II.5.4. Síntese da Qualidade Ambiental

A atividade alvo do presente estudo tem como objetivo prospectar quantidades comerciais de hidrocarbonetos e determinar as características de reservas potenciais na bacia de Sergipe-Alagoas, através da perfuração marítima exploratória nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573. Para tanto, está prevista a perfuração de dois poços firmes nos blocos SEAL-M-351 e SEAL-M-428 e de até nove poços contingenciais aos resultados das primeiras perfurações.

Localizados em lâmina d'água que varia entre 1.900 e 3.800 metros, esses seis blocos somam uma área total de, aproximadamente, 4.531 km^2. O vértice mais próximo da costa (bloco SEAL-M-351) está localizado a 50 km do município de Brejo Grande/SE.

Conforme descrito no **item II.4**, a Área de Estudo considerada para a elaboração da presente Síntese da Qualidade Ambiental abrange:

- A área dos blocos;
- A área das rotas de navegação das embarcações de apoio e da rota aérea das aeronaves;
- A área que pode ser atingida por eventual vazamento de óleo de grandes proporções (com probabilidades ≥ 30% e/ou tempos mínimos de toque ≤ cinco dias);
- O município de Pitimbu, no estado da Paraíba;
- Todos os municípios costeiros dos estados de Pernambuco e Alagoas;
- Todos os municípios costeiros do estado do Sergipe, com exceção de Igarassu.
- Todos os municípios costeiros do estado da Bahia, com exceção de Camamu, Alcobaça, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri; e
- O município de Niterói, no estado do Rio de Janeiro.

De acordo com o mapeamento das *Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira*, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2007, a Área de Estudo abriga 123 áreas prioritárias para a conservação das zonas marinhas e costeiras.

Os blocos exploratórios estão situados em quatro áreas prioritárias, conforme segue:

- 3,28% da área total dos blocos (parte do Bloco SEAL-M-351) está inserida na **Zm023** (Talude da APA Costa dos Corais), área classificada como de importância biológica e prioridade de conservação extremamente altas; e

- Os demais 96,72% da área (área restante do Bloco SEAL-M-351 e área total dos demais blocos) estão distribuídos entre a **Zm059** (Planície Oceânica), a **Zm069** (Base do talude ao largo do Cânion do São Francisco e Rio Real) e a **Zm075** (ZEE), áreas classificadas como de importância biológica insuficientemente conhecidas e com prioridade de conservação alta.

As áreas prioritárias existentes na região, sua importância biológica, prioridade e características são apresentadas na **Tabela II.5.4 - 1** do presente capítulo. Tais informações baseiam-se nos dados constantes no documento elaborado pelo MMA em 2007, que inclui uma ficha para cada área prioritária, com informações sobre bancos biogênicos, quelônios, recursos pesqueiros, aves, mamíferos aquáticos e ecossistemas, dentre outras informações.

O **Mapa II.5.4 - 1**, apresentado ao final deste capítulo, ilustra as áreas prioritárias presentes na área de estudo. Esta figura também foi elaborada com base na publicação de 2007 do MMA, que inclui arquivos em *shapefile* contendo os polígonos das áreas prioritárias mapeadas para cada um dos biomas brasileiros.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm012 (Plataforma Continental)	Muito Alta	Extremamente Alta	Áreas potenciais de ocorrência de recifes profundos (recifes não mapeados). Ocorrência comprovada de espécies formadoras dos recifes profundos. Ocorrência de cânions de talude. Alta declividade. Características de ecótone. Areia de foraminíferos bentônicos; areia e/ou cascalho de moluscos e cirripédios. Ocorrência de cachalote (Physeter macrocephalus). Pesca de atuns e afins. Pesca de demersais de profundidade.
Zm015 (Plataforma Externa Capixaba Sul)	Muito Alta	Extremamente Alta	Extensa cobertura de algas calcárias. Laminarias. Pesca de lagosta. Pesca de peroa (*Balistes* sp.). Ocorrência de boto cinza (*Sotalia guianensis*). Rota de jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Ocorrência de Golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*). Ocorrência de Golfinho-de-nariz-de-garrafa (*Tursops truncatus*). Área de agregação não-reprodutiva de Chelonia mydas. Pesca de atuns e afins, dourado (frota de Itaipava-ES).
Zm018 (Complexo Recifal de Abrolhos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Maior área de recifes coralíneos do Atlântico-Sul. Elevada biodiversidade bentônica e de peixes. Área de concentração e parto de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e franca (*Eubalaena australis*). Espécies endêmicas de corais e outros invertebrados. Alta concentração de pesca de recifais e potenciais sítios de agregação reprodutiva. Pesca de lagosta. Área de alimentação de tartarugas (*E. imbricata* e *C. caretta*). Área de reprodução de aves marinhas. Sul do Banco submetido a influência do Vórtice de Vitória.
Zm019 (Ilhéus)	Alta	Alta	Zona limite de distribuição de espécies, ilhas rochosas, agregações de meros. Proposição municipal de Parque para os meros na região. Área de ocorrência e reprodução de jubartes (Megaptera novaeangliae). Ocorrência de Boto cinza (*Sotalia fluviatilis*), Golfinho-de-nariz-de-garrafa (*Tursiops trucatus*). Área de reprodução de *Caretta caretta*. Manguezais. Ambients recifais costeiros.
Zm020 (Complexo Baia de Camamu e Tinharé-Boipeba)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Manguezais, recifes costeiros, estuários. Agregações reprodutivas de peixes recifais, recifes de borda e da plataforma, ocorrência de reprodução jubarte (*Megaptera novaeangliae*), baleia franca (*Eubalaena australis*), Sotalia (*Sotalia fluviatilis*), aves migratórias, bancos de ostras, bancos de berbigão, bancos de algas calcárias. Área de comunidades tradicionais de pescadores e quilombolas. Complexo de lagoas e lagunas.
Zm021 (Baía de Todos os Santos (área de fora))	Muito Alta	Extremamente Alta	Área de concentração reprodutiva da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*), ocorrência de baleia franca (*Eubalaena australis*), Golfinho-de-nariz-de-garraf (*Tursiops trucatus*) e Boto cinza (*Sotalia fluviatilis*). Alta diversidade bentônica (REVIZEE). Recifes rochosos. Agregações reprodutivas. Bancos de algas calcárias. Presença dos cânions de Salvador e de Itaparica. Áreas de pesca. Ambientes recifais.
Zm022 (Ao largo de Aracaju *(fundido com 6-34)*)	Muito Alta	Muito Alta	Bancos de algas calcárias, agregações de peixes (mero e caranha). Ocorrência de Sotalia e jubarte. Banco de esponjas. Presença de espécies ameaçadas (Cavalo marinho - *Hippocampus hippocampus*).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm023 (Talude da APA Costa dos Corais)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Talude continental; alta declividade; área ecótone; presença de cânions e paleocanais; ocorrência de tubarões do gênero Squalus e Mustelus; ocorrência de *Lopholatilus villarii*, *Urophycis mystacea* e *Epinephelus niveatus* (recursos inexplotados nessa região, mas sobreexplotados na região sudeste-sul); ocorrência de lutjanideos; ocorrência de caranguejos do gênero Chaecon; ocorrência de corais de profundidade; ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de cachalote (*Physeter macrocephalus*); ocorrência de ressurgências na quebra de talude (ainda pouco conhecidas) particularmente ao sul de Natal-RN; Ocorrência de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*).
Zm024 (Talude Continental Cabo Calcanhar a Alagoas)	Muito Alta	Muito Alta	Talude continental; alta declividade; área ecótone; presença de cânions; ocorrência de tubarões do gênero Squalus e Mustelus; ocorrência de Peyssomnietum (alga vermelha); ocorrência de *Lopholatilus villarii*, *Urophycis mystacea* e *Epinephelus niveatus* (recursos inexplotados nessa região, mas sobreexplotados na região sudeste-sul); ocorrência de lutjanideos; ocorrência de caranguejos do gênero Chaecon; potencial ocorrência de corais de profundidade; potencial ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de cachalote (*Physeter macrocephalus*); ocorrência de ressurgências no talude (ainda pouco conhecidas) particularmente ao sul de Natal – RN. Ocorrência de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*).
Zm025 (Plataforma externa adjacente a APA dos Corais)	Extremamente Alta	Muito Alta	Formações recifais coralígenas de algas calcárias e de corais; bancos de Halimeda; bacos de nódulos calcárias; ocorrência de agregações de esponjas; provável ocorrência de paleocanais; inclui a "Risca do Zumbi" (formação recifal); pesca de lagostas (covos e caçoe ira); pesca de linheiros; pesca de covos para saramunete e peixes recifais; pesca de "agulhinha preta"; ocorrência de pesca submarina; habitat de lagostas; habitat de peixes recifais incluindo espécies sobreexplotadas; ocorrência de tubarão-lixa *Gynglimostoma cirratum*; ocorrência de mero; ocorrência de *Gramma brasiliensis* e *Elacatinus figaro*, hotspots associados a naufrágios; atividade de turismo subaquático; ocorrência de agregações não-reprodutivas de *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta*. Conectividade com área protegida já existente (APA dos Corais). Ocorrência de *Strombus goliah*.
Zm026 (Talude Continental do Cabo Calcanhar)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Talude continental; alta declividade; área ecótone; provável presença de cânions associados a paleocanais; ocorrência de tubarões do gênero Squalus e Mustelus; ocorrência de Peyssomnietum (alga vermelha); ocorrência de *Lopholatilus villarii*, *Urophycis mystacea* e *Epinephelus niveatus* (recursos inexplotados nessa região, mas sobreexplotados na região sudeste-sul); ocorrência de lutjanideos; ocorrência de caranguejos do gênero Chaecon; potencial ocorrência de corais de profundidade; potencial ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de cachalote (*Physeter macrocephalus*); ocorrência de ressurgências no talude (ainda pouco conhecidas); conectividade com plataforma continental e área protegida já existente (APA dos Corais). Ocorrência de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm030 (Talude Continental Setentrional)	Muito Alta	Extremamente Alta	Talude continental; alta declividade; ocorrência de tubarões do gênero Squalus e Mustelus; ocorrência de Peyssomnietum (alga vermelha); ocorrência de *Lopholatilus villarii*, *Urophycis mystacea* e *Epinephelus niveatus* (recursos inexplotados nessa região, mas sobreexplotados na região sudeste-sul); ocorrência de lutjanideos; ocorrência de caranguejos do gênero Chaecon; potencial ocorrência de corais de profundidade (ocorrem formadores de recifes Clovis/Museu Nacional); potencial ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de cachalote (*Physeter macrocephalus*).
Zm045 (Terraço de Rio Grande)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área de alta concentração e agregação de camarão de profundidade, de *Illex argentinus* (lula), tubarão martelo (*Sphyrna lewini*), altas taxas de captura incidental de *Caretta caretta* e *Dermochelis coriacea*. Fauna característica de profundidade (caranguejo de profundidade, lulas, cachalote, tubarão martelo). Área de ressurgência de quebra da plataforma, alta produtividade. Área de alimentação de juvenis de *Thalassarche melanophris* (Albatroz-desobrancelha- negra) e de diversas espécies de albatrozes e petréis, especialmente a Pardela-de-óculos (*Procellaria conspicillata*), criticamente ameaçada. Área com ocorrência de hot vains (fraturas com jorro de águas quentes sulfurosas, com fauna específica adaptada). Área importante para cherne-poveiro (*Polyprion americanus*).
Zm046 (Plataforma externa sul-fluminense e paulista)	Muito Alta	Extremamente Alta	Ocorrência de ressurgência, meandros e vórtices. Afluência de ACAS. Ocorrência de baleia de Bryde (*Balaenoptera brydei e B. edeni*). Ocorrência de agregações não-reprodutivas de *Caretta caretta, Chelonia mydas* e *Dermochelys coriacea*. Pesca intensa e diversificada - sardinha e demersais.
Zm047 (Águas ultra-profundas do Rio de Janeiro)	Insuficientemente Conhecida	Alta	Áreas oceânicas. Ocorrência de cetáceos e aves relatadas a partir de observadores de bordo. OBS: estendendo até a ZEE. OBS2: a insuficiência do conhecimento refere-se especificamente ao bentos.
Zm048 (Plataforma externa norte-fluminense)	Extremamente Alta	Muito Alta	Predominância de areias fluviais (segundo REMAC). Ocorrência de bancos de algas calcárias (verdadeiros bancos de algas calcárias onde crescem espécies endêmicas de laminarias, principalmente entre Piúma e Marataizes). Exploração de algas calcárias entre 10 e 40 m. Laminarias entre 10 e 90 m. Ocorrência de boto cinza (*Sotalia guianensis*). Rota de jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Ocorrência de *Steno bredanensis*. Ocorrência de *Tursops truncatus*. Ocorrência de *Pontoporia blainvillei*. Atividade pesqueira diversificada e intensa, incluindo atuns e afins (bonito-listrado) e demersais. Área de agregação não-reprodutiva de *Dermochelys coriacea*. Ocorrência dos campos de produção de óleo e gás da Bacia de Campos.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm049 (Região Oceânica sob Influência do Vórtice de Vitoria)	Alta	Alta	Área de ocorrência do Vórtice de Vitória (exclui talude) (potencial efeito sobre a dispersão larval). ocorrência e rota migratória pesca de grandes pelágicos (atuns e afins). Relatos de pescadores sobre blooms de Euphausiacea. Rota migratória de jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Ocorrência de cachalote (*Physeter macrocephalus*). Ocorrência de Dermochelys coriacea.
Zm050 (Faixa Costeira do Banco de Abrolhos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Lamas e areias fluviais. Segunda Área mais importante de desova de Caretta caretta na costa brasileira. Única Área de desova de Dermochelys coriacea no Atlântico-Sul ocidental. Área de distribuição de espécies residentes de cetáceos (*Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*). Área de reprodução e cria de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Área de pouso e alimentação de aves marinhas migratórias. Área de alta abundância de elasmobrânquios (dados REVIZEE-Central; prospecção long-line). Distribuição de recursos pesqueiros estuarinos (berçário). Pesca de camarão. Pesca de emalhe costeiro.
Zm052 (Buffer dos montes submarinos - deletado)	Insuficientemente conhecida	Alta	Insuficientemente conhecida.
Zm053 (Base do talude de abrolhos)	Muito Alta	Muito Alta	Área com presença de vórtices. Bentos desconhecido. Presença de grandes peixes pelágicos - rota migratória (espadarte - *Xiphias gladius*; tubarão azul - *Prionace glauca*). Área de ocorrência de jubartes (*Megaptera novaeangliae*). Talude leste do Banco de Abrolhos e planície abissal adjacente até a isóbata de 3500 m (insuficientemente conhecido). ocorrência de possíveis processos ciclônicos especiais que resultam do encontro da Corrente do Brasil com o Banco de Abrolhos (potencial efeito sobre a dispersão larval). Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Potencial ocorrência de cachalote. Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória da Albacora branca (Thunnus alalunga), ao largo de 1000 m.
Zm054 (Talude Banco do Abrolhos/ Royal Charlotte)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Presença de corais formadores de recifes de profundidade. Área de corredor de dispersão de peixes recifais, possibilitando conectividade entre áreas. Ocorrência de espécies de serranídeos e lutjanídeos. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte - *Xiphias gladius*; tubarão azul - *Prionace glauca*). Área entre as mais diversas de esponjas dentre as amostradas pelo REVIZEE Score Central. Migração reprodutiva de albacora lage (*Thunnus albacares*). Uma das partes mais largas do Talude. Ocorrência de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Corredor de dispersão de peixes recifais em profundidade. Ecótono. Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória da Albacora branca (*Thunnus alalunga*), ao largo de 1000 m.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm059 (Planície Oceânica)	Insuficientemente conhecida	Alta	Planície oceânica. Copiar de OC-22. Falta de conhecimento de espécies batiais.
Zm060 (Serra Grande)	Muito Alta	Muito Alta	Litoral com costões rochosos, reprodução (*Caretta caretta*) e crescimento de tartarugas marinhas. Elevada diversidade de espécies, limite norte-sul de distribuição de espécies. Manguezais.
Zm061 (Base do Talude)	Insuficientemente conhecida	Alta	Bentos desconhecido. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte, tubarão azul). Área de ocorrência de jubartes (*Megaptera novaeangliae*). Talude leste do Banco de Abrolhos e planície abissal adjacente até a isóbata de 3500 m (insuficientemente conhecido). Ocorrência de possíveis processos ciclônicos especiais que resultam do encontro da Corrente do Brasil com o Banco de Abrolhos (potencial efeito sobre a dispersão larval). Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória da Albacora branca (*Thunnus alalunga*), ao largo de 1000 m.
Zm062 (Talude)	Alta	Muito Alta	Área de corredor de dispersão de peixes recifais, possibilitando conectividade entre áreas. Ocorrência de espécies de serranídeos e lutjanídeos. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte – *Xiphias gladius*; tubarão azul – *Prionace glauca*). Área de agregação reprodutiva de peixes recifais. Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória de Albacora branca (*Thunnus alalunga*), ao largo de 1000 m.
Zm063 (Proposta da RESEX de Itacaré)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Limites propostos para a RESEX. Litoral com costões rochosos, reprodução (*Caretta caretta*) e crescimento de tartarugas marinhas. Elevada diversidade de espécies, limite norte-sul de distribuição de espécies.
Zm064 (Base do Talude ao largo do?)	Insuficientemente conhecida	Alta	Bentos desconhecido. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte – *Xyphias gladius*; tubarão azul – *Prionace glauca*). Área de ocorrência de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Rota migratória da Albacora branca, ao largo de 1000 m. Talude leste do Banco de Abrolhos e planície abissal adjacente até a isóbata de 3500 m (insuficientemente conhecido). Ocorrência de possíveis processos ciclônicos especiais que resultam de encontro da Corrente do Brasil com o Banco de Abrolhos (potencial efeito sobre a dispersão larval). Rota migratória de grandes peixes pelágicos.
Zm065 (Cânions de Salvador e Itaparica)	Extremamente Alta	Muito Alta	Área de corredor de dispersão de peixes recifais, possibilitando conectividade entre áreas. Ocorrência de espéies de serranídeos e lutjanídeos. Presença de grandes pelágicos (espadarte – *Xiphias gladius*; tubarão azul – *Prionace glauca*). Área de agregação reprodutiva de peixes recifais. Indícios de ocorrência de corais formadores de recifes de profundidade. Ocorrência de alta diversidade de espojas e corais (REVIZEE). Diversidade de peixes batiais. Ocorrência de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm066 (Base do talude ao largo de Salvador)	Insuficientemente conhecida	Alta	Bentos desconhecido. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte, tubarão azul). Área de ocorrência de jubartes (*Megaptera novaeangliae*). Talude leste do Banco de Abrolhos e planície abissal adjacente até a isóbata de 3500 m (insuficientemente conhecido). ocorrência de possíveis processos ciclônicos especiais que resultam do encontro da Corrente do Brasil com o Banco de Abrolhos (potencial efeito sobre a dispersão larval). Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória da Albacora branca (*Thunnus alalunga*), ao largo de 1000 m.
Zm067 (Afloramentos rochosos)	Extremamente Alta	Alta	Definido com base em dados do projeto REMAC, de possível afloramento rochoso, e a partir de dados de batimetria, indicando a presença de montes submarinos.
Zm068 (Talude ao largo do litoral norte)	Insuficientemente conhecida	Muito Alta	Área de corredor de dispersão de peixes recifais, possibilitando conectividade entre áreas. Ocorrência de espécies de serranídeos e lutjanídeos. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte - *Xiphias gladius*; tubarão azul - *Prionace glauca*). Área de agregação reprodutiva de peixes recifais. Ocorrência de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*).
Zm069 (Base do talude ao largo do Cânion do São Francisco e Rio Real)	Insuficientemente conhecida	Alta	Bentos desconhecido. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte, tubarão azul). Área de ocorrência de jubartes (*Megaptera novaeangliae*). Talude leste do Banco de Abrolhos e planície abissal adjacente até a isóbata de 3500 m (insuficientemente conhecido). Ocorrência de possíveis processos ciclônicos especiais que resultam do encontro da Corrente do Brasil com o Banco de Abrolhos (potencial efeito sobre a dispersão larval). Rota migratória de grandes peixes pelágicos. Rota migratória da Albacora branca (*Thunnus alalunga*), ao largo de 1000 m.
Zm070 (Cânion do São Francisco e Rio Real)	Extremamente Alta	Muito Alta	Área de corredor de dispersão de peixes recifais, possibilitando conectividade entre áreas. Ocorrência de espécies de serranídeos e lutjanídeos. Presença de grandes peixes pelágicos (espadarte - *Xiphias gladius*; tubarão azul - *Prionace glauca*). Área de agregação reprodutiva de peixes recifais. Ocorrência de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Presença dos cânions e paleocânions do São Francisco e do Rio Real, indicando potencial área de grande diversidade.
Zm072 (Plataforma externa Cabo Calcanhar a Alagoas)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Formações recifais coralígenas de algas calcárias e de corais; bancos de Halimeda; bancos de Gracilaria; bancos de nódulos calcários; ocorrência de agregações de esponjas; ocorrência de paleocanais; pesca de lagostas (covos e caçoeira); pesca de linheiros; pesca de covos para saramunete e peixes recifais; pesca de "agulhinha preta"; ocorrência de pesca submarina; habitat de lagostas; habitat de peixes recifais incluindo espécies sobreexplotadas; ocorrência de tubarão-lixa *Gynglimostoma cirratum*; ocorrência de mero; ocorrência de *Gramma brasiliensis* e *Elacatinus figaro*; hotspots associados a naufrágios; atividade de turismo subaquático; potencial ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de agregações não-reprodutivas de *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta*. Ocorrência de *Strombus goliah* (espécie ameaçada); Ocorrência de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Zm073 (Plataforma externa do Rio Grande do Norte)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Formações recifais coralígenas de algas calcárias; bancos de nódulos calcários; ocorrência de agregações de esponjas; ocorrência de paleocanais; pesca de lagostas; pesca de linheiros; pesca de covos para lagosta, saramunete e peixes recifais; habitat de lagostas; habitat de peixes recifais incluindo espécies sobreexplotadas; ocorrência de tubarão-lixa *Gynglimostoma cirratum*; ocorrência de mero; ocorrência de *Gramma brasiliensis* e *Elacatinus figaro*; hotspots associados a naufrágios; potencial ocorrência de agregações reprodutivas de peixes recifais; ocorrência de agregações não-reprodutivas de *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta*. Ocorrência de *Strombus goliah* (espécie ameaçada).
Zm075 (ZEE)	Insuficientemente conhecida	Alta	Planície abissal (profundidades acima de 4.000 m) incluindo afloramentos rochosos até 2.000 metros de profundidade. Delimitado pelo limite externo da ZEE. Sob influência da Corrente Sul-Equatorial e Corrente Norte do Brasil. Substrato predominantemente formado por vazas calcárias e turbiditos. Área de deslocamento de espécies altamente migratórias. Área de reprodução da albacora-branca (*Thunnus alalunga*); termoclina permanente; águas superficiais quentes e oligotróficas.
Zm095 (Parque Nacional Marinho dos Abrolhos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Ver caracterização da UC - Além de resguardar porção significativa do maior banco de corais e da maior biodiversidade marinha do Atlântico Sul, o Parque protege o principal berçário das baleias jubarte no Atlântico Sul que migram para o Banco dos Abrolhos para ter seus filhotes. É também a única região do planeta onde é possível encontrar o coral Mussismilia braziliensis (coral cérebro). Espécies de tartarugas marinhas - tartarugas de couro, cabeçuda, verde e de pente - também se refugiam no Parque, além de aves marinhas como a grazina do bico vermelho, os atobás branco e marrom, as fragatas, beneditos entre outros, incluindo pequenas aves migratórias do Hemisfério Norte. Um levantamento da biodiversidade da região registrou aproximadamente 1.300 espécies, 45 delas consideradas ameaçadas, segundo listas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA).
Zm097 (APA Estadual Ponta da Baleia/ Abrolhos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Recifes de coral; presença de baleias.
Zm098 (RESEX do Corumbau)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Buscar no decreto de criação. Conforme recomendado, o Decreto S/N de 21/09/2000, que dispõe da criação da RESEX Marinha do Corumbau, define como objetivo da mesma garantir a exploração autossustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista da área.
Zm100 (RESEX de Canavieiras)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Buscar caracterização da UC. Conforme o Decreto S/N de 05/06/2006, que dispõe da criação desta UC, o objetivo da RESEX de Canavieiras é proteger os meios de vida e a cultura da população extrativista residente na área de sua abrangência e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
Ma411 (REVIS Ponta Grande)	Alta	Extremamente Alta	SI
Ma445 (Manguezais de Jaguaripe)	Insuficientemente Conhecida	Alta	Ostras de mergulho (características de manguezais), populações tradicionais em manguezais, alguns estudos da UFBA, parada de aves marinhas migratórias e ameaçadas Garajau-rosado (*Sterna douglallii*).
MaZc212 (Lagoa de Itaipu-morro das andorinhas)	Muito Alta	Alta	Remanescentes florestal, conectividade com a UCs, restinga, sambaqui, espécie ameaçadas.
MaZc225 (Baía de Guanabara)	Alta	Alta	Berçário de espécies marinhas, aves migratórias e botos.
MaZc392 (Cassurubá)	Muito Alta	Extremamente Alta	RESEX Cassurubá; existência de um manguezal de extrema importância biológica que ficou fora da delimitação da RESEX, por já estar concedida à PETROBRAS e PETROGAL, destinado a atividade de exploração de óleo e gás; grandes porções de restingas contínuas (recomendação: aumentar a área da resex para englobar o manguezal do rio peruipe).
MaZc396 (Contorno sul do PARNA)	Alta	Extremamente Alta	Remanescentes de vegetação contíguos ao sul do PARNA Descobrimento; maior população de antas (*Tapirus terrestris*) do NE.
MaZc398 (Mussununga)	Insuficientemente Conhecida	Extremamente Alta	Vegetação campestre, com poucos arbustos; capim quicuia, abacaxi; manchas de areia sobre o tabuleiro, com vegetação arbórea
MaZc401 (Guaratiba)	Alta	Extremamente Alta	Ligação com o MONA, encostas de Guaratinga, espécies ameaças formiga (*Dinoponera lucina*), pau-brasil (Caesalpinia echinata), jacarandá-da-bahia (Dalbergia nigra), área de floresta estacional e de transição para as montanhas.
MaZc405 (Proposta REBIO Rio dos Frades)	Alta	Muito Alta	SI
MaZc406 (Corredor Monte Pascoal – Pau Brasil)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Possui uma área de conflito acima do PARNA Monte Pascoal: aldeia Guaxuma, dos Pataxó; presença de vários fragmentos de floresta de tabuleiro, restinga e mussununga; presença de pau-brasil.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc414 (São Miguel - BA)	Muito Alta	Muito Alta	Grande mosaico de formações naturais e uso de solos diferenciados; restinga e mussununga; remanescentes de floresta primária; abrange assentamento e terra indígena.
MaZc416 (Belmonte)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área proposta para criação do PARNA de Belmonte; sobreposição com a APA de Santo Antônio; grande mosaico de formações naturais e uso de solos diferenciados; cabruca, restinga, manguezal, mussununga e banhados; extensas florestas primárias.
MaZc421 (Jequitinhonha)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área importante para contato de espécies; barreira de espécies: Jequitinhonha; região coberta por floresta de tabuleiro; ocorrência de importante população de anta (*Tapirus terrestris*) (ao norte); cacau-cabruca, foz do Jequitinhonha com restingas e manguezais; pesca.
MaZc425 (Florestas pluviais do Pardo)	Muito Alta	Extremamente Alta	SI
MaZc427 (Campos Úmidos de Santa Luzia)	Alta	Extremamente Alta	Área de tabuleiro com formação de campo. Ocorrência do acrobata (*Acrobatornis fonsecai*), jararaca (*Bothrops pirajai*) e gênero novo de lagarto no prelo (*Leposoma puck*).
MaZc429 (Corredor de Ucs. Una S. Baixão)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Região Cástica (Santa Luzia e Pau Brasil).
MaZc432 (Bacia Cachoeira-Santana)	Muito Alta	Alta	Ocorrência de gramínea primitiva *Anamocloa marantodea* (espécie endêmica). Ocorrência do acrobata (*Acrobatornis fonsecai*), chororozinho-de-boné (*Herpsilochmus pileatus*), pica-pau-de-coleira-do-sudeste (*Celeus torquatus tinnunculus*), Troppidophis sp, jararaca (*Bothrops pirajai*).
MaZc444 (Água Branca)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Presença de papa-taoca-da-bahia (*Pyriglena atra*).
MaZc454 (Praia do Forte Imbassaí)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Duas espécies de anfíbios recentemente descritas, desova de tartaruga, Ocorrência de camarão-pitú (*Metanephrops rubellus*), comunidades quilombolas, presença de 04 espécies de lagartos endêmicas de Mata Atlântica, dunas, restingas e lagoas, áreas úmidas, pesca artesanal, grandes complexos hoteleiros; várias espécies de mamíferos, aves e répteis ameaçadas de extinção; existência de sítios arqueológicos; 7 espécies novas de aranhas (2 gêneros novos).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc457 (Massarandupió)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área de desova de tartaruga, presença de lagoas costeiras, dunas, restingas, aves migratórias, levantamento de mais de 200 espécies de aves da região, ocorrência do camarão- pitu (*Metanephrops rubellus*); beleza cênica; proteção de mananciais; recarga de aquíferos; manguezais.
MaZc458 (Complexo de zonas úmidas e restingas do Itapicuru)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Grande importância biológica, complexo de zonas úmidas, estuários, restingas, manguezais, Ocorrência de macaco prego-de-peito-amarelo (*Cebus apella xanthosternos*), aves migratórias, elevada densidade de peixes de água doce, maior área de ocorrência de gavião caramujeiro (*Rosthramus sociabilis*), berçário de espécies marinhas, preguiça de coleira (*Bradypus torquatus*), ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*), gato do mato (Felis sp.) e gato maracajá (*Leopardus wiedii*), anfípoda, mata paludosa, sítios arqueológicos (sambaquis); espécie nova de anfípodo; 2ª maior zona úmida do litoral norte; desova de tartaruga.
MaZc459 (Litoral e complexo das matas do sul de Sergipe)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	IBA (Important Bird Area), aves marinhas migratórias, área de ocorrência de peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*), jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e outros cetáceos, tartaruga oliva (*Lepidochelys olivacea*), formação dunares, sítio arqueológico, remanescente de matas, lagoas, cerrado, maiores fragmentos de mata do estado, Mata do Crasto, da Fazenda Sabão, da Fazenda Escôncio, extensos bosques de mangue, peixe boi marinho (*Trichechus manatus*), área estuarina com alta diversidade biológica e importância nos processos ecológicos da comunidade aquática regional (espécies que migram entre o estuário e a plataforma continental).
MaZc461 (Foz do Vaza Barris)	Muito Alta	Muito Alta	Grande diversidade da ictiofauna no estuário, relativo grau de conservação, aves migratórias, cavalo marinho (Hippocampus hippocampus), manguezais; ambiente importante nos processos de produção biológica da comunidade aquática regional (espécies que migram entre o estuário e a plataforma continental); presença de aves migratórias marinhas e litorâneas; parte da área compreendida em uma APA estadual (APA do Vara Barris) sem implantação efetiva e sem Plano de Manejo.
MaZc463 (Estuário do Sergipe)	Alta	Muito Alta	Área estuarina importante sob forte impacto da atividade urbana. Apresenta elevada biodiversidade e importante processos ecológicos da comunidade aquática regional, presença de comunidades quilombolas, remanescentes de mangues em áreas urbanas; área marinha com substrato consolidado (restrito; "pedra do Grageru") com diversidade biológica alta e concentração do Mero (Epenephelus etafara); presença de três UCs, não implementadas: APA do Morro do Urubú (único remanescente de Mata Atlântica de Aracajú), APA do Rio Sergipe (ambas estaduais) e Parque Ecológico Municipal Tramandaí, área remanescente de manguezal.
MaZc465 (Foz do São Francisco (Litoral))	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Canal de Parapuca, fonte de nutrientes para aves e regiões adjacentes, estuário, desova de tartarugas marinhas, cordões de dunas lagunas, ocorrência do macaco-prego-de-peito-amarelo (*Cebus apella xanthosternos*) e do jacaré papo amarelo (*Caiman latirostris*), presença de espécies marinhas migratórias, maior concentração de tartarugas oliva (*Lepidochelys olivacea*), ocorrência de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*), zona de amortecimento da REBIO de Santa Izabel. Concentração coralínea e de mero (*Epenephelus etafara*), importante banco camaroneiro. Praia do Peba (AL), grandes estoques de camarão associados aos estuários, peixe boi marinho (*Trichechus manatus*).

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc468 (Banco do Peba)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Banco de fanerógamas e áreas de quelônios; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc469 (Foz do São Francisco)	Extremamente Alta	Muito Alta	Significativa área de dunas e restingas para as quais são registradas algumas espécies de lagartos endêmicas da Mata Atlântica setentrional (*Coleodactylus natalensis*, *Dryadosaura nordestina*); alagados; vegetação nativa (restinga e Mata Atlântica); povoados; agricultura de subsistência (pequenos proprietários: bananeiras, cocos, caju, manga).
MaZc470 (Pontal do Coruripe)	Insuficientemente Conhecida	Alta	Praias; recifes; manguezais; área urbana; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc471 (Baixios de Dom Rodrigues)	Muito Alta	Extremamente Alta	Faixa de mar ao lado do MaZc470 (Pontal do Coruripe) e ao sul de RESEX Marinha da Lagoa do Jequiá; recifes de coral; bancos de camarão; pradarias de fanerógamas marinhas; ocorrência de peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc473 (Lagoa de Jequiá)	Alta	Alta	Aves: Chauá (*Amazona rhodocorytha*), barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), formigueiro-decauda-ruiva (*Myrmeciza ruficauda soror*), vira-folha-pardo-do-nordeste (*Sclerurus caudacutus caligineus*), limpa-folhado-nordeste (*Synallaxis infuscata*), anambé-de-asa-branca (*Xipholena atropurpurea*). Cercada por matas, em parte foram substituídas pela indústria canavieira; presença da Lagoa de Jequiá. Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc474 (Pratagi)	Muito Alta	Muito Alta	Zona costeira ao longo de Maceió; área prioritária do Peixe-boi-marinho (Trichechus manatus); zona costeira ao longo de Maceió; APA estadual; presença de manguezal e Mata Atlântica; local onde há captação de água para o abastecimento de Maceió; ocorrência de peixe-boi-marinho (Trichechus manatus) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc476 (São Miguel dos Campos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Aves: Chauá (Amazona rodocorytha), barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), arapaçu-pardodo-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunayi*), arapaçu-barrado-do-nordeste (*Dendrocolaptes certhia medius*), limpafolha-do-nordeste (*Synallaxis infuscata*), *Thamnophilus aethiops distans*, anambé-de-asa-branca (*Xipholena atropurpurea*); APA do Catolé. Área de agregação reprodutiva e alimenta de peixes recifais; ocorrência de peixe-boimarinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc477 (Messias - Flexeiras)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Répteis: Dentre as oito espécies de répteis e anfíbios recentemente descritas (2000-2006), endêmicas da Mata Atlântica setentrional: lagarto-de-folhiço (*Coleodactylus natalensis*), Dryadosaura nordestina, jararaca de alagoas (*Bothrops muriciensis*), *Liotyphlops trefauti*, *Atractus francoi*, *Chiasmocleis alagoanus*, *Phyllodytes gyrynaethes* e *P. edelmoi*), sete destas são registradas para os remanescentes de Mata Atlântica do município de Rio Largo (área da Usina Utinga Leão) e para a APA do Catolé; esta última localizada entre os municípios de Rio Largo e Satuba/AL. A APA do Catolé é a localidade-tipo de 3 das espécies de anfíbios e répteis recentemente descritas (Chiasmocleis alagoanus, Phyllodytes edelmoi e Atractus francoi). Ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc478 (Talude da APA Costa dos Corais)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Zona de Talude externo à APA dos Corais; Recifes de coral e algas; bancos de esponjas paleocanais; 50 a 100 metros. Área de ocorrência de recifes de corais/algas; banco de esponjas; corredor de biodiversidade; áreas de agregação reprodutiva; conectividade com ecossistema com UC já existente; área de concentração de biodiversidade; ocorrência de coral de profundidade.
MaZc479 (Barra de Camaragibe)	Alta	Muito Alta	Aves: arapaçu-pardo-do-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunayi*), pintor-verdadeiro (*Tangara fastuosa*), formigueiro-de-cauda-ruiva (*Myrmecisa ruficauda soror*); manutenção de espécies endêmicas e ameaçadas; manutenção de serviços ambientais (mananciais); presença de falésias. Área de agregação reprodutiva e alimenta de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc483 (Porto Calvo)	Alta	Alta	Remanescentes de Mata Atlântica; estuário; manguezal; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc487 (Barreiros - Maragogi)	Alta	Muito Alta	Aves: barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), arapaçu-pardo-do-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunayi*), limpa-folha-do-nordeste (*Synallaxis infuscata*), formigueiro-de-cauda-ruiva (*Myrmecisa ruficauda soror*), anambé-de-asa-branca (*Xipholena atropurpurea*), maria-do-nordeste (*Hemitriccus mirandae*); manutenção de Espécies Endêmicas; manutenção de Espécies Ameaçadas; importância na manutenção de serviços ambientais (proteção de mananciais/recargas de aqüíferos/proteção do solo/manutenção do clima/microclima, etc.); proteção de ecossistemas/Serviços Ecossistêmicos; manutenção de corredores de biodiversidade. Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc489 (Guadalupe)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	APA estadual de Guadalupe (não está delimitada) precisa ser incluída e sobrepõe com a APA Costa dos Corais (precisa colocar as áreas das APAs. Aves: barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), arapaçu-pardo-do-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunai*), udu-de-coroa-azul-do-nordeste (*Momotus momota marcgraviana*), formigueiro-de-cauda-ruiva (*Myrmecisa ruficauda soror*), besourão-de-bico-grande (*Phaethornis ochraceiventris camargoi*), limpa-folha-do-nordeste (Synallaxis infuscata), choca-lisa (*Thamnophilus aethiops distans*); manutenção de Espécies Endêmicas; manutenção de Espécies Ameaçadas; importância na manutenção de serviços ambientais (proteção de mananciais/recargas de aqüíferos/proteção do solo/manutenção do clima/microclima, etc.); proteção dos aspectos cênicos e paisagísticos (serras, montanhas, cachoeiras, lagos, cânions, etc.). Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho.
MaZc490 (Ipojuca)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Aves: barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), arapaçu-pardo-do-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunai*), formigueiro-de-cauda-ruiva (*Myrmecisa ruficauda soror*), besourão-de-bico-grande (*Phaethornis ochraceiventris camargoi*), limpa-folha-do-nordeste (*Synallaxis infuscata*), choca-lisa (*Thamnophilus aethiops distans*), anambé-de-asa-branca (*Xipholena atropurpurea*). Mamíferos: macaco-prego-galego (*Cebus queirozi*); local de descoberta de *Cebus queirozi* (criticamente ameaçada); restingas; manguezal. Manutenção de espécies endêmicas e ameaçadas; manutenção de serviços ambientais; proteção de ecossistemas; proteção de ecótone. Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc494 (Cabo)	Alta	Alta	Manutenção de serviços ambientais, espécies endêmicas e ameaçadas; proteção de ecossistemas; proteção de ecótones; manutenção de corredores de biodiversidade.
MaZc495 (Recifes)	Muito Alta	Extremamente Alta	Faixa litorânea e marinha com áreas urbanas e naturais modificadas; pela especulação imobiliária (Cabo de Santo Agostinho); presença do Porto de Suape; Rio Jaboatão bastante degrado pelas indústrias mais ao sul do Polígono; extensão manguezais ameaçado pela degradação; área de ocorrência de ataque de tubarão; recifes de coral e pradaria de fanerógamas; presença da lagoa olho d'água, a maior lagoa de restinga do litoral pernambucano; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc497 (Pina-Parque dos manguezais)	Muito Alta	Alta	Parque dos Manguezais; bacia do Pina destacando banco de areia conhecido como coroa do passarinho; *Sotalia guyanensis*.
MaZc498 (Capibaribe e Tegipió)	Alta	Extremamente Alta	Área degradada precisando de recuperação; serviços ecossistêmicos água para Recife.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc500 (Itamaracá - Coetés)	Muito Alta	Muito Alta	Local de concentração de aves migratórias neárticas; Mata Atlântica; praias; estuários; manguezais; tabuleiro costeiro; restingas; encraves do cerrado; mananciais; recifes de arenitos e recifes de corais; encraves de cerrado ; estuários de peixe boi; jacaré de papo amarelo; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc503 (Goiânia)	Extremamente Alta	Muito Alta	Sistema de rio separado; limite sul APA; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc504 (Pitimbu)	Muito Alta	Muito Alta	Estuários, aves migratórias; RESEX; possível área de ocorrência de Phyllodytes brerirostris; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc506 (Tambaba)	Muito Alta	Muito Alta	Banco de algas (Gracilaria); ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc510 (Rio Paraíba)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área com estuários importantes; recifes de coralígenos; bancos de algas; praias; área de agregação reprodutiva e alimenta de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc514 (Potíguara)	Insuficientemente conhecida	Muito Alta	Presença de aves limícolas migratórias na Bahia da Traição; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc517 (Baía Formosa Marinho)	Muito Alta	Muito Alta	Estuários; recifes rasos e profundos; baía; área de descanso e forrageamento do peixe-boi; tartarugas; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc521 (Pipa-Nísia Floresta)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Peixe-boi e *Chelonia mydas*; área de reprodução de *Eretmochelys imbricata* (tartaruga de pente) e de registro de comportamento de golfinhos; futuro Parque Estadual Mata da Pipa; existência de santuário ecológico de Pipa; área de grande diversidade de borboletas; existe reserva faunística municipal do litoral sul; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc522 (Pirangi-Búzios)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Região marinho-costeira constituída por costões rochosos areníticos, bancos recifais, poças entre-marés, banco de macroalgas calcárias; peixe-boi; tartaruga marinha; boto cinza (*Sotalia fluviatilis*); mais de 60 espécies de peixes recifais; grande diversidade de invertebrados e macroalgas; área de berçário de peixes; lagoas costeiras; dunas preservadas; restingas; manguezais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc524 (Corredor de Cotovelo)	Muito Alta	Alta	Deslocamento de peixe-boi e tartarugas marinhas; bancos de algas calcárias e filamentosas; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata, e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc525 (Mangue e dunas do Potengi)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Répteis: Lagarto *Coleodactylus natalensis* (endêmico do Parque Estadual das Dunas de Natal); Lagarto Driadosaura nordestina, gênero e espécies novos descobertos e descritos em 2005. *Herpsilochnus pectoralis* e *H. sellowi* (quase ameaçada); berçário refúgio e alimentação de espécie de aranhas; controle de erosão e depuração biológica; ocorrência de peixe-boi e ecossistemas essenciais para manutenção da espécie.
MaZc526 (Dunas do Norte)	Muito Alta	Muito Alta	Presença do lagarto endêmico *Coleodactylus natalensis*; área de distribuição de espécies ameaçadas: *Herpsilochmus pectoralis* e *Herpsilochmus sellowi*; APA de Jenipabu não está recortada; área de reprodução de peixe-boi e da tartaruga de pente (*Eretmochelys imbricata*); presença de encraves de cerrado; espécies de aves do cerrado do Brasil central; área de agregação reprodutiva e alimenta de peixes recifais; ocorrência de peixe-boimarinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc713 (PE da Serra da Tiririca)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Remanescentes de Mata Atlântica.
MaZc717 (UC Darcy Ribeiro)	Muito Alta	Muito Alta	UC Municipal Darcy Ribeiro.
MaZc829 (PN e Histórico do Monte Pascoal)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	SI
MaZc830 (APA Caraíva/ Trancoso)	Alta	Extremamente Alta	SI
MaZc832 (APA Coroa Vermelha)	Insuficientemente conhecida	Extremamente Alta	SI
MaZc833 (APA Santo Antônio)	Insuficientemente conhecida	Muito Alta	SI

