só pode ser realizado em condições específicas de maré. Por isso, o trajeto é percorrido em dois momentos, e uma área próxima à ilha de Maracá é usada como um ponto de parada seguro para aguardar as condições favoráveis de maré para a navegação. Assim, inicialmente percorre-se o trecho Amapá-proximidades da ilha de Maracá e, em seguida, o trecho proximidades da ilha de Maracá-Sucuriju.

A vila de Sucuriju não possui infraestrutura própria que possibilite apoio (não há água potável abundante, pousadas, mercados, restaurantes ou postos de combustíveis). Nesse sentido, o apoio cedido pela ReBIO do Lago Piratuba (ICMBio) foi indispensável à realização das campanhas. Há poucos barcos de pesca na vila, muitas embarcações pequenas com motor do tipo rabeta. Apenas a ReBIO do Lago Piratuba possui voadeiras.

A navegação só deve ser realizada com pilotos experientes na região e obedecendo os horários condizentes com a maré. Na região costeira, a navegação é feita preferencialmente pela manhã, quando há menos ventos. A condição de maré para a entrada no rio Sucuriju deve ser observada atentamente. A navegação e permanência no rio em períodos de pororoca requer cuidados adicionais, mesmo em pontos abrigados no rio Sucuriju. A variação da altura de maré requer atenção, pois as alturas de maré podem variar entre 2,5m nas áreas mais internas do sistema; e 10 m nas áreas mais externas, nas proximidades da desembocadura do rio Sucuriju, chegando a atingir uma altura máxima de 12m. Mesmo o rio principal pode secar e inviabilizar a navegação, embarque e desembarque na maré baixa.

A probabilidades de toque de óleo na costa no sistema costeiro de Sucuriju (AP) é alta nos dois cenários sazonais analisados, e a exposição é ainda maior no período seco (>80%) em comparação com o período chuvoso (50 a 70%) (para detalhes, ver Capítulo 5). Ressalta-se que essas altas probabilidades de toque de óleo estão associadas às áreas na bacia efetiva de Foz do Amazonas mais próximas do sistema, porém, são observadas áreas nas bacias efetivas Pará-Maranhão e Barreirinhas que oferecem risco de até 40% no período seco e até 25% no período chuvoso para o sistema costeiro de Sucuriju (Figura 5-7, Capítulo 5).

Soma-se à alta probabilidade de toque de óleo e as dificuldades logísticas o fato dessa área de estudo apresentar particularidades que inviabilizaram a aplicação completa da metodologia proposta para a determinação da **vulnerabilidade** das florestas de mangue (ver Capítulo 5). Contudo, a partir do levantamento topográfico LiDAR e do aprofundamento do entendimento deste sistema a partir dos esforços do PCN foi possível identificar dois pontos de especial atenção para ações de contingência. O

sistema costeiro de Sucuriçu apresenta uma configuração topográfica distinta das demais áreas de estudo, com um cinturão de maiores elevações (3 a 5 m) nas bordas de todo o sistema, e planícies flúvio-marinhas internas – regiões com hidrodinâmica mais estagnada e, logo, com maior **sensibilidade** e menor **resiliência**. A conexão com as planícies flúvio-marinhas se dá de duas formas: pela oscilação da maré por sobre o cinturão de maiores elevações, e por micro canais que conectam o canal principal do rio Sucuriçu às planícies internas.

O primeiro ponto de atenção para ações de contingência é relacionado ao estreitamento e rebaixamento do cinturão de maiores elevações na porção mais a leste do sistema, no cabo imediatamente ao norte da foz do rio Sucuriçu. Essa característica topográfica indica que esta é uma região que mais facilmente pode servir de entrada da água do mar para o interior do sistema. O segundo ponto de atenção é dirigido à proteção dos micros canais que, se atingidos por óleo podem conduzi-lo para as planícies alagáveis internas.

### 6.1.3. Sistema de modelagem de dispersão de óleo com intemperismo e ação de resposta on-line

No âmbito do Projeto Costa Norte, um modelo de óleo completo, com intemperismo e ações de resposta, foi desenvolvido, e encontra-se disponível para uso na Plataforma WEB ([projetocostanorte.eco.br](http://projetocostanorte.eco.br)). A descrição completa da implementação encontra-se no Capítulo 8 do Volume 2, e o manual de utilização, no Capítulo 12 do Volume 2.