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc836 (APA Lagoa Encantada e Rio Almada)	Muito Alta	Muito Alta	Proteção de mananciais do Rio Almada, ocorrência de Jararacussu (*Bothrops pirajai*). Sem registro atuais de onça pintada (*Panthera onca*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridáctila*), Acrobata (*Acrobatornis fonsecai*), Tropidophis sp., jararacussu (*Bothrops pirajai*).
MaZc838 (APA Costa de Itacaré/Serra Grande)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Registros de jararacassu (*Bothrops pirajai*). Cerca de 100 de espécies de plantas endêmicas do sul da Bahia. Gênero novo sendo descrito de plantas. Acrobata (*Acrobatornis fonsecai*), Chororozinho-de-boné (*Herpsilochmus pileatus*), *Bothrops pirajai*, Pica-pau-de-coleira-do-sudeste (*Celeus torquatus tinnunculus*).
MaZc839 (APA Baía de Camamu)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Área com grande taxa de endemismo de plantas. Chororozinho-de-boné (*Herpsilochmus pileatus*), jararacuçu (*Bothrops pirajai*).
MaZc840 (APA Pratigi)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Presença de jararacussu (*Bothrops pirajai*). IBA (Important Bird Area) BA-14; Diversidade de ecossistemas; Apuim-de-cara-amarela (*Touiti surdus*); João-baiano (*Thripophaga macroura*); Choquinha-de-rabo-cintado (*Myrmotherula urosticta*); Formigueiro-de-cauda-ruiva (*Myrmeciza ruficauda soror*); Araponga (*Procnias nudicollis*): *Bothrops pirajai*.
MaZc843 (APA Tinharé Boipeba)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Existência de Chororozinho-de-boné (*Herpslochmus pileatus*), retirada de onça pintada (*Panthera onca*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e anta (*Tapir terrestris*) falta de registros atuais. Estimativa de 40 espécies endêmicas de plantas. Área não pode ser considerada como protetora de diversas espécies alvo gato maracajá (*Leopardus wiedii*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactila*), anta (*Tapirus terrestris*), onça pintada (*Panthera onca*). Presença de endemismo *Herpslochmus pileatus*, (Mata Atlântica do nordeste) Presença de ninhais.
MaZc844 (APA Caminhos Ecológicos da Boa Esperança)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Jararacussu (*Bothrops pirajai*).
MaZc845 (APA Baía de Todos os Santos (Ilha de Itaparica e Recifes Costeiros))	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Fragmentos da Mata Atlântica + Manguezais + Recifes de Corais + Banco de Fanerógamas.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc846 (APA Baía de Todos os Santos (Costões Rochosos de Salvador))	Extremamente Alta	Alta	Os mais importantes costões rochosos do litoral da Baía de Todos os Santos, espécies ameaçadas de extinção (*Elacatins figaro*, *Gramma brasiliensis*, etc); ambientes recifais associados.
MaZc849 (APA Baía de Todos os Santos)	Muito Alta	Muito Alta	Ausência de conhecimento sistematizado para mamíferos, répteis e anfíbios para as ilhas marinhas, zona de sedimentação no centro da baía; monitoramento da área de reprodução da baleia jubarte na APA Pinauna e área costeira de Salvador.
MaZc850 (APA Rio Capivara)	Alta	Muito Alta	Lagoas costeiras, restinga, manguezais, ocorrência de aves migratórias, desova de tartaruga.
MaZc853 (APA Joanes Ipitanga)	Alta	Alta	Aves, abelhas, restinga, remanescentes de Mata Atlântica, manutenção de mananciais abastecedores de Salvador, desova de tartarugas; registro de novas espécies de abelhas; manguezais.
MaZc854 (APA Lagoas de Guarajuba)	Alta	Alta	Presença de espécies ameaçadas, áreas de desova de tartarugas, restinga e lagoas costeiras, bromélias.
MaZc856 (APA Plataforma Continental do Litoral Norte)	Extremamente Alta	Muito Alta	Área de concentração reprodutiva da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*), formação de recifes de corais, arenitos de praia, Ocorrência de diversos cetáceos, área de alimentação e desova de tartarugas marinhas, presença de espécies ameaçadas como exemplo mero (*Epenephelus etafara*), registro novo de espécies e, talvez, família.
MaZc857 (APA Litoral Norte do Estado da Baía)	Alta	Alta	Presença de remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados, existência de assentamentos do INCRA, espécies ameaçadas, (preguiça de coleira (*Bradypus torquatus*), felinos, Papa-taoca-da-bahia (*Pyriglena atra*), Ocorrência de gavião caramujeiro (*Rosthramus sociabilis*), ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*), gato do mato (*Leopardus tigrinus*) e gato maracajá (*Leopardus wiedii*), entre outras. Baixo curso de várias drenagens costeiras, ocorrência de zonas úmidas.
MaZc858 (APA Mangue Seco)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Formação de dunas, IBA, maior área de concentração da andorinha do mar rosada, restingas (em todos os extratos), carência de informasses sistematizadas, desova de tartarugas, maior área de zonas úmidas do litoral norte, área importante para aves migratórias, peixe-boi marinho, comunidades pesqueiras artesanais.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc861 (REBIO de Santa Isabel)	Extremamente Alta	Alta	Maior ponto de desova da tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) no Brasil, lagoas permanentes e temporárias, cordões dunares, sítio arqueológico, sítio reprodutivo de quatro das cinco espécies de tartarugas marinhas (tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-oliva (*Tepidochelys olivacea*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), área de pouso, descanso e alimentação de espécies de aves marinhas migratórias (Garajau-rosado (*Sterna douglallii*), trinta-reis-boreal (*Sterna hirundo*), Albatroz-de-sobrancelha (*Diomedea melanophris*), diomedea chlorohinchus) e aves litorâneas migratórias das famílias scolopacidae e charadriidae.
MaZc862 (APA de Piaçabuçu)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Local de concentração de aves migratórias neárticas. Área de ocorrência de gênero e espécie novas de lagartos descritas em 2005 (*Dryadosaura nordestina*). Local de reprodução de tartarugas marinhas; área de fixação de dunas (móveis e fixas) e vegetação de restinga; alagados; canais do São Francisco com manguezais. Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc863 (RESEX Marinha da Lagoa do Jequiá)	Muito Alta	Muito Alta	Estuário; mangue; comunidade tradicional; restinga; mata ciliar; recifes de coral; banco pesqueiro. Área de agregação reprodutiva e alimenta de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.
MaZc865 (RESEC Saco da Pedra)	Extremamente Alta	Muito Alta	Praia, restinga e mangue; especulação imobiliária no local.
MaZc866 (APA da Costa dos Corais)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Aves: Glaucidium mooreorum, Barranqueiro-do-nordeste (*Automolus leucophthalmus lammi*), Furriel-do-nordeste (*Caryothraustes canadensis frontalis*), Chororó-didi (*Cercomacra laeta sabinoi*), Anumará (*Curaeus forbesi*), Arapaçupardo-do-nordeste (*Dendrocincla fuliginosa taunayi*), Maria-do-nordeste (*Hemitriccus mirandae*), Formigueiro-decauda-ruiva (*Myrmeciza ruficauda soror*), Limpa-folha-do-nordeste (*Synallaxis infuscata*), Choca-lisa (*Thamnophilus aethiops distans*), Anumará (*Curaeus forbesi*), Pintor-verdadeiro (*Tangara fastuosa*). Ocorrência de recifes de corais (representante do sistema Piragi-Maceió), paleocanais; manguezais; estuários; pradarias de fanerógamas; Ocorrência de espécies endêmicas de corais (Mussismilia harttii, M. hispida, Millepora brasiliensis) e de peixes (*Elacathinus figaro*, *Gramma brasiliensis*); peixe-boi (*Trichechus manatus*); mero (*Epenephelus etafara*); Tubarão-lixa (*Gimglymostoma cirratum*); tartaruga; pescaria artesanal (jangadeiros); área de sucesso de reintrodução de peixe.
MaZc870 (APA Estadual de Guadalupe)	Muito Alta	Extremamente Alta	Manutenção de espécies endêmicas; manutenção de espécies ameaçadas; importância na manutenção de serviços ambientais (proteção de mananciais/recargas de aquíferos/proteção do solo/manutenção do clima/microclima, etc.); proteção dos aspectos cênicos e paisagísticos (serras, montanhas, cachoeiras, lagos, cânions, etc.); proteção de ecossistemas/Serviços Ecossistêmicos; ocorrência de peixe-boi (*Trichechus manatus*) e ecossistemas ameaçados.

Tabela II.5.4 - 1: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2007).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Características
MaZc881 (APA Estadual dos Recifes de Corais)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Banco genético de invertebrados marinhos e peixes recifais e macroalgas. Área de agregação reprodutiva e alimentação de peixes recifais; ocorrência de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) espécie criticamente ameaçada em risco de extinção imediata.

Legenda: SI – Sem informação.

Em 2018, o Ministério do Meio Ambiente atualizou o mapeamento das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade brasileira. Dentre as novas áreas prioritárias definidas por ocasião da atualização de 2018, 50 encontram-se na Área de Estudo da atividade da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas, conforme descrito na **Tabela II.5.4 - 2** e ilustrado na **Figura II.5.4 - 1**.

Tabela II.5.4 - 2: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2018).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Ação Recomendada (Principal)	Ação Recomendada (Secundárias)
ZCM-51 (AP que engloba APA dos Recifes de Coral)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação	Redução de impacto de atividade degradante; Monitoramento
ZCM-52 (NE 2)	Muito Alta	Muito Alta	Criação de Unidade de Conservação	Redução de impacto de atividade degradante; Pesquisa
ZCM-53 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação	Redução de impacto de atividade degradante; Pesquisa
ZCM-57 (Área em frente à região metropolitana de Recife)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação	Pesca sustentável; Turismo sustentável
ZCM-58 (APA Estadual Recifes Serrambi)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação e Fortalecimento Instrumentos de gestão territorial	Pesca sustentável; Turismo sustentável
ZCM-59 (Região talude sul de Maceió)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Manejo de Recursos	Monitoramento; Pesquisa
ZCM-60 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação	Monitoramento; Manejo de Recursos
ZCM-61 (Cânions do Japaratuba)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Manejo de Recursos	Pesquisa; Estudos de impacto sinérgico no licenciamento
ZCM-64 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Manejo de Recursos	Pesquisa; Monitoramento
ZCM-65 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Manejo de Recursos	Pesquisa
ZCM-66 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Muito Alta	Pesquisa	Pesca sustentável; Controle, erradicação e prevenção de espécies invasoras
ZCM-69 (BTS 1)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Recuperação de áreas degradadas; Criação e Fortalecimento Instrumentos de gestão territorial
ZCM-70 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Controle, erradicação e prevenção de espécies invasoras; Turismo sustentável
ZCM-72 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Monitoramento; Manejo de Recursos

Tabela II.5.4 - 2: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2018).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Ação Recomendada (Principal)	Ação Recomendada (Secundárias)
ZCM-73 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Monitoramento; Manejo de Recursos
ZCM-74 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Manejo de Recursos; Pesquisa
ZCM-75 (Nome não atribuído)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Manejo de Recursos; Pesquisa
ZCM-77 (Banco Royal Charlotte)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Reconhecimento de áreas conservadas por comunidades tradicionais	Pesquisa; Ampliação de Unidade de Conservação
ZCM-78 (Banco do Abrolhos)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Declarar como área não apta para atividades impactantes (mineração, exploração de O&G, carcinicultura, conforme normativa)	Criação de Unidade de Conservação; Recuperação de áreas degradadas
ZCM-81 (Entorno dos bancos ao norte de Abrolhos)	Muito Alta	Alta	Manejo de Recursos	Pesquisa; Gestão integrada de áreas protegidas
ZCM-106 (Baia de Guanabara)	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante	Recuperação de áreas degradadas; Estudos de impacto sinérgico no licenciamento
ZCM-137 (Área Insuficientemente Conhecida)	Insuficientemente Conhecida	Insuficientemente Conhecida	-	-
MAZC-021	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Gestão integrada e participativa de áreas protegidas. corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais, Declarar como área não apta para atividades impactantes (mineração, exploração de O&G, carcinicultura, conforme normativa)	-
MAZC-022	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante; Acordo de pesca	-
MAZC-023	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Redução de impacto de atividade degradante; Acordo de pesca	-
MAZC-024	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Acordo de pesca; Redução de impacto de atividade degradante	-

Tabela II.5.4 - 2: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2018).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Ação Recomendada (Principal)	Ação Recomendada (Secundárias)
MAZC-028	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica; Recuperação de espécies	-
MAZC-029	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Recuperação de espécies; Fiscalização e controle de atividades ilegais (ex.: desmatamento, caça, pesca predatória)	-
MAZC-030	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Recuperação de espécies; Criação de UC com grupo a ser definido	-
MAZC-031	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação; Recuperação de espécies	-
MAZC-032	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - adequação; Criação de Unidade de Conservação	-
MAZC-033	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de Unidade de Conservação; Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - Adequação	-
MAZC-034	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - adequação; Criação de Unidade de Conservação	-
MAZC-037	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de UC com grupo a ser definido; Redução de impacto de atividade degradante	-
MAZC-038	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de unidade de conservação	-
MAZC-041	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Fiscalização e controle de atividades ilegais (ex.: desmatamento, caça, pesca predatória); Redução de impacto de atividade degradante	-
MA-126	Muito Alta	Alta	Recuperação de serviços ecossistêmicos	-
MA-231	Muito Alta	Muito Alta	Criação de UC com grupo a ser definido	-
MA-237	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais	-
MA-239	Extremamente Alta	Muito Alta	Acordo de pesca	-

Tabela II.5.4 - 2: Áreas Prioritárias para a conservação na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2018).

Área Prioritária	Importância	Prioridade	Ação Recomendada (Principal)	Ação Recomendada (Secundárias)
MA-242	Muito Alta	Extremamente Alta	Gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais	-
MA-247	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Acordo de pesca	-
MA-257	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Criação de UC com grupo a ser definido	-
MA-258	Alta	Alta	Criação de Unidade de Conservação	-
MA-259	Alta	Alta	Recuperação e manejo de espécies ameaçadas	-
MA-260	Muito Alta	Muito Alta	Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - Adequação	-
MA-266	Muito Alta	Muito Alta	Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - Adequação	-
MA-268	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Fiscalização e controle de atividades ilegais (ex.: desmatamento, caça, pesca predatória)	-
MA-269	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Regularização ambiental de imóveis rurais (CAR e PRA) - Adequação	-

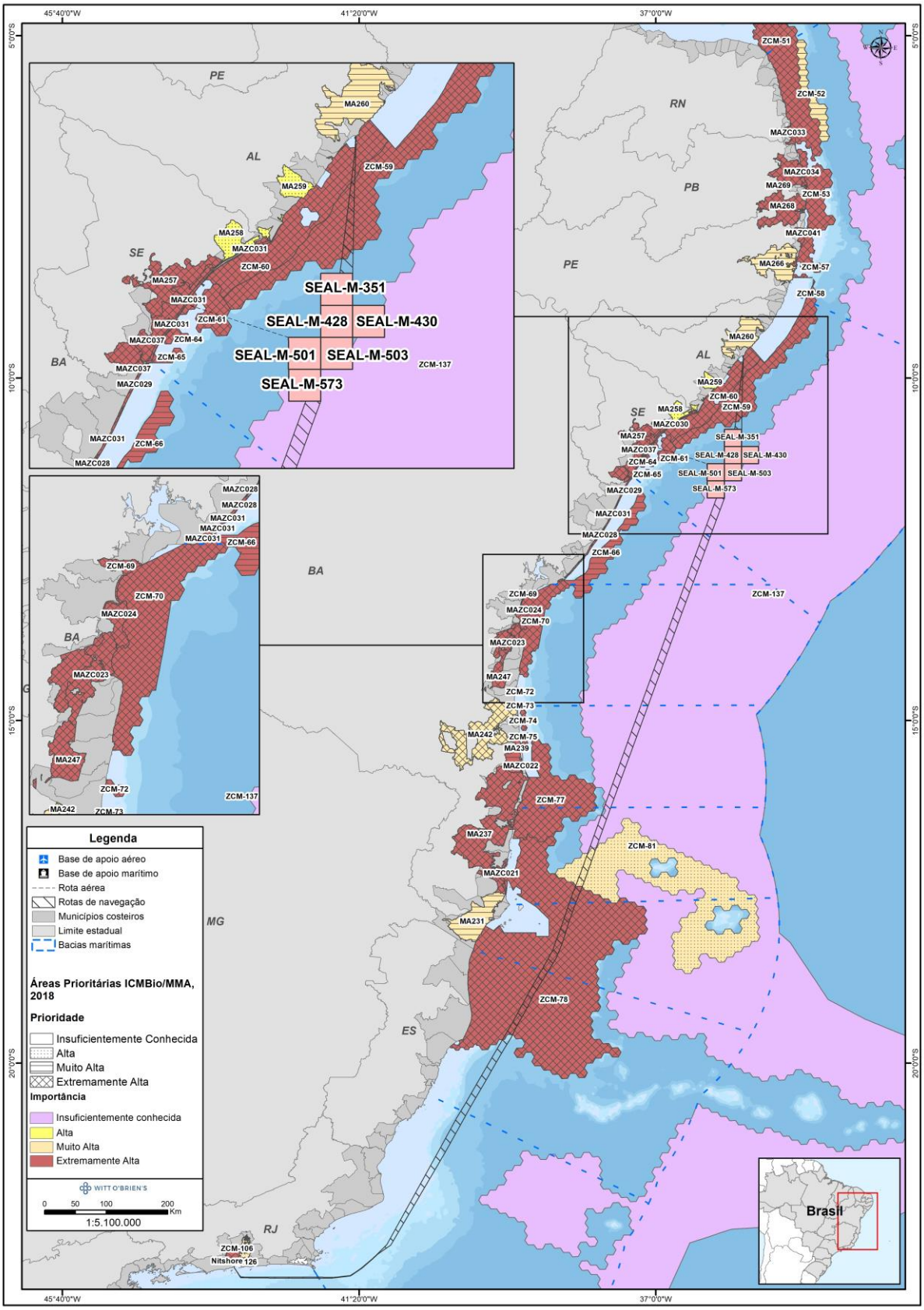


Figura II.5.4 - 1: Áreas prioritárias para a conservação das zonas costeiras e marinhas na Área de Estudo (Fonte: MMA, 2018).

Além das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, a Área de Estudo também contempla 74 unidades de conservação, legalmente instituídas conforme preconizado pela Lei Federal N° 9.985, de 18 de julho de 2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.

Destas, 30 correspondem a unidades de conservação administradas por entidade federal (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio); 36 são unidades administradas por órgãos estaduais; e oito são unidades administradas pelos municípios.

Quanto às restrições de uso dos recursos naturais protegidos, 11 das unidades de conservação presentes na região pertencem à categoria de proteção integral, onde admite-se apenas o uso indireto, salvo casos previstos pela Lei N° 9.985/2000; e 63 constituem unidades de conservação de uso sustentável, cujo objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Dentre as unidades de conservação de uso sustentável, 35 são Áreas de Proteção Ambiental (APAs), uma é Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana (APARU); seis são Reservas Extrativistas (RESEXs), 18 são Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), duas são Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIEs) e uma é Reserva de Floresta Urbana (RFU). Dentre as UCs de proteção integral foram identificados dois Parques Naturais Municipais (PNMs), dois Parques Estaduais (PEs), uma Reserva Ecológica (RESEC), dois Refúgios de Vida Silvestre (RVS), duas Reservas Biológicas (REBIOs) e dois Parques Nacionais (PARNA).

A **Tabela II.5.4 - 3** apresenta as 74 unidades de conservação identificadas para a Área de Estudo, sua localização, objetivos de criação, histórico, situação quanto à existência de plano de manejo e de conselho de gestão, e situação quanto à existência de zona de amortecimento e/ou corredor ecológico definidos em plano de manejo. A localização das UCs identificadas na região é ilustrada no **Mapa II.5.4 - 2**, apresentado ao final deste capítulo.

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
RIO GRANDE DO NORTE							
1	APA dos Recifes de Corais	Decreto Estadual N° 15.476, de 06/06/2001	Touros; Rio do Fogo; Maxaranguape	I - Proteger a biodiversidade e a vida marinha presentes na área com ocorrência de recifes de corais e suas adjacências; II - Controlar e normatizar as práticas do ecoturismo comercial, do mergulho e da pesca local; III - Desenvolver na comunidade local, nos empreendedores e nos visitantes uma consciência ecológica e conservacionista sobre o patrimônio natural e os recursos ambientais marinhos; IV - Incentivar a utilização de equipamentos de pesca artesanal ecologicamente corretos; V - Incentivar a realização de pesquisas para a identificação e o comportamento dos organismos marinhos visando propiciar um maior conhecimento do ecossistema.	SI	Sim/Sim	SI
PARAÍBA							
2	RESEX Acaú-Goiana	Decreto Federal S/N, de 26/09/2007	Caaporã; Pitimbú; Goiana	Proteger os meios de vida e garantir a utilização e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista das comunidades de Carne de Vaca, Povoação de São Lourenço, Tejucupapo, Baldo do Rio Goiana e Acaú e demais comunidades incidentes na área de sua abrangência.	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
PERNAMBUCO							
3	APA de Santa Cruz	Decreto Estadual N° 32.488, de 17/10/2008	Itamaracá; Itapissuma; Goiana	I - Promover o desenvolvimento sustentável respeitando a capacidade de suporte ambiental dos ecossistemas potencializando as vocações naturais, culturais, artísticas, históricas e ecoturísticas do território; II - Proteger o complexo estuarino do Canal de Santa Cruz e dos rios Itapessoca e Jaguaribe, considerados de relevante importância ambiental e de grande potencial piscícola, de forma a conservar a sua qualidade, diversidade biológica e seus recursos pesqueiros; III - Proteger as espécies raras, endêmicas, vulneráveis e ameaçadas de extinção existentes nos 06 (seis) Refúgios de Vida Silvestre e nas 03 (três) Áreas Estuarinas; IV - Proteger o Aqüífero Beberibe, assegurando as condições de permeabilidade e manutenção de suas áreas de recarga; V - Preservar a cultura local, os hábitos das comunidades tradicionais no que tange às atividades econômicas e os valores locais; VI - Proteger o significativo acervo histórico, artístico e cultural, remanescente do período colonial português e da presença holandesa em Pernambuco; VII - Promover a melhoria da qualidade de vida da população da região.	SI	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
4	RFU Mata Camaçari	Lei Municipal N° 9.989, de 13/01/1987	Cabo	SI	Lei N° 14.324, de 03/06/2011: Dispõe sobre a categorização das Reservas Ecológicas da Região Metropolitana de Recife	Não/Sim	Sim/Sim
5	PE Mata do Zumbi	Lei Ordinária Estadual N° 9.989, de 13/01/1987	Cabo de Santo Agostinho	SI	Lei N° 14.324, de 03/06/2011: Dispõe sobre a recategorização	Não/Não	Não/Não
6	ARIE Ipojuca-Merepe	Decreto Estadual N° 41.405, de 29/12/2014	Ipojuca	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
7	APA Marinha Recifes Serrambi	Decreto Estadual N° 46.052, de 23/05/2018	Ipojuca; Sirinhaém; Rio Formoso; Tamandaré	Proteger a biodiversidade dos ambientes costeiro e marinho, com ênfase nas espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção, considerando suas características e dinâmicas ecossistêmicas, visando à garantia da conservação do ambiente recifal como um todo e à conectividade entre os diversos ambientes. Busca-se também conciliar e ordenar os diversos usos do ambiente costeiro e marinho, compatibilizando-os com a conservação ambiental. Objetiva-se fortalecer a pesca artesanal e o turismo sustentável através do incentivo ao manejo sustentável de recursos naturais e às boas práticas na implantação de atividades turísticas, respectivamente. Além disso, busca-se apoiar as atividades de pesquisa, produção e sistematização de conhecimentos sobre a biodiversidade e estimular a participação da sociedade por meio da educação ambiental. A garantia da manutenção da paisagem dos ambientes costeiro e marinho também é visada.	SI	Não/Não	Não/Não
8	APA Guadalupe	Decreto Estadual N° 19.635, de 13/03/1997	Sirinhaém; Rio Formoso; Tamandaré; Barreiros	Proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos, visando a melhoria da qualidade de vida da população local, a proteção dos ecossistemas e o desenvolvimento sustentável.	SI	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
9	APA de Sirinhaém	Decreto Estadual N° 21.229, de 28/12/1998	Sirinhaém; Rio Formoso	Promoção do desenvolvimento sustentável, baseado na implementação de programas de desenvolvimento econômico-social, voltados às atividades que protejam e conservem os ecossistemas naturais essenciais à biodiversidade, visando à melhoria da qualidade de vida da população.	SI	Não/Não	Não/Não
ALAGOAS							
10	APA Costa dos Corais	Decreto Federal S/N, de 23/10/1997	Maragogi; Japaratinga; Porto de Pedras; São Miguel dos Milagres; Passo de Camaragibe; São Luís do Quitunde; Barra de Santo Antônio; Maceió; Rio Formoso (PE); Tamandaré (PE); Barreiros (PE); São José da Coroa Grande (PE)	I - Garantir a conservação dos recifes coralígenos e de arenito, com sua fauna e flora; II - Manter a integridade do habitat e preservar a população do Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*); III - Proteger os manguezais em toda a sua extensão, situados ao longo das desembocaduras dos rios, com sua fauna e flora; IV - Ordenar o turismo ecológico, científico e cultural, e demais atividades econômicas compatíveis com a conservação ambiental; V - Incentivar as manifestações culturais e contribuir para o resgate da diversidade cultural regional.	Portaria IBAMA N 95, de 13/10/2016: Dispõe sobre a delimitação das Zonas de Preservação da Vida Marinha e de Visitação na APA	Sim/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
11	APA do Pratagy	Decreto Estadual N° 37.589, de 05/06/1998	Messias, Rio Largo, Maceió	I – Conservação ambiental da Bacia Hidrográfica no sentido de promover a preservação dos espaços naturais necessários à garantia de oferta de água em quantidade e qualidade; II – Promoção do Manejo integrado da Bacia Hidrográfica e a recuperação das áreas deterioradas ambientalmente; III – Garantia da permanência da Bacia Hidrográfica como Manancial de Abastecimento de Água Potável; IV – Obediência aos princípios das Políticas Federais e Estaduais de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos.	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
12	APA de Santa Rita	Lei Ordinária Estadual N° 4.607, de 19/12/1984	Maceió; Coqueiro Seco; Marechal Deodoro	I – Assegurar as condições naturais de reprodução da flora e da fauna nativas; II – Impedir alterações nos recifes, desembocaduras das lagoas e perfis dos canais, que venham a prejudicar o equilíbrio ecológico do estuário; III – Resguardar a população local e o meio ambiente dos efeitos negativos da industrialização e urbanização; IV – Possibilitar o desenvolvimento harmônico das atividades pesqueiras, agrícolas e artesanais da população local; V – Resguardar a vegetação natural e sua flora característica, importantes dos pontos de vista econômico, paisagístico e ecológico; VI – Impedir a degradação do meio aquático, assegurando a manutenção de padrões de qualidade da água, que permitam a renovação dos recursos pesqueiros, bem como a balneabilidade das praias; VII – Assegurar padrões adequados de qualidade do ar.	Decreto Estadual N°6.274, de 05/06/1985: Dispõe sobre a regulamentação da APA de Santa Rita	Sim/Sim	Não/Não
13	RESEC Saco da Pedra	Decreto Estadual N° 6.274, de 05/06/1985	Marechal Deodoro	Preservação integral do meio natural, sendo limitada todas as interferências sobre este ecossistema, sendo permitidas apenas aquelas voltadas a possibilitar a estabilidade e preservação do local.	SI	SI/SI	SI/SI
14	RPPN Saint Michel 2	Portaria IBAMA N° 16, de 30/05/2017	Barra de São Miguel	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
15	RPPN Saint Michel 3	Portaria IBAMA N° 18, de 30/05/2017	Barra de São Miguel	SI	SI	Não/Não	Não/Não
16	RPPN Saint Michel 1	Portaria IBAMA N° 17, de 30/05/2017	Barra de São Miguel	SI	SI	Não/Não	Não/Não
17	RPPN Fazenda do Sol	Portaria IBAMA N° 119, de 03/11/1994	Barra de São Miguel	SI	SI	SI/SI	SI/SI
18	RESEX Marinha Lagoa do Jequiá	Decreto Estadual S/N de 27/09/2001	Jequiá da Praia	Assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local.	SI	Não/Não	Não/Não
19	APA da Marituba do Peixe	Decreto Estadual N° 35.858, de 04/03/1988	Feliz Deserto, Piaçabuçu; Penedo	Preservar as características ambientais e naturais da área, de maneira a garantir a produtividade pesqueira e a diversidade da fauna e da flora, assim como assegurar o equilíbrio ambiental e socioeconômico da região.	SI	Sim/Sim	Não/Sim
20	APA de Piaçabuçu	Decreto Federal N° 88.421, de 21/06/1983	Feliz Deserto, Piaçabuçu	Assegurar a proteção de quelônios marinhos, aves praieiras e a fixação de dunas, as terras limitadas a leste e norte com o Oceano Atlântico, ao sul com o Rio São Francisco e a oeste com uma linha paralela à Praia do Peba e dela distante 5 km.	SI	Sim/Sim	Sim/Sim

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
SERGIPE							
21	APA do Litoral Norte	Decreto Estadual N° 22.995, de 09/11/2004	Pirambu; Japoatã; Pacatuba; Ilha das Flores; Brejo Grande	Promoção do desenvolvimento econômico-social da área, voltado às atividades que protejam e conservem os ecossistemas ou processos essenciais à biodiversidade, à manutenção de atributos ecológicos, e à melhoria da qualidade de vida da população.	SI	Não/Não	Não/Não
22	REBIO de Santa Isabel	Decreto Federal N° 96.999, de 20/10/1988	Pirambu; Pacatuba	Proteção da fauna local, especialmente as Tartarugas Marinhas que encontram na Praia de Santa Isabel, a sua principal área de reprodução.	SI	Não/Não	Não/Não
23	APA da Foz do Rio Vaza-Barris	Lei Estadual N° 2.795, de 30/03/1990	Aracaju	SI	SI	SI	Não/Não
24	APA do Litoral Sul	Decreto Estadual N° 13.468, de 21/01/1993	Estância; Indiaroba; Itaporanga D'Ajuda; Santa Luzia do Itanhy	SI	SI	Não/Sim	Não/Não
BAHIA							
25	APA Mangue Seco	Decreto Estadual N° 605, de 06/11/1991	Jandaraí	Assegurar a proteção do ecossistema estuarino da sub-bacia do Rio Real, proteger espécies da flora e da fauna regional em vias de extinção e controlar o desmatamento e a exploração irracional dos recursos naturais nos biomas restingas, dunas e manguezais.	SI	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
26	APA Litoral Norte do Estado da Bahia	Decreto Estadual N° 1.046, de 17/03/1992	Jandaíra; Conde; Esplanada; Entre Rios; Mata de São João	SI	SI	Sim/Sim	Não/Não
27	APA da Plataforma Continental do Litoral Norte	Decreto Estadual N° 8.553, de 05/06/2003	Área marinha adjacente aos municípios de Jandaíra; Conde; Esplanada; Entre Rios; Mata de São João; Camaçari, Lauro de Freitas; Salvador	I –Proteger as águas salobras e salinas; II –Disciplinar a utilização das águas e seus recursos; III –Combater a pesca predatória pelo incentivo ao uso de técnicas adequadas à atividade pesqueira; IV –Proteger a biodiversidade marinha; V –Promover o desenvolvimento de atividades econômicas compatíveis com o limite aceitável de câmbio do ecossistema (LAC); VI –Buscar uma melhoria constante da qualidade de vida das comunidades que usufruem a área.	SI	Não/Não	Não/Não
28	RPPN Dunas de Santo Antônio	Portaria IBAMA N° 65, de 21/05/2001	Mata de São João	SI	SI	Não/Não	Não/Não
29	APA Lagoas de Guarajuba	Resolução CEPRAM N° 387, de 27/02/1991	Camaçari	Proteção ecológica e paisagística, considerando-se as peculiaridades e a importância dos substratos naturais, valor panorâmico, social, econômico, cultural, educativo e recreativo.	SI	Não/Sim	Não/Não
30	APA Rio Capivara	Decreto Estadual N° 2.219, de 14/06/1993	Camaçari	SI	SI	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
31	APA de Joanes-Ipitanga	Decreto Estadual N° 7.596, de 05/06/1999	São Sebastião do Passé; São Francisco do Conde; Dias D´Avila; Candeias; Simões Filho; Camaçari; Lauro de Freitas; Salvador	Preservação dos mananciais Joanes I, Joanes II, Ipitanga I, II e III, e o Estuário do Rio Joanes.	SI	Sim/Sim	Não/Não
32	RPPN das Dunas	Portaria IBAMA N° 17, de 04/03/2004	Camaçari	SI	Portaria ICMBio N° 40, de 5 de maio de 2010: Dispõe sobre a transferência de titularidade da unidade	SI/SI	SI/SI
33	APA Lagoas e Dunas do Abaeté	Decreto Estadual N° 351, de 22/09/1987	Salvador	SI	Decreto Estadual N° 2.540, de 18/10/1993: Dispõe sobre ampliação da delimitação da unidade.	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
34	APA Baía de Todos os Santos	Decreto Estadual N° 7.595, de 05/06/1999	São Francisco do Conde; Santo Amaro; Cachoeira; Maragogipe; Saubara; Madre de Deus; Candeias; Salvador; Simões Filho; Salinas da Margarida; Itaparica; Jaguaripe; Vera Cruz	I – Preservar os remanescentes da floresta ombrófila; II – Preservar os manguezais, assegurando a diversidade genética da fauna nativa e seus processos evolutivos naturais, em especial a avifauna migratória; III – Proteger as águas doces, salobras e salinas; IV – Disciplinar o uso e ocupação do solo; V – Combater a pesca predatória pelo incentivo ao uso de técnicas adequadas à atividade pesqueira; VI – Promover o desenvolvimento de atividades econômicas compatíveis com o limite aceitável de câmbio do ecossistema (LAC).	SI	Não/Sim	Não/Não
35	APA Guaibim	Decreto Estadual N° 1.164, de 11/05/1992	Valença	SI	SI	Sim/Não	Não/Não
36	APA das Ilhas de Tinharé e Boipeba	Decreto Estadual N° 1.240, de 05/06/1992	Cairu	SI	SI	Sim/Não	Não/Não
37	APA Caminhos Ecológicos da Boa Esperança	Decreto Estadual N° 8.552, de 05/06/2003	Valença; Jiquiriça; Ubaíra; Teolândia; Cairú; Taperoá; Wenceslau Guimarães; Nilo Peçanha	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
38	APA do Pratigi	Decreto Estadual N° 7.272, de 02/04/1998	Nilo Peçanha, Ituberá, Igrapiúna, Piraí do Norte e Ibirapitanga	SI	Decreto Estadual N° 8.036, de 20/09/2001: Dispõe sobre a ampliação da unidade.	Sim/Não	Não/Sim
39	APA da Baía de Camamu	Decreto Estadual N° 8.175, de 27/02/2002	Igrapiúna; Camamu; Maraú; Itacaré	I – Preservar os manguezais, assegurando a diversidade genética da fauna e flora nativas e seus processos evolutivos, em especial a avifauna migratória; II – Proteger as águas doces, salobras e salinas; III – Disciplinar o uso e ocupação do solo; IV – Promover o desenvolvimento de atividades sócio-econômicas compatíveis com o limite aceitável de câmbio (LAC); V – Combater a pesca predatória; VI – Proteger os remanescentes da floresta ombrófila.	SI	Não/Sim	Não/Não
40	RPPN Araçari	Portaria IBAMA N° 138/98-N, de 02/10/1998	Itacaré	SI	SI	Não/Não	Não/Não
41	APA da Costa de Itacaré/Serra Grande	Decreto Estadual N° 2.186, de 07/06/1993	Itacaré; Uruçuca; Ilhéus	SI	Decreto Estadual N° 8649, de 22/09/2003: Dispõe sobre a ampliação da unidade.	Sim/Sim	Sim/Não
42	RPPN Fazenda Sossego	Portaria IBAMA N° 13-N, de 11/02/1999	Uruçuca	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
43	APA Lagoa Encantada e Rio Almada	Decreto Estadual N° 2.217, de 14/06/1993	Ilhéus	Proteger a diversidade biológica da região, disciplinando o processo de ocupação e assegurando o uso sustentável dos recursos naturais	Decreto Estadual N° 8.650, de 22/09/2003: Dispõe sobre a ampliação de limites	Sim/Sim	Não/Não
44	PNM da Boa Esperança	Lei Complementar Municipal N° 1, de 07/06/2001	Ilhéus	SI	Lei ordinária N°3.756, de 09/11/2015: Dispõe sobre a alteração de nome	Sim/Sim	SI/SI
45	RPPN Salto Apepique	Portaria IBAMA N°103-N, de 11/09/1997	Ilhéus	SI	SI	Não/Não	Não/Não
46	RPPN Fazenda São João	Portaria IBAMA N° 22-N, de 27/03/1997	Ilhéus	SI	SI	Não/Não	Não/Não
47	RPPN Fazenda Arte Verde	Portaria IBAMA N° 114-N, de 14/08/1998	Ilhéus	SI	SI	Não/Não	Não/Não
48	REBIO de Una	Decreto Federal N° 85.463, de 10/12/1980	Una	Conservar uma amostra significativa do ecossistema Floresta Hidrófila (Mata Atlântica) do Sul da Bahia e proteger o mico-leão-da-cara- dourada da extinção, mantendo populações viáveis na natureza.	Decreto Federal S/N, de 21/12/2007: Dispõe sobre a ampliação de limites	Sim/Sim	Não/Não
49	RVS de Una	Decreto Federal S/N, de 21/12/2007	Una	Proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória	SI	SI/SI	SI/SI