O sistema permite que usuários de diferentes perfis se familiarizem com técnicas de modelagem numérica fazendo uso prático, de experimentação. Usuários com maior nível de conhecimento técnico poderão utilizar o sistema para exercícios de planejamento, simulando diferentes cenários de vazamento e de ações de contingência. A Figura 6-3 apresenta o resultado de uma simulação fictícia utilizando o sistema de modelagem de dispersão de óleo on-line.

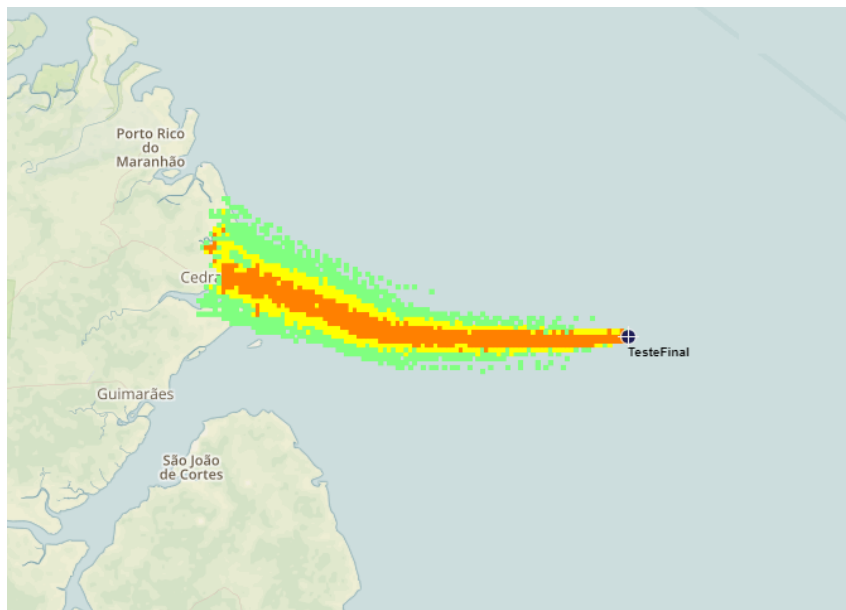


Figura 6-3: Exemplo de mapa de integração dos resultados a partir de um caso teste fictício com o sistema de modelagem de dispersão de óleo.

Pela capacidade de simular ações de resposta (posicionamento de barreiras, *skimmers*, e a utilização de dispersantes químicos), esta ferramenta permite a realização de testes de diferentes ações de resposta, auxiliando o treinamento para contingência. A Figura 6-4 apresenta um exemplo da aplicação virtual de uma barreira de contenção posicionada próxima à fonte de vazamento no sistema on-line.