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
50	RESEX de Canavieiras	Decreto Federal S/N, de 05/06/2006	Una; Canavieiras; Belmonte,	Proteger os meios de vida e a cultura da população extrativista residente na área de sua abrangência e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.	SI	Não/Sim	Não/Não
51	APA Santo Antônio	Decreto Estadual N° 3.413, de 31/08/1994	Belmonte; Santa Cruz de Calábria	Preservação dos recursos ambientais do ecossistema litorâneo, caracterizado por remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados (restinga, manguezais e outros), de forma a garantir o desenvolvimento de atividades turística na área.	SI	Sim/Sim	Não/Não
52	APA Coroa Vermelha	Decreto Estadual N° 2184, de 07/06/1993	Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro	Assegurar o disciplinamento do uso do solo e sua ocupação, bem como a adequada proteção dos recursos naturais.	SI	Sim/Não	Não/Não
53	RPPN Rio Jardim	Portaria IBAMA N° 20-N, de 13/03/2007	Porto Seguro	SI	SI	Não/Não	Não/Não
54	RPPN Estação Veracel	Portaria IBAMA N° 149, de 05/11/1998	Porto Seguro	SI	Portaria N° 38, de 18/05/2009: Dispõe da alteração de nome	Sim/Não	Não/Sim
55	RPPN Portal Curupira	Portaria IBAMA N° 106-N, de 03/09/2001	Porto Seguro	SI	SI	Não/Não	Não/Não
56	RPPN Rio da Barra	Portaria IBAMA N° 81-N, de 14/10/2011	Porto Seguro	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
57	RVS do Rio dos Frades	Decreto Federal S/N, de 21/12/2007	Porto Seguro	Preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.	SI	Não/Sim	Sim*/Não
58	APA Caraíva-Trancoso	Decreto Estadual N° 2215, de 14/06/1993	Porto Seguro	Assegurar o disciplinamento do uso do solo e sua ocupação, bem como a adequada proteção dos recursos naturais.	SI	Sim/Sim	Não/Não
59	RESEX Corumbau	Decreto Federal S/N. de 21/09/2000	Porto Seguro; Prado	Garantir a exploração autossustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista da área.	SI	Não/Sim	Não/Não
60	PARNA do Monte Pascoal	Decreto Federal N° 242, de 29/11/1961	Porto Seguro; Prado	Conservar os ecossistemas que se iniciam na beira da praia até limites geográficos - rios, que circundam o Monte Pascoal, protegendo todo o ambiente natural da região deste marco histórico.	Decreto Federal N° 3.421, de 20/04/2000: Dispõe sobre a alteração da denominação.	Não/Não	Não/Não
61	RPPN Carroula	Portaria IBAMA N° 175-N, de 31/12/2002	Prado	SI	SI	Não/Não	Não/Não
62	RPPN Fazenda do Cahy	Portaria IBAMA N° 7.170, de 24/03/2014	Prado	SI	SI	Não/Não	Não/Não
63	APA da Ponta da Baleia-Abrolhos	Decreto Estadual N° 2218, DE 14/06/1993	Alcobaça; Caravelas	SI	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
64	RPPN Fazenda Avaí	Portaria IBAMA N° 701, de 10/05/1990	Caravelas	SI	SI	Não/Não	Não/Não
65	RESEX de Cassurubá	Decreto Federal S/N, de 05/06/2009	Alcobaça; Caravelas; Nova Viçosa	Proteger os meios de vida e garantir a utilização e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista residente na área de sua abrangência.	SI	Não/Sim	Não/Não
66	PARNA Marinho dos Abrolhos	Decreto Federal N°88.218, de 06/04/1983	Mar Territorial Brasileiro, Litoral Sul da Bahia	Resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e das belezas naturais com a utilização para objetivos educacionais, recreativos e científicos.	SI	Sim/Sim	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
RIO DE JANEIRO							
67	PE da Serra da Tiririca	Lei Estadual N° 1.901, de 29/11/1991; Decreto Estadual N° 18.598, de 19/04/1993	Niterói; Maricá	Proteger as espécies ameaçadas de extinção e promover princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; desenvolver pesquisas sobre as espécies ali protegidas; sensibilizar a região do entorno quanto à questão dos incêndios florestais.	- Lei Estadual Ordinária N° 5079, de 03/09/2007: Dispõe sobre o perímetro definitivo do PESET; - Decreto Estadual N° 41.266, de 16/04/2008: Dispõe sobre a ampliação do perímetro definitivo do PESET; - Decreto Estadual 43.913, de 29/10/2012: Dispõe sobre a ampliação do PESET.	Sim/Sim	Sim/Não
68	APA das Lagunas e Florestas	Lei Municipal N° 1.157, de 29/12/1992	Niterói	Proteger e melhorar a qualidade ambiental dos sistemas naturais - representados pelas Lagunas de Piratininga e Itaipú, pela zona costeira e pelos remanescentes significativos de Mata Atlântica existentes nos morros e serras locais - e proporcionar um adequado desenvolvimento urbano da área.	SI	Não/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
69	PNM de Niterói - PARNIT	Decreto Municipal N° 11.744, de 24/10/2014	Niterói	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica e proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, podendo ser constituída por terras públicas ou privadas.	SI	Não/Não	Não/Não
70	RESEX Marinha de Itaipu	Decreto Estadual N° 44.417, de 01/10/2013	Niterói	Proteger os meios de vida da população de pescadores artesanais tradicionais da região de Itaipu e garantir a exploração sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis em sua área de abrangência.	SI	Não/Não	Não/Não
71	APA do Morcego, da Fortaleza de Santa Cruz e dos Fortes do Pico e do Rio Branco	Lei Municipal N° 1.967, de 04/04/2002	Niterói	I – Proteção de paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica; II – Recuperação ou restauração de ecossistemas degradados; III – adoção de um conjunto de unidades de conservação municipais representativas e ecologicamente viáveis de ecossistemas da região; IV – Compatibilização da conservação e preservação da natureza com o uso direto e indireto do solo urbano e dos seus recursos naturais de modo sustentável; V – Estabelecimento de níveis de ruídos, a fim de controlar e reduzir a poluição sonora.	SI	Sim/Não	Não/Não

Tabela II.5.4 - 3: Unidades de Conservação identificadas na Área de Estudo.

N°	Unidades de Conservação (UCs)	Ato Legal de Criação	Localização	Objetivos de Criação	Histórico	Plano de Manejo/ Conselho de Gestão	ZA/ Corredor Ecológico em Plano de Manejo
72	ARIE Baía de Guanabara	Lei Orgânica Municipal – Art. 471/90	Rio de Janeiro	Áreas delimitadas para fins de proteção visando à sua conservação e restauração ou recuperação. Poderão ser consideradas áreas para proteção as de influência de indústrias potencialmente poluidoras, com o objetivo de controlar a ocupação residencial no seu entorno.	SI	SI	Não/Não
73	APA do Morro do Leme, Urubu e Ilha de Cotunduba	Decreto Municipal N° 9.779, de 12/11/1990	Rio de Janeiro	SI	SI	Não/Não	Não/Não
74	APARU do Complexo Cotunduba-São João	Lei Municipal N° 5.019, de 06/05/2009	Rio de Janeiro	SI	SI	SI	SI

Legenda: APA – Área de Proteção Ambiental; APARU - Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana; ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico; RESEC – Reserva Ecológica; PE – Parque Estadual; PARNA – Parque Nacional; PNM – Parque Natural Municipal; REBIO – Reserva Biológica; RESEX – Reserva Extrativista; RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural; RFU – Reserva de Floresta Urbana; RVS – Refúgio de Vida Silvestre; ZA – Zona de Amortecimento; e SI – Sem Informação.
***** Zona de Amortecimento definida no Decreto de Criação

Além das áreas protegidas destacadas acima, na Área de Estudo da atividade (meio biótico), destacam-se diversos ecossistemas costeiros de relevância ecológica. O litoral dessa região é marcado pela presença de terraços marinhos, praias, costões rochosos, restingas, estuários, manguezais e recifes costeiros. É válido destacar, no entanto, que grande parte dos ecossistemas citados se encontram descaracterizados e fragmentados em função do crescimento urbano desordenado ocorrido próximo aos núcleos urbanos (FRUEHAUF, 2005; SANTOS, 2009).

Para o mapeamento dos ecossistemas presentes na linha de costa, foi utilizado como base o mapeamento dos Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) do projeto Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (MAREM), fazendo-se a correspondência entre os valores de ISL e os ecossistemas, com o auxílio das informações das Fichas de Localidade, que apresentam uma descrição dos ecossistemas presentes em cada trecho do litoral (MAREM, 2016). Também foram utilizados documentos públicos como o Atlas de Manguezais do Brasil (MMA/ICMBio/2018) e informações cartográficas provenientes do banco de dados online do MMA (http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm).

A seguir serão caracterizados os ecossistemas presentes na Área de Estudo adotada para o presente documento.

Praias Arenosas

As praias são feições deposicionais no contato entre terra submersa e água, constituídas comumente por sedimentos arenosos, podendo também ser formadas por seixos e por sedimentos lamosos (MUEHE, 2004). De acordo com BROWN & MCLACHLAN (1994) e CARTER (1988) as praias arenosas são sistemas de transição, altamente dinâmicos e sensíveis por estarem localizados na zona entremarés, cujos depósitos sedimentares são ativamente retrabalhados por ondas, correntes e marés. Estes sistemas atuam como zonas-tampão e protegem a costa da ação direta da energia dissipativa dos oceanos (HOEFEL, 1997).

No que diz respeito à composição biológica dos ecossistemas de praia, a configuração é extremamente variável, o que depende principalmente das características geomorfológicas e hidrodinâmicas dos locais. Dessa maneira, quanto maior o diâmetro do grão e, consequentemente, a declividade da praia, menor a biodiversidade e abundância de espécies (AMARAL *et al.*, 2002). Em contrapartida, as praias de areia média, fina e/ou mista são biologicamente mais ricas, sendo superadas apenas pelas praias lamosas que apresentam uma enorme diversidade e abundância de espécies (LOPES, 2007). Assumindo-se que a comunidade biológica tem suas características definidas pelas condições ambientais, nas praias de areia grossa, pobres em matéria orgânica e fisicamente instáveis, há

predominância de animais filtradores, enquanto nas praias lodosas há o predomínio de espécies depositívoras, estimuladas pela maior quantidade de matéria orgânica (LOPES, 2007).

A fauna de praias é composta, principalmente, por animais permanentes, normalmente com distribuição agregada, e pode ser classificada de acordo com o modo de vida (epifauna e infauna) e tamanho dos indivíduos (macrofauna, meiofauna e microfauna). Além disso, devem ser incluídos à fauna de praias arenosas organismos que visitam temporariamente a praia e/ou dela dependem como fonte essencial de alimento.

Nos estados da Paraíba, Pernambuco e na maior parte do litoral de Alagoas, as praias dominam a linha de costa ao logo de todo o litoral exposto ao mar aberto (MAREM, 2016). De acordo com AB'SÁBER (2003), estes estados compreendem uma faixa de enseadas de areia e bordas rasas das prateleiras, dominadas por praias estreitas que estão parcialmente localizadas entre os recifes de arenito, que são frequentemente associados a algas e corais calcários.

O litoral alagoano destaca-se pela presença de praias arenosas compostas por areais claras e de granulometrias variáveis (desde muito finas até grossas) e por praias areno-lodosas com formação de areia e lama, proveniente de estuários e rios, em regiões de lagunas (CORREIA & SOVIERZOSKI, 2005). De acordo com os dados do MAREM (MAREM, 2016),os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISLs) da grande maioria das praias presentes no litoral de Alagoas encontram-se classificadas como ISL 4 (Praia de areia grossa; Praia intermediária de areia fina a média, exposta; Praia de areia fina a média, abrigada), representando mais de 200 km de extensão da costa deste estado. Destaca-se, ainda, que ao sul do estado de Alagoas (municípios de Coruripe, Feliz Deserto e Piaçabuçu), as praias são utilizadas esporadicamente por tartarugas-cabeçuda (*Caretta caretta*) para reprodução, sendo caracterizada como área secundária de desova (SFORZA *et al*., 2017).

As praias de Sergipe são classificadas como expostas ao mar aberto e podem ser divididas em cinco setores definidos pela presença dos principais rios que desembocam no litoral: rio São Francisco, rio Japaratuba, rio Sergipe, rio Vaza-Barris e o complexo estuarino Piauí-Real (ANP/ECOLOGY, 2020). Todas as praias do litoral sergipano apresentam grande relevância para os quelônios marinhos, sendo área prioritária de desova de *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva), área secundária de desova de *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda) e área secundária de desova de *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) (SFORZA *et al*., 2017).

O litoral da Bahia é caracterizado por praias formadas por grandes trechos contínuos em frente de tabuleiros, deltas e campos de dunas (AB'SABER, 2006). A linha de costa do litoral norte baiano apresenta um traçado retilíneo bastante regular, formando extensos cordões arenosos com a formação de dunas. As praias ao norte de Salvador se destacam em termos de relevância para

quelônios marinhos, uma vez que são utilizadas como áreas prioritárias para reprodução de *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) e *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva; nos municípios de Conde e Jandaíra). Também ocorrem desovas esporádicas (áreas secundárias) de *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva; entre os municípios de Salvador e Esplanada). Para as praias dos municípios ao sul da Baía de Todos os Santos, são descritas áreas secundárias de desova de *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda) e *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) (SFORZA *et al*., 2017).

No município de Niterói podem ser encontradas praias arenosas com alta piscosidade, tanto na região da Baía de Guanabara, quanto na porção oceânica do município. Dentre elas destacam-se: Praia Vermelha, Praia de Icaraí, Praia da Boa Viagem, Praia de Jurujuba, Praia de São Francisco e a Praia de Charitas, localizadas ao longo da Baía de Guanabara. Com relação às praias oceânicas, são encontradas: Praia de Piratininga, Praia de Itacoatiara e Praia de Camboinhas (PREFEITURA DE NITERÓI, 2016).

É válido destacar que as praias da região estudada também desempenham papel importante para a conservação da biodiversidade, fornecendo locais de pouso, forrageio e nidificação para diversas espécies de aves. Algumas espécies de aves migratórias chegam a formar concentrações em torno de milhares de indivíduos, o que tem motivado a criação de áreas de proteção ou de restrição, em diversos pontos do litoral (CEMAVE/ICMBio,2014).

Estuários

Do ponto de vista oceanográfico, os estuários constituem corpos d'água costeiros, semiconfinados, onde ocorre a mistura de água doce, proveniente do continente, com água salgada do oceano (PRITCHARD, 1967 *apud* CARICCHIO, 2020). Estendem-se até o limite da influência das marés, onde a água salina que adentra é progressivamente diluída pela água doce (PETROBRAS; EGIS, 2017).

Os principais estuários do litoral paraibano encontram-se ao norte do município de Pitimbu (estuário do rio Mamanguape, nos municípios de Marcação e Rio Tinto; e estuário do rio Paraíba, localizado na região metropolitana de João Pessoa) e, portanto, fora da Área de Estudo da presente síntese (PETROBRAS; EGIS, 2017).

As baixas cotas de altitude características do litoral de Pernambuco favoreceram o desenvolvimento de um ambiente flúvio-marinho, com 13 áreas estuarinas, todas protegidas na forma de áreas de proteção ambiental, conforme previsto pelo SNUC[1] (CAVALCANTI, 2020). No extremo norte, na divisa com o estado da Paraíba, encontra-se a região estuarina dos rios Goiana e Megaó e, logo ao sul dessa

[1] Lei Federal N° 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

área, o complexo de Itamaracá. Separado do continente pelo Canal de Santa Cruz, este complexo abrange ilhas, reentrâncias, baías e manguezais, e recebe água de uma representativa rede hídrica, o que lhe confere uma alta diversidade biológica. Funciona como berçário para diversas espécies de peixes com importância econômica, moluscos e crustáceos e abriga abundante avifauna migratória. Por todas essas características, o complexo de Itamaracá pode ser considerado uma das áreas estuarinas mais ricas do país em recursos naturais e beleza paisagística, o que a torna muito apropriada à pesca e ao turismo (LEITÃO *et al*., 2007; PETROBRAS; EGIS, 2017).

Na região metropolitana de Recife encontram-se os estuários dos rios Jaboatão, Beberibe e Capibaribe que, por sua localização, recebem uma forte carga poluidora de resíduos domésticos. No litoral sul encontram-se, ainda, oito estuários associados a manguezais de extrema importância biológica devido à sua alta biodiversidade, sobretudo de peixes, moluscos e crustáceos de importância econômica. Os estuários do rio Capibaribe e dos rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca possuem especial importância econômica por abrigarem, respectivamente, os portos do Recife e de Suape (PETROBRAS; EGIS, 2017).

O litoral de Alagoas é caracterizado pela abundância de ecossistemas aquáticos costeiros, dentre eles estuários associados a manguezais e lagoas. Reconhecidamente importante para a conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*), espécie ameaçada de extinção, o estuário do rio Tatuamunha, localizado no município de Porto de Pedras na região sul do estado, abriga uma base do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos (CMA/ICMBio) e é protegido pela Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (ANP; ECOLOGY, 2020; ICMBIO, 2020). O Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM), encontra-se no trecho central da costa do estado. Formado pelas lagoas Mundaú e Manguaba, o complexo abriga espécies vegetais de restinga e de bosques de mangue, além de elevada diversidade de espécies animais, inclusive de interesse econômico, de peixes e macrocrustáceos. Outros dois importantes ecossistemas estuarino-lagunares dessa região são os das Lagoas do Roteiro e de Jequiá (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005; DA SILVA; SOUSA, 2009).

Na divisa com o estado de Sergipe encontra-se o Sistema Estuarino-Lagunar do rio São Francisco. Fundamental pelo volume de água transportada para o semiárido brasileiro, a bacia do rio São Francisco abrange 521 municípios, desde a nascente, em Minas Gerais, até sua foz, na divisa entre Alagoas e Sergipe. Esta bacia concentra a maior quantidade e diversidade de peixes de água doce da região nordeste, mas também recebe grande carga poluidora de efluentes agroindustriais e urbanos, além de sofrer o impacto da especulação imobiliária. O sistema estuarino-lagunar abrange diversas ilhas destacadas do continente por canais de maré, colonizadas por restingas, manguezais e apicuns. Parcela significativa desses manguezais, no entanto, vem sendo desmatada para a construção de

viveiros (piscicultura e carcinicultura) e salinas, resultando em mudanças no seu padrão hidrodinâmico (CARVALHO; FONTES, 2006; SOUZA, 2015; PETROBRAS; EGIS, 2017).

Essa região foi identificada pelo Estudo Ambiental de Área Sedimentar (EAAS) como um setor de destaque em termos de sensibilidade ambiental, não apenas pela maior produtividade ecológica da costa e elevada oferta de recursos pesqueiros, como também pelos extensos cordões de praias arenosas com intensa atividade reprodutiva de quelônios (ANP; ECOLOGY, 2020).

Além do Sistema Estuarino-Lagunar do rio São Francisco, a zona costeira do estado de Sergipe abrange outros quatro importantes estuários: o do rio Japaratuba, o do rio Sergipe e o do rio Vaza-Barris, além do Complexo Estuarino Piauí/Fundo/Real. Todos são caracterizados por sua associação com manguezais, sujeitos a tensores naturais e antrópicos, como o desmatamento e a conversão para agricultura, infra-estrutura habitacional, viveiros para aqüicultura (piscicultura e carcinicultura), estradas, e outros. Tais fatores causam mudanças no padrão hidrodinâmico do manguezal, com diminuição da produtividade e qualidade de vida da população dependente deste ecossistema (CARVALHO; FONTES, 2006).

O litoral da Bahia apresenta muitos estuários, cujas bordas caracterizam-se pela formação de manguezais. A presença desses ambientes é constante desde a região de Mangue Seco, no norte do estado, até Mucuri, seu limite ao sul. Estes ecossistemas costeiros são importantes para a economia regional e destacam-se pela riqueza de material orgânico, flora e fauna. Dentre as regiões estuarinas presentes na área de interesse, duas merecem destaque: a Baía de Todos os Santos e os estuários de Ilhéus. A Baía de Todos os Santos é uma das maiores e mais importante baías de toda costa brasileira, abrangendo extensas áreas de manguezais, inúmeros pequenos estuários e desembocaduras de rios. Na região de Ilhéus, que possui manguezais de grande importância biológica, tanto o Complexo Estuarino Cachoeira/Fundão/Santana, quanto os estuários dos rios Almada, Sargi, Mamoã, Cururupe e Acuípe estão sujeitos a tensores ambientais como o despejo de efluentes domésticos e o aterramento (ALMEIDA *et al*., 2006; PETROBRAS; BMA, 2011; BP; AECOM, 2013).

O litoral do município de Niterói, no Rio de Janeiro, é predominantemente marcado pela presença de estruturas artificiais (enrocamentos etc.) e costões rochosos. O Sistema Lagunar de Itaipu e Piratininga, localizado na costa leste da Baía de Guanabara, já possuiu ligação natural e intermitente com o mar, mas hoje sua comunicação com o mar se dá através do canal artificial do Tibau. Sendo assim, o principal ecossistema aquático costeiro dentro da área de estudo da presente síntese no estado é a própria Baía de Guanabara, que pode ser considerada como um estuário resultante da desembocadura de inúmeros rios, que levam a ela cerca de 200 m^3/s de águas muito poluídas (INEA, 2020; INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA, 2020).

Manguezais

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais e sujeito ao regime das marés. Ocorre em regiões costeiras abrigadas como estuários, baías e lagunas, e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução para muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

No litoral nordestino, a baixa amplitude das marés, a reduzida pluviosidade, bem como, a configuração da costa limita o desenvolvimento dos manguezais (MMA/ICMBio/2018). No estado de Pernambuco, ao longo de seus 187 km de costa, ocorrem quinze áreas estuarinas, todas com a presença de manguezal (SILVA, 2012). Esse ecossistema é naturalmente utilizado por comunidades pesqueiras para seu sustento e como atividade econômica rentável, berçário de espécies dulcícolas e marinhas que utilizam esses ambientes em alguma fase de seu ciclo de vida, ou como área de lazer em função da beleza cênica e águas abrigadas (SILVA, 2012).

Em Alagoas e Sergipe a presença de manguezais se encontra associada aos rios estuarinos. No estado do Sergipe, a sua distribuição ocorre nos rios da bacia do São Francisco, bacia do rio Japaratuba, bacia do Sergipe, bacia do Vasa Barris, bacia do Piauí, e na bacia do Real. No litoral norte alagoano, os manguezais ocorrem nos estuário dos rios Santo Antônio, Tatuamunha, Porto de Pedras e Rio Persinunga e na porção sul ocorre nos rios do Complexo Mundaú-Manguaba, Jequiá, Lagoa do Roteiro, Coruripe e na foz do rio São Francisco. Entre os manguezais considerados mais impactados ao longo do litoral de Alagoas estão os do complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM *apud* CORREIA & SOVIERZOSKI). MMA (2002) destaca a importância ecológica deste complexo, por se tratar de uma área de berçários de peixes e crustáceos marinhos.

O estado da Bahia possui um litoral de 1.188 km e a presença de manguezais é constante desde a região de Mangue Seco, no norte do estado, até a região de Mucuri localizado no sul, sendo classificado como o quarto estado brasileiro em termos de área de ocorrência de manguezais, ficando atrás apenas de Maranhão, Pará e Amapá (MMA/ICMBio/2018). Na Bahia, os manguezais são importantes para economia regional e destacam-se pela riqueza de material orgânico, flora e fauna (FARIAS, 2007). Os sistemas estuarinos favorecem a ocorrência dos manguezais nos seguintes rios: Real-Jandaíra (SE/BA), Subaúma (Entre Rios), Jacuípe (litoral norte), Paraguaçu (Recôncavo), Subaé (Recôncavo), Jaguaripe (Canal de Itaparica), Baía de Aratu (Salvador), Canal de Valença (Baixo Sul), Baía de Camamu (Baixo Sul), Contas-Itacaré (Médio Sul), Santana-Cachoeira- Almada (Ilhéus), Pardo-Una (Canavieiras), João de Tiba (Sta Cruz de Cabrália) e Buranhém (Porto Seguro).

Dentre as espécies da fauna que utilizam os manguezais para sua alimentação, abrigo, descanso ou reprodução, algumas são consideradas vulneráveis, ameaçadas ou raras. Dentre elas estão diversas espécies de aves como o colhereiro (*Platalea ajaja*), garça-branca-grande (*Ardea alba*), guará (*Eudocimus ruber*), águia-pescadora (*Pandion haliaetus*), trinta-réis-boreal (*Sterna hirundo*), papagaio-chauá (Amazona brasiliensis), socoí-amarelo (Ixobrychus involucris), marreca-de-bico-roxo (*Nomonyx dominicus*), paturi-preta (*Netta erythrophthalma*); as cinco espécies de tartarugas marinhas (*Dermochelys coriacea, Chelonia mydas, Caretta caretta, Eretmochelys imbricata* e *Lepidochelys olivacea*); o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*), entre outros. Além destas, também existem espécies de crustáceos que estão ameaçadas pela sobrepesca, como o goiamum (*Cardisoma guanhumi*), o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) e o siri-azul (*Callinectes sapidus*) (MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008).

Restinga

Restinga é um ecossistema associado à Mata Atlântica e faz parte do conjunto de ecossistemas que mantém estreita relação com o oceano, tanto na sua origem como nos processos nele atuantes, possuindo características próprias relativas à composição florística, estrutura da vegetação, funcionamento e nas interações com o sistema solo-atmosfera (SILVA, 1990 *apud* TEIXEIRA, 2001). Os ecossistemas de restinga ocupam cerca de 80% da costa brasileira, ocorrendo desde o sul até o norte, apresentando várias áreas fragmentadas ao longo do seu percurso no litoral brasileiro (LACERDA *et al.*, 1993).

Segundo VELOSO *et al*. (1991), as restingas são enquadradas como “vegetação com influência marítima” e podem ser reconhecidas diferentes comunidades vegetais. Entre os gêneros considerados característicos deste ecossistema são reconhecidos *Remirea*, *Salicornia*, *Acicarpha*, *Polygala*, *Spartina*, *Ipomoea*, *Paspalum*, *Canavalia*, além da espécie de palmeira *Allagoptera arenaria*. De maneira geral, as restingas, sobretudo as arbóreas, foram significativamente alteradas pela ação antrópica através da implantação de pastagens e reflorestamento e extração de madeira para serrarias e carvoarias (SOBRINHO & QUEIROZ, 2005).

Na Paraíba, Pernambuco e Alagoas, as restingas são comuns ao longo do litoral. A existência de recifes areníticos com disposição paralela à linha da costa nessa porção do litoral da Área de Estudo criou em algumas localidades condições de menor energia hidrodinâmica que, quando associada ao aporte de sedimentos advindos das descargas fluviais, levou à formação de pontais arenosos ocupados por vegetação de restinga, como na localidade de Pontal de Serrambi, em Ipojuca (PE) e na Praia Azul, em Pitimbu (PB) (PETROBRAS/EGIS, 2017). Essas áreas de restinga sofreram um intenso processo de

ocupação humana nessa região e a vegetação original foi em grande parte suprimida para a construção de bairros à beira-mar e para a plantação de coqueirais (PETROBRAS/EGIS, 2017).

Destaca-se que no estado de Sergipe, 18,5% dos 12.963 hectares de restingas estão protegidos em unidade de conservação de proteção integral (PRATES, 2012 *apud* ANP/ECOLOGY, 2020).

Já no litoral do estado da Bahia, as restingas vêm sofrendo sucessivos eventos de degradação que, consequentemente, favorecem a destruição do habitat (MARTINS *et al*., 2010). Para o litoral norte, onde se encontra Salvador, constata-se que estas áreas estão submetidas a semelhantes elementos de degradação, o que tem resultado numa continua diminuição da área natural que vem sendo ocupada por uma série de atividades antrópicas, muitas delas com consequências seriamente negativas para o meio ambiente, como a deposição de lixo sobre a vegetação e a remoção clandestina de areia (MARTINS *et al*., 2010). As restingas do sul da Bahia, sobretudo a arbórea, também foram significativamente alteradas pela ação antrópica através da implantação de pastagens e extração de madeira para serraria e carvão. Atualmente percebe-se que grandes áreas foram adquiridas por empresas reflorestadoras para implantação de reflorestamento em alta escala. A criação de florestas de pinus e eucalipto visa suprir as necessidades das indústrias de papel e celulose que se implantaram na região (AMORIM & OLIVEIRA, 2007).

Com relação à Niterói, que abriga a base de apoio marítima da atividade, existem áreas de restingas, como as restingas das praias de Itacoatiara (FEVEREIRO & SANTOS (2001) *apud* BARROS, 2008) e Camboinhas que, de acordo com a PREFEITURA DE NITERÓI (2016), encontram-se bem recuperadas.

Costões Rochosos e Outros Substratos Consolidados

Os habitats costeiros bentônicos estão entre os ambientes marinhos mais produtivos do planeta. Dentre os ecossistemas presentes na região entremarés e habitats da zona costeira, os costões rochosos são considerados um dos mais importantes por conter uma alta riqueza de espécies de grande importância ecológica e econômica, tais como mexilhões, ostras, crustáceos e ampla variedade de peixes (COUTINHO, 2002).

O substrato duro dos costões favorece a fixação de larvas e esporos de diversas espécies de invertebrados e de macroalgas. Estes organismos sésseis por sua vez, fornecem abrigo e proteção para uma grande variedade de animais, servindo também como substrato para a fixação de epibiontes (SANTOS & GOMES, 2006). As macroalgas também abrigam uma rica comunidade animal e de epífitas, denominada, comunidade fital.

Uma formação característica, encontrada no litoral da Área de Estudo, são as falésias, que são escarpas de rochas esculpidas pela ação das ondas e marés (GUERRA; GUERRA, 2005; LIMA; VILAS BOAS;

BEZERRA, 2006). Na Área de Estudo, as falésias são encontradas onde a Formação Barreiras alcança o mar e, por isso, são formadas por rochas areníticas dessa formação. Portanto, as falésias podem ser consideradas como um tipo de costão rochoso, embora a composição arenítica bastante friável das falésias da Formação Barreiras (que está ligada a sua maior taxa de erosão pela ação do mar, chuvas e ventos, e que também impede o estabelecimento de plantas e animais sésseis) as diferencie dos costões formados por rochas mais resistentes.

Ocorrem também na Área de Estudo os arenitos de praia, que do ponto de vista ecológico se assemelham aos costões rochosos. Essas estruturas, também chamadas de *beachrocks*, são resultado de um processo de calcificação *in situ* na parte inferior das praias, podendo o sedimento ser calcário ou silicoso, no caso do Brasil (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). A rocha formada tem uma estratificação típica de sedimento de praia e uma inclinação característica para o mar, sendo frequentemente localizada num contato entre a água do mar e uma massa de água salobra (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002).

Nos estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, os recifes areníticos (ISL = 5), ocorrem ao longo de toda a costa, em praticamente todos os municípios litorâneos, tendo disposição paralela à linha da praia. As falésias da Formação Barreiras (que podem assumir ISL = 1 e 3), assim como os terraços exumados, plataformas de abrasão e arenitos de praia com origem na mesma formação (geralmente com ISL = 5 ou 6) também ocorrem em diversos pontos da região (PETROBRAS/EGIS, 2017).

De acordo com Vilaça (2009) no Brasil os recifes de arenito ocorrem principalmente entre o Cabo de São Roque (RN) e a desembocadura do rio São Francisco, na divisa entre Alagoas e Sergipe, tendo correspondência com a Formação Barreiras. Na área entre Olinda (PE) e Porto de Pedras (AL), o embasamento geológico possibilita o aparecimento de costões rochosos (ISL = 1 e 2) e depósitos de tálus (ISL = 6) (MMA, 2008).

No litoral de Sergipe, as características geomorfológicas, com planícies costeiras geradas a partir da deposição de sedimentos fluviais (FONTES, 2006) faz com que a região tenha pequena expressão de substratos consolidados naturais. PETROBRAS/MOTT MACDONALD (2017) descrevem a presença de estruturas artificiais semelhantes aos costões rochosos entre os municípios de Nossa Senhora do Socorro e o município de Aracaju; e enrocamento próximo à costa, nas imediações do Porto de Barra dos Coqueiros, no município de Barra dos Coqueiros (PETROBRAS, 2011).

No estado da Bahia, os costões rochosos estão representados por dois tipos característicos: os matacões e as falésias. Ao longo do litoral baiano ocorrem, em alguns pontos, matacões devido ao afloramento de rochas do Embasamento Cristalino (rochas de idade do Pré-Cambriano), que nestas

regiões atingem a linha de costa (BP/AECOM, 2013). Destacam-se os costões rochosos presentes no município de Ilhéus, Itacaré e na região sudeste da Baía de Todos os Santos (BP/AECOM, 2013; MAREM, 2016).

Com relação ao município de Niterói, que abriga a base de apoio marítima da atividade, destaca-se o costão de Itacoatiara, localizado na praia de Itacoatiara. Segundo BARROS & SEOANE (1999) *apud* BARROS (2008), esse costão rochoso possui 217 m de altura. Em algumas áreas do costão de Itacoatiara forma-se uma mata de médio porte com presença de espécies arbóreas que podem chegar até 10 m de comprimento (BARROS, 2008).

Banhados e áreas úmidas costeiras

Os banhados são áreas alagadas, permanente ou temporariamente, conhecidos na maior parte do país como brejos, também denominados de pântanos, pantanal, charcos, varjões, alagados, entre outros (BURGER, 1999). As definições de áreas úmidas, por sua vez, são vastas e tendem a ser arbitrárias, pois essas áreas situam-se num contínuo entre os ambientes aquático e terrestre (MITSCH & GOSSELINK, 1986 *apud* BURGER, 1999). No entanto, é possível identificar algumas características comuns nessas áreas, como a presença de água rasa ou solo saturado de água, o acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação e a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

Esses ecossistemas abrangem os banhados, lagoas de água doce, lagoas de água salobra ou salgada sem influência marinha direta, várzeas, savanas e florestas inundadas (periódicas ou temporariamente), e campos inundados, localizados na zona costeira (MMA, 2002). Além disso, esses ecossistemas, em sua grande maioria, ocorrem associados uns com os outros e, também, com outros tipos de ecossistemas existentes na zona costeira, como manguezais, estuários e restingas (BURGER, 1999).

A importância das áreas úmidas se dá pela presença de variadas espécies endêmicas, além de anfíbios, répteis e aves migratórias, que dependem desses locais para reprodução e migração. As áreas úmidas fazem parte do ciclo de reprodução da maioria dos peixes comerciais consumidos, bem como ajudam no reabastecimento de aquíferos, fontes de água doce para a humanidade (ICMBio, 2015).

Nos estados da Paraíba até Alagoas, ocorrem lagos de água doce e pântanos adjacentes, associados aos tabuleiros, assim como lagunas e banhados de água salobra associados aos estuários nas planícies fluviais (BURGER, 2000; MMA, 2008).

Em Pernambuco, destacam-se as áreas úmidas associadas ao canal de Santa Cruz. Já mais ao sul, na região dos Planaltos Rebaixados Litorâneos, entre Olinda e Porto de Pedras, as áreas úmidas são menos desenvolvidas, associadas a estuários como dos rios Jaboatão, Ipojuca, Sirinhaém e

Formoso (MAREM, 2016 *apud* PETROBRAS/EGIS, 2017). Em Alagoas, destacam-se a Barra de Santo Antônio, o Complexo Estuarino- Lagunar Mundaú-Manguaba, além das lagoas do Roteiro, Jequiá e Poxim. A Barra de Santo Antônio, no município de mesmo nome, inclui as várzeas do rio Santo Antônio Grande. As lagoas Manguaba e Mundaú localizam-se ao sul de Maceió e são formadas principalmente pelo rio Mundaú e pelos rios Paraíba e Sumaúma Grande. No sistema formado pelas Lagoas do Roteiro, Jequiá e Poxim são encontrados lagos de água doce e pântanos adjacentes, lagunas e banhados de água salobra (BURGER, 2000 *apud* PETROBRAS/EGIS, 2017). Por fim, no estado de Sergipe e sul de Alagoas, quatro sistemas fluviais formam importantes áreas de banhados, várzeas e outros ecossistemas associados. O rio São Francisco, na divisa de Alagoas e Sergipe; o rio Sergipe, na área urbana de Aracaju; o sistema Vaza-Barris, com os rios Vaza-Barris e Santa Maria; e o sistema Pontal, que congrega os rios Piauí e Real, na divisa de Sergipe e Bahia (BURGER, 2000 *apud* PETROBRAS/EGIS, 2017). As várzeas e foz do Rio São Francisco constituem o maior sistema dessa região do litoral, onde ocorrem diversos ambientes de áreas úmidas, com destaque para a Área de Proteção Ambiental Marituba do Peixe, que engloba áreas úmidas localizadas na margem esquerda do rio São Francisco, do lado alagoano.

Para os demais locais da Área de Estudo considerada na presente Síntese da Qualidade Ambiental, não foram encontradas bibliografias que embasem a ocorrência do ecossistema banhados e áreas úmidas costeiras.

Recifes de Corais

Os recifes de coral são ambientes marinhos muito ricos em termos de biodiversidade, podendo sustentar milhares de espécies em um único local. São heterogêneos e possuem diferentes tipos de habitat e, por isso, oferecem um banco genético de vital relevância para usos atuais e futuros da população humana (CHOAT & BELLWOOD, 1991; RICHARDSON, 1999; VILLAÇA, 2002). Embora a estrutura básica dos recifes seja, em geral, formada pelo acúmulo dos esqueletos de corais, para sua formação é necessária a atuação conjunta de inúmeros organismos, formando uma complexa teia de associações e de eventos em sucessão.

No Brasil, os recifes se distribuem por cerca de 3.000 km da costa nordeste, desde o Maranhão até o sul da Bahia, constituindo os únicos ecossistemas recifais do Atlântico Sul, sendo que as suas principais espécies formadoras ocorrem somente em águas brasileiras (MAIDA & FERREIRA, 1997 *apud* PRATES & LIMA, 2008).

Os recifes da costa nordeste do Brasil são compostos principalmente por espécies do gênero *Millepora*, *Siderastrea*, *Agaricia* e *Porites*, e grande parte dos corais mortos está coberta por zoantídeos do gênero

Palythoa e algas, como *Caulerpa*, *Dictyopteris* e *Halimeda* (TESTA, 1997; KNOPPERS *et al.,* 1999 *apud* SANTOS *et al*. 2007).

É válido dizer que dentre as espécies de corais e hidrocorais que ocorrem no território brasileiro, nove são consideradas endêmicas e todas ocorrem na Área de Estudo. São elas: *Favia gravida, Favia leptophylla, Mussismilia braziliensis* (coral-cérebro-da-bahia)*, Mussismilia harttii, Mussismilia hispida* (coral-vela)*, Siderastrea stellata, Millepora nítida* (coral-de-fogo)*, Millepora braziliensis* e *Millepora laboreli* (Museu Nacional/UFRJ, 2016).

Dentre as espécies que podem ser consideradas de interesse econômico, *Scolymia wellsi* se destaca por ser alvo de interesse do comércio de aquarismo (PETROBRAS/EGIS, 2017).

Destaca-se, ainda, a espécie *Siderastrea stellata*, que apresenta especial interesse científico em função de ocorrer de forma praticamente contínua em grande extensão da plataforma continental brasileira, permitindo correlações paleo-oceanográficas ao longo de praticamente toda a costa tropical do Brasil (LEÃO *et al*., 2016; MOURA et al., 2016 *apud* PETROBRAS/EGIS, 2017).

Com relação às espécies de corais ameaçadas de extinção no Brasil (ICMBio/MMA, 2018), ocorrem na Área de Estudo duas espécies de corais pétreos, *Mussismilia braziliensis* (na categoria "Vulnerável") e *M. harttii* (na categoria "Em Perigo"), e um hidrocoral, *Millepora laboreli* (na categoria "Vulnerável").

De um modo geral, as comunidades coralinas identificadas na costa brasileira estão distribuídas de duas maneiras: ambientes costeiros e águas profundas. No entanto, no contexto da Área de Estudo, não foram encontrados registros bibliográficos da presença de recifes de corais em águas profundas. Desta forma, a seguir serão caracterizados os recifes de corais identificados em ambientes costeiros.

LEÃO *et al*. (2016) fizeram uma avaliação das espécies de corais pétreos e hidrocorais componentes da fauna dos recifes de corais entre o estado do Maranhão e Sergipe. O estudo apontou que, para os estados abrangidos pela área de estudo, a maior diversidade de corais foi detectada em Alagoas, com 19 espécies, seguido do estado de Pernambuco, com 18 espécies, dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, com 14 espécies e do estado do Sergipe com 10 espécies.

No contexto da Área de Estudo, destacam-se os recifes que compõem algumas importantes unidades de conservação, como a Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais, entre Touros e Maxaranquape/RN, a Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz, entre Goiana e Ilha de Itamaracá/PE e a Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, entre Sirinhaém e Barreiros/PE.

No litoral de Alagoas, a presença de recifes de corais de águas rasas se limita praticamente a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, primeira unidade de conservação federal a proteger parte dos recifes costeiros brasileiros (PETROBRAS/MOTT MACDONALD, 2017). Apesar da grande relevância

ecológica e grande extensão, estudos sugerem que os recifes que compõem a APA Costa dos Corais se caracterizam pela baixa diversidade, composta por espécies comuns na costa nordeste brasileira, resistentes às condições instáveis e severas desta região (Steiner *et al*., 2015 *apud* PETROBRAS/MOTT MACDONALD, 2017). No sul de Alagoas as formações recifais ocorrem próximas à costa e, assim, podem sofrer exposição nas marés baixas. Nesta região, os recifes estão sob influência estuarina e são mais pobres em espécies quando comparados aos observados na região central e norte do estado (CORREIA, 2011 *apud* PETROBRAS/MOTT MACDONALD, 2017).

No estado de Sergipe os recifes de corais ocorrem com maior frequência na região da quebra da plataforma, como os recifes da Pedra do Robalo e Pedra do Grageru. A maior parte destas formações localiza-se aproximadamente entre 10 a 20 km, e em profundidades de 15 a 30 metros (ANP/ECOLOGY, 2020). Ressalta-se que a influência fluvial e estuarina, que leva à redução de salinidade e aumento da turbidez da água, tem sido considerada fator importante para explicar a menor frequência de recifes de corais em Sergipe (PETROBRAS/MOTT MACDONALD, 2017).

Para o estado de Sergipe é relevante destacar, ainda, a ocorrência das espécies exóticas invasoras *Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*, no entanto, com registros confirmados apenas em plataformas de petróleo.

O estado da Bahia apresenta recifes por mais de 900 km de sua costa, no entanto, apesar da extensa área, os recifes são descontínuos, principalmente devido à influência da desembocadura do rio São Francisco (LABOREL, 1970 *apud* CASTRO, 2000). Segundo LEÃO (1996 *apud* CASTRO, 2000), os bancos recifais da porção norte do estado baiano, além de serem descontínuos, geralmente são encontrados em profundidades menores que 10 m. A distribuição dos bancos recifais no estado da Bahia abrange a cidade de Conde, passando pelos municípios de Lauro de Freitas, Jaguaribe, Itacaré/Rio das Contas, Ilhéus, Santa Cruz de Cabrália, Prado até a divisa do estado da Bahia com o Espírito Santo (CASTRO, 2000). Vale ressaltar, que o levantamento das áreas prioritárias para os recifes de corais (MMA, 2002) descreve diversas áreas de ocorrências deste ecossistema, como: Norte da Bahia, com a presença de Bancos recifais descontínuos entre o município de Lauro de Freitas e Conde; município de Salvador e Camaçari com área recifais situadas próxima a um grande centro urbano; região da Ilha de Itaparica, Ilhas ao norte da Baía de Todos os Santos, abrigando recifes de franja; região de Camamu e adjacências; Costa do Descobrimento, incluindo a área marinha do Banco Royal Charlotte (alargamento da plataforma ao norte de Abrolhos) e o Banco de Abrolhos (alargamento continental entre Nova Viçosa e Prado), que abriga os maiores e mais diversos recifes de coral do Atlântico Sul.

Merece maior destaque o Banco de Abrolhos, que pode ser considerada a maior e mais rica área de recifes de coral do Atlântico Sul (LABOREL, 1970 APUD CASTRO, 1999; LEÃO, 1982, 1994, 1996; LEÃO

ET AL., 1988; CASTRO, 1994; CASTRO 1999). Estão presente em Abrolhos todos os corais escleractídeos zooxantelados e hidrocorais encontrados na costa brasileira, dos quais sete espécies são endêmicas (FERREIRA & MAIDA, 2006).

Destaca-se, ainda, a ocorrência da espécie exótica invasora coral-sol na Baía de Todos os Santos (BA), com registro em 18 pontos distintos, incluindo três pontos em ambiente natural (MIRANDA *et al.*, 2016). De forma surpreendente um dos locais de registro de coral-sol na Bahia ocorreu na entrada do estuário do rio Paraguaçu, local com grande variação de maré e salinidade, o que é considerado fator limitante para a sobrevivência da maioria dos corais (MIRANDA *et al.*, 2016).

Ressalta-se, por fim, que não são descritos recifes de corais no município de Niterói/ RJ.

No que se refere às comunidades biológicas, na Área de Estudo são encontradas espécies de formadoras de bancos biogênicos (algas, rodolitos), além de espécies de recursos pesqueiros, aves, tartarugas marinhas e mamíferos aquáticos, com destaque para as espécies ameaçadas de extinção, indicadoras da qualidade ambiental, espécies de importância na cadeia alimentar e de interesse econômico e científico, espécies raras e endêmicas, quando presentes.

Cânions Submarinos

Cânions submarinos podem ser descritos como vales profundos, que conectam a região da plataforma continental com as regiões mais profundas do mar, junto ao pé do talude continental, funcionando como os principais condutos para o transporte e a acumulação de sedimentos e detritos orgânicos em mar profundo (BOFFO, 2017; LEMOS JÚNIOR, 2017). Estudos que buscaram avaliar a dinâmica das correntes no interior de cânions submarinos existentes na costa oeste do Estados Unidos identificaram fluxos descendentes e ascendentes, com intervalos de alternância aparentemente cíclicos, sugerindo influência da oscilação das ondas da costa e dos ciclos de maré (BOFFO, 2017).

Tais características podem favorecer a biodiversidade dos oceanos profundos. A ausência de luz e a escassez de recursos alimentares constituem fatores limitantes no oceano profundo, o que reflete geralmente em baixa densidade de organismos. Registros na literatura sugerem que os cânions possam aprisionar o plâncton, durante as migrações verticais, e formar depósitos orgânicos, favorecendo animais depositívoros, que passam a ter uma oferta generosa de alimento (ANP; ECOLOGY, 2020).

Há poucos estudos sobre os cânions submarinos da costa brasileira. Na Área de Estudo, dados sobre a geomorfologia marinha do talude continental concentram-se na bacia de Sergipe-Alagoas, onde foram identificados seis cânions: Piauí-Real, Vaza-Barris, Japaratuba, Piranhas, Sapucaia e São Francisco (ANP; ECOLOGY, 2020).

Em Sergipe, mais especificamente, a margem da plataforma e o talude continental são cortados por dois grandes cânions submarinos: o São Francisco e o Japaratuba. Estes cânions constituem as principais feições morfológicas desta região. Estendem-se por 18 km e 24 km plataforma continental adentro, com profundidades máximas de 850 m e 1.300 m junto à quebra da plataforma, respectivamente. Suas larguras variam de 2 a 13 km, e sua atividade erosiva pode ser observada a cerca de 200 km da linha de costa, em torno da cota batimétrica de 4.200 m (ANP; ECOLOGY, 2020).

A distribuição do bentos marinho no talude e nos cânions de São Francisco e Japaratuba foi avaliada nas profundidades de 400 m a 3000 m. Tais estudos revelaram que a macrofauna bentônica é composta predominantemente por poliquetas (49%), crustáceos (31%) e moluscos (12%), padrão semelhante ao observado em outras regiões de oceano profundo. Os resultados deste estudo reforçam a hipótese de que os cânions são importantes para as comunidades dos oceanos profundos (CARNEIRO *et al*., 2018 *apud* ANP; ECOLOGY, 2020).

Ressalta-se que uma pequena parcela destes cânios submarinos se estendem até a área dos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas (nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428 e SEAL-M-501), conforme é possível observar na **Figura II.5.4 – 2.**

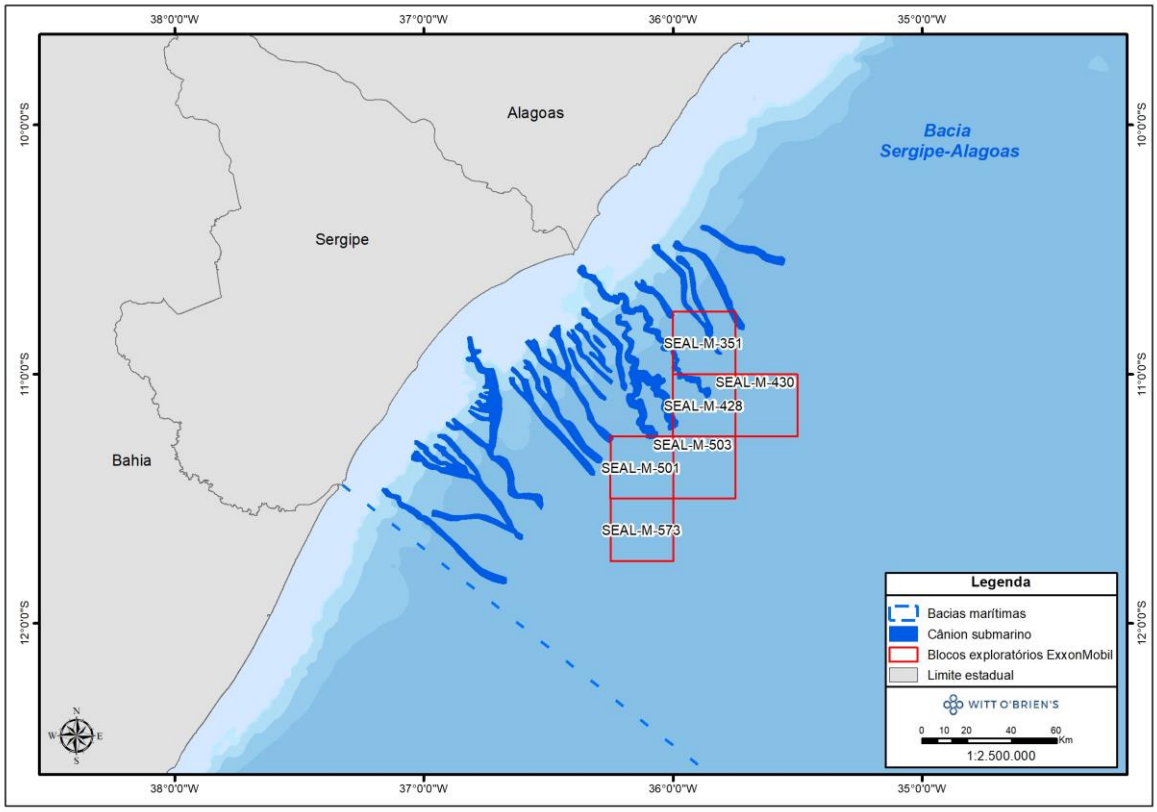


Figura II.5.4 - 2: Localização dos cânions submarinos (Fonte: Modificado de ANP/ECOLOGY, 2020).

Bancos Biogênicos

Os bancos biogênicos são estruturas formadas a partir do acúmulo de esqueletos (exoesqueletos) de diferentes organismos (algas, corais, briozoários, foraminíferos, moluscos) formando uma complexidade estrutural de fundo, podendo apresentar uma grande diversidade da fauna associada (FREIWALD et al., 2004; SANTANA, 2006 apud PETROBRAS/MOTTMACDONALD, 2017).

Na Área de Estudo, foi verificada a presença de bancos de rodolitos (formado por algas calcárias) e outros bancos de macroalgas. É importante ressaltar, contudo, que de acordo com o IBP (2014), as maiores lacunas do conhecimento sobre algas no Brasil encontram justamente na região norte e em grande parte da região nordeste, onde se desconhece a composição de espécies e o padrão de distribuição espacial.

Os rodolitos são estruturas biogênicas constituídas por crostas de algas calcárias incrustantes (algas vermelhas) concrescidas com outros organismos, que formam nódulos ou são formados inteiramente por apenas uma ou mais espécies de algas calcárias. Essas estruturas se desenvolvem como unidades desprendidas de um substrato duro, geralmente sobre um substrato inconsolidado. Podem, ainda, formar grandes bancos em áreas costeiras de diversas partes do mundo, os bancos de rodolitos (FOSTER, 2001).

De acordo FOSTER (2001) apud PETROBRAS/EGIS (2017), a plataforma continental brasileira é considerada a maior área de bancos de rodolitos do mundo, no entanto, o conhecimento atual sobre a distribuição desses bancos ainda é incipiente (FIGUEIREDO et al., 2014 apud PETROBRAS/EGIS, 2017). Os bancos de rodolitos brasileiros se destacam, também, quanto à diversidade de espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos, sendo identificadas, até o momento, 32 espécies, um número superior ao de outras regiões do mundo (BAHIA, 2014; FIGUEIREDO et al., 2014 apud PETROBRAS/EGIS, 2017).

Na Bacia Potiguar, apenas o Atol das Rocas foi devidamente descrito com relação à existência de bancos do rodolitos, no entanto, essa região encontra-se fora da Área de Estudo da presente atividade. Para a região costeira dessa bacia, apenas trabalhos de caráter geológico foram realizados, indicando a possível ocorrência de rodolitos (TESTA; BOSENCE, 1999; CAVALCANTI, 2011 apud PETROBRAS/EGIS, 2017).

Na Bacia de Pernambuco-Paraíba, entre os municípios de João Pessoa e Cabedelo (litoral do estado da Paraíba), estudos revelaram a estrutura e composição das comunidades fitais e fitobentônicas associadas a bancos de rodolitos em águas rasas (10, 15 e 20 m de profundidade). Também foi evidenciada uma grande diversidade de organismos associados a esses bancos, tanto da macrofauna

(122 táxons) quanto da comunidade fitobentônica (67 táxons) (RIUL, 2007, RIUL et al., 2009 apud PETROBRAS/EGIS, 2017) Além disso, quatro espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos foram identificadas (*Sporolithon episporum*, *Lithophyllum* sp., *Lithothamnion* sp1. e *Lithothamnion* sp2.), sendo que as espécies do gênero L*ithothamnion* ainda carecem de identificação (RIUL et al., 2009 apud PETROBRAS/EGIS, 2017).

Na Bacia de Sergipe-Alagoas, nenhuma referência científica sobre bancos de rodolitos foi encontrada, revelando a ausência de conhecimento sobre os bancos de rodolitos nessa região (PETROBRAS/EGIS, 2017). Contudo, no âmbito do PCR-SEAL (PETROBRAS, 2015), os fundos carbonáticos da plataforma e talude continental entre 08 e 2630 metros de profundidade foram investigados a partir de coletas (arrastos), veículo de operação remota (ROV) e de sísmica de alta resolução. A partir dos arrastos, foram inventariados 174 táxons de macroalgas distribuídas em três filos: Rhodophyta (algas vermelhas) (96 táxons), Chlorophyta (algas verdes) (42 táxons) e Ochrophyta/Phaeophyceae (algas pardas) (36 táxons) (PETROBRAS/MOTTMACDONALD, 2017).

Já na Bacia de Jacuípe, ANP/ECOLOGY BRASIL (2020) ressaltam que na parte interna e central da plataforma continental existem bancos de algas coralinas.

Mais ao sul, merece destaque o banco de rodolitos existente no Banco de Abrolhos (bacias sedimentares do sul da Bahia e norte do Espírito Santo) como o maior banco contínuo de rodolitos do mundo, com uma área estimada em mais de 20.000 km² (MOURA et al., 2013 apud PETROBRAS/EGIS, 2017).

Outros Bancos de Macroalgas

De acordo com MMA (2014), na Bacia de Potiguar são encontrados banco de macrófitas e macroalgas presentes em manchas irregulares dispostas continuamente nas áreas rasas ao longo do litoral. Os bancos de *Halimeda* constituem uma variante do fundo de algas calcárias presentes na região e é formado exclusivamente por artículos de *Halimeda* (MMA, 2004). A espécie *Syringodium filiforme* também forma bancos importantes na área e assim como as outras fanerógamas, corresponde ao principal item alimentar do peixe-boi (MMA, 2004). A clorófita *Caulerpa prolifera* é uma das espécies mais abundantes na região, também sendo encontrada formando bancos de algas. Esses bancos de algas apresentam uma grande variedade de espécies da fauna, com destaque para moluscos e lagostas. MATTHEWS-CASCON & LOTUFO (2006) estudaram os bancos de algas bentônicas de Taíba e de Paracuru, localizados no município de São Gonçalo do Amarante/RN, e encontraram um número elevado de espécies, 70 e 53 respectivamente.

Na Bacia de Sergipe-Alagoas, não foram identificados bancos de algas pardas, possivelmente devido às condições físico-químicas e de substrato necessárias ao seu desenvolvimento (PETROBRAS/MOTTMACDONALD, 2017).

No litoral da Bahia, algumas áreas de ocorrência de bancos de algas são conhecidas, localizadas próximo aos seguintes locais: Itapuã, Pramana, Jacuípe, Botelho, Humaitá, Farol da Barra, Saubara, Arquipélago de Tinharé-Boipeba e Ilhéus (NUNES, 2007; MMA, 2002).

Bancos biogênicos na área dos blocos

Por fim, com relação aos bancos biogênicos, é de grande relevância destacar que inspeções do fundo oceânico foram realizadas durante a caracterização ambiental dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-430 e SEAL M 573, com o objetivo de verificar a presença ou ausência de bancos biogênicos.

Uma das técnicas utilizadas foi o imageamento por *drop camera*, e, por meio da análise visual das imagens, não foi observada a presença de bancos de rodolitos, algas calcárias, corais de profundidade, estruturas recifais ou qualquer outro tipo de substrato de formação biogênica ou feições geomorfológicas relevantes na área inspecionada.

Outra técnica utilizada na inspeção do fundo marinho foi o levantamento geofísico através de imagens de *multibeam*, o qual objetivou identificar possíveis feições geomorfológicas (ex. *mounds* e/ou *pockmarcks*) que poderiam estar associadas a ocorrência de bancos biogênicos. Assim, através das imagens obtidas de batimetria e *backscatter* não foram identificadas feições de interesse potencialmente associadas a comunidades bentônicas. Informações mais detalhadas sobre as inspeções podem ser encontradas no Item II.5.2 (Meio Biótico – página 20/25).

Recursos Pesqueiros

Dada sua extensão, a Área de Estudo apresenta uma grande diversidade de ambientes, incluindo ecossistemas como estuários associados a manguezais, que funcionam como berçário para inúmeros organismos aquáticos; e recifes naturais, que oferecem refúgio e substrato e servem como ambiente para a reprodução de muitas espécies da ictiofauna. Tais características conferem à área uma elevada diversidade de espécies da ictiofauna de interesse econômico, inclusive de peixes ornamentais, como as espécies recifais.

Vários estudos têm verificado que a riqueza da ictiofauna na plataforma continental de Sergipe e Alagoas, por exemplo, varia entre 130 a 180 espécies. Essa variedade pode ser atribuída à ocorrência de espécies estuarinas, que vivem associadas aos fundos lamosos, como também por espécies típicas

de ambientes recifais, que utilizam o substrato consolidado na plataforma externa, em profundidades de 30 m (ANP; ECOLOGY, 2020).

Dentre os recursos que ocorrem na Área de Estudo, 60 espécies de peixes ósseos e cartilaginosos encontram-se ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou global. Onze delas são espécies de peixes recifais de interesse econômico ocorrentes na bacia de Sergipe-Alagoas, identificadas pelo Estudo Ambiental de Área Sedimentar (EAAS) como potenciais alvos de ações de conservação. A **Tabela II.5.4 - 4** apresenta a lista da espécies ameaçadas de extinção (PETROBRAS; AECOM, 2010; BP; AECOM, 2012; PETROBRAS; EGIS, 2017; ANP; ECOLOGY, 2020; EXXONMOBIL; WITT O'BRIEN'S, 2020).

Tabela II.5.4 - 4: Principais espécies de peixes de interesse comercial presentes na Área de Estudo, ameaçadas de extinção no Brasil e/ou no mundo.

Nome comum	Nome científico	Status de Conservação		
		ICMBio/ MMA (2018)	IUCN (2019)	CITES (2019)
Elasmobrânquios				
Ordem Carcharhiniformes				
Família Carcharhinidae				
Cação-lombo-preto	*Carcharhinus acronotus*	NT	NT	NL
Tubarão-lombo-preto	*Carcharhinus falciformis*	NT	VU	II
Cabeça-chata	*Carcharhinus leucas*	NT	NT	NL
Tubarão-galha-preta	*Carcharhinus limbatus*	NT	NT	NL
Cação-fidalgo	*Carcharhinus obscurus*	EN	EN	NL
Cação-coralino	*Carcharhinus perezi*	VU	NT	II
Cação-galhudo	*Carcharhinus plumbeus*	CR	VU	NL
Cação-noturno	*Carcharhinus signatus*	VU	VU	NL
Tubarão-tigre	*Galeocerdo cuvier*	NT	NT	NL
Família Sphyrnidae				
Tubarão-martelo	*Sphyrna lewini*	CR	CR	II
Tubarão-martelo-grande	*Sphyrna mokarran*	EN	CR	II
Tubarão-martelo	*Sphyrna tiburo*	CR	LC	NL
Tubarão-martelo	*Sphyrna zygaena*	CR	VU	II
Família Triakidae				
Cação-bico-de-cristal	*Galeorhinus galeus*	CR	VU	NL
Cação-boca-de-velha	*Mustelus canis*	EN	NT	NL
Ordem Lamniformes				
Família Lamnidae				
Tubarão-mako	*Isurus oxyrinchus*	NT	EN	II
Família Odontaspididae				
Cação-mangona	*Carcharias taurus*	CR	VU	II
Ordem Myliobatiformes				
Família Aetobatidae				
Raia-pintada	*Aetobatus narinari*	DD	NT	NL
Família Dasyatidae				
Raia-lixo	*Dasyatis guttata*	NA	DD	NL
Ordem Orectolobiformes				
Família Ginglymostomatidae				

Tabela II.5.4 - 4: Principais espécies de peixes de interesse comercial presentes na Área de Estudo, ameaçadas de extinção no Brasil e/ou no mundo.

Nome comum	Nome científico	Status de Conservação		
		ICMBio/ MMA (2018)	IUCN (2019)	CITES (2019)
Tubarão-lixa	*Ginglymostoma cirratum*	VU	DD	NL
Ordem Rhinopristiformes				
Família Rhinobatidae				
Raia-viola	*Rhinobatos horkelii*	CR	CR	NL
Raia-viola	*Rhinobatos percellens*	NA	NT	NL
Família Trygonorrhinidae				
Raia-viola	*Zapteryx brevirostris*	VU	VU	NL
Ordem Squatiniformes				
Família Squatinidae				
Cação-anjo	*Squatina argentina*	CR	CR	NL
Cação-anjo	*Squatina guggenheim*	CR	EN	NL
Cação-anjo	*Squatina occulta*	CR	CR	NL
Actinopterígeos				
Ordem Siluriformes				
Família Ariidae				
Bandeirado	*Bagre bagre*	NT	LC	NL
Bagre-branco	*Genidens barbus*	EN	NA	NL
Ordem Beloniformes				
Família Belonidae				
Agulha-pintada	*Ablennes hians*	LC	LC	NL
Família Hemiramphidae				
Agulhinha-branca	*Hyporhamphus unifasciatus*	NT	LC	NL
Ordem Perciformes				
Família Istiophoridae				
Agulhão branco	*Kajikia albida*	VU	VU	NL
Família Labridae				
Peixe-papagaio-azul, bodião-azul	*Scarus trispinosus*	EN	EN	NL
Bodião	*Sparisoma amplum*	NT	LC	NL
Peixe-papagaio-cinza	*Sparisoma axillare*	VU	DD	NL
Peixe-papagaio-cinza	*Sparisoma frondosum*	VU	DD	NL
Família Lutjanidae				
Cioba	*Lutjanus analis*	NT	NT	NL
Caranha	*Lutjanus cyanopterus*	VU	DD	NL
Dentão	*Lutjanus jocu*	NT	DD	NL
Pargo-verdadeiro	*Lutjanus purpureus*	VU	NA	NL
Ariocó	*Lutjanus synagris*	NT	NT	NL
Pargo-olho-de-vidro	*Lutjanus vivanus*	NT	LC	NL
Guaiúba	*Ocyurus chrysurus*	NT	DD	NL
Vermelho	*Rhomboplites aurorubens*	NT	VU	NL
Família Malacanthidae				
Batata	*Lopholatilus villarii*	VU	NAV	NL
Família Polyprionidae				
Cherne-poveiro	*Polyprion americanus*	CR	DD	NL
Família Pomatomidae				
Anchova	*Pomatomus saltatrix*	NT	VU	NL

Tabela II.5.4 - 4: Principais espécies de peixes de interesse comercial presentes na Área de Estudo, ameaçadas de extinção no Brasil e/ou no mundo.

Nome comum	Nome científico	Status de Conservação		
		ICMBio/ MMA (2018)	IUCN (2019)	CITES (2019)
Família Sciaenidae				
Pescada-amarela	*Cynoscion acoupa*	NT	LC	NL
Família Scombridae				
Albacora-lage	*Thunnus albacares*	LC	NT	NL
Albacora-bandolim	*Thunnus obesus*	NT	VU	NL
Família Epinephelidae				
Mero	*Epinephelus itajara*	CR	VU	NL
Garoupa	*Epinephelus marginatus*	VU	VU	NL
Garoupa-são-tomé	*Epinephelus morio*	VU	VU	NL
Cherne-verdadeiro	*Epinephelus niveatus*	VU	LC	NL
Cherne-negro	*Hyporthodus nigritus*	EN	NT	NL
Hyporthodus niveatus	*Hyporthodus niveatus*	VU	LC	NL
Sirigado	*Mycteroperca bonaci*	VU	NT	NL
Badejo-amarelo	*Mycteroperca interstitialis*	VU	VU	NL
Ordem Elopiformes				
Família Megalopidae				
Amaripim	*Megalops atlanticus*	VU	VU	NL
Ordem Mugiliformes				
Família Mugilidae				
Tainha	*Mugil liza*	NT	DD	NL
Ordem Tetraodontiformes				
Família Balistidae				
Peixe-porco (peroá)	*Balistes capriscus*	NT	VU	NL

Fonte: PETROBRAS; AECOM, 2010; BP; AECOM, 2012; PETROBRAS; EGIS, 2017; ANP; ECOLOGY, 2020; EXXONMOBIL; WITT O'BRIEN'S, 2020.

Legenda: Categorias segundo IUCN (2019); ICMBio/MMA (2018): CR (Em perigo crítico), "Critically Endangered" – Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato; EN (Em perigo), "Endangered" – Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo; VU (Vulnerável), "Vulnerable" – Alto risco de extinção na natureza em médio prazo; NT (Quase ameaçada), "Near Threatened" – Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias anteriores porém está perto de ser qualificada como ameaçada em um futuro próximo; DD (Dados Insuficientes), "Data Deficiente" – Quando não há informação adequada para fazer uma avaliação direta ou indireta do seu risco de extinção, com base na sua distribuição e/ou estado populacional; NA (Não Avaliado) - "Not Assessed" – Quando a espécie não foi avaliada pela IUCN. Categorias segundo CITES (2019): "Apêndice II" – Inclui espécies não necessariamente ameaçadas de extinção, mas nas quais o comércio deve ser controlado para evitar a utilização incompatível com a sua sobrevivência; NL (Não Listada) - "Not Listed" – Quando a espécie não foi listada no CITES.

Dentre os moluscos que ocorrem na Área de Estudo, as principais espécies de importância comercial são as lulas *Loligo plei* e *L. sanpaulensis*, o calamar-argentino (*Illex argentinus*), os polvos *Octopus hummelincki*, *O. insularis*, *O. vulgaris* e *Eledone massyae*; os mariscos *Tivela mactroides* e *Anomalocardia flexuosa*, as ostras *Crassostrea mangle* e *C. brasiliana*, os mexilhões *Mytella charruana* e *M. bicolor*, e os bivalves *Tagelus plebeius* e *Iphigenia brasiliensis* (PETROBRAS; AECOM, 2010; BP; AECOM, 2012; PETROBRAS; EGIS, 2017; ANP; ECOLOGY, 2020; EXXONMOBIL; WITT O'BRIEN'S, 2020).

Com relação aos crustáceos, 23 espécies de importância econômica ocorrem na Área de Estudo. São elas: as lagostas *Panulirus argus*, *P. laevicauda*, *Scyllarides aequinoctialis*, *S. brasiliensis* e *S. delfosi*; o lagostim *Enoplometopus antillensis*; os siris *Callinectes bocourti*, *C. danae* e *C. exasperatus*; o aratu (*Goniopsis cruentata*); o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*); o caranguejo-vermelho (*Chaceon notialis*); o caranguejo-real (*Chaceon ramosae*); os camarões-pistola (*Penaeus schmitti* e *Macrobrachium carcinus*); os camarões-rosa (*Penaeus brasiliensis*, *P. subtilis*, *Farfantepenaeus paulensis* e *F. brasiliensis*); o camarão-barba-ruça (*Artemesia longinaris*); o camarão-santana (*Pleoticus muelleri*); o camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*); e o camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) (PETROBRAS; AECOM, 2010; BP; AECOM, 2012; PETROBRAS; EGIS, 2017; ANP; ECOLOGY, 2020; EXXONMOBIL; WITT O'BRIEN'S, 2020).

Dentre todos os crustáceos explotados na região, o camarão-sete-barbas (*X. kroyeri*) merece destaque por sua importância socioambiental, pois constitui o segundo principal recurso pesqueiro proveniente das capturas artesanais e de armadores de pesca dos estados de Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia. Em 2014, as capturas desta espécie de camarão representaram quase 17% de toda a produção pesqueira do estado de Sergipe, menor apenas do que a produção de atuns, que representou 23% neste mesmo período (ARAÚJO *et al*., 2016 *apud* ANP; ECOLOGY, 2020).

O camarão-sete-barbas é uma espécie onívora que ocorre nos fundos constituídos por lama e areia sobre a plataforma continental. Graças à existência de grandes bancos de "lama" ao longo da costa dos estados de Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia, refletindo o aporte da matéria orgânica proveniente dos diversos rios que ali deságuam, esta é a espécie que ocorre com maior abundância, seguida do camarão-rosa (*Farfantepenaeus subtilis*) e do camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*) (ANP; ECOLOGY, 2020).

Uma avaliação do padrão geral de distribuição da riqueza da ictiofauna na plataforma continental de Sergipe e Alagoas verificou maiores valores em áreas cobertas por lama (como nas estações mais profundas próximas à foz do rio São Francisco), onde ocorrem densas agregações da megafauna, especialmente de camarões e moluscos (ANP; ECOLOGY, 2020).

De acordo com o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio/ MMA, 2018), a as lagostas *Panulirus argus* e *P. laevicauda* encontram-se na categoria "Quase Ameaçada" de extinção. Nenhuma das demais espécies de moluscos ou crustáceos está ameaçada de extinção (ICMBio/ MMA, 2018; IUCN, 2019; CITES, 2019).

Alguns dos recursos pesqueiros ocorrentes na Área de Estudo constituem espécies endêmicas:

- Do Brasil: a espécie de elasmobrânquio *Dasyatis marianae* (raia-de-fogo), e as espécies de teleósteos *Apogon americanus* (apogon-brasileiro), *Calamus mu* (peixe-pena), *Dactyloscopus*

foraminosus, *Entomacrodus vomerinus*, *Gobionellus stomatus*, *Haemulon squamipinna* (xira), *Halichoeres brasiliensis* (bodião-verde), *Hexanematichthys grandoculis* (bagre), *Lutjanus alexandrei*, *Opistognathus cuvieri*, *Paralichthys brasiliensis* (linguado), *Pseudopercis numida* (namorado), *Sardinella brasiliensis* (sardinha-verdadeira), *Scarus trispinosus* (papagaio-azul ou bodião-azul), *Scorpaena petricola*, *Sparisoma amplum* (bodião-vermelho), *Sparisoma axillare* (papagaio-cinza), *Starksia brasiliensis* (maria-da-toca-malhada), *Stegastes pictus* (donzela-bicolor) e *Stellifer brasiliensis* (cangoá) (PETROBRAS; AECOM, 2010; BP; AECOM, 2012; PETROBRAS; EGIS, 2017; ICMBio; MMA, 2018);

- Da América do Sul: o teleósteo *Rhinosardinia amazonica* (sardinha-de-sena) (PETROBRAS; EGIS, 2017);
- Do Norte da América do Sul: os teleósteos *Aspistor luniscutis* (bagre-amarelo ou bagre-urutu), *Aspistor quadriscutis* (cangatá), *Notarius grandicassis* (cambeua) e *Sciades herzbergii* (gurijuba) (PETROBRAS; EGIS, 2017);
- Do Atlântico Sul: o cefalópode *Illex argentinus* (calamar-argentino), o crustáceo *Artemesia longinaris* (camarão barba-ruça), as espécies de elasmobrânquios *Squatina guggenheim* (cação-anjo), *Squatina argentina* (cação-anjo), *Zapteryx brevirostris* (raia-viola) e *Rhinobatos horkelii* (raia-viola), e o teleósteo *Genyatremus cavifrons* (peixe-pedra) (ICMBio; MMA, 2018; PETROBRAS; EGIS, 2017).

Algumas das espécies de peixes, crustáceos e moluscos de importância comercial identificadas na Área de Estudo apresentam período de defeso estabelecido por lei, visando à proteção de seus estoques. Tais períodos são descritos na **Tabela II.5.4 - 5**.

Tabela II.5.4 - 5: Períodos de defeso e de proibição de pesca.

Nome comum	Nome científico	Período de Defeso	Abrangência	Normas
Camarão-rosa, camarão-sete-barbas e camarão-branco	*Farfantepenaeus paulensis, F. brasiliensis, F. Subtilis, Xiphopenaeus kroyeri* e *Litopenaeus schmitti*	01/abr a 15/mai	Litoral de Alagoas (AL) até Bahia (BA)	IN MMA nº 14, de 14/10/04
		01/dez a 15/jan	Litoral de Alagoas (AL) até Mata de São João (BA)	
		15/set a 31/out	Litotal da Bahia (BA), de Camaçari até limite sul do estado	
Camarão rosa, Camarão-sete-barbas, camarão-vermelho ou santana, camarão barba-ruça e camarão-branco	*Farfantepenaeus paulensis, F brasiliensis, F. subtilis Xiphopenaeus kroyeri,Pleoticus muelleri, Artemesia longinaris e Litopenaeus schmitti*	01/mar a 31/mai	Litoral do Rio de Janeiro (RJ) até o Rio Grande do Sul (RS)	IN IBAMA nº 189, de 23/09/08

Tabela II.5.4 - 5: Períodos de defeso e de proibição de pesca.

Nome comum	Nome científico	Período de Defeso	Abrangência	Normas
Carangueijo real	*Chaceon ramosae*	01/jan a 30/jun	Nacional	IN SEAP nº 21, de 01/12/2008
Caranguejo-uçá	*Ucides cordatus*	01/out a 30/nov (machos e fêmeas) 01/dez a 31/dez (fêmeas)	ES, RJ, SP, PR, SC	Portaria do IBAMA nº 52, de 30/09/2003
Caranguejo-guaiamum	*Cardisoma guanhumi*	01/out a 31/mar	ES, RJ, SP	Portaria do IBAMA nº 53, de 30/09/2003
Cherne-poveiro	*Polyprion americanus*	A partir da data de publicação	Nacional	P. Inter MPA/MMA nº 14, de 02/10/2015
Lagosta vermelha, Lagosta verde	*Panulirus argus, P. laevicauda*	01/dez a 31/mai	Nacional	IN IBAMA nº 206,de 14/11/2008
Manjuba	*Anchoviella sp.*	26/Dez a 25/Jan	Região Costeira do Rio de Janeiro (RJ)	IN IBAMA nº 33, de 16/06/2004
Mexilhão	*Perna perna*	01/set a 31/dez	Região SE/S	IN IBAMA nº 105, 20/07/2006
Mero	*Epinephelus itajara*	Até 02/out/2023	Nacional	P. Inter MPA/MMA nº 13, de 02/10/2015
Pargo	*Lutjanus purpureus*	15/dez a 30/abr	Litoral do Amapá (AP) até a foz do São Francisco	IN MPA MMA nº 08, de 08/06/2012
Robalo, Robalo-branco e Camurim	*Centropomus parallelus, Centropomus undeciimilis,Centropomus spp*	15/mai a 31/jul	Bahia (BA) – Litoral e águas interiores	Portaria IBAMA nº 49-N, de 13/05/1992
Sardinha-verdadeira (Traineiras)	*Sardinella brasiliensis*	01/nov a 15/fev (desova) 15/jun a 31/jul (recrutamento)	RJ, SP, PR, SC	IN IBAMA nº 15, de 21/05/2009
Sardinha-verdadeira (Atuneiros)	*Sardinella brasiliensis*	15/jun a 31/jul (recrutamento)	RJ, SP, PR, SC	IN IBAMA nº 16, de 22/05/2009
Tainha	*Mugil platanus e M. Liza*	15/mar a 15/ago (restrita às desembocaduras e estuários)	Litoral Sudeste/Sul	IN IBAMA nº 171, de 12/05/2008

Fonte: IBAMA, 2020.

É válido destacar, ainda, que os recursos pesqueiros (principalmente os peixes), podem ser considerados indicadores da qualidade ambiental. A utilização de espécies de peixes como ferramenta para avaliação da qualidade ambiental apresenta uma série de vantagens, como descrito abaixo (SIMON & LYONS, 1995, BARBOUR *et al*., 1999, FLOTEMERSCH *et al*., 2006 *apud* DUFECH, 2009):

a) Assembleias de peixes incluem espécies de diferentes níveis tróficos e diferentes hábitos alimentares (piscívoros, planctívoros, herbívoros e onívoros), o que favorece uma análise abrangente da contaminação do ambiente;
b) São bons indicadores de efeitos em longo prazo e de condições do habitat numa escala ampla, pois têm ciclos de vida mais longos (3-10 anos) que outros organismos utilizados como bioindicadores;
c) Peixes apresentam todo o ciclo de vida associado a água, o que integra a história física, química e biológica desses corpos hídricos;
d) As comunidades de peixes são persistentes e se recuperam rapidamente dos distúrbios naturais;
e) Os peixes apresentam um amplo espectro de tolerância, sendo que cada espécie apresenta um padrão de tolerância específico para cada tipo de alteração;
f) Informações sobre a história de vida, requisitos ambientais e distribuição da maioria das espécies de peixes são relativamente bem conhecidas;
g) Peixes são relativamente fáceis de coletar e identificar. Técnicos necessitam de relativamente pouco treinamento. Além disso, as amostras podem ser triadas e identificadas em campo, dispensando o estudo dos organismos após o processamento;
h) Peixes podem ser coletados durante todo o ano, permitindo a avaliação das mudanças sazonais e de padrões de distribuição espacial, pois permanecem nos corpos d'água inclusive durante o inverno ou período de águas baixas;
i) Tanto a toxicidade aguda (ausência de táxons) como a crônica (queda de crescimento ou de sucesso reprodutivo) podem ser avaliadas nas espécies de peixes;
j) Substâncias contaminantes geralmente produzem deformidades morfológicas que são facilmente identificadas, podendo ser utilizadas como indicadores;
k) Peixes são consumidos por humanos, o que os torna importantes para medir o risco ecológico e a saúde pública; e
l) Resultados dos estudos utilizando espécies de peixes podem influenciar diretamente as leis relativas ao uso da água para a pesca.