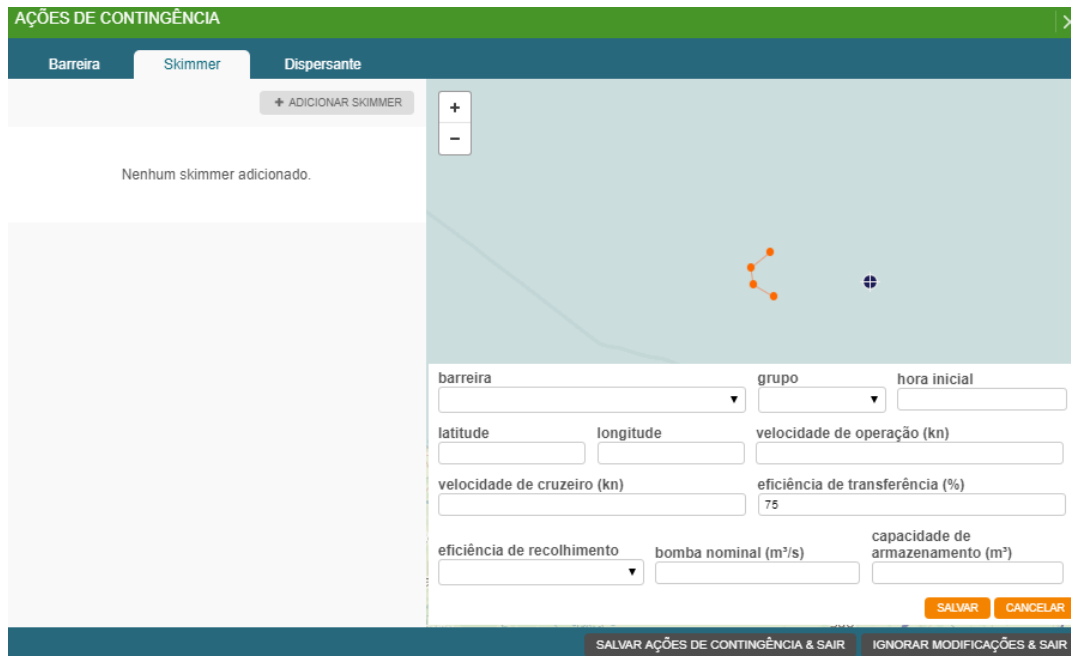


Figura 6-4: Interface gráfica para inclusão de *skimmers*, barreiras e dispersantes químicos .

Por permitir ao usuário a definição das características do óleo (o sistema conta com um extenso banco de dados de tipos de óleo) e do cenário acidental (volume, duração do vazamento, data/hora, etc), este sistema também pode ser utilizado para previsão de deriva do óleo em caráter operacional – desde que o usuário se responsabilize por todos os dados de entrada no sistema, tanto acidentais (tipo de óleo, volume, duração do vazamento) quanto parâmetros oceanográficos operacionais de correntes e ventos atuantes<sup>2</sup>.

## 6.2. Aplicações Estratégicas

### 6.2.1. Planejamento Ambiental de Áreas Sedimentares de Bacias Marítimas

A análise de **suscetibilidade** interativa em escala *offshore*, disponibilizada na plataforma WEB, apresenta grande potencial de aplicabilidade para diversos fins e atores. Com interface simples e intuitiva, o sistema consiste na disponibilização dos resultados probabilísticos de presença de óleo obtidos com o modelo de múltiplas fontes. Desta forma, o usuário pode escolher uma ou várias fontes de vazamento dentre as 1.138 fontes distribuídas nas bacias efetivas da Margem Equatorial Brasileira (MEB) (Figura 6-5), e visualizar os mapas de probabilidade (Figura 6-6). O sistema on-line também incorpora a metodologia de integração das escalas de modelagem e escolha de cenários ambientais, e os resultados podem ser vistos desde as fontes de vazamento até o interior das florestas de mangue estudadas no Projeto Costa Norte. Todos os detalhes técnicos do sistema de modelagem probabilística de dispersão de óleo com múltiplas fontes encontram-se no Capítulo 8 (Volume 2), e a sua aplicação na Plataforma WEB no Capítulo 12 (Volume 2).

<sup>2</sup> É vedada qualquer utilização comercial do sistema sem prévia aprovação.

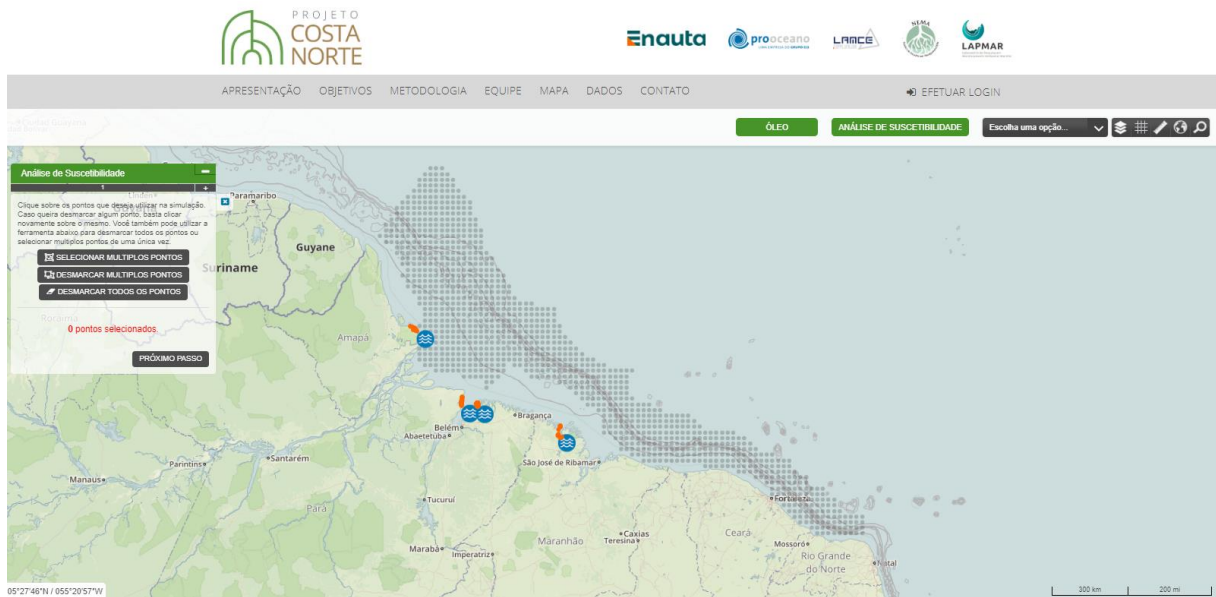


Figura 6-5: Visualização inicial do sistema de Análise de **suscetibilidade** dinâmica. No mapa, as fontes de vazamento são indicadas pelos pontos pretos e no canto esquerdo do mapa, a aba de controle do sistema.

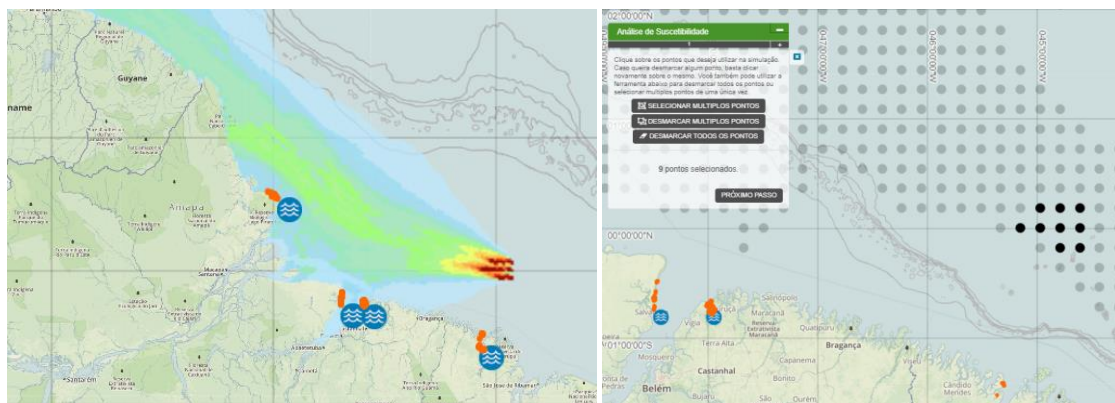


Figura 6-6: Resultado da Análise de Suscetibilidade (à esquerda, probabilidade máxima de presença de óleo) para os 9 pontos selecionados (direita).

O sistema possibilita a análise de **suscetibilidade** associada a fontes *offshore* de vazamento distribuídas tanto em áreas que já possuem blocos em fase de exploração e produção, quanto em áreas que podem vir a ser oferecidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Ressalta-se que esta análise é indicada para a utilização em fases iniciais ou até mesmo prévias ao processo de licenciamento quando não há conhecimento do tipo do óleo. Dentre os possíveis atores que podem se beneficiar da utilização deste sistema, citam-se:

- **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**
  - Esse sistema pode ser utilizado no contexto geral dos objetivos do Estudo Ambiental de Área Sedimentar (EAAS) de Bacias marítimas na MEB.
  - O sistema pode auxiliar na diferenciação de zonas de determinada Bacia marítima quanto ao nível de exposição de risco gerado para regiões costeiras, em específico para componentes socioambientais de alta **sensibilidade** ao óleo.