Por esses motivos, a ictiofauna é considerada uma excelente indicadora da qualidade ambiental, eficiente na avaliação de impactos específicos sobre uma determinada espécie ou sobre assembleias de peixes. Os peixes podem responder tanto a efeitos diretos de contaminantes quanto a efeitos secundários causados pelo estresse (DUFECH, 2009).

Quelônios

Na Área de Estudo ocorrem cinco espécies de tartarugas marinhas, todas ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou global (**Tabela II.5.4 - 6**) (PROJETO TAMAR, 2019; ICMBio/MMA, 2018; CITES, 2019; IUCN, 2019).

Tabela II.5.4 - 6: Espécies de tatarugas marinhas presentes na Área de Estudo.

Espécie	Nome Comum	Status de Conservação		
		ICMBio/MMA (2018)	IUCN (2020)	CITES (2020)
Caretta caretta	Tartaruga- cabeçuda	EN	VU	Apêndice I
Chelonia mydas	Tartaruga-verde	VU	EN	Apêndice I
Eretmochelys imbricata	Tartaruga-de- pente	CR	CR	Apêndice I
Lepidochelys olivacea	Tartaruga-oliva	EN	VU	Apêndice I
Dermochelys coriacea	Tartaruga-de- couro	CR	VU	Apêndice I

Fonte: ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2020; CITES, 2020 e MAREM, 2016.
Legenda: EN (Em perigo) - "*Endangered*" - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo; VU (Vulnerável) - "*Vulnerable*" - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo; CR (Criticamente em perigo) - "*Critically endangered*" - Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato; Apêndice I – Inclui as espécies ameaçadas de extinção e que são ou podem ser afetadas pelo comércio.

A Área de Estudo se configura como uma importante região para as tartarugas marinhas, abrangendo áreas de reprodução e alimentação, bem como representando um corredor migratório entre as áreas de reprodução e alimentação dessas espécies (ICMBio/MMA, 2011).

As cinco espécies de tartarugas marinhas já foram evidenciadas de forma regular ou esporádica utilizando a Área de Estudo para reprodução, contudo, apenas as espécies *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda), *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) e *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva) apresentam áreas prioritárias de desova nessa região (MAREM, 2016).

Em relação a migração, as fêmeas de tartarugas marinhas migram das áreas de alimentação e descanso para as áreas de reprodução, em deslocamentos que podem chegar a mais de 1.500 km (SANTOS et al., 2011). Resultados obtidos em estudos de telemetria por satélite no norte da Bahia, revelaram a existência de um corredor migratório de *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda) ao longo de toda a costa nordeste do Brasil, e as áreas de alimentação e descanso na costa norte, especialmente no Ceará (MARCOVALDI *et al*. 2009, MARCOVALDI *et al*. 2010). A espécie *Chelonia mydas* (tartaruga - verde) migra de suas áreas de alimentação ao longo de toda a costa sudeste, norte e nordeste do Brasil em direção as áreas de desova que se encontram em ilhas oceânicas, como Ilha da Trindade/ES, Atol das Rocas/RN e Fernando de Noronha/PE (ALMEIDA *et al*., 2011a). A espécie *Dermochelys coriacea* (tartaruga-de-couro) realiza deslocamentos entre a área de desova no Espírito Santo e as áreas de alimentação no sudeste, norte e nordeste do Brasil (ALMEIDA *et al*., 2011b). A espécie *Lepidochelys*

olivacea (tartaruga-oliva) realiza migrações entre sítios de desova no litoral sul de Alagoas e litoral norte da Bahia e zonas de alimentação na plataforma continental do Rio Grande do Norte. Por fim, a espécie *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) realiza migrações entre as áreas de alimentação nos Arquipélagos de Fernando de Noronha/PE e Atol das Rocas/RN e as áreas de reprodução e desova no litoral norte da Bahia e Sergipe, e no litoral sul do Rio Grande do Norte (SANCHES & BELLINI, 1999, MARCOVALDI *et al*. 1998, MARCOVALDI *et al*. 2007 apud MARCOVALDI *et al*., 2011).

As áreas de alimentação e reprodução das espécies de tartarugas marinhas estão presentes na **Tabela II.5.4 - 9**, bem como suas rotas de migração.

Nesse sentido, é importante destacar a existência de leis de proteção às tartarugas marinhas, com destaque para a Instrução Normativa Conjunta IBAMA/ICMBio nº 1/2011, que definiu áreas e períodos de restrição periódica para atividades de exploração e produção de óleo e gás em áreas prioritárias para a conservação de tartarugas marinhas na costa brasileira. São quatro áreas de restrição periódica ao longo da costa brasileira, cujo o limite terrestre é representado pela orla marítima e o limite marítimo varia de acordo com a atividade em questão: para as atividades de levantamentos de dados sísmicos e perfuração de poços petrolíferos o limite marítimo são 15 milhas náuticas; para as atividades de instalação ou lançamento de dutos para escoamento de óleo, gás e água de produção, de instalação de unidade de rebombeio de óleo, gás e água de produção e de sondagens geotécnicas marinhas o limite marítimo são 3 milhas náuticas.

A Área de Estudo contempla três das quatro áreas de restrição periódica para tartarugas marinhas. São elas: Área 2 (Barra do Riacho, município de Aracruz/ES até a Barra do Una, município de Una/BA;) e Área 3 (de Ponta de Itapoã, município de Salvador/BA até Pontal do Peba, município de Piaçabuçu/AL) – com período de restrição de 1º de outubro até o último dia do mês de fevereiro; e Área 4 (de Acaú, município de Pitimbú/PB até Ponta Negra, município de Natal/RN) - com período de restrição de 1º de dezembro até 31 de maio **(Figura II.5.4 - 33).**

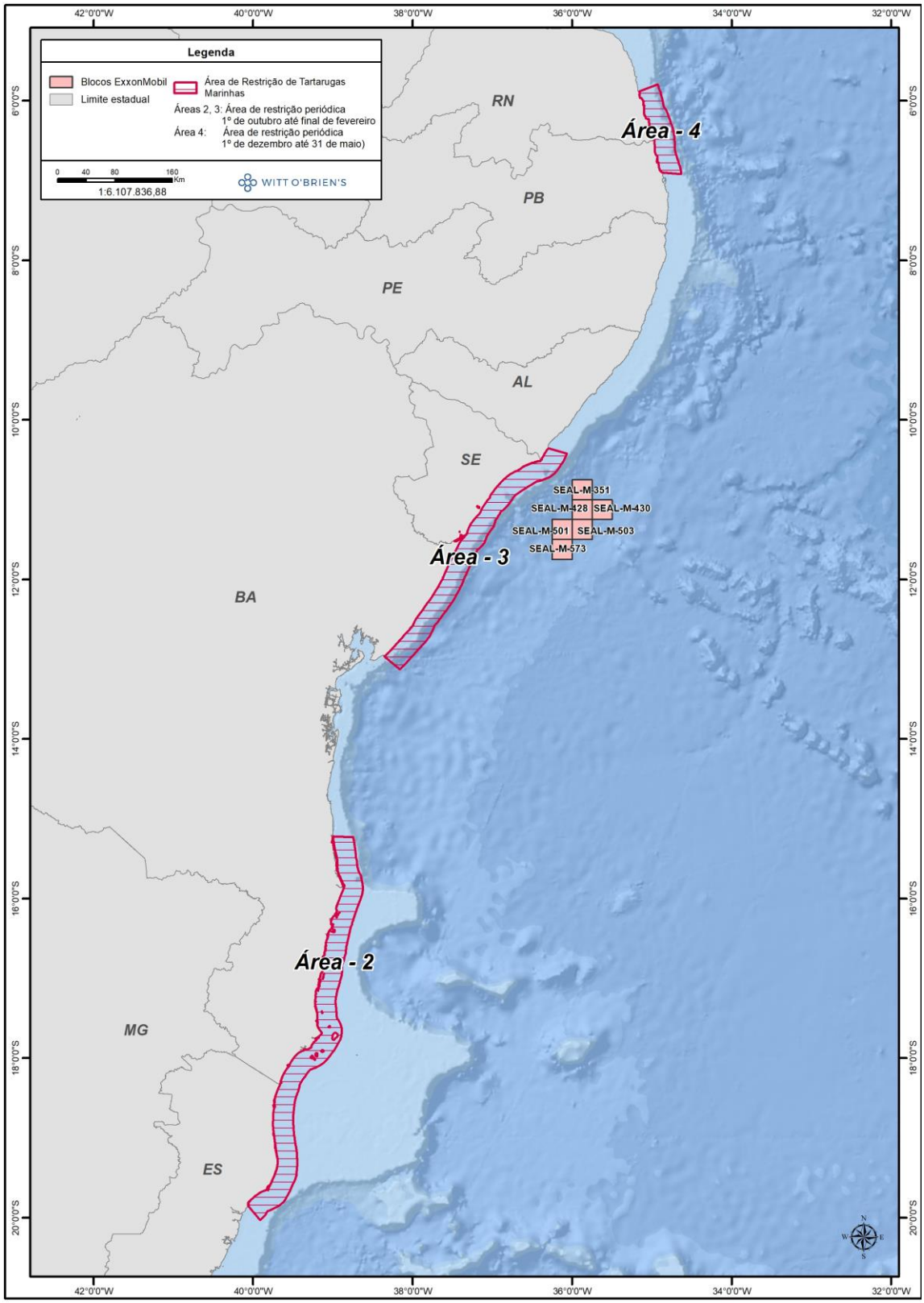


Figura II.5.4 - 3: Áreas de restrição para atividades de óleo e gás com relação às tartarugas marinhas.

Por fim, as tartarugas marinhas são consideradas boas indicadoras da qualidade ambiental devido à alta longevidade e consequente grande tempo de exposição a locais contaminados. Por ocuparem diferentes níveis da teia trófica, podem oferecer um perfil bem abrangente da contaminação marinha (SILVA, 2011).

De acordo com BJORNDAL (1994) apud SILVA (2011), registros demonstram que a poluição marinha por resíduos sólidos, petróleo, metais pesados e organoclorados têm contribuído para o declínio das populações de tartarugas marinhas. Além disso, LAFFERTY (2004) ressalta que as alterações no ambiente marinho causadas por mudanças climáticas ou fatores antropogênicos contribuem para o aparecimento de doenças nas tartarugas.

Aves

São encontradas na Área de Estudo 177 espécies de aves. Destas, 26 estão ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou global **(Tabela II.5.4 - 7)** (ICMBio/MMA, 2018; CITES, 2020; IUCN, 2020; MAREM, 2016) .

Tabela II.5.4 - 7: Espécies de aves ameaçadas de extinção presentes na Área de Estudo.

Nome específico	Nome comum	Origem	Ambiente	Ocorrência	Status de Conservação		
					ICMBio/MMA, 2018	IUCN, 2020	CITES, 2020
Aves de rapina							
Amadonastur lacernulatus	Gavião-pombo-pequeno	Local	Restinga	Jan - Dez	VU	NE	NL
Leptodon forbesi	Gavião-de-pescoço-branco	Local	Manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	EN	EN	APÊNDICE II
Aves limícolas							
Charadrius wilsonia	Batuíra-bicuda	Migratório	Praia, manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	VU	LC	NL
Calidris canutus	Maçarico-de-papo-vermelho	Migratório	Praia e manguezal	Ago-Mai	CR	NT	NL
Calidris pusilla	Maçarico-rasteirinho	Migratório	Praia, manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	EN	NT	NL
Limnodromus griseus	Maçarico-de-costas-brancas	Migratório	Praia, manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	CR	LC	NL
Aves marinhas costeiras							
Sterna dougallii	Trinta-réis-róseo	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica, ilhas, costão rochoso, praia, manguezal e estuário	Jan - Dez	VU	LC	NL
Sterna hirundinacea	Trinta-réis-de-bico-vermelho	Local	Zona oceânica, zona nerítica, ilhas, costão rochoso, praia, manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	VU	LC	NL
Thalasseus maximus	Trinta-réis-real	Local	Zona oceânica, zona nerítica, costão rochoso, praia, manguezal, restinga e estuário	Jan - Dez	EN	LC	NL
Fregata ariel	Tesourão-pequeno	Local	Zona nerítica, ilhas, costão rochoso e praia	Jan - Dez	CR	LC	NL
Fregata minor	Tesourão-grande	Local	Zona nerítica, ilhas, costão rochoso e praia	Jan - Dez	CR	LC	NL

Tabela II.5.4 - 7: Espécies de aves ameaçadas de extinção presentes na Área de Estudo.

Nome específico	Nome comum	Origem	Ambiente	Ocorrência	Status de Conservação		
					ICMBio/MMA, 2018	IUCN, 2020	CITES, 2020
Morus capensis	Atobá-do-Cabo	Migratório	Zona nerítica, ilhas, costão rochoso e praia	Abr - Ago	LC	EN	NL
Sula sula	Atobá-de-pé-vermelho	Local	Zona oceânica, zona nerítica, ilhas, costão rochoso, praia, manguezal e estuário	Jan - Dez	EN	LC	NL
Aves marinhas pelágicas							
Phaethon aethereus	Rabo-de-palha-de-bico-vermelho	Local	Zona nerítica, ilhas e costão rochoso	Jan - Dez	EN	LC	NL
Phaethon lepturus	Rabo-de-palha-de-bico-laranja	Migratório	Zona nerítica, ilhas, costão rochoso e praia	Jan - Dez	EN	LC	NL
Diomedea epomophora	Albatroz-real	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Ago - Jan	VU	VU	NL
Diomedea exulans	Albatroz-gigante	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Abr, Jun - Jul e Out - Dez	CR	VU	NL
Thalassarche chlororhynchos	Albatroz-de-nariz-amarelo	Migratório	Zona oceânica e zona nerítica	Jan - Dez	EN	EN	NL
Oceanodroma leucorhoa	Painho-de-cauda-furcada	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Out - Mar	LC	VU	NL
Procellaria aequinoctialis	Pardela-preta	Migratório	Zona oceânica	Jan - Dez	VU	VU	NL
Pterodroma arminjoniana	Pardela-de-Trindade	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Jan - Dez	CR	VU	NL
Pterodroma deserta	Grazina-de-Desertas	Migratório	Zona oceânica e zona nerítica	Jan - Dez	CR	VU	NL
Pterodroma hasitata	Diablotim	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	SI	NA	EN	NL

Tabela II.5.4 - 7: Espécies de aves ameaçadas de extinção presentes na Área de Estudo.

Nome específico	Nome comum	Origem	Ambiente	Ocorrência	Status de Conservação		
					ICMBio/MMA, 2018	IUCN, 2020	CITES, 2020
Pterodroma incerta	Grazina-de-barriga-branca	Migratório	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Jan - Dez	EN	EN	NL
Pterodroma madeira	Grazina-da-Madeira	Migratório	Zona oceânica	Jan - Dez	EN	EN	NL
Puffinus lherminieri	Pardela-de-asa-larga	Local	Zona oceânica, zona nerítica e praia	Jan - Dez	CR	LC	NL

Fonte: ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019; CITES, 2019.
Legenda: EN (Em perigo) - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo; VU (Vulnerável) - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo; CR (Criticamente em perigo) - Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato; NT (Quase ameaçado) – Não se enquadra em nenhuma categoria de ameaça, mas é provável que venha a se enquadrar em um futuro próximo; LC (Pouco preocupante) - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima; DD - (Dados insuficientes) - Quando não há informação adequada para fazer uma avaliação direta ou indireta do seu risco de extinção; NA (Não aplicável) - Categoria de um táxon considerado inelegível para ser avaliado em nível regional; NE (Não avaliado) - Táxon ainda não avaliado sob os critérios IUCN; NL (Não listado) – Quando a espécie não foi listada no CITES.; Apêndice II – Espécies não necessariamente ameaçadas de extinção, mas cujo comércio deve ser controlado.

A Área de Estudo representa uma importante região para espécies de aves, sendo local de reprodução, alimentação e rota migratória de vários grupos. As áreas de alimentação e reprodução das espécies de aves estão listadas, por estado, na **Tabela II.5.4 - 9**.

Com relação à migração, de acordo com o Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil, as aves migratórias neárticas apresentam diferentes rotas de deslocamento (**Figura II.5.4 - 4**).

Dentre elas, merece destaque a Rota Atlântica – ao longo de toda costa brasileira, do Amapá até o Rio Grande do Sul; e a Rota Nordeste – divisão da Rota Atlântica, iniciando na Baía de São Marcos (MA) e no Delta do Parnaíba (divisa MA/PI), seguindo pelo interior do nordeste até a costa da Bahia (MMA/ICMBio, 2016), ambas passando pela Área de Estudo.

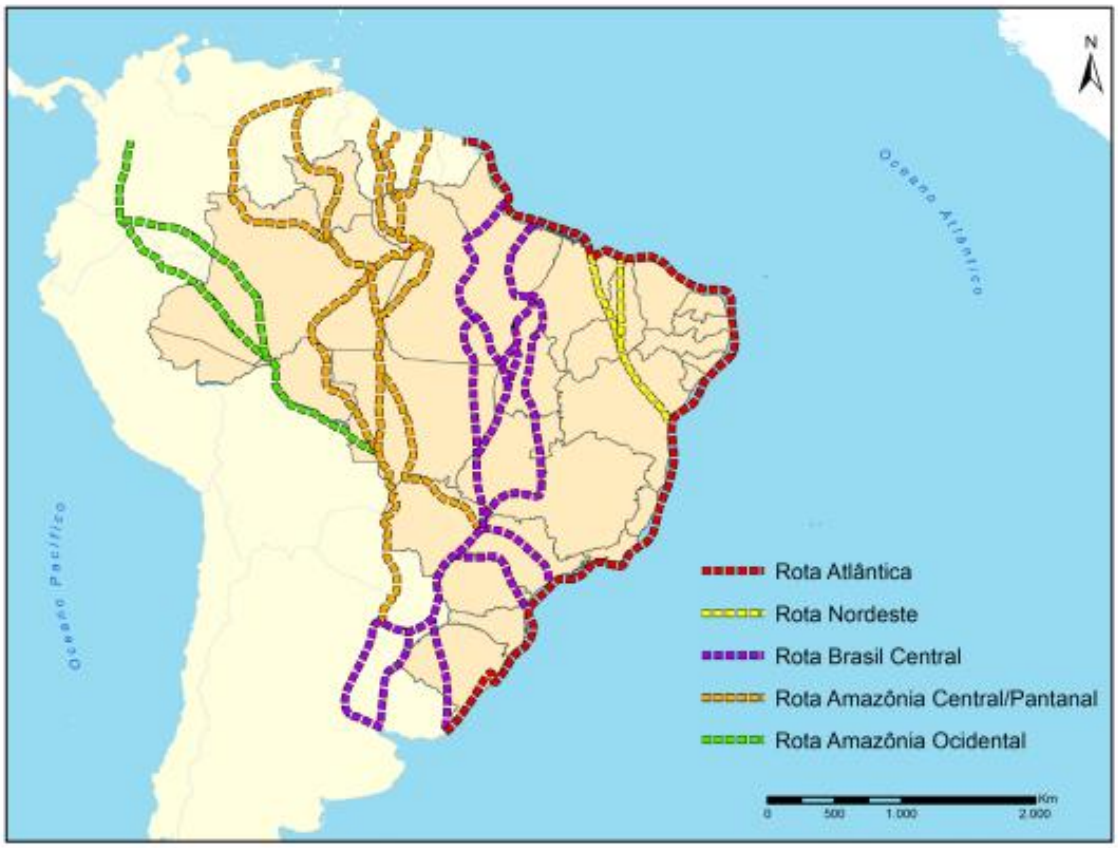


Figura II.5.4 - 4: Rotas migratórias de aves no Brasil, incluindo a área de estudo. (Fonte: MMA/ICMBio, 2016).

Em geral, essas espécies permanecem no Brasil de setembro a maio e dependem de habitats importantes para descanso, mudas de penas e alimentação, inclusive para repor as energias gastas durante a migração, se preparando para os voos de retorno (ICMBio/MMA, 2016). Com relação às aves que migram do continente Antártico e do extremo sul da América do Sul para o Brasil, durante o inverno austral, ainda pouco se conhece sobre suas rotas migratórias (ICMBio/MMA, 2016).

As aves marinhas apresentam vantagens como indicadores da qualidade do ambiente aquático em relação aos outros grupos de animais abordados até o momento, por não estarem na coluna d'água, sendo facilmente visualizados e identificados. Além disso, a maior parte das espécies apresenta hábitos coloniais, o que facilita no estudo da ecologia reprodutiva e seus parâmetros demográficos, comportamentais e fisiológicos (RAMOS, 2010). A avifauna também é um grupo bem conhecido quanto a sua sistemática e taxonomia, havendo facilidade e agilidade na sua identificação, além de possuir espécies que podem ser facilmente amostradas através de técnicas simples e de baixo custo, o que facilita o monitoramento dos efeitos do impacto. Além disso, são animais sobre os quais há uma riqueza de informações e são altamente sensíveis a distúrbios (FERNANDEZ *et al.*, 2005).

As aves também ocupam níveis tróficos elevados, permitindo mapear o que ocorre nos níveis inferiores, e apresentam alta longevidade, estando submetidas aos efeitos crônicos de uma exposição prolongada à poluição. Alterações inesperadas na sua população ou em algum parâmetro de reprodução podem representar problemas de poluição ou de falta de alimento (FURNESS & CAMPHUYSEN, 1997, SYDEMAN *et al*. 2006 *apud* RAMOS, 2010). Sendo assim, as aves marinhas podem ter função de sentinelas ambientais, indicando níveis de poluição através da análise de seus tecidos e penas, além de indicadores quantitativos de elementos específicos como a abundância de determinada espécie de presa (geralmente peixe).

Neste contexto, STOTZ *et al*. (1996) propôs um critério que indica, de forma objetiva, o grau de sensibilidade das aves a perturbações antrópicas no ambiente natural. Segundo esse critério, as seguintes espécies, presentes na Área de Estudo, são indicadoras da qualidade ambiental: *Procellaria aequinoctialis* (pardela-preta); *Pterodroma arminjoniana* (pardela-de-Trindade); *Puffinus gravis* (bobo-grande-de-sobre-branco); *Puffinus griseus* (bobo-escuro) e *Spheniscus magellanicus* (Pinguim-de-Magalhães).

Com relação às aves endêmicas, destacam-se as seguintes espécies: *Amadonastur lacernulatus* (gavião-pombo-pequeno), endêmica da Mata Atlântica; *Leptodon forbesi* (Gavião-de-pescoço-branco), endêmica do Centro de endemismo de Pernambuco; e *Sterna hirundinacea* (trinta-réis-de-bico-vermelho), endêmica da América do Sul (ICMBio/MMA, 2018).

Mamíferos Aquáticos

Na Área de Estudo são encontradas 40 espécies de mamíferos aquáticos, entre cetáceos (baleias e golfinhos), sirênios (peixes-boi) e mustelídeos (lontras e ariranhas). Destas, oito espécies ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou global (MAREM, 2016; ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019; CITES, 2020) **(Tabela II.5.4 - 8)**.

Tabela II.5.4 - 8: Espécies de mamíferos aquáticos ameaçados de extinção presentes na Área de Estudo.

Nome específico	Nome comum	Origem	Ambiente	Período de Ocorrência	Status de Conservação		
					ICMBio/MMA, 2018	IUCN, 2020	CITES, 2020
Cetáceos							
Eubalaena australis	Baleia-franca-austral	Migratório	Zona oceânica e nerítica	Mai - Dez	EN	LC	APÊNDICE I
Balaenoptera musculus	Baleia-azul	Local	Zona oceânica e nerítica	Jul - Out	CR	EN	APÊNDICE I
Balaenoptera physalus	Baleia-fin	Local	Zona oceânica e nerítica	Jul - Out	EN	VU	APÊNDICE I
Balaenoptera borealis	Baleia-sei	Local	Zona oceânica e nerítica	Jul - Out	EN	EN	APÊNDICE I
Physeter macrocephalus	Cachalote	Local	Zona oceânica e nerítica	Jan - Dez	VU	VU	APÊNDICE I
Sotalia guianensis	Boto-cinza	Local	Zona nerítica, manguezal e estuário	Jan - Dez	VU	NT	APÊNDICE I
Pontoporia blainvillei	Toninha	Local	Zona oceânica e estuário	Jan - Dez	CR	VU	APÊNDICE II
Sirênios							
Trichechus manatus	Peixe-boi-marinho	Local	Zona nerítica, manguezal e estuário	Jan - Dez	EN	VU	APÊNDICE II

Fonte: ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019; CITES, 2019; MAREM, 2016.
Legenda: EN (Em perigo) - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo; VU (Vulnerável) - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo; CR (Criticamente em perigo) - Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato; NT (Quase ameaçado) – Não se enquadra em nenhuma categoria de ameaça, mas é provável que venha a se enquadrar em um futuro próximo; LC (Pouco preocupante) - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima; Apêndice I - Espécies ameaçadas de extinção, cujo comércio somente será permitido em circunstâncias excepcionais; Apêndice II – Espécies não necessariamente ameaçadas de extinção, mas cujo comércio deve ser controlado.

Conforme visto para as tartarugas marinhas e aves, a Área de Estudo representa uma importante região para os mamíferos aquáticos, com áreas de reprodução, alimentação e corredor migratório para algumas espécies. Essas áreas estão listadas na **Tabela II.5.4 - 9**.

Com relação às espécies migratórias, as baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) se deslocam entre suas áreas de alimentação nas Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul (Zona Polar Antártica) e reprodução no nordeste do Brasil (principalmente no Banco de Abrolhos), entre os meses de junho e novembro (MARTINS et al., 2001; ZERBINI *et al*., 2006; SICILIANO *et al*., 2006). Segundo ZERBINI *et al*. (2006; 2014), as baleias-jubarte monitoradas se deslocam por dois caminhos distintos: próximo à costa, sobre a plataforma continental, e em águas profundas na região da Cadeia Vitória-Trindade. As baleias-jubarte que migram pela costa, aproximam-se do continente quando chegam próximas à região de Cabo Frio (**Figura II.5.4 - 5**).

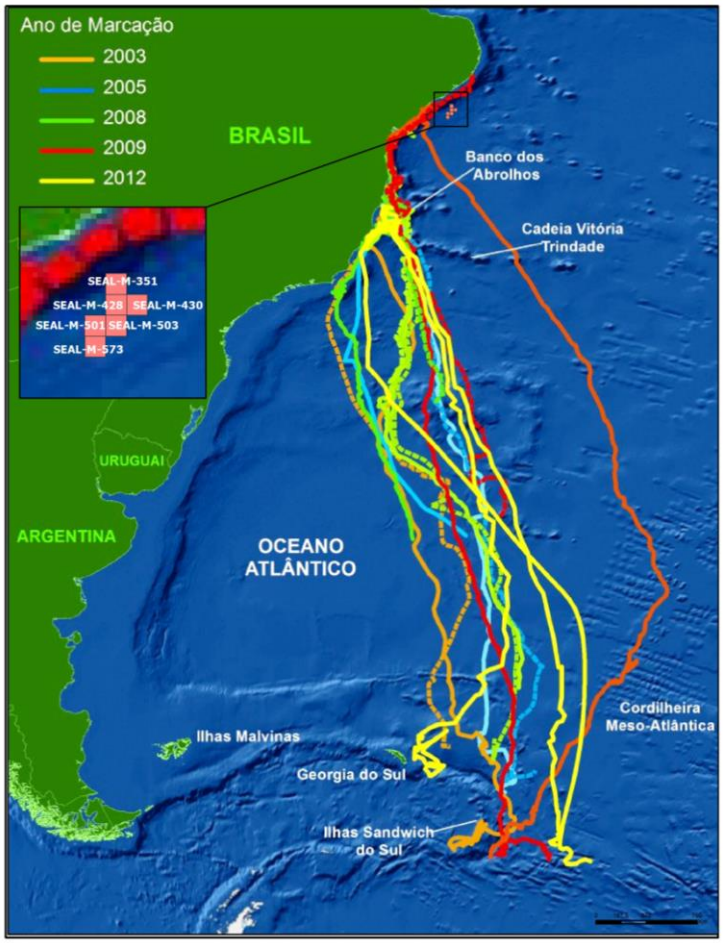


Figura II.5.4 - 5: Rotas e destino das baleias-jubarte marcadas pelo Projeto de Monitoramento de Baleias por Satélite (PMBS, 2019) entre 2003 e 2012.

Dentre os mamíferos aquáticos presentes na Área de Estudo, as espécies *Sotalia guianensis* (boto-cinza) e *Trichechus manatus* (peixe-boi-marinho) se destacam como espécies indicadoras da qualidade ambiental.

O boto-cinza apresenta um padrão de fidelidade ao hábitat, podendo refletir, em seus tecidos, a presença de contaminantes e patógenos presentes no ambiente local, diferentemente de uma abordagem feita em escala regional ou global, como na maioria dos cetáceos. Além disso, seu ciclo de vida longo (30 anos) possibilita um monitoramento contínuo ao longo do tempo (FLORES & BAZZALO, 2004, AZEVEDO et al., 2007 apud MOURA, 2009).

O peixe-boi-marinho é considerado um bioindicador da saúde dos ecossistemas marinhos. Sua estrutura corpórea grande e robusta, longa expectativa de vida e, notavelmente, resistência às doenças naturais e à ferimentos de traumas físicos, caracteriza-os por um sistema imune eficiente. Apesar disso, quando comparado aos demais mamíferos marinhos, apresenta maior sensibilidade sendo, portanto, um potencial bioindicador entre os representantes desse grupo biológico (BONDE et al., 2004).

Conforme mencionado anteriormente, os grupos faunísticos apresentados acima (bancos biogênicos, recursos pesqueiros, tartarugas marinhas, aves e mamíferos aquáticos) possuem locais de concentração, alimentação e reprodução em localidades presentes na área de estudo, nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro. A **Tabela II.5.4 - 9** abaixo apresentam as localidades por estado e a relação de espécies encontradas, bem como o tipo de atividade desenvolvida em cada local.

O **Mapa II.5.4 - 3** apresenta as áreas de concentração (alimentação e reprodução) das espécies de fauna presentes na Área de Estudo, bem como as rotas de migração dos diferentes grupos.

Por fim, **Mapa II.5.4 - 4** o apresenta os empreendimentos e atividades de petróleo e gás na região de estudo.

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Rio Grande do Norte		
Faixa marinha da zona costeira do Rio Grande do Norte entre Tibau e Ceará-Mirim	Ocorrência de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Zona nerítica entre os municípios de Extremoz e Baía Formosa		
Localidade	**Atividades**	**Espécies**
Paraíba		
Zona Nerítica do Estado da Paraíba	Ocorrência de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianenses*).
Localidade	**Atividades**	**Espécies**
Pernambuco		
Estuário do Rio Formoso	Concentração de aves	Aves aquáticas mergulhadoras (*Megaceryle torquata*), aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris minutilla*, *Arenaria interpres*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa flavipes*, *Tringa melanoleuca*) e aves aquáticas pernaltas (*Rallus longirostris*).
Coroa do Avião	Concentração e repouso de aves migratórias	Aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Haematopus palliatus*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa solitaria*, *Charadrius melodus*) e aves marinhas costeiras (*Thalasseus acuflavidus*).
Zona nerítica entre os municípios de Paulista e Goiana	Ocorrência de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Zona nerítica entre os municípios de São José da Coroa Grande e Sirinhaem		
Área de entorno do Porto de Suape	Concentração de mamíferos aquáticos	Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Área de entorno da Praia de Piedade		

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Área de entorno da Praia do Bairro Novo		
Área de entorno do Porto do Recife		
Localidade	**Atividade**	**Espécies**
Alagoas		
Estuário do Rio Poxinzinho	Ocorrência de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Estuário do Rio Jequiá		Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Estuário do Rio Coruripe	Concentração de aves Ocorrência de mamíferos aquáticos	Aves marinhas costeiras (*Thalasseus acuflavidus*, *Leucophaeus atricilla*) e aves limícolas (*Calidris pusilla*, *Calidris alba*, *Arenaria interpres*, *Charadrius semipalmatus*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Praias arenosas do município de Feliz Deserto	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea* e *Chelonia mydas*).
Praias arenosas do município de Coruripe (AL) entre a Praia do Japu e o Pontal do Coruripe	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea* e *Chelonia mydas*).
Praia e Pontal do Peba	Concentração de aves Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Aves de rapina (*Buteogallus aequinoctialis*, *Urubitinga urubitinga*), anseriformes (*Anas bahamensis*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*), aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Himantopus mexicanus*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*) e aves marinhas costeiras (*Sterna hirundo*, *Thalasseus acuflavidus*). Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea* e *Chelonia mydas*).
Zona nerítica entre a Foz do Rio Coruripe e o município de Maragogi	Concentração de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Zona nerítica entre os municípios de Piaçabuçu e Coruripe	Alimentação de quelônios Concentração de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Foz do Rio Pratagy	Ocorrência de peixes-boi	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Foz do Rio Maragogi e adjacências	Concentração de aves Ocorrência de peixes-boi	Aves limícolas (*Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Pluvialis squatarola*) e aves marinhas costeiras (*Anous stolidus*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*)
Estuário do Rio Manguaba e Praia do Pontal do Boqueirão	Concentração de aves e peixes-boi	Aves de rapina (*Buteogallus aequinoctialis*), aves aquáticas pernaltas (*Nyctanassa violacea*) e aves limícolas (*Calidris alba*, *Calidris minutilla*, *Calidris pusilla*, *Charadrius semipalmatus*, *Arenaria interpres*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Área de Proteção Ambiental de Santa Rita	Concentração de aves Ocorrência de peixes-boi	Aves limícolas migratórias (*Charadrius semipalmatus*, *Charadrius wilsonia*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris pusilla*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa flavipes*, *Tringa melanoleuca*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Estuário do Rio São Miguel e da Lagoa do Roteiro	Concentração de aves Ocorrência de peixes-boi	Aves de rapina (*Buteogallus aequinoctialis*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*, *Aramides mangle*), aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Limosa lapponica*, *Tringa semipalmata*), aves marinhas costeiras (*Chroicocephalus cirrocephalus*, *Sterna hirundo*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Estuário do Rio São Francisco	Concentração de aves Ocorrência de peixes-boi	Aves de rapina (*Buteogallus aequinoctialis*, *Urubitinga urubitinga*), anseriformes (*Anas bahamensis*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*), aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Himantopus mexicanus*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*) e aves marinhas costeiras (*Sterna hirundo*, *Thalasseus acuflavidus*). Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Zona nerítica entre a Foz do Rio Coruripe e o município de Maragogi	Concentração de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Zona nerítica entre os municípios de Piaçabuçu e Coruripe	Concentração de mamíferos aquáticos Alimentação de quelônios	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*). Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*).
Zona de Conservação da Vida Marinha do Peixe Boi	Concentração de mamíferos aquáticos	Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Área no entorno do Porto de Maceió	Concentração de mamíferos aquáticos	Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Localidade	**Atividade**	**Espécies**
Sergipe		
Praia Caueira	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Praias arenosas do município de Aracaju	Concentração de aves Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Aves limícolas (*Charadrius wilsonia*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris alba*, *Charadrius semipalmatus*, *Haematopus palliatus*, *Himantopus mexicanus*, *Calidris canutus*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris minutilla*, *Calidris pusilla*, *Gallinago paraguaiae*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa flavipes*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa semipalmata*), aves marinhas costeiras (*Chroicocephalus cirrocephalus*, *Sterna hirundo*, *Thalasseus acuflavidus*, *Anous stolidus*, *Onychoprion fuscatus*, *Sterna dougallii*, *Sterna paradisaea*, *Sternula antillarum*, *Sternula superciliaris*, *Sula dactylatra*), anseriformes (*Anas bahamensis*, *Nomonyx dominica*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*, *Nyctanassa livacea*,

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
		Rallus longirostris, *Eudocimus ruber*), aves marinhas pelágicas (*Thalassarche melanophris*, *Calonectris borealis*, *Stercorarius longicaudus*, *Stercorarius maccornicki*, *Stercorarius pomarinus*). Tartarugas mairnhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Praias arenosas do município de Barra dos Coqueiros	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Praia Pirambu	Concentração de aves Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Aves marinhas pelágicas migratória (*Stercorarius maccormicki*), aves limícolas (*Calidris pusilla*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris canutus*, *Calidris alba*, *Arenaria interpres* e *Charadrius semipalmatus*). Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Praias arenosas do município de Pacatuba	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Praias arenosas do município de Brejo Grande	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Complexo estuarino dos Rios Piauí, Fundo e Real	Concentração de aves	Aves de rapina (*Buteogallus aequinoctialis*, *Leptodon forbesi*), aves aquáticas pernaltas (*Cochlearius cochlearius*, *Egretta caerulea*, *Nycticorax nycticorax*) e aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Tringa solitaria*).
Zona Nerítica do Estado de Sergipe	Ocorrência de mamíferos aquáticos Alimentação de quelônios	Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*). Tartaruga-verde (Chelonia mydas).
Estuário do Rio Sergipe	Concentração de aves e mamíferos aquáticos	Aves limícolas (*Charadrius wilsonia*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris alba*, *Charadrius semipalmatus*, *Haematopus palliatus*, *Himantopus mexicanus, Calidris canutus*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris minutilla*, *Calidris pusilla*, *Gallinago paraguaiae*, *Limnonodromus griseus, Numenius hudsonicus*, *Tringa flavipes*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa semipalmata*, *Tringa solitaria*), aves marinhas costeiras (*Chroicocephalus cirrocephalus*, *Sterna hirundo*, *Thalasseus acuflavidus*, *Anous stolidus*, *Onychoprion fuscatus*, *Sterna dougallii*, *Sterna paradisaea*, *Sternula antillarum*, *Sternula superciliaris*, *Sula dactylatra*), anseriformes (*Anas bahamensis*, *Nomonyx dominica*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*, *Nyctanassa violacea*, *Rallus longirostris*, *Eudocimus ruber*) e aves marinhas pelágicas (*Thalassarche melanophris*, *Calonectris borealis*, *Stercorarius longicaudus*, *Stercorarius maccornicki*, *Stercorarius pomarinus*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Estuário do Rio Vaza-Barris	Concentração de aves Concentração e ocorrência de mamíferos aquáticos.	Aves limícolas (*Charadrius wilsonia*, *Pluvialis squatarola*, *Chroicocephalus cirrocephalus*, *Calidris alba*, *Charadrius semipalmatus*, *Haematopus palliatus*, *Gallinago paraguaiae*, *Limmonodromus griseus*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa flavipes*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa semipalmata*, *Tringa solitaria*, *Himantopus mexicanus*, *Calidris canutus*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris minutilla*, *Calidris pusilla*), aves marinhas costeiras (*Sterna hirundo*, *Thalasseus acuflavidus*, *Sterna paradisaea*, *Anous stolidus*, *Onychoprion fuscatus*, *Sterna dougallii*, *Sternula antillarum*, *Sternula superciliaris*, *Sula dactylatra*), anseriformes (*Anas bahamensis*, *Nomonyx dominica*), aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*, *Nyctanassa violacea*, *Rallus longirostris*, *Eudocimus ruber*), aves marinhas pelágicas (*Thalassarche melanophris, Calonectris borealis, Stercorarius longicaudatus, Stercorarius maccornicki, Stercorarius pomarinus*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*) e peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).
Praias arenosas do município de Estância	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*).
Localidade	**Atividade**	**Espécies**
Bahia		
Refúgio da Vida Silvestre do Rio dos Frades	Concentração de aves	Aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*).
Plataforma de Abrolhos	Migração e Reprodução de mamíferos aquáticos	Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).
Zona nerítica entre Salvador e Canavieiras	Reprodução de mamíferos aquáticos	Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).
Porto de Ilhéus e proximidades	Concentração de aves Reprodução de mamíferos aquáticos	Aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*, *Urubitinga urubitinga*), aves limícolas (*Calidris fuscicollis*, *Arenaria interpres*, *Pluvialis squatarola*, *Charadrius wilsonia*, *Charadrius semipalmatus*) e aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Estuário do Rio Almada	Concentração de aves	Aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix, Urubitinga urubitinga*), aves limícolas (*Calidris fuscicollis, Arenaria interpres, Pluvialis squatarola, Charadrius wilsonia, Charadrius semipalmatus*), aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*)
Estuário do Rio Cachoeira (ou Colônia)	Concentração de aves e mamíferos aquáticos	Aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*, *Urubitinga urubitinga*), aves limícolas (*Calidris fuscicollis*, *Arenaria interpres*, *Pluvialis squatarola*, *Charadrius wilsonia*, *Charadrius semipalmatus*), aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Estuário do Rio Serinhaém	Concentração de aves	Aves marinhas costeiras (*Thalasseus acuflavidus*), aves aquáticas pernaltas (*Rallus longirostris, Egretta caerulea*) e aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*).
Baía de Todos os Santos	Concentração de mamíferos aquáticos	Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Zona nerítica entre a Barra do Jacuípe e a Praia do Forte	Ocorrência e Reprodução de mamíferos aquáticos	Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).
Praias arenosas do município de Camaçari	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias de Imbassaí, Santo Antônio e Costa do Sauipe	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas do município de Entre Rios	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas do município de Esplanada	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas do município de Conde	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas entre a Barra do Itapicuru e a Praia de Coqueiros	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas de Salvador entre a Praia da Armação e a Praia de Ipitanga	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Praias arenosas do municipio de Lauro de Freitas	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Praia do Forte	Concentração de aves Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Aves marinhas costeiras (*Sula leucogaster*, *Sula dactylatra*, *Thalasseus acuflavidus*, *Sterna hirundo*, *Sterna dougallii*, *Anous stolidus*), aves marinhas pelágicas (*Stercorarius pomarinus*, *Stercorarius parasiticus*, *Stercorarius maccormicki*, *Puffinus puffinus*, *Calonectris borealis*, *Oceanites oceanicus*, *Halassarche chlororhynchos*), aves limícolas (*Tringa solitaria*, *Arenaria interpres*, *Charadrius semipalmatus*) e aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*). Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Mangue Seco	Concentração de aves Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Aves de rapina (*Pandion haliaetus*), aves limícolas (*Pluvialis dominica*, *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Limnodromus griseus*, *Numenius phaeopus*, *Actitis macularius*, *Tringa solitaria*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa flavipes*, *Arenaria interpres*, *Calidris canutus*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Calidris minutilla*, *Calidris fuscicollis*) e aves marinhas costeiras (*Sternula antillarum*, *Sterna hirundo*, *Sterna paradisaea*, *Thalasseus acuflavidus*). Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta*).
Zona nerítica entre a Praia da Boca do Rio e a Praia de Jauá	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) Grandes cetáceos (Megaptera novaeangliae).
Zona nerítica entre a Praia do Forte e a Praia de Imbassaí	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) Grandes cetáceos (Megaptera novaeangliae).
Zona nerítica entre a Praia de Jauá e a Praia de Arembepe	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) Grandes cetáceos (Megaptera novaeangliae).
Canal entre as Ilhas Redonda e Siriba (Arquip. de Abrolhos)	Alimentação de quelônios	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Chelonias mydas* e *Caretta caretta*)
Canal entre as Ilhas Redonda e Santa Bárbara (Arquip. de Abrolhos)	Alimentação de quelônios	Tartarugas marinhas (*Eretmochelys imbricata*, *Chelonias mydas* e *Caretta caretta*)

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Arquipélago de Abrolhos e seu entorno	Reprodução de mamíferos aquáticos	Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*) e pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Baía de Camamu	Concentração de aves Reprodução de mamíferos aquáticos	Aves marinhas costeiras (*Thalasseus acuflavidus*, *Sterna hirundo*, *Sula leucogaster*), aves limícolas (*Tringa semipalmata*, *Tringa melanoleuca*, *Numenius hudsonicus*, *Arenaria interpres*, *Calidris fuscicollis*, *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*), aves marinhas pelágicas (*Stercorarius parasiticus*, *Stercorarius maccormicki*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*, *Urubitinga urubitinga*) e aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Delta do Rio Jequitinhonha	Concentração de aves	Aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*, *Thalasseus maximus*, *Thalasseus acuflavidus*, *Sterna hirundo*), aves marinhas pelágicas (*Stercorarius maccormicki*, *Puffinus gravis*, *Phaethon aethereus*, *Phaethon lepturus*), aves limícolas (*Tringa semipalmata*, *Calidris alba*, aves aquáticas pernaltas (*Aramides mangle*, *Nyctanassa violacea*, *Ciconia maguari*), aves de rapina (*Amadonastur lacernulatus*).
Estuário do Rio de Contas e adjacências	Concentração de mamíferos aquáticos	Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Estuário do Rio Jaguaripe	Concentração de aves	Aves marinhas costeiras (*Sterna hirundo, Sterna dougallii*, *Thalasseus acuflavidus*) e aves limícolas (*Tringa solitaria, Charadrius semipalmatus*).
Estuário do Rio Paraguaçu	Concentração de aves Reprodução de mamíferos aquáticos	Aves aquáticas pernaltas (*Eudocimus ruber, Egretta caerulea*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*) e aves limícolas (*Tringa solitaria, Charadrius semipalmatus*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).
Ilha Guarita	Concentração e reprodução de aves	Aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*, *Anous stolidus*, *Onychoprion fuscatus*) e aves marinhas pelágicas (*Phaethon aethereus*).
Ilha Redonda	Concentração e reprodução de aves	Aves marinhas costeiras (Sula dactylatra, Sula leucogaster, Fregata magnificens) e aves marinhas pelágicas (Phaethon aethereus).
Ilha Santa Bárbara	Concentração e reprodução de aves	Aves marinhas costeiras (Sula dactylatra, Sula leucogaster) e aves marinhas pelágicas (Phaethon aethereus, Phaethon lepturus).
Ilha Siriba	Concentração e reprodução de aves	Aves marinhas costeiras (Sula dactylatra, Sula leucogaster) e aves marinhas pelágicas (Phaethon aethereus).
Ilha Sueste	Concentração e reprodução de aves	Aves marinhas costeiras (Sula dactylatra, Sula leucogaster, Fregata magnificens) e aves marinhas pelágicas (Phaethon aethereus).
Monte Pascoal	Concentração de aves	Aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Praia do Sul até a foz do Rio Curutinga	Concentração de aves	Aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*), aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*) e aves limícolas (*Pluvialis squatarola*, *Charadrius wilsonia*), aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*), aves limícolas (*Calidris fuscicollis*, *Arenaria interpres*, *Charadrius semipalmatus*) e aves de rapina (*Urubitinga urubitinga*).
Praias arenosas da Ilha Redonda	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*).
Praias arenosas da Ilha de Santa Bárbara	Reprodução de quelônios (Setembro a abril)	Tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*).
Região costeira do Refúgio da Vida Silvestre de Una	Concentração de aves	Aves de rapina (*Amadonastur lacernulatus*, *Pulsatrix perspicillata pulsatrix*), aves aquáticas pernaltas (*Nyctanassa violacea*, *Aramides mangle*), aves limícolas (*Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris alba*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa semipalmata*) e aves marinhas costeiras (*Anous stolidus*).
Praias arenosas do município de Itacaré	Concentração de aves	Aves marinhas costeiras (*Thalasseus acuflavidus, Sterna hirundo*, *Sula leucogaster*), aves limícolas (*Tringa semipalmata*, *Tringa melanoleuca, Numenius hudsonicus, Arenaria interpres, Pluvialis squatarola, Charadrius semipalmatus*), aves marinhas pelágicas (*Stercorarius maccormicki, Stercorarius parasiticus*), aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix, Urubitinga urubitinga*) e aves aquáticas pernaltas (*Egretta caerulea*).
Praia de São Miguel	Concentração de aves	Aves de rapina (*Pulsatrix perspicillata pulsatrix*), aves aquáticas pernaltas (*Amaurolimnas concolor*), aves limícolas (*Pluvialis squatarola, Charadrius wilsonia*), aves marinhas costeiras (*Sula dactylatra*), aves limícolas (*Calidris fuscicollis, Arenaria interpres, Charadrius semipalmatus*), aves de rapina (*Urubitinga urubitinga*).
Estuário do Rio Itapicuru	Concentração Repouso de aves migratórias	Aves limícolas migratórias (*Charadrius semipalmatus, Pluvialis squatarola, Arenaria interpres, Calidris alba, Numenius hudsonicus* e *Tringa semipalmata*) e aves marinhas pelágicas (*Thalassarche cauta*).
Zona nerítica entre a Praia Costa Azul e a Praia de Mangue Seco	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*). Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).
Zona nerítica entre a Barra do Itariri e a Praia Costa Azul	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*). Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).

Tabela II.5.4 - 9: Áreas de concentração de fauna, por estado, na Área de Estudo.

Localidade	Atividades	Espécies
Zona nerítica entre a Praia de Imbassaí e a Praia de Baixio	Alimentação de quelônios Ocorrência e reprodução de mamíferos aquáticos	Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*). Grandes cetáceos (*Megaptera novaeangliae*).
Localidade	**Atividades**	**Espécies**
Baía de Guanabara	Concentração, alimentação e repouso de aves Concentração de mamíferos aquáticos	Aves marinhas costeiras (*Sula leucogaster, Thalasseus maximus, Fregata magnificens, Larus dominicanus, Sterna hirundinacea, Thalasseus acuflavidus*), aves aquáticas mergulhadoras (*Phalacrocorax brasilianus, Megaceryle torquata*), aves aquáticas pernaltas (*Ardea cocoi, Ardea alba, Egretta thula, Egretta caerulea*), aves limícolas (*Vanellus chilensis, Pluvialis squatarola, Charadrius semipalmatus, Charadrius collaris, Arenaria interpres, Tringa solitaria, Tringa flaviceps, Tringa melanoleuca, Actitis macularius, Calidris alba, Numenius hudsonicus*) e anseriformes (*Dendrocygna viduata*). Pequenos cetáceos (*Sotalia guianensis*).

Fonte: MAREM, 2016

Mapa II.5.4 - 1 – Mapa de Áreas de Prioritárias

40°0'0"W 37°40'0"W 35°20'0"W 33°0'0"W

6°0'0"S 8°0'0"S 10°0'0"S 12°0'0"S 14°0'0"S

CE
RN
PB
PE
AL
SE
BA

Zm030
Zm073
Zm025
Zm026
MaZc881
MaZc526
MaZc525
MaZc524
MaZc522
MaZc521
MaZc517
MaZc514
MaZc510
Zm075
Bacia de Pernambuco-Paraiba
Zm024
MaZc506
MaZc504
MaZc503
MaZc500
MaZc498
Zm072
MaZc497
MaZc495
MaZc494
MaZc490
MaZc489
MaZc870
MaZc487
MaZc483
MaZc866
MaZc479
MaZc478
MaZc477
Porto de Maceió
MaZc865
MaZc474
MaZc476
MaZc473
Zm023
MaZc863
MaZc470
MaZc471
MaZc469
MaZc862
MaZc468
≈ 120 km/64 MN
MaZc465
MaZc861
MaZc463
Aeroporto de Santa Maria
MaZc461
94 km
Zm022
Zm070
SEAL-M-351
SEAL-M-428
SEAL-M-430
Bacia de Sergipe-Alagoas
SEAL-M-501
Zm069
SEAL-M-503
SEAL-M-573
MaZc459
MaZc858
MaZc857
MaZc458
Zm067
MaZc856
MaZc457
Zm068
Bacia de Jacuípe
Zm066
MaZc454
MaZc853
MaZc854
MaZc850
MaZc849
MaZc846
≈ 1596 km / 858 MN
Zm059
Ma445
MaZc845
MaZc444
Zm021
Zm065
MaZc843
MaZc844
Zm064
Bacia de Camamu-Almada
Zm020
MaZc840
MaZc839
Zm062
Zm061

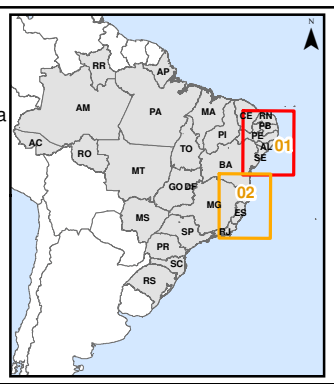
Informações cartográficas

- Base de apoio aéreo
- Base de apoio marítimo
- Rota aérea
- Blocos ExxonMobil
- Bacias marítimas
- Municípios da área de interesse
- Municípios costeiros
- Limite estadual

Legenda

Áreas Prioritárias (MMA,

Prioridade	Importância
Extremamente	Insuficientemente conhecida
Muito	Alta
Alta	Muito Alta
	Extremamente Alta



0 20 40 80 Km

1:3.000.000

Projeção:
Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

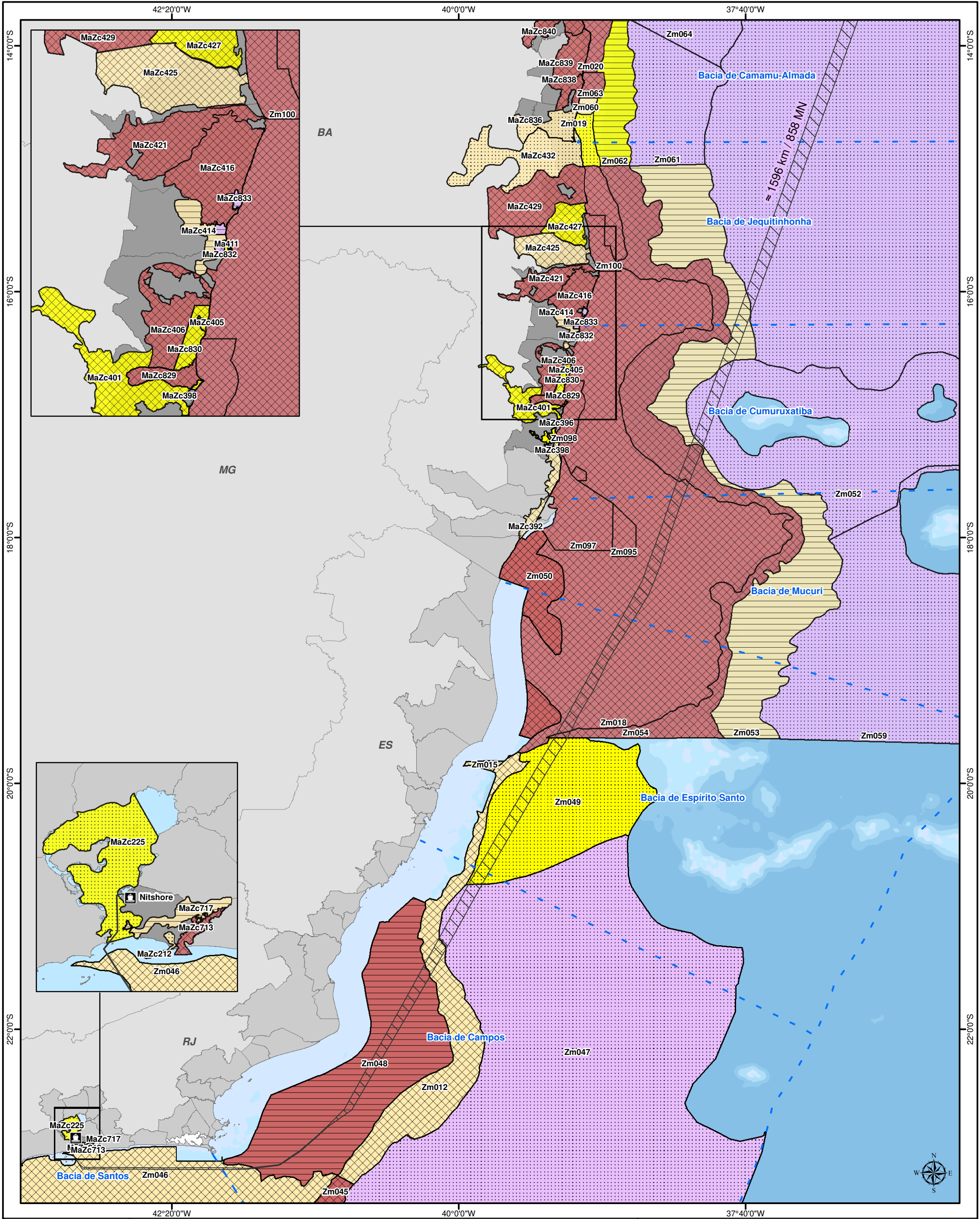
Informações Cartográficas/Fonte:
Áreas Prioritárias: MMA, 2007
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Áreas de Prioritárias

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Patrícia Meg	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-1**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 65905/02	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	01	00

Document Path: L:\Obriens-do-Brasil\01_Projetos\ExxonMobil\19.07.152.12 - EXXONMOBIL - EIA-RIMA_SEAL\Memoria\GIS\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_EIARIMA_SEAL_SinteseQA_AreasPrioritarias2007_A3_folha1.mxd



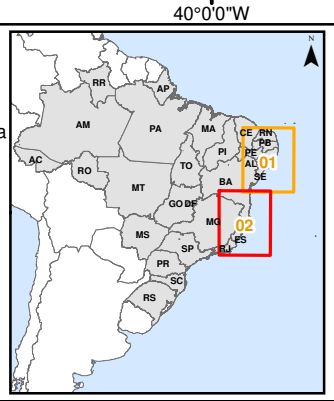
Informações cartográficas

- Base de apoio marítimo
- Bacias marítimas
- Rotas de navegação
- Municípios da área de interesse
- Municípios costeiros
- Limite estadual

Legenda

Áreas Prioritárias (MMA, 2007)

Prioridade	Importância
Extremamente	Insuficientemente conhecida
Muito	Alta
Alta	Muito Alta
	Extremamente Alta



0 20 40 80 Km

1:3.000.000

Projeção:
Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

Informações Cartográficas/Fonte:
Áreas Prioritárias: MMA, 2007
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

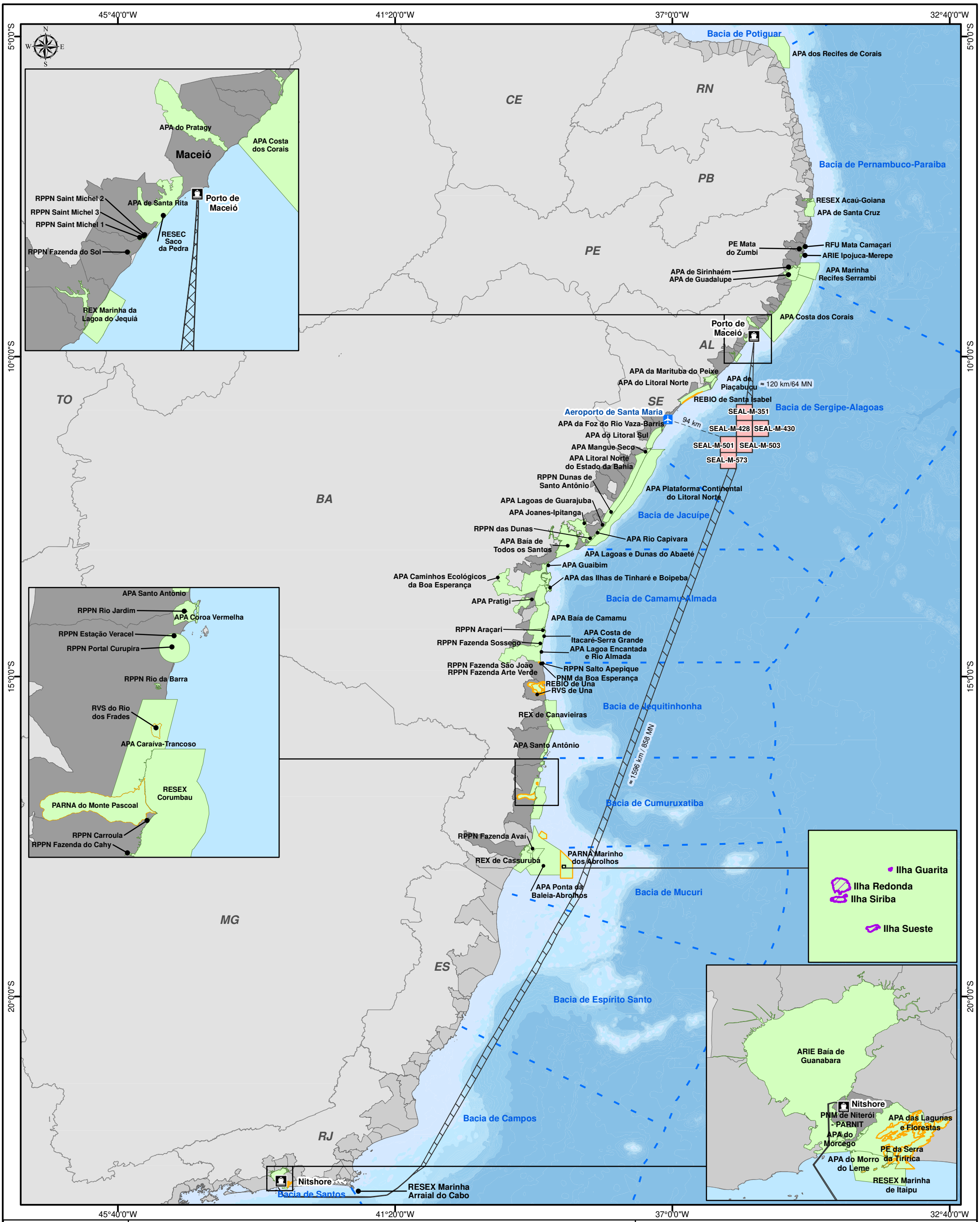
TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Áreas de Prioritárias

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Patrícia Meg	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-1**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 65905/02	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	02	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_EIARIMA_SEAL_SinteseQA_AreasPrioritarias2007_A3_folha2.mxd

Mapa II.5.4 - 2 – Mapa de Unidades de Conservação



Informações cartográficas

- Base de apoio aéreo
- Base de apoio marítimo
- Rota aérea
- Rotas de navegação
- Bacias marítimas
- Municípios da área de interesse
- Municípios costeiros
- Limite estadual

Legenda

- Localidades de Abrolhos
- Unidades de conservação de Uso Sustentável
- Unidades de conservação de Proteção Integral

0 40 80 160 Km

1:5.800.000

Projeção:
Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

Informações Cartográficas/Fonte:
Unidades de Conservação: Witt O'Brien's, 2019
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

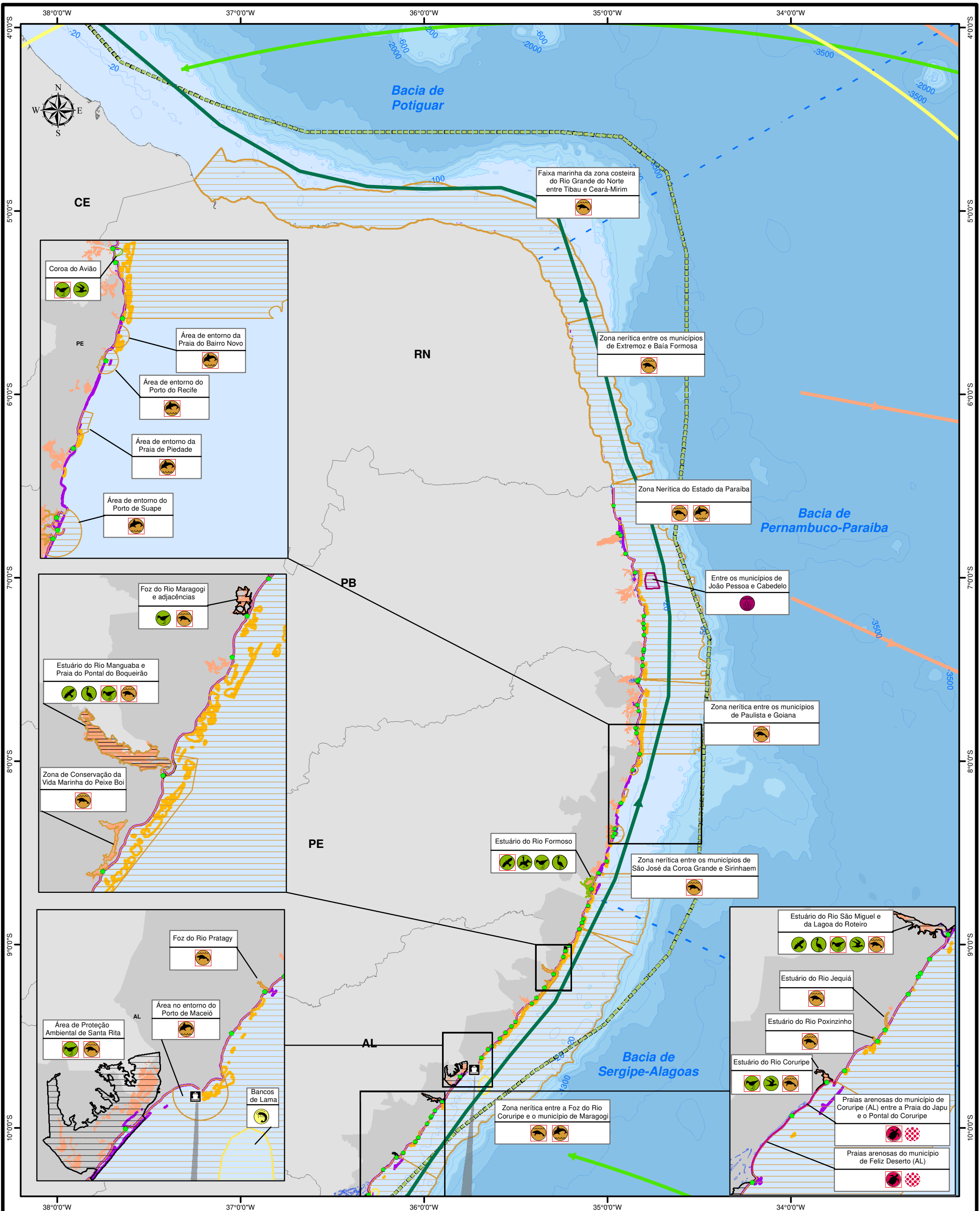
TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Unidades de Conservação

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Patrícia Meg	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	II.5.4-2
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 65905/02	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	01/01	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_EIARIMA_SEAL_SinteseQA_Unidades_de_Conservacao_v10.mxd

Mapa II.5.4 - 3 – Mapa de Síntese da Qualidade Ambiental



Informações cartográficas
- Base de apoio
- Batimetria
- Bacias marítimas
- Rotas de navegação
- Municípios da área de estudo
- Limite estadual

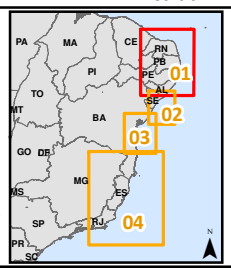
Legenda
Rotas de Migração
Aves
- Rota Atlântica

Quelônios
- Tartaruga-cabeçuda
- Tartaruga-de-pente
- Tartaruga-verde
- Tartaruga-oliva

Ecossistemas
- Estuários
- Costões Rochosos e outros substratos consolidados
- Praias e Bancos Arenosos
- Recifes de Corais
- Restingas
- Manguezais

Área de concentração
- Algas
- Aves
- Camarão
- Mamíferos marinhos
- Quelônios
- Múltiplos recursos

Recursos Biológicos
- Algas
- Aves aquáticas pernaltas (garças, flamingos)
- Aves aquáticas mergulhadoras (mergulhões, biguás)
- Aves marinhas costeiras (atobás, fragatas, pelicanos)
- Aves marinhas pelágicas (albatroz, pomba-do-cabo)
- Aves limícolas (maçaricos, batuíras, quero-quero)
- Aves de rapina (gavião, falcão)
- Anseriformes (patos e marrecos)
- Crustáceos (camarão)
- Pequenos cetáceos (golfinhos, botos)
- Grandes cetáceos (baleias)
- Sirênios (peixe-boi-marinho)
- Quelônios (tartarugas marinhas)
- Área de alimentação de mamíferos marinhos
- Área de reprodução de mamíferos marinhos
- Área de alimentação de quelônios
- Área de reprodução de quelônios
- Espécie protegida, rara, ameaçada ou em perigo de extinção ou de sobre-explotação



0 15 30 60 Km
1:2.000.000

Fonte: ANP/ECOLOGY, 2020; IUCN, 2020; MMA, 2020; PROJETO MAREM, 2016; ICMBio/MMA, 2018; MMA, 2018; PROJETO TAMAR, 2020; ICMBio/MMA, 2016

Projeção: Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

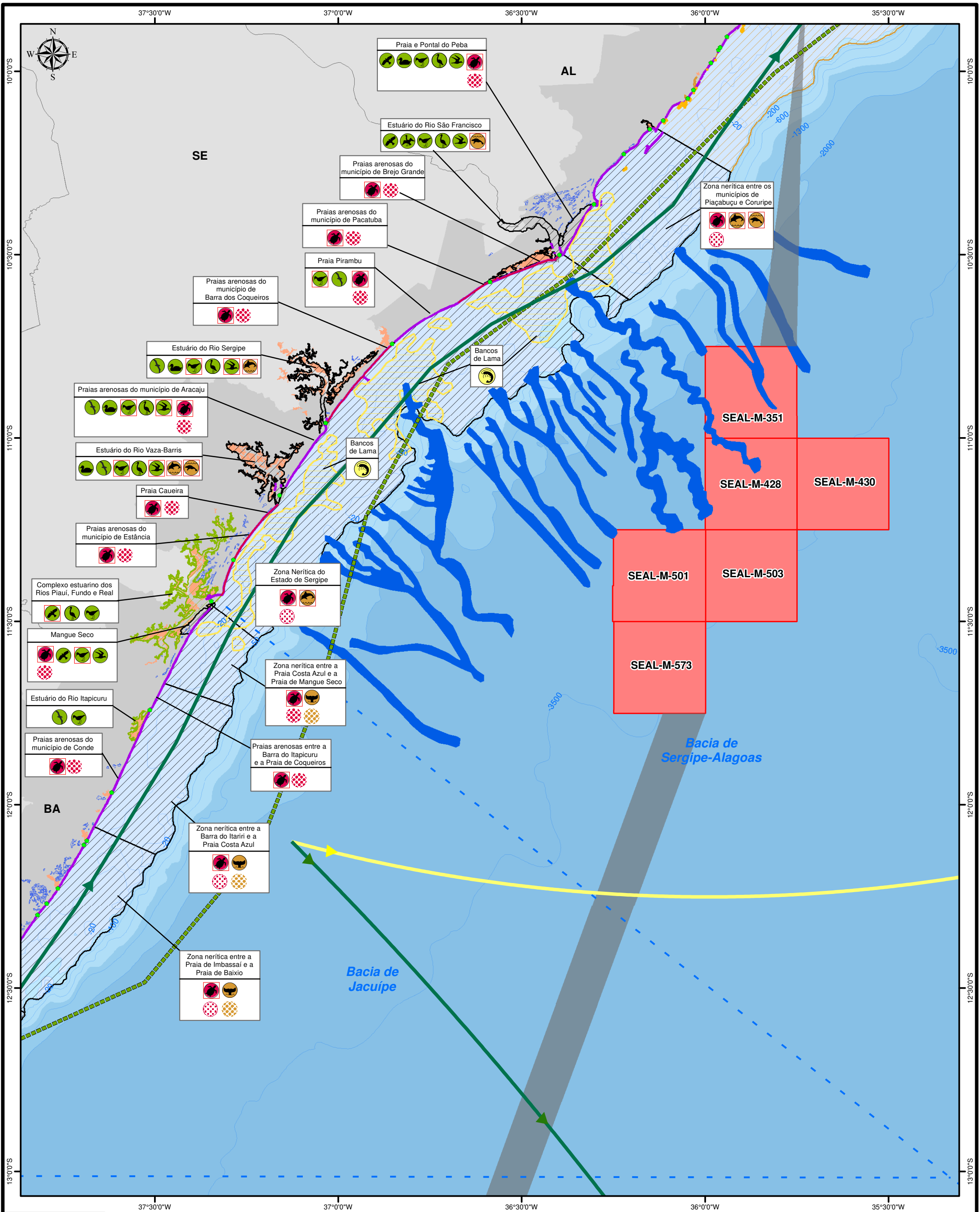
Informações Cartográficas:
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Síntese da Qualidade Ambiental

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Raquel Garofalo	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-3**
ASSINATURA	CRBio 96091	Nº PROJETO 19.07.152.12	Nº PROCESSO 02001.006112/2019-16
PROJETADO POR **Stella Rocha**	DATA Março/2020	FOLHA 01	REVISÃO 00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_02001_006112_2019_BSeal_WOB_SinteseQA_mapa01.mxd



Informações cartográficas
- Batimetria
- Bacias marítimas
- Rotas de navegação
- Blocos exploratórios ExxonMobil
- Municípios da área de estudo
- Limite estadual

Legenda

Rotas de Migração

Aves
- Rota Atlântica

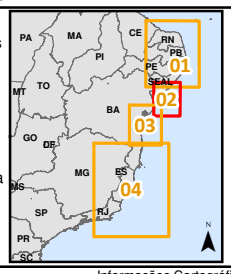
Quelônios
- Tartaruga-cabeçuda
- Tartaruga-oliva

Ecossistemas
- Estuários
- Costões Rochosos e outros substratos consolidados
- Praias e Bancos Arenosos
- Recifes de Corais
- Cânions submarinos
- Restingas
- Manguezais

Área de concentração
- Quelônios
- Aves
- Mamíferos marinhos
- Camarão
- Múltiplos recursos

Recursos Biológicos
- Aves aquáticas pernaltas (garças, flamingos)
- Aves aquáticas mergulhadoras (mergulhões, biguás)
- Aves marinhas costeiras (atobás, fragatas, pelicanos)
- Aves marinhas pelágicas (albatroz, pomba-do-cabo)
- Aves limícolas (maçaricos, batuíras, quero-quero)
- Aves de rapina (gavião, falcão)
- Anseriformes (patos e marrecos)
- Crustáceos (camarão)
- Pequenos cetáceos (golfinhos, botos)
- Grandes cetáceos (baleias)
- Sirênios (peixe-boi-marinho)
- Quelônios (tartarugas marinhas)

- Área de alimentação de mamíferos marinhos
- Área de reprodução de mamíferos marinhos
- Área de alimentação de quelônios
- Área de reprodução de quelônios
- Espécie protegida, rara, ameaçada ou em perigo de extinção ou de sobre-explotação



0 5 10 20 30 Km

1:1.000.000

Fonte:
MMA, 2020
MMA, 2018
ANP/ECOLOGY, 2020
PROJETO MAREM, 2016
PROJETO TAMAR, 2020
IUCN, 2020
ICMBio/MMA, 2018
ICMBio/MMA, 2016

Projeção: Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

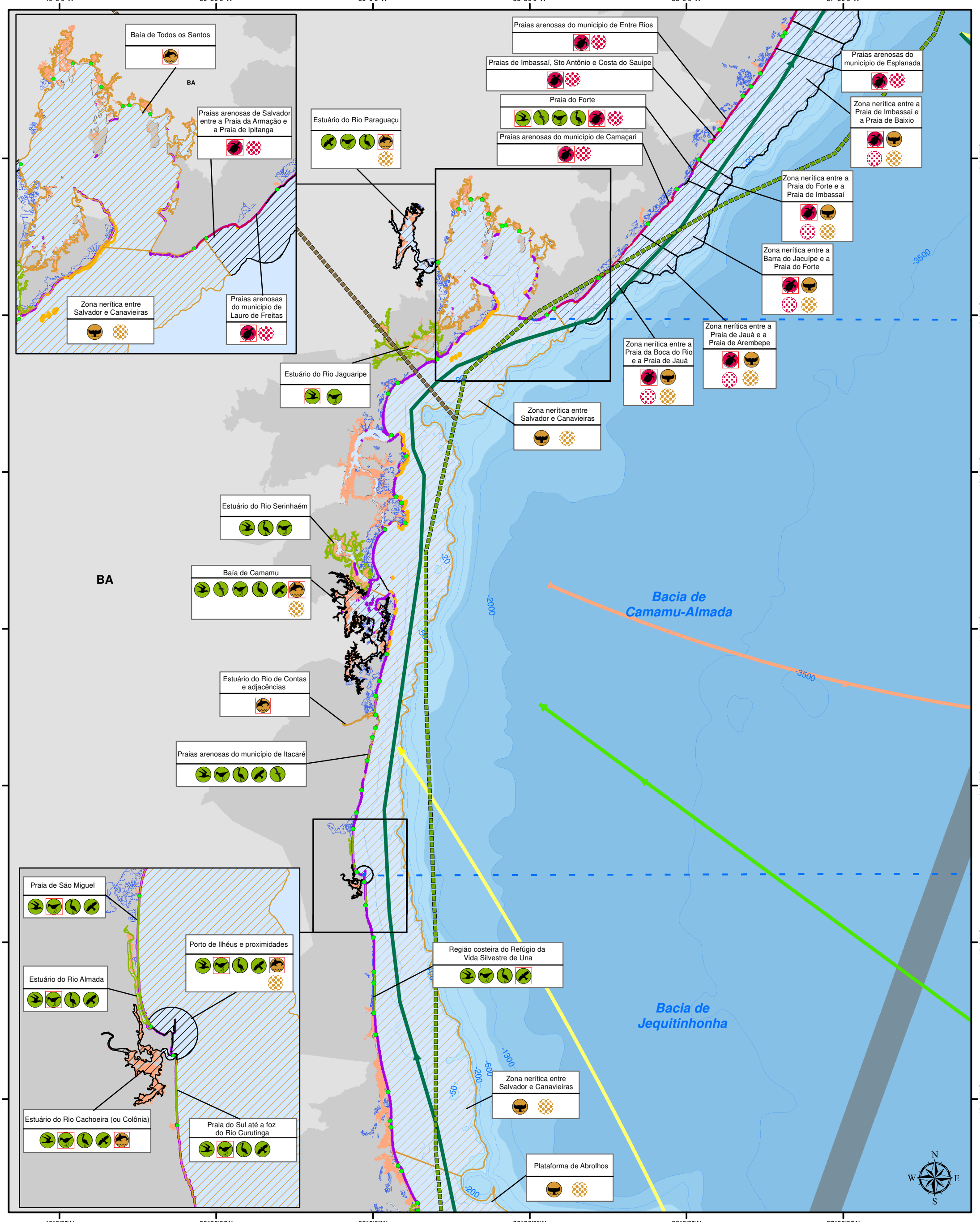
Informações Cartográficas:
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Síntese da Qualidade Ambiental

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Raquel Garofalo	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-3**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 96091	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	02	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_02001_006112_2019_BSeal_WOB_SinteseQA_mapa02.mxd



Informações cartográficas
- Batimetria
- Bacias marítimas
- Rotas de navegação
- Municípios da área de estudo
- Limite estadual

Legenda

Rotas de Migração

Aves
- Rota Atlântica
- Rota Nordeste

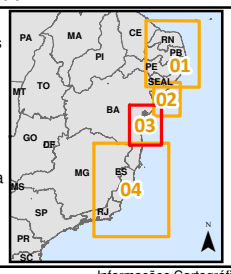
Quelônios
- Tartaruga-cabeçuda
- Tartaruga-de-pente
- Tartaruga-verde
- Tartaruga-oliva

Ecossistemas
- Estuários
- Costões Rochosos e outros substratos consolidados
- Praias e Bancos Arenosos
- Recifes de Corais
- Restingas
- Manguezais

Área de concentração
- Quelônios
- Aves
- Mamíferos marinhos
- Camarão
- Múltiplos recursos

Recursos Biológicos
- Aves aquáticas pernaltas (garças, flamingos)
- Aves aquáticas mergulhadoras (mergulhões, biguás)
- Aves marinhas costeiras (atobás, fragatas, pelicanos)
- Aves marinhas pelágicas (albatroz, pomba-do-cabo)
- Aves limícolas (maçaricos, batuíras, quero-quero)
- Aves de rapina (gavião, falcão)
- Anseriformes (patos e marrecos)
- Crustáceos (camarão)
- Pequenos cetáceos (golfinhos, botos)
- Grandes cetáceos (baleias)
- Sirênios (peixe-boi-marinho)
- Quelônios (tartarugas marinhas)