- Considerando os resultados, o órgão pode priorizar determinadas regiões com menor risco ambiental associado para a oferta de blocos.
- **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)**
  - De acordo com as Resoluções nº08/2003 e 17/2017 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) o IBAMA deve ser consultado previamente aos leilões para emitir Diretrizes Ambientais sobre os Blocos apresentados pela ANP. Nestas diretrizes, o órgão ambiental responsável pelo licenciamento dos Blocos que forem arrematados enumera as principais questões ambientais da região e sugere a exclusão daqueles que violam critérios objetivos como, por exemplo, proximidade com a costa.
  - Este sistema pode ser útil na elaboração das Diretrizes Ambientais, adicionando uma análise prévia da exposição de fatores socioambientais ao risco associado aos Blocos apresentados pela ANP.
- **Operadoras da indústria de Óleo e Gás**
  - Visto que os processos de aquisição de Blocos em Bacias marítimas e da outorga de licença ambiental de exploração e produção são conduzidos por diferentes órgãos (ANP e IBAMA, respectivamente), existe a possibilidade da oferta e arremate de blocos inviáveis do ponto de vista do risco associado a vazamentos, e posterior indeferimento da licença ambiental. O sistema possibilita às operadoras uma análise prévia da exposição de fatores socioambientais ao risco associado aos Blocos que estiverem sendo ofertados em determinado leilão.

### 6.2.2. Gestão Ambiental da Zona Costeira

Neste item, enumeram-se alguns resultados obtidos no âmbito do Projeto Costa Norte que podem auxiliar gestores das diversas Unidades de Conservação (UCs) presentes na MEB, além de embasar discussões de manejo de áreas de pesca pelas comunidades costeiras, tanto no âmbito da pesca comercial/industrial, como no âmbito da pesca artesanal realizada nas diversas Reservas Extrativistas e em outras áreas tradicionais de pesca.

Nesse contexto, e para as regiões de estudo específicas, o amplo levantamento de dados e geração de informação apresenta alta relevância para a gestão desse espaço costeiro. Citam-se:

- Detalhamento de informações de correntes e de maré, a partir de dados coletados em diversas estações em cada sistema costeiro e estuarino. A coleta de dados de nível d'água permite a previsão de maré operacional – disponível na Plataforma WEB – para as regiões de estudo.
- Coletas mensais de dados de corrente de plataforma e oceânicas com derivadores na Bacia da Foz do Amazonas. Os dados coletados são importantes fontes de informação para avaliação de modelos numéricos hidrodinâmicos e de dispersão de óleo.
- Mapeamento das fitofisionomias que compõem as florestas de mangue das regiões de estudo através de imagens de alta resolução e dados da altura das copas das árvores obtido por LiDAR.
- Mapeamento da topografia em altíssima resolução obtido por LiDAR.
- Caracterização detalhada das florestas de mangue a partir de diversas estações de coleta em cada região de estudo.



Todas essas informações são exemplos de dados primários gerados pelo PCN que são colocados à disposição dos gestores e das comunidades costeiras.

A Análise Inversa, apresentada no Capítulo 8 (Volume 2) e exemplificada no Capítulo 4 deste volume, também tem elevado potencial de aplicação para gestão ambiental de regiões com a presença de componentes de valor socioambiental com alta **sensibilidade** ao óleo. O sistema, implementado na Plataforma WEB como aplicação interativa, permite ao usuário obter a distribuição das fontes de vazamento que oferecem risco para determinado ponto, com probabilidade de toque e tempo mínimo associados.

Este sistema pode ser utilizado na identificação das áreas marítimas de exploração e produção de óleo e gás que oferecem risco para diversos fatores socioambientais de elevada sensibilidade ao óleo, como por exemplo:

- Unidades de Conservação;
- Locais de ocorrência de espécies ameaçadas;
- Locais de alimentação, desenvolvimento e reprodução de espécies de interesse econômico, ecológico ou social;
- Locais de pesca;
- Locais de importância socioeconômicas;

### 6.3. Aplicações metodológicas

#### 6.3.1. Metodologia de análise de **vulnerabilidade** de florestas de mangue ao óleo

Mostrou-se que é possível obter as componentes de **vulnerabilidade** de forma objetiva, detalhada e quantificável nas áreas estudadas, podendo ser expandida a metodologia para outras áreas de interesse.

A aplicação de novas abordagens conceituais associadas à integração de diferentes áreas do conhecimento e de tecnologias de ponta, tanto para levantamento de dados primários, como o escaneamento por LiDAR, como nos processos de modelagem numérica, se mostrou viável e relevante para aprofundamento das análises de vulnerabilidade em áreas específicas. Por mais que essa abordagem, numa primeira análise pareça ser onerosa, potenciais ganhos em termos de tempo, custos e eficiência em situações de emergência sugerem forte convergência com a busca por melhores práticas. Ademais, a definição de metodologia, que o projeto traz como resultado fundamental, representa um salto significativo para que, por meio de atuação conjunta de operadoras e Estado, toda a região costeira da Margem Equatorial Brasileira se beneficie em termos de eficiência de ações de gestão e contingência por um lado e, conservação de recursos naturais, por outro.

No âmbito das atividades de mapeamento em alta resolução espacial, tem-se desdobramentos possíveis na ampliação das investigações sobre os dados LIDAR, mais especificamente com as nuvens de pontos 3D. Com o volume de dados e informações disponíveis provenientes de diferentes fontes, inclusive através de levantamentos de campo, é possível dar continuidade a pesquisas que investiguem as reais potencialidades do uso destes dados na caracterização das florestas de mangue, com grande potencial principalmente quanto à possibilidade de detalhamento da descrição da estrutura dessas florestas com redução do esforço de campo.

A metodologia desenvolvida e testada no âmbito do PCN mostrou-se bastante promissora em termos de aplicabilidade a outros sistemas costeiros. Nesse sentido, a mesma pode ser ampliada não só para análise da **vulnerabilidade** de outros ecossistemas ou de alvos socioeconômicos, como abre caminho para outro importante desafio da análise de **vulnerabilidade**, que é a análise integrada da **vulnerabilidade** de sistemas ecológicos e sistemas socioeconômicos, através de análise da **vulnerabilidade socioambiental**.

### 6.3.2. Metodologia de integração das escalas em resultados probabilísticos de óleo

Esta metodologia aborda de maneira promissora um problema comum em modelagem: lidar com a variação de escalas de interesse. Este desafio vem do balanço entre abrangência e detalhamento espacial. As fontes de vazamento consideradas são em regiões oceânicas *offshore*, com escalas de movimento de centenas de quilômetros enquanto as áreas focais são no interior de estuários com pequenos canais entrecortando extensas planícies alagáveis com florestas de mangue. Esse desafio é maximizado na MEB devido à grande quantidade de sistemas estuarinos, com intrincados canais e planícies inundáveis. Em regiões de linha de costa mais retilínea, dominada por praias e costões rochosos, esse desafio é menor.

Em linhas gerais, a metodologia desenvolvida consiste no aninhamento de modelos de dispersão de óleo, tornando possível utilizar modelos hidrodinâmicos de resoluções e abrangências distintas na obtenção de resultados probabilísticos integrados. A metodologia é descrita em detalhes no Capítulo 8.3.1.2.1 e foi aplicada na obtenção da **suscetibilidade** das florestas de mangue nas regiões de estudo específicas do Projeto Costa Norte. O aninhamento dos modelos probabilísticos de dispersão de óleo é possibilitado pela utilização do sistema de múltiplas fontes.

Dessa forma, na medida que novos modelos hidrodinâmicos com maior resolução e detalhamento de sistemas estuarinos específicos sejam disponíveis, esta metodologia pode ser aplicada na implementação de um modelo de dispersão de óleo para integrar os resultados probabilísticos ao largo – obtidos em simulações prévias - para o interior do sistema estuarino específico.

### 6.4. Referências

- IBP. 2012. Propostas de Análise de Riscos e de Resposta a Emergências por Vazamento de Óleo no Mar devido às Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.
- CNPE 08/2003. “Estabelece a política de produção de petróleo e gás natural e define diretrizes para a realização de licitações de blocos exploratórios ou áreas com descobertas já caracterizadas, nos termos da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997.”
- CNPE 17/2017. “Estabelece a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, define suas diretrizes e orienta o planejamento e a realização de licitações, nos termos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e da Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e dá outra providência.”