- Área de alimentação de mamíferos marinhos
- Área de reprodução de mamíferos marinhos
- Área de alimentação de quelônios
- Área de reprodução de quelônios
- Espécie protegida, rara, ameaçada ou em perigo de extinção ou de sobre-explotação



0 5 10 20 30 Km

1:1.200.000

Fonte: ANP/ECOLOGY, 2020; MMA, 2020 PROJETO MAREM, 2016; MMA, 2018 PROJETO TAMAR, 2020; IUCN, 2020; ICMBio/MMA, 2018; ICMBio/MMA, 2016

Projeção: Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

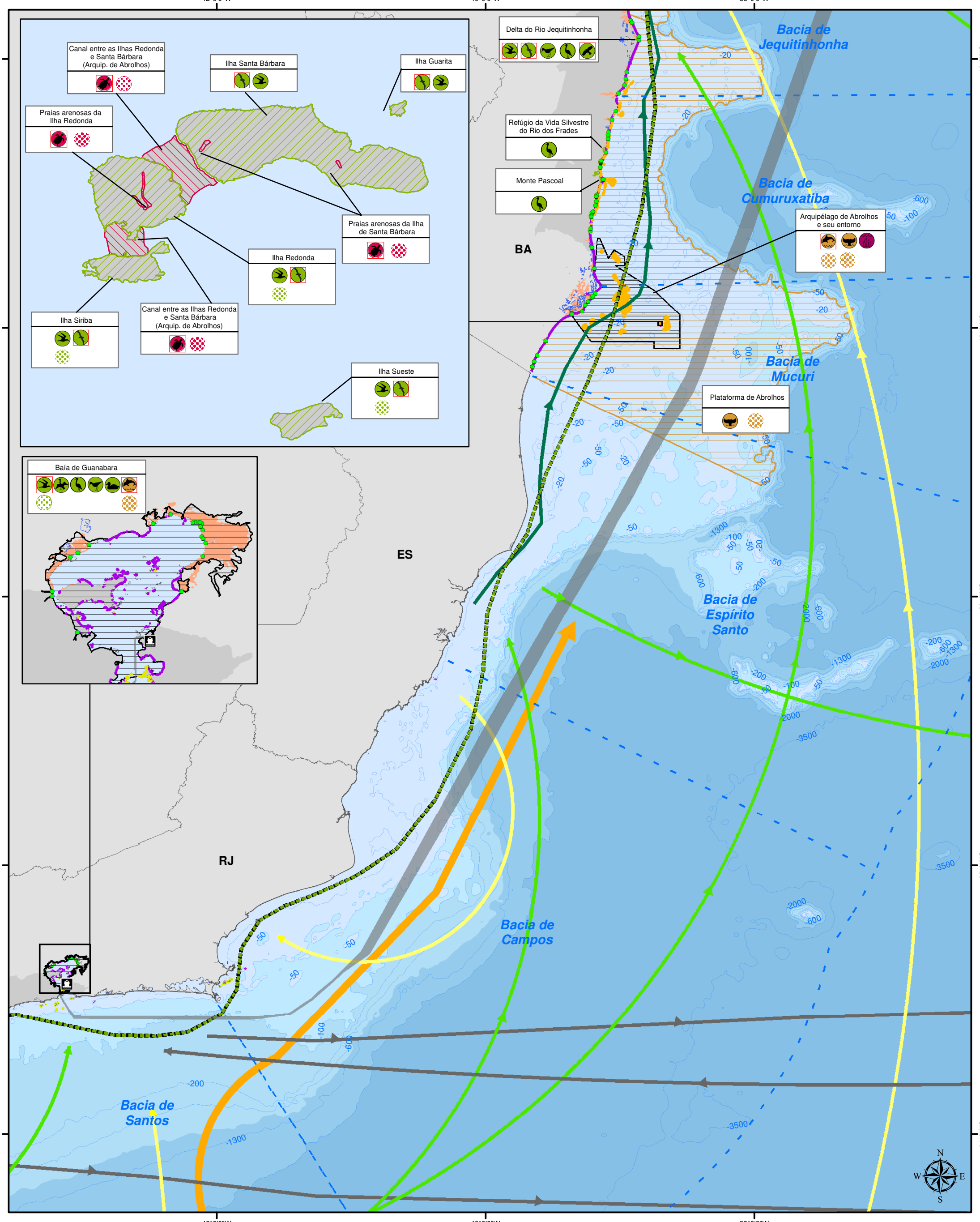
Informações Cartográficas: Batimetria: CPRM, 2008; Blocos: ANP, 2019; Limites: IBGE, BC250, 2013

TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Síntese da Qualidade Ambiental

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Raquel Garofalo	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-3**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 96091	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	03	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_02001_006112_2019_BSeal_WOB_SinteseQA_mapa03.mxd



Informações cartográficas

- Base de apoio marítimo
- Batimetria
- Bacias marítimas
- Rotas de navegação
- Municípios da área de estudo
- Limite estadual

Legenda

Área de concentração

- Quelônios
- Aves
- Mamíferos marinhos
- Múltiplos recursos

Ecossistemas

- Estuários
- Costões Rochosos e outros substratos consolidados
- Praias e Bancos
- Recifes de Corais
- Restingas
- Manguezais

Rotas de Migração

Aves

- Rota Atlântica

Quelônios

- Tartaruga-cabeçuda
- Tartaruga-de-couro
- Tartaruga-oliva
- Tartaruga-verde

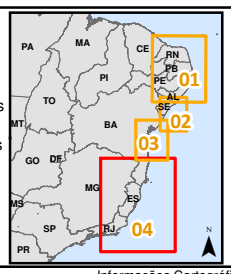
Cetáceos

- Baleia Jubarte

Recursos Biológicos

- Algas
- Aves aquáticas pernaltas (garças, flamingos)
- Aves aquáticas mergulhadoras (mergulhões, biguás)
- Aves marinhas costeiras (atobás, fragatas, pelicanos)
- Aves marinhas pelágicas (albatroz, pomba-do-cabo)
- Aves limícolas (maçaricos, batuíras, quero-quero)
- Anseriformes (patos e marrecos)
- Pequenos cetáceos (golfinhos, botos)
- Grandes cetáceos (baleias)
- Quelônios (tartarugas marinhas)

- Área de reprodução de aves
- Área de reprodução de mamíferos marinhos
- Área de alimentação de quelônios
- Área de reprodução de quelônios



0 20 40 80 Km

1:2.800.000

Projeção: Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

Informações Cartográficas:
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

Fonte: ANP/ECOLOGY, 2020; IUCN, 2020; MMA, 2020 PROJETO MAREM, 2016; ICMBio/MMA, 2018; MMA, 2018 PROJETO TAMAR, 2020; ICMBio/MMA, 2016

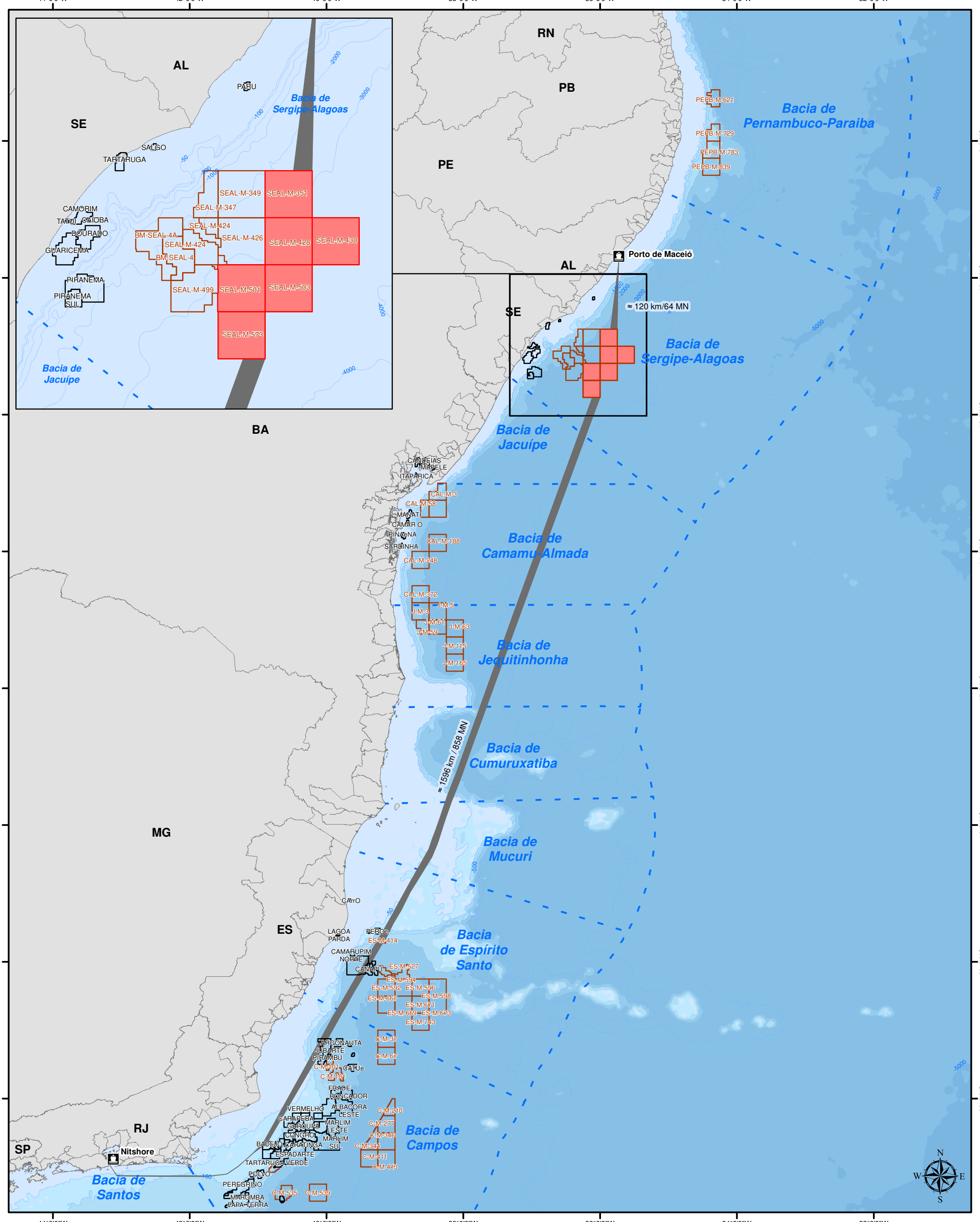
TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa de Síntese da Qualidade Ambiental

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Raquel Garofalo	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-3**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 96091	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	04	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_02001_006112_2019_BSeal_WOB_SinteseQA_mapa04.mxd

Mapa II.5.4 - 4 – Mapa de Empreendimentos e Atividades de Petróleo e Gás

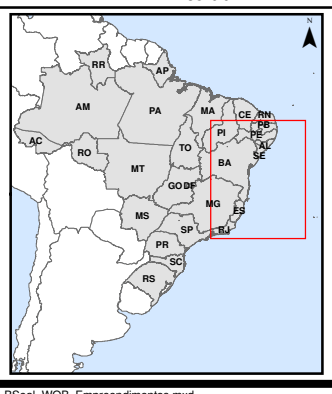


Informações cartográficas

- Base de apoio marítimo
- Batimetria
- Bacias marítimas
- Rota de navegação
- Municípios costeiros
- Limite estadual

Legenda

- Blocos exploratórios ExxonMobil
- Campos de produção
- Blocos exploratórios



0 45 90 180 Km

1:5.500.000

Projeção:
Coordinate Geographic Systems - GCS
Datum: SIRGAS 2000

Informações Cartográficas:
Batimetria: CPRM, 2008
Blocos: ANP, 2019
Limites: IBGE, BC250, 2013

TÍTULO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Perfuração Marítima nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573
Bacia de Sergipe-Alagoas
Mapa dos Empreendimentos e Atividades de Petróleo e Gás

RESP. TÉCNICO	EXECUÇÃO	CLIENTE	Nº MAPA
Raquel Garofalo	WITT O'BRIEN'S	ExxonMobil	**II.5.4-4**
ASSINATURA	CONS. DE CLASSE	Nº PROJETO	Nº PROCESSO
	CRBio 96091	19.07.152.12	02001.006112/2019-16
PROJETADO POR	DATA	FOLHA	REVISÃO
Stella Rocha	Março/2020	03	00

Document Path: C:\Users\stella.rocha\Documents\000_PROJETOS\EXXON - Seal\Projetos\II.5.4_Sintese_da_Qualidade_Ambiental\EXXON_02001_006112_2019_BSeal_WOB_Empreendimentos.mxd

II.6. MODELAGEM NUMÉRICA

II.6.1. Modelagem da Dispersão de Óleo e Dispersão de Poluentes

Esse item foi elaborado pela empresa PROOCEANO, de acordo com o Termo de Referência (TR) SEI/IBAMA 5363447, específico para a Atividade de Perfuração Marítima de Poços nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-573, localizados na Bacia de Sergipe-Alagoas, e encontra-se apresentado a seguir.

Relatório Técnico [rev.00]

Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo

SEAL-M-351 | Bacia Sergipe - Alagoas

Preparado para: ExxonMobil

Preparado por: Gabriel Carvalho

Felipe Lobo Mendes Soares

Flávia Pozzi Pimentel

Henery Ferreira Garção

Júlio Pellegrini

Lívia Sant'Angelo Mariano

Marcelo Montenegro Cabral

21 de fevereiro de 2020

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2020

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

Sumário Executivo **18**

1. Introdução **22**

2. Modelagem Hidrodinâmica **24**

3. Modelagem de Dispersão de Óleo **39**

3.1. Metodologia 40

3.2. Resultados 65

4. Conclusão **169**

5. Bibliografia **171**

Anexos **174**

Índice das imagens

Figura 1: Isolinha de 30% de probabilidade dos resultados integrados do período 1 e 2 das simulações com vazamento de *blowout* (238.480,9 m³)..... 20

Figura 2: Localização do poço exploratório considerado como ponto de risco e utilizado na modelagem (em vermelho) e o bloco SEAL-M-351 (em verde), na Bacia Sergipe - Alagoas..... 22

Figura 3: Campo médio de circulação oceânica para o mês de janeiro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 25

Figura 4: Campo médio de circulação oceânica para o mês de fevereiro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 26

Figura 5: Campo médio de circulação oceânica para o mês de março. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 27

Figura 6: Campo médio de circulação oceânica para o mês de abril. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 28

Figura 7: Campo médio de circulação oceânica para o mês de maio. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 29

Figura 8: Campo médio de circulação oceânica para o mês de junho. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 30

Figura 9: Campo médio de circulação oceânica para o mês de julho. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 31

Figura 10: Campo médio de circulação oceânica para o mês de agosto. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 32

Figura 11: Campo médio de circulação oceânica para o mês de setembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 33

Figura 12: Campo médio de circulação oceânica para o mês de outubro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 34

Figura 13: Campo médio de circulação oceânica para o mês de novembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 35

Figura 14: Campo médio de circulação oceânica para o mês de dezembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho. 36

Figura 15: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades para a região do bloco SEAL-M-351. 37

Figura 16: Faixa de ocorrência de 99,7% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para a região do bloco SEAL-M-351. 38

Figura 17: Representação do limite da grade de óleo na escala regional (linha vermelha tracejada). 44

Figura 18: Representação do limite da grade de óleo na escala local (linha vermelha tracejada). 45

Figura 19: Grade de batimetria utilizada na simulação da escala regional. 46

Figura 20: Grade de batimetria utilizada na simulação da escala local. 47

Figura 21: Localização dos pontos de grade do NCEP (em vermelho) em relação ao ponto de vazamento. Ponto em azul é o mais próximo da região de vazamento. 51

Figura 22: Rosa dos ventos para os meses de janeiro a junho para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 52

Figura 23: Rosa dos ventos para os meses de julho a dezembro para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 53

Figura 24: Rosa de correntes para os meses de janeiro a junho para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 56

Figura 25: Rosa de correntes para os meses de julho a dezembro para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 57

Figura 26: Perfis de salinidade e temperatura para o ponto de grade mais próximo ao ponto de vazamento. 60

Figura 27: Séries temporais das componentes “u” e “v”, do vento, para a região do ponto de vazamento na Bacia Sergipe - Alagoas, com o número de zeros ascendentes presentes nas séries. 62

Figura 28: Exemplos de quatro trajetórias de derramamentos individuais para um cenário de vazamento genérico (à esquerda). Centenas de trajetórias individuais são sobrepostas umas sobre as outras, como mostrado à direita para calcular os resultados estocásticos (probabilidade, tempos mínimos de chegada, massa máxima de óleo encalhado na costa, etc.). 65

Figura 29: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 67

Figura 30: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 68

Figura 31: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 69

Figura 32: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 70

Figura 33: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 71

Figura 34: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 72

Figura 35: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 73

Figura 36: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 74

Figura 37: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 75

Figura 38: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias). 76

Figura 39: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 77

Figura 40: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 78

Figura 41: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 79

Figura 42: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias). 80

Figura 43: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 83

Figura 44: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 84

Figura 45: Perfil vertical em longitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 85

Figura 46: Perfil vertical em latitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 86

Figura 47: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho, para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 87

Figura 48: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa, para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 88

Figura 49: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 89

Figura 50: Perfil vertical em longitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 90

Figura 51: Perfil vertical em latitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 91

Figura 52: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 92

Figura 53: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 93

Figura 54: Massa máxima de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 94

Figura 55: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 96

Figura 56: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 97

Figura 57: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 98

Figura 58: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 99

Figura 59: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 100

Figura 60: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias). 101

Figura 61: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície, para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 103

Figura 62: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água, para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 104

Figura 63: Perfil vertical em longitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 105

Figura 64: Perfil vertical em latitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 106

Figura 65: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 107

Figura 66: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 108

Figura 67: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 109

Figura 68: Perfil vertical em longitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 110

Figura 69: Perfil vertical em latitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 111

Figura 70: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 112

Figura 71: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 113

Figura 72: Mapa de massa máxima e óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 114

Figura 73: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias)... 116

Figura 74: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 117

Figura 75: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 118

Figura 76: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 119

Figura 77: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 120

Figura 78: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 121

Figura 79: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 123

Figura 80: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 124

Figura 81: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 125

Figura 82: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 126

Figura 83: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias). 127

Figura 84: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de verão sobre o resultado probabilístico de presença de óleo em superfície no Período 1. 134

Figura 85: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de inverno sobre o resultado probabilístico de presença de óleo em superfície no Período 2. 135

Figura 86: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de verão sobre o resultado probabilístico de tempo mínimo de chegada do óleo em superfície no Período 1. 136

Figura 87: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de inverno sobre o resultado probabilístico de tempo mínimo de chegada do óleo em superfície no Período 2. 137

Figura 88: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de menor tempo de toque de óleo na costa..... 140

Figura 89: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa. 141

Figura 90: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 12 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 143

Figura 91: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 24 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 144

Figura 92: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 58 horas (primeiro toque) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação..... 145

Figura 93: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 72 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 146

Figura 94: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 168 horas (1 semana) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação..... 147

Figura 95: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 336 horas (2 semanas) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação..... 148

Figura 96: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 720 horas (30 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em

superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 149

Figura 97: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 150

Figura 98: Mapa de concentração de óleo no sedimento do fundo marinho da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada à costa, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 151

Figura 99: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada de óleo na costa. Vazamento de 238.480,9 m³. 152

Figura 100: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo no mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada. 153

Figura 101: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa. 155

Figura 102: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa. 156

Figura 103: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 12 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 158

Figura 104: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 24 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 159

Figura 105: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 72 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 160

Figura 106: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 168 horas (1 semana) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 161

Figura 107: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 336 horas (2 semanas) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 162

Figura 108: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 720 horas (30 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 163

Figura 109: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação..... 164

Figura 110: Mapa de concentração de óleo no sedimento do fundo marinho da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação. 165

Figura 111: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa. Volume de 238.480,9 m³. 166

Figura 112: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo no mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa. 167

Índice das tabelas

Tabela 1: Características do ponto de vazamento considerado na modelagem na Bacia Sergipe - Alagoas (Datum SIRGAS 2000). Profundidades de acordo com batimetria do ETOPO1. 23

Tabela 2: Resumo dos cenários de vazamento simulados. 39

Tabela 3: Características do óleo utilizado nas simulações. 42

Tabela 4: Componentes do óleo do banco de dados do OSCAR. 43

Tabela 5: Ocorrência mensal de direção dos ventos para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 54

Tabela 6: Ocorrência mensal de intensidade dos ventos para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 54

Tabela 7: Ocorrência mensal de direção das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 58

Tabela 8: Ocorrência mensal de intensidade das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. 58

Tabela 9: Parâmetros numéricos utilizados no modelo de óleo. 63

Tabela 10: Extensão de toque, massa máxima, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de 200 m³ de óleo a partir da superfície, nos cenários de Período 1 e Período 2. 81

Tabela 11: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas por um vazamento de 200 m³ de óleo a partir da superfície, nos cenários de Período 1 e Período 2..... 81

Tabela 12: Extensão de toque, massa máxima, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo a partir do fundo, nos cenários de Período 1 e Período 2. 128

Tabela 13: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas por um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo a partir do fundo, nos cenários de Período 1 e Período 2. 132

Tabela 14: Informações das simulações determinísticas críticas consideradas para um evento de derramamento de grande volume (238.480,9 m³). 139

Tabela 15: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa. 140

Tabela 16: Estatística do vento para o período da condição de menor tempo de toque na costa. 140

Tabela 17: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa. 141

Tabela 18: Estatística de corrente para o período da condição de menor tempo de toque na costa. 141

Tabela 19: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais e de massa de óleo. Situação de menor tempo de chegada de óleo na costa. 152

Tabela 20: Área superficial, massa de óleo e espessura máxima da mancha de óleo durante a simulação em condição crítica de menor tempo de chegada. 153

Tabela 21: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa. 155

Tabela 22: Estatística do vento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa. 155

Tabela 23: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa. 156

Tabela 24: Estatística de corrente para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa. 156

Tabela 25: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais e de massa de óleo. Situação de maior massa de óleo acumulada na costa. 166

Tabela 26: Área superficial, massa de óleo e a espessura máxima da mancha de óleo e a massa de óleo do óleo durante a simulação. 167

Equipe técnica

Nome: Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 210325

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem Hidrodinâmica

Assinatura: _____

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: _____

Nome: Lívia Sant'Angelo Mariano

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 6005736

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

Assinatura: _____

Nome: Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 2473071

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

Assinatura: _____

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: _____

Sumário Executivo

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica de transporte de óleo no mar para os cenários acidentais de vazamento a partir de um ponto de risco localizado na área do bloco SEAL-M-351, na Bacia Sergipe-Alagoas.

O principal objetivo do estudo de modelagem foi de auxiliar na avaliação de impactos ambientais, como especificado no Termo de Referência n° 02001.006112/2019-16, emitido pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) em 24 de julho de 2019, com ênfase no suporte à elaboração do Plano de Emergência Individual (PEI), à Análise de Risco Ambiental (ARA) e à Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). Este relatório se concentra na dispersão tridimensional (3D) do óleo de vazamentos hipotéticos em superfície e de menores volumes (vazamentos de oito [8] metros cúbicos [m³] e 200 m³) e um vazamento em fundo marinho para o cenário de pior caso com volume total de 238.480,9 m³. Esta modelagem incorpora regime de correntes de superfície e subsuperfície (movimento da água) para caracterizar o ambiente hidrodinâmico do local, e considera o intemperismo do óleo e suas variações ao longo do tempo no ambiente marinho.

O estudo de modelagem compreende dois (2) componentes:

1. O primeiro consiste na análise das características meteorológicas e simulações hidrodinâmicas da região, mais especificamente dos parâmetros capazes de afetar o comportamento do óleo derramado. Para isso foram elaboradas bases hidrodinâmicas da parte oceânica e costeira, e também de dois dos principais rios da região; e,

2. O segundo consiste em realizar simulações de dispersão de óleo em dois períodos ou estações ao longo do ano, definidos a partir das condições meteorológicas e oceanográficas características da região. Para isso foram elaboradas simulações com escala regional, que se estende do estado de São Paulo até o estado do Amapá, e com escala local, focados no Rio Sergipe e no Rio São Francisco.

O bloco em estudo está localizado em uma região onde a circulação oceânica apresenta marcante variação sazonal devido à variação latitudinal da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE-ramo sul), dando origem a Corrente do Brasil (CB), que flui para sul e a Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), fluindo para norte.

Este estudo de modelagem considera a variabilidade meteorológica e oceanográfica (hidrodinâmica) sazonal através da definição de dois (2) períodos para análise:

- **Período 1**: compreende os meses de novembro a abril, quando há predominância de ventos de ESE e E; e

- **Período 2**: corresponde aos meses de maio a outubro, quando há predominância de ventos de ESE e SE.

As simulações de dispersão de óleo para o pior caso consideraram o vazamento contínuo com a vazão máxima por 30 dias sem considerar a intervenção/contingência e outros 30 dias adicionais após o término do vazamento sem ações de respostas. Portanto, as simulações não consideram atividades de mitigação para fechar o poço ou outras ações para interromper ou restringir o vazamento.

A partir dos resultados das simulações de dispersão de óleo, tem-se que nos vazamentos de 8 m³ as áreas de probabilidade de presença de óleo em superfície se mantiveram em regiões mais profundas que 2.000 m, enquanto nos vazamentos de 200 m³ o óleo pode alcançar regiões bem próximas da costa. Nos vazamentos de pior caso são observadas probabilidades de até 100% para o óleo atingir à costa.

Nestes cenários de maior volume, as maiores probabilidades foram preferencialmente na direção sudoeste no Período 1 e para norte e noroeste no Período 2. Tal diferença ocorre pela variação latitudinal da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial que, ao se posicionar mais ao norte no Período 1, faz com que a região de vazamento fique sob influência da Corrente do Brasil (CB), e ao migrar para o sul no Período 2, deixa a região sob influência da Subcorrente Norte do Brasil (SCNB).

Independentemente da ocorrência de um vazamento de pior caso no Período 1 ou 2, as simulações de dispersão de óleo resultam, em superfície, em probabilidades acima de 30% que se estendem da costa do Rio Grande do Norte até a região do estado da Bahia (Figura 1).

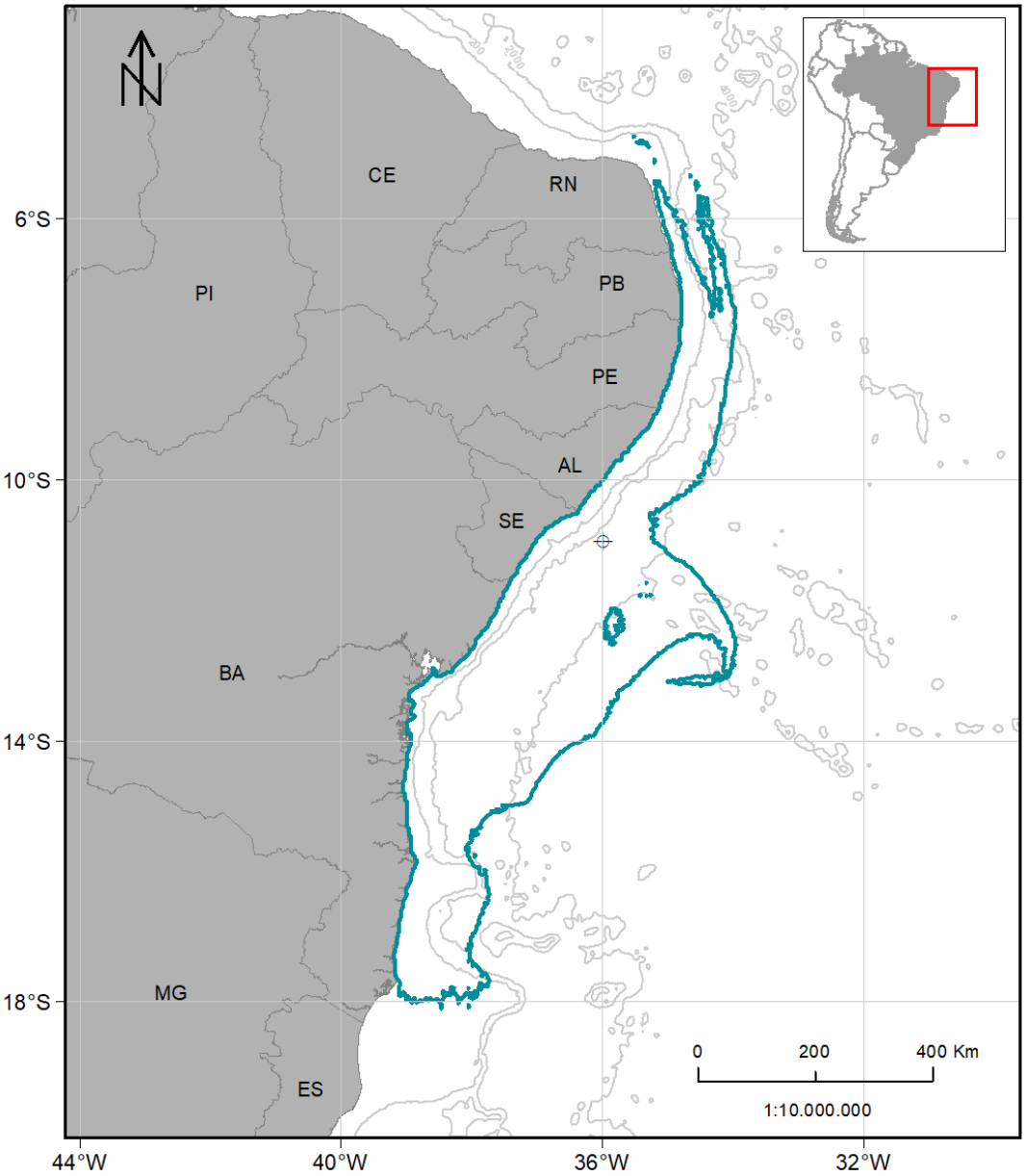


Figura 1: Isolinha de 30% de probabilidade dos resultados integrados do período 1 e 2 das simulações com vazamento de *blowout* (238.480,9 m³).

Entre todas as simulações, somente o vazamento 8 m³ não apresentou probabilidade de presença de óleo na costa. No vazamento de pior caso, as localidades onde se observa valores acima de 70% de probabilidade estão entre o município de Recife e o município de Salvador, incluindo municípios com tempo mínimo de chegada de óleo menor que 3 dias.

Em relação às Unidades de Conservação, considerando todos os cenários de vazamento, há 69 unidades na região com valores de probabilidade de chegada de óleo. Dentre essas 69 UCs, existem 14 unidades (nove no Período 1 e cinco no Período 2) com valor de 100% de probabilidade de presença para o cenário de vazamento de pior caso.

Em todas as simulações probabilísticas a partir da superfície (de 8 m^3 e 200 m^3) a evaporação foi o principal processo de intemperismo responsável pela retirada do óleo da superfície do mar. Todavia, nos cenários de pior caso, por se tratar de um vazamento de fundo, a evaporação divide a importância com a degradação do óleo na coluna d'água como os processos mais significantes.

A modelagem incluiu a avaliação das concentrações de óleo para os piores cenários de descarga, onde os resultados indicam que as concentrações da coluna d'água de óleo disperso podem subir acima de 20 partes por bilhão (ppb) nos dois períodos (1 e 2).

No fundo marinho, as maiores probabilidades são observadas na região da plataforma continental, frente aos estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Nas regiões mais profundas somente é observado probabilidade em regiões esparsas.

Foram avaliados em escala local os Rios Sergipe e São Francisco. No Rio Sergipe, as probabilidades de presença de óleo em superfície são de até 70% e há probabilidade de chegada em ambos os cenários de pior caso. No Rio São Francisco, com abordagem de escala local, só há probabilidade de chegada de óleo no Período 2, chegando a 90-100% na entrada do rio. Os valores mais críticos de probabilidade e tempo de chegada observados nas margens no interior dos rios foram nos municípios mais próximos à desembocadura e estes foram menos conservadores que os já observados em escala regional, enquanto nos municípios mais internos as probabilidades foram inferiores a 10%.

O acúmulo de massa na costa, no entanto, foi maior na zona estuarina do que no restante da costa, com máximos acima de 130 t/km observados tanto nas margens do Rio Sergipe quanto do Rio São Francisco.

1. Introdução

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica de transporte de óleo no mar para os cenários acidentais de vazamento a partir de um ponto de risco localizado no bloco SEAL-M-351, na Bacia Sergipe-Alagoas.

A localização do ponto de vazamento, assim como a localização do bloco é apresentada na Figura 2 e na Tabela 1.

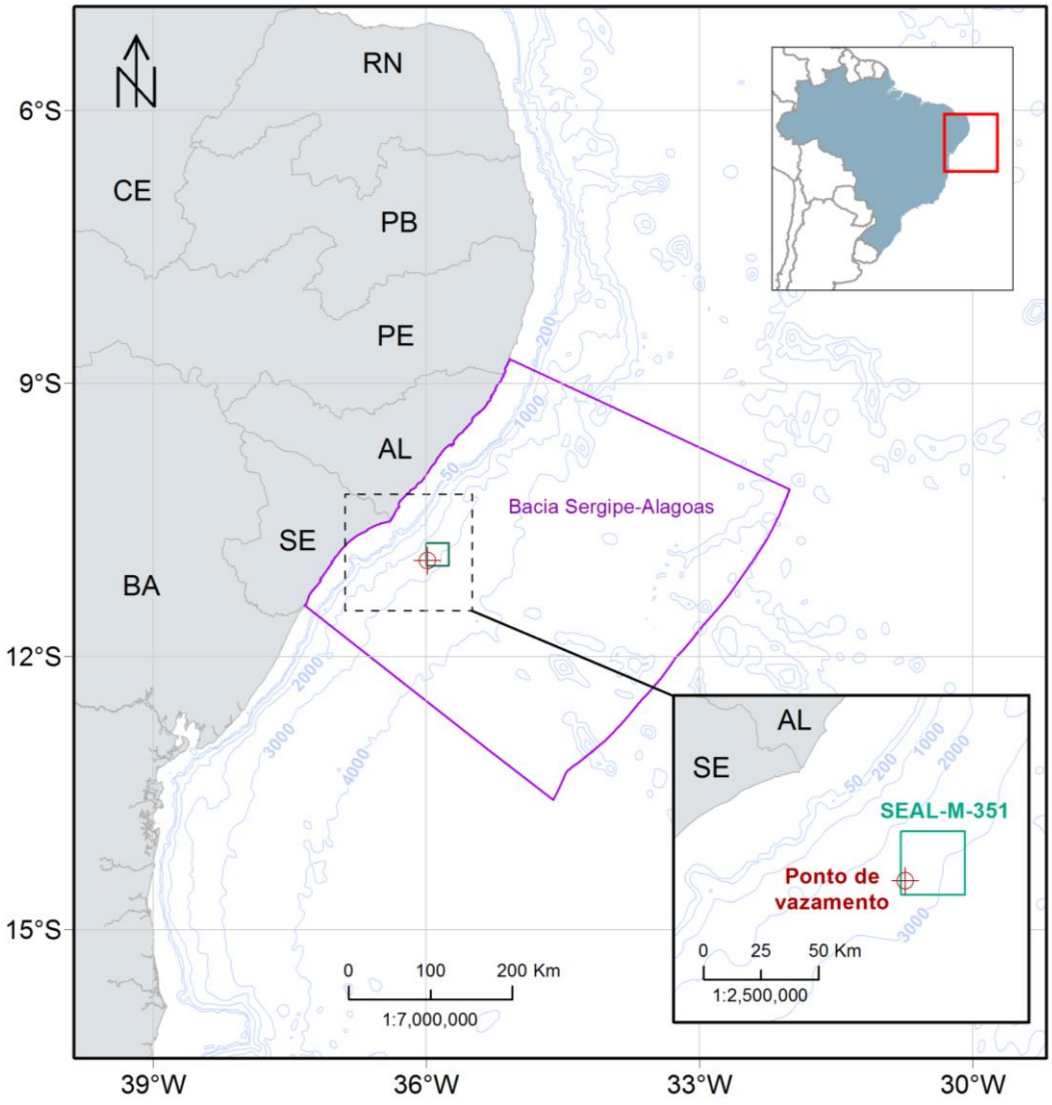


Figura 2: Localização do poço exploratório considerado como ponto de risco e utilizado na modelagem (em vermelho) e o bloco SEAL-M-351 (em verde), na Bacia Sergipe - Alagoas.

Tabela 1: Características do ponto de vazamento considerado na modelagem na Bacia Sergipe - Alagoas (Datum SIRGAS 2000). Profundidades de acordo com batimetria do ETOPO1.

Latitude	Longitude	Profundidade (m)
10º 56' 48,083" S	35º 58' 55,149" W	2.680

O estudo teve dois focos principais. O primeiro consiste na análise do comportamento do óleo na parte oceânica e costeira, visando observar as características meteorológicas e hidrodinâmicas que interagem no transporte de óleo derramado em uma escala regional. Nessa escala, o modelo de deriva de óleo utilizou como forçante as correntes resultantes do modelo hidrodinâmico regional (Anexo I).

O segundo foco do estudo foi a análise do comportamento do óleo no interior da zona estuarina dos rios Sergipe e São Francisco. Como forçante hidrodinâmica utilizou-se além do dado hidrodinâmico da modelagem regional, as correntes no interior destes rios. Estes dados para o Rio Sergipe e para o Rio São Francisco são descritos no Anexo II.

Os sistemas de modelagem, metodologias e análises empregados neste documento estão alinhadas com os requisitos da norma internacional ASTM F2067-13 para desenvolvimento e uso de modelos de trajetórias de derramamentos de óleo (ASTM, 2013).

2. Modelagem Hidrodinâmica

A descrição da modelagem hidrodinâmica *offshore* utilizada como forçante para a modelagem de transporte de óleo a partir do bloco SEAL-M-351, e seus resultados para todo o domínio do modelo, são apresentados no Anexo I. As modelagens hidrodinâmicas no interior do Rio Sergipe e Rio São Francisco são descritos no Anexo II.

A seguir são apresentados os campos médios mensais obtidos a partir dos resultados do modelo regional com detalhe para a região do bloco. A região do bloco SEAL-M-351 encontra-se na área adjacente à Plataforma Leste Brasileira. Conforme descrito por Castro & Miranda (1998) a Plataforma Leste Brasileira é a região menos estudada da costa brasileira.

Recentemente, estudos sobre a circulação oceânica da região vêm sendo publicados (SOUTELINO, *et al.,* 2011; REZENDE, *et al.* 2011; AMORIM, *et al.* 2011; REZENDE 2010; MARIN, 2009; RODRIGUES, *et al.* 2006) visando suprir a lacuna de conhecimento nesta região da costa Brasileira.

Em síntese, a circulação oceânica da região apresenta marcante variação sazonal devido à variação latitudinal da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE-ramo sul), dando origem a Corrente do Brasil (CB), que flui para sul e a Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), fluindo para norte. Tal bifurcação ocorre entre 10º S e 20º S, atingindo sua posição mais ao norte no verão e mais ao sul no inverno, com fortes indicações de alta correlação com a sazonalidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, consequentemente, com o padrão de ventos local, dominados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (verão) e pelos Alísios (inverno). Porém, destaca-se que ainda existem muitas incertezas quanto à hidrodinâmica da região, com indicações de que a circulação possa ser dominada por vórtices (SOUTELINO, *et al.* 2011), hipótese que complexifica o entendimento dos padrões locais de circulação oceânica.

Ao sul desta faixa onde ocorre a bifurcação da CSE há predomínio do fluxo da CB ao longo de todo o ano, e ao norte, predomina a SCNB. Ao norte de 5,5º S, quando há uma inflexão da costa a partir do Cabo de São Roque-RN, o fluxo da SCNB se une ao ramo norte e central da CSE, originando a Corrente Norte do Brasil (CNB). A CNB flui para oeste ao longo da Margem Equatorial brasileira, com intensidades médias de até 1,5 m/s.

Os padrões descritos acima para a região oceânica e para a circulação oceânica sobre a plataforma podem ser bem observados nos campos médios mensais apresentados da Figura 3 a Figura 14, indicando que o modelo representou de forma adequada os padrões de circulação esperados para a área de estudo.

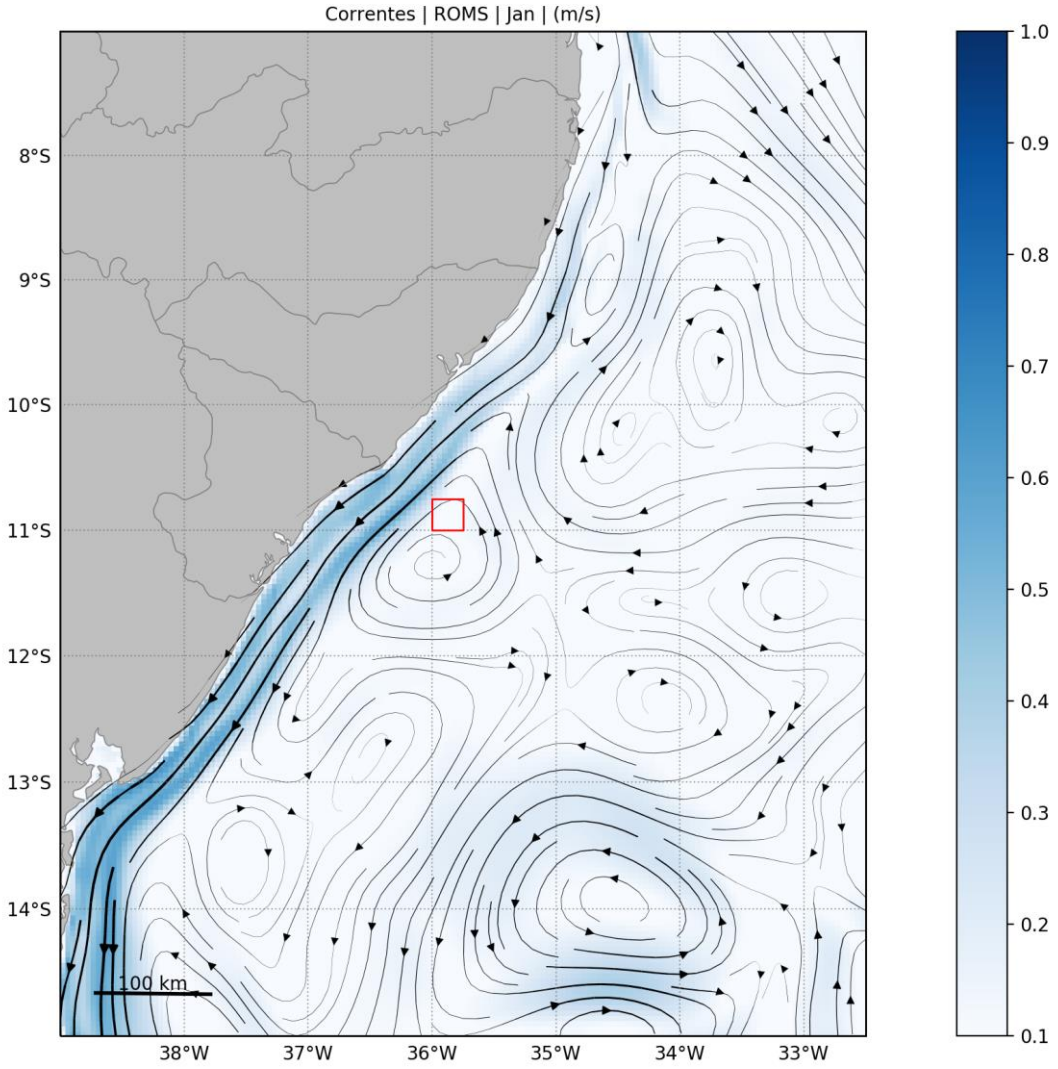


Figura 3: Campo médio de circulação oceânica para o mês de janeiro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

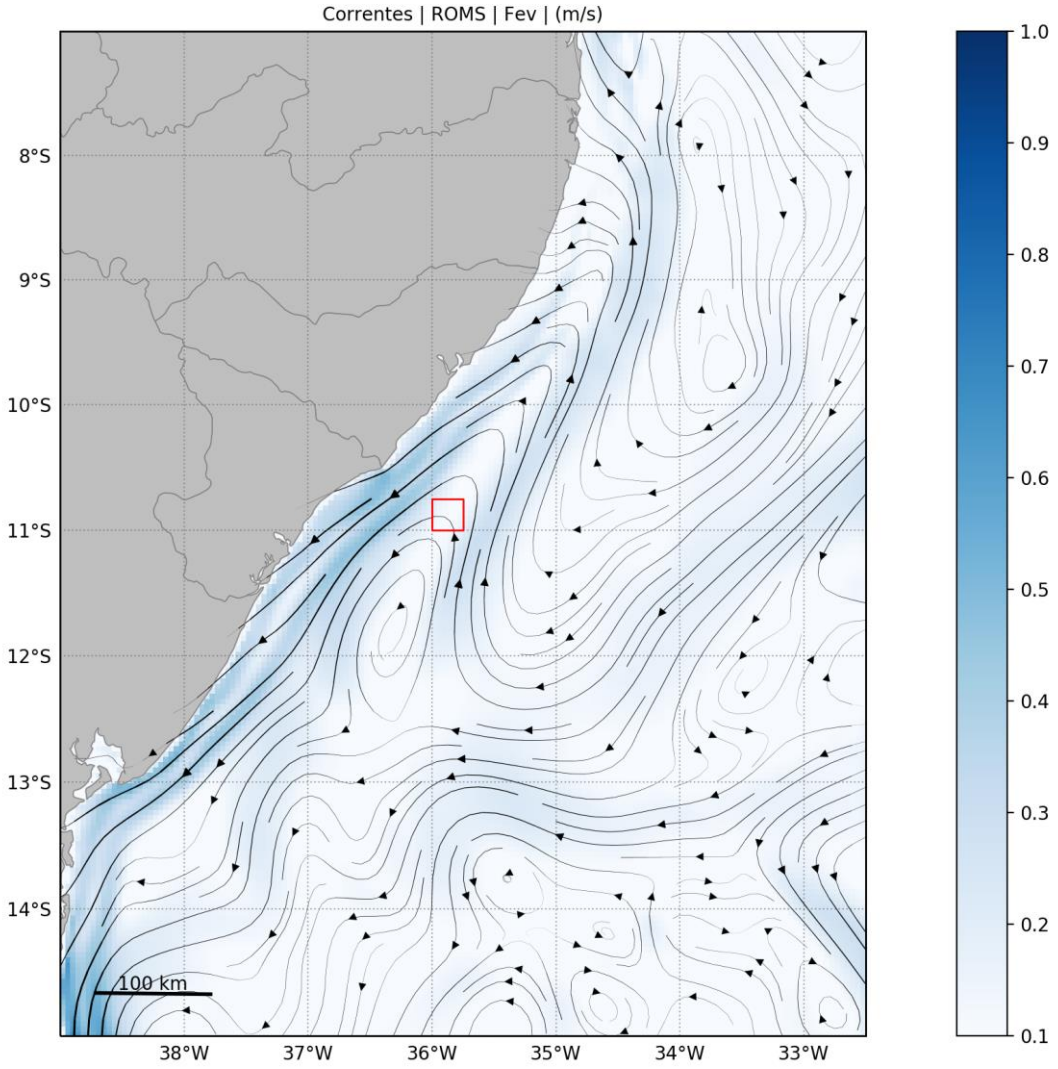


Figura 4: Campo médio de circulação oceânica para o mês de fevereiro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

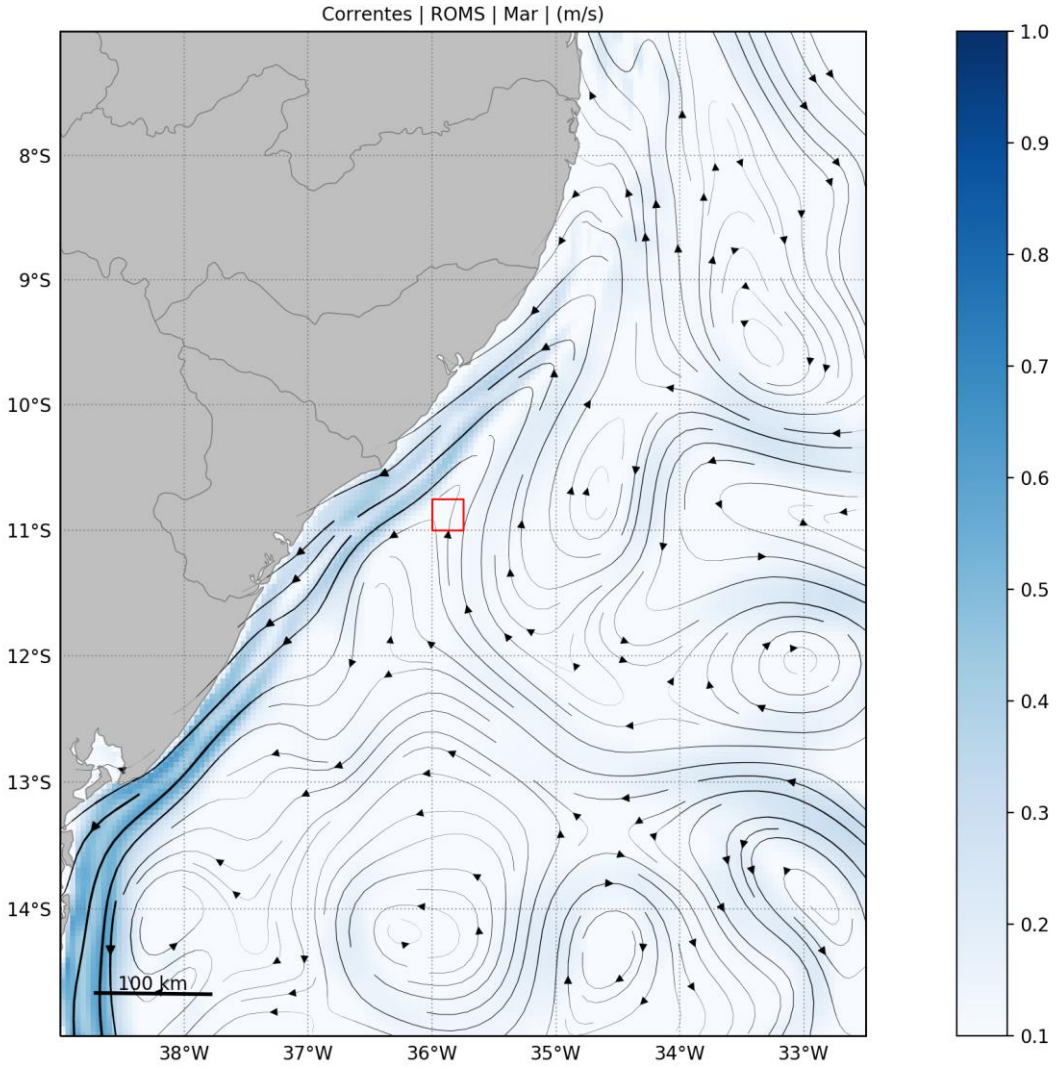


Figura 5: Campo médio de circulação oceânica para o mês de março. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

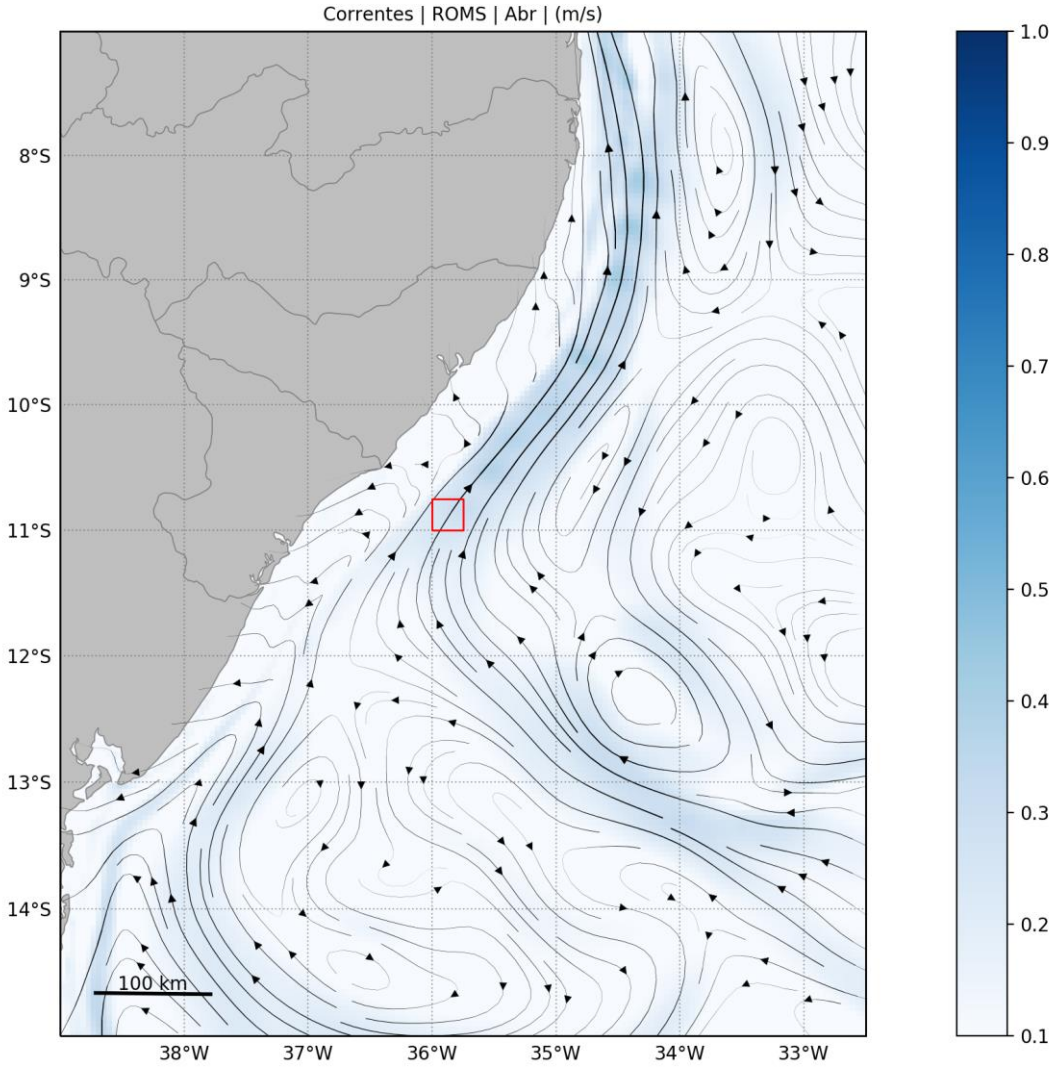


Figura 6: Campo médio de circulação oceânica para o mês de abril. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

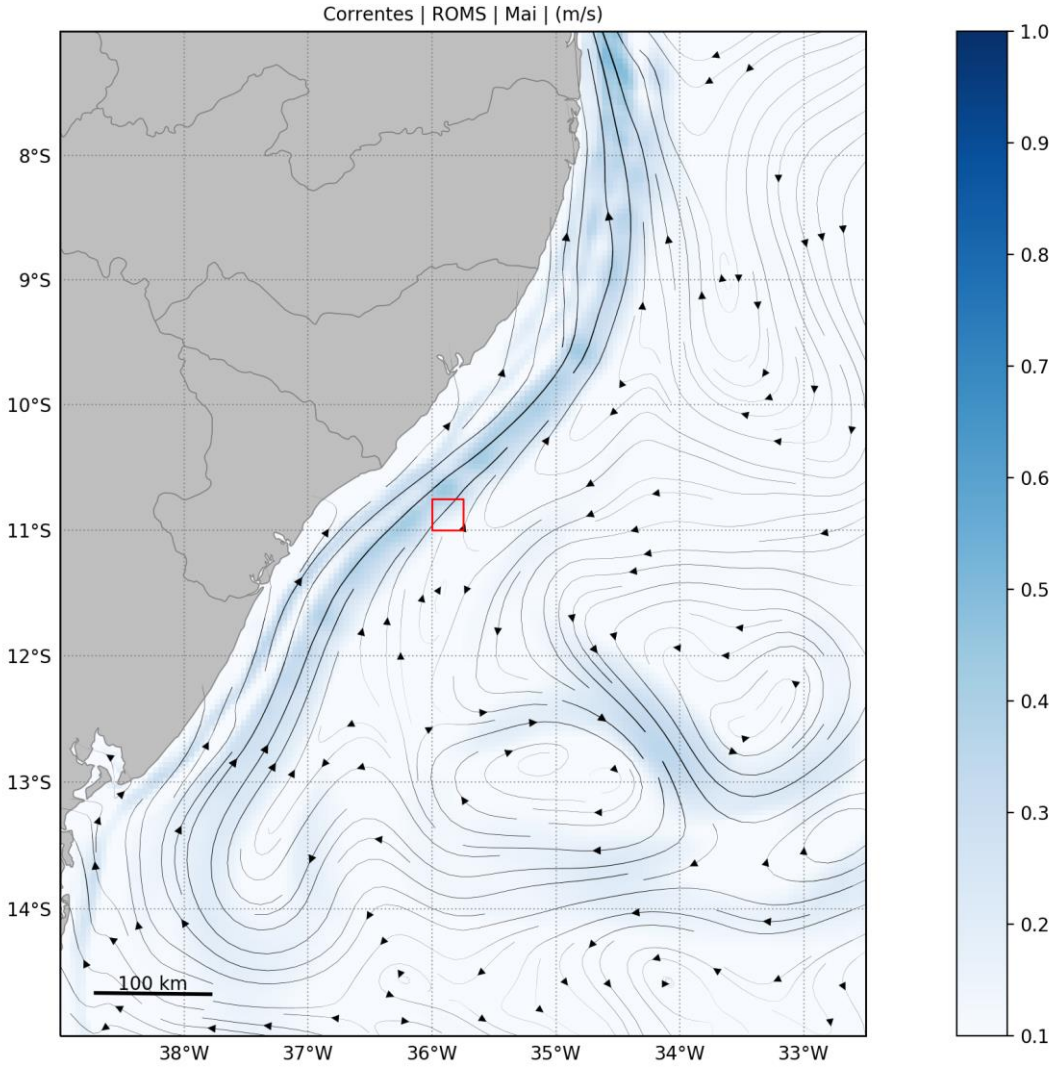


Figura 7: Campo médio de circulação oceânica para o mês de maio. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

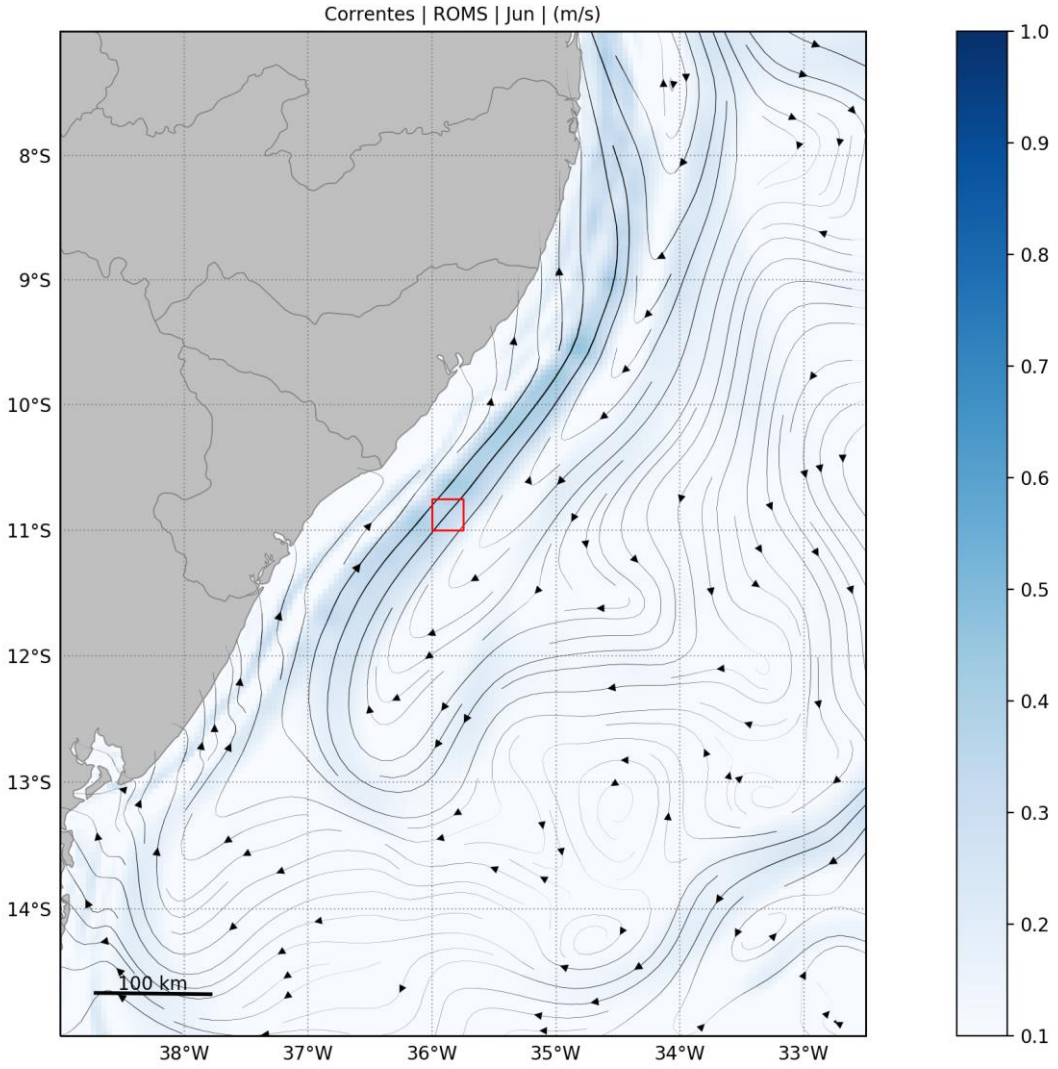


Figura 8: Campo médio de circulação oceânica para o mês de junho. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

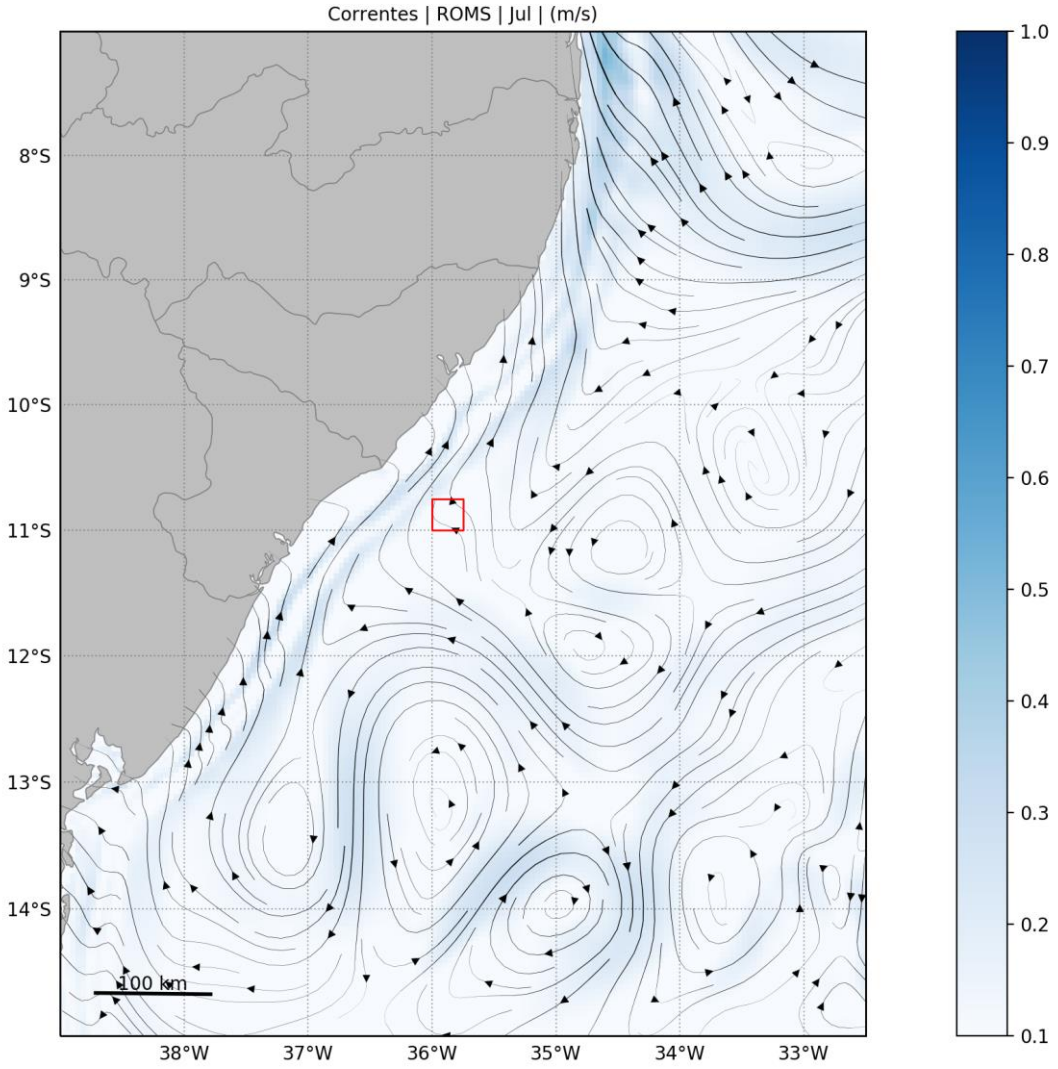


Figura 9: Campo médio de circulação oceânica para o mês de julho. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

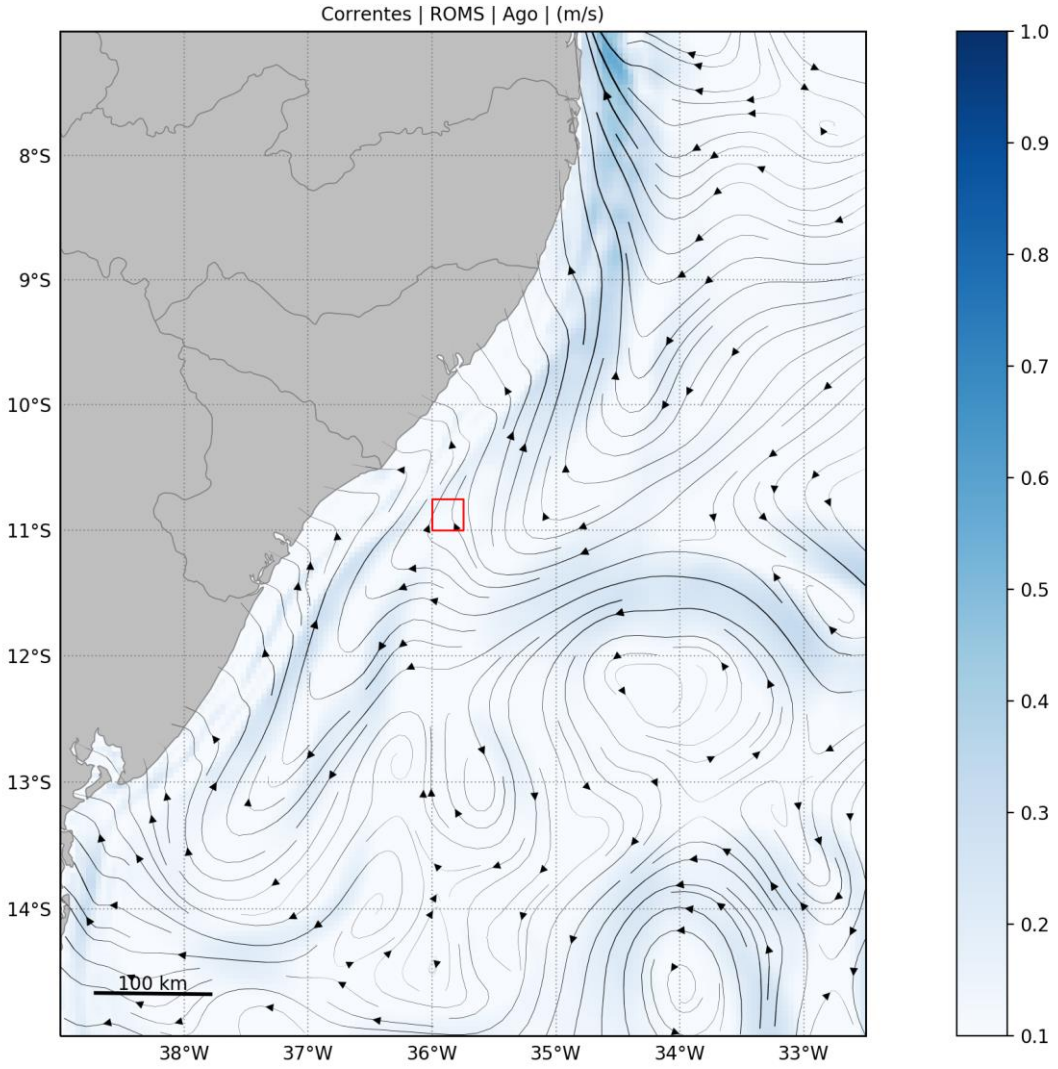


Figura 10: Campo médio de circulação oceânica para o mês de agosto. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

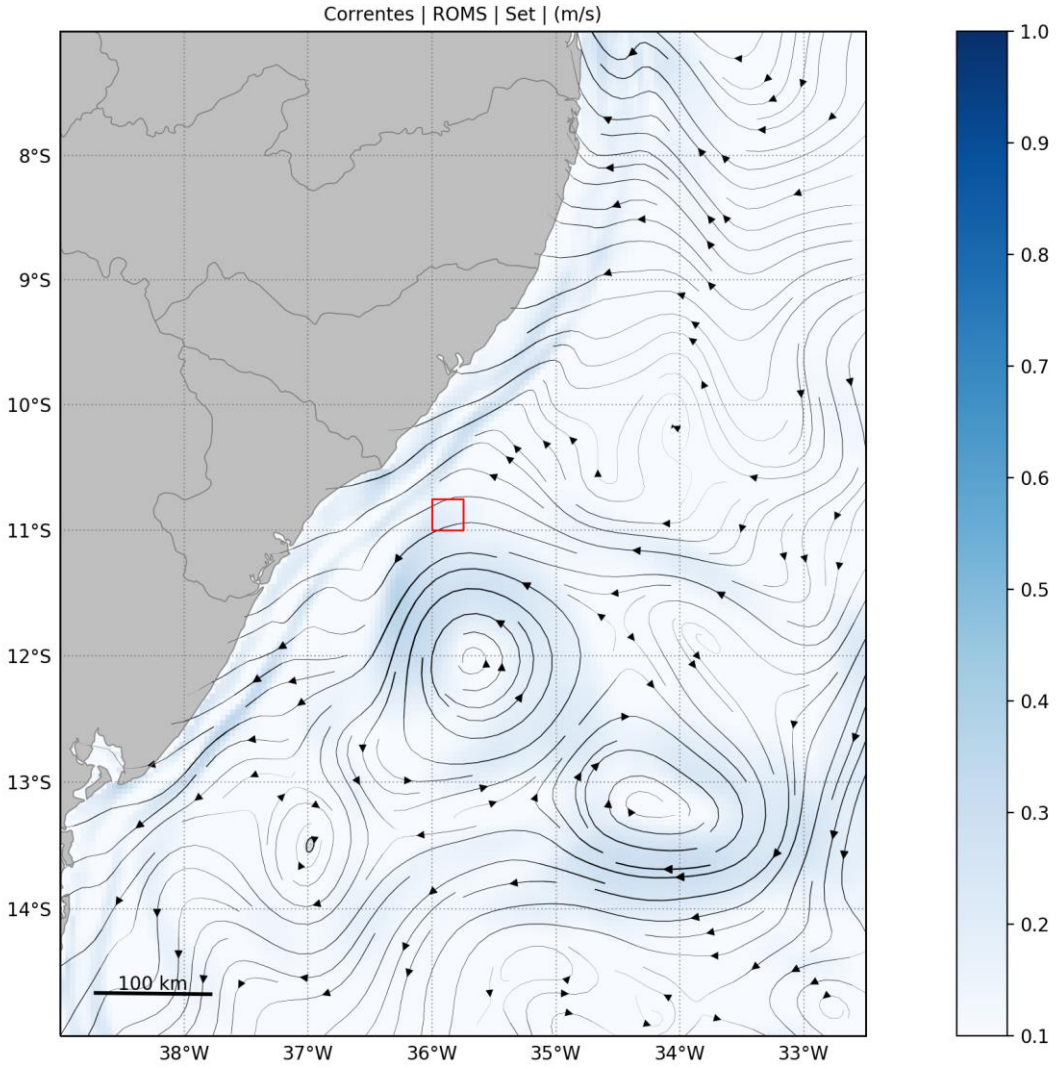


Figura 11: Campo médio de circulação oceânica para o mês de setembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

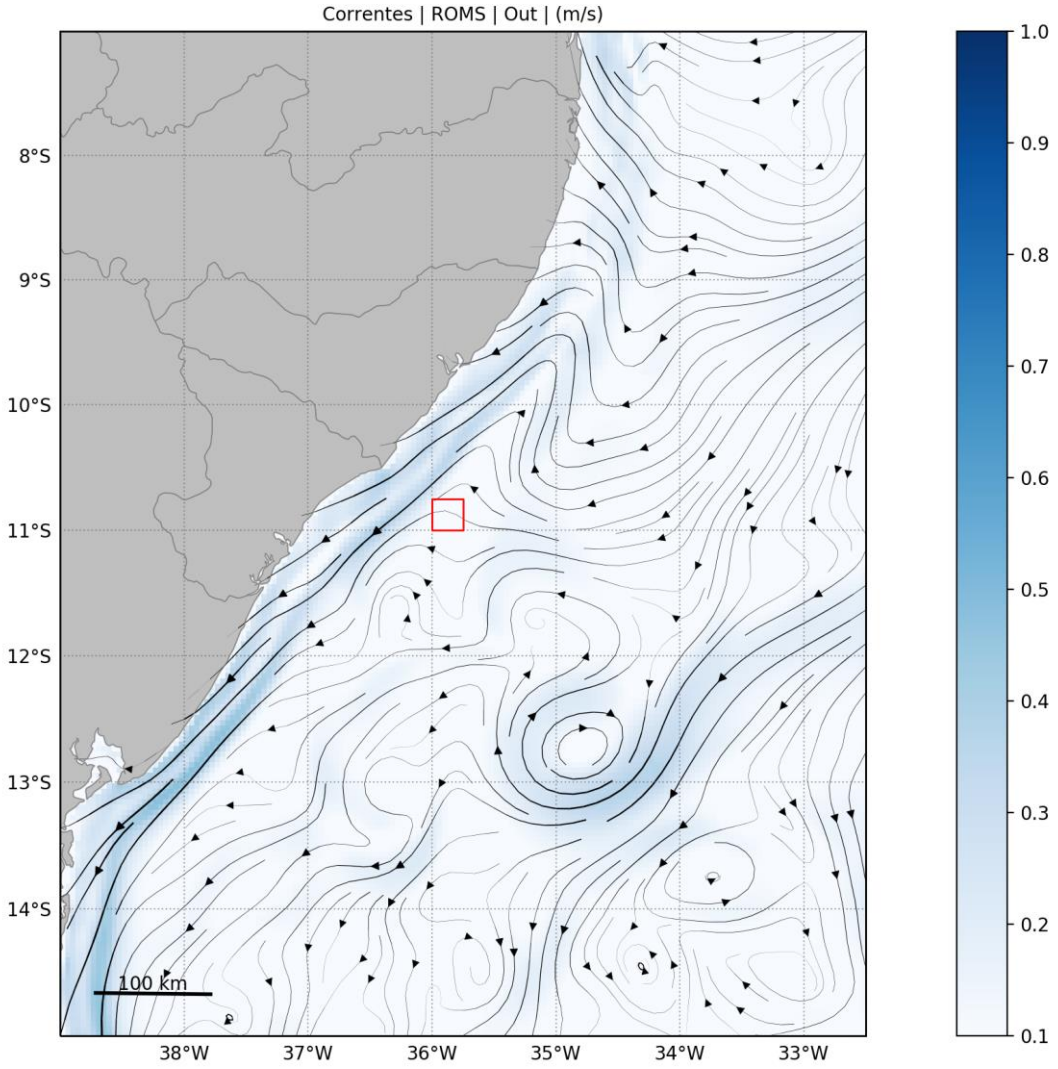


Figura 12: Campo médio de circulação oceânica para o mês de outubro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

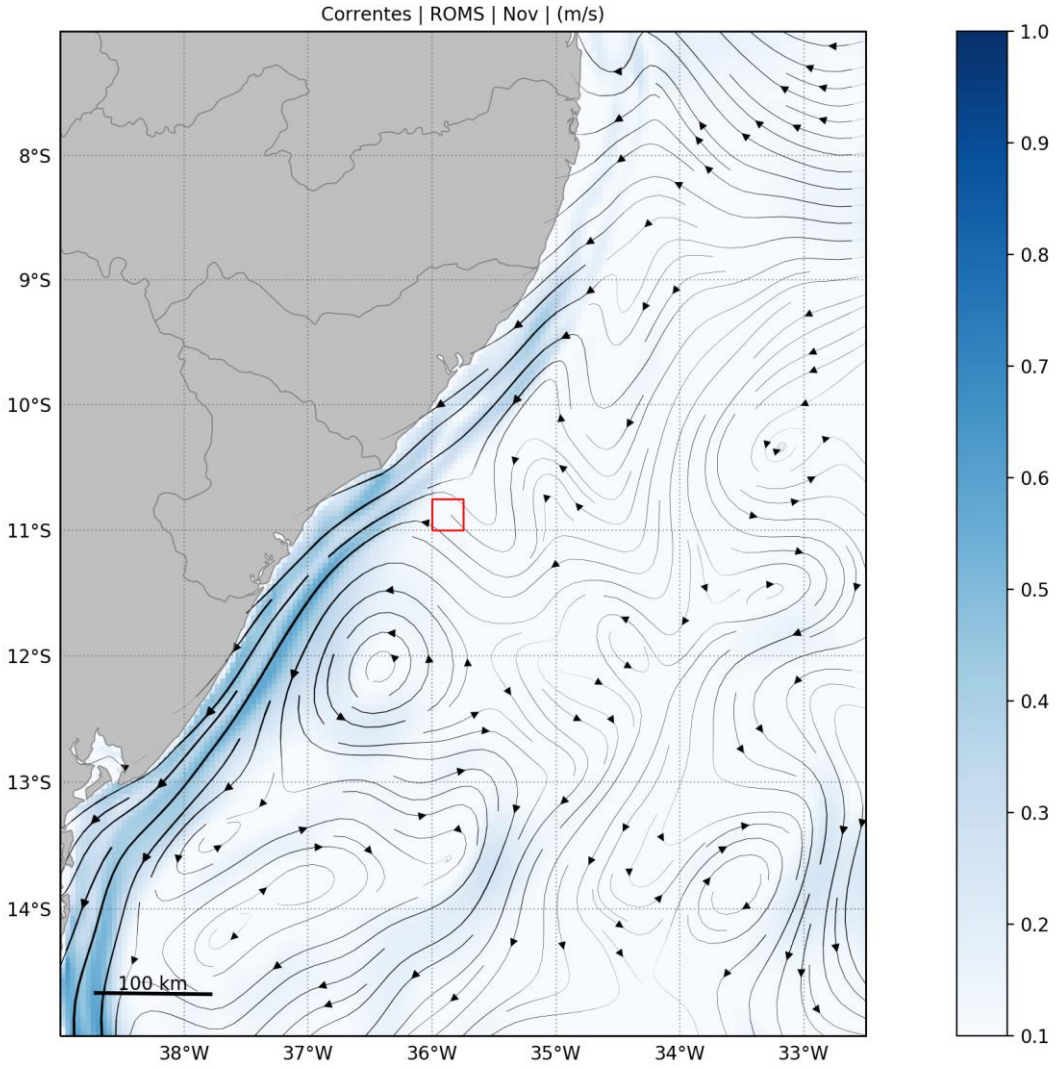


Figura 13: Campo médio de circulação oceânica para o mês de novembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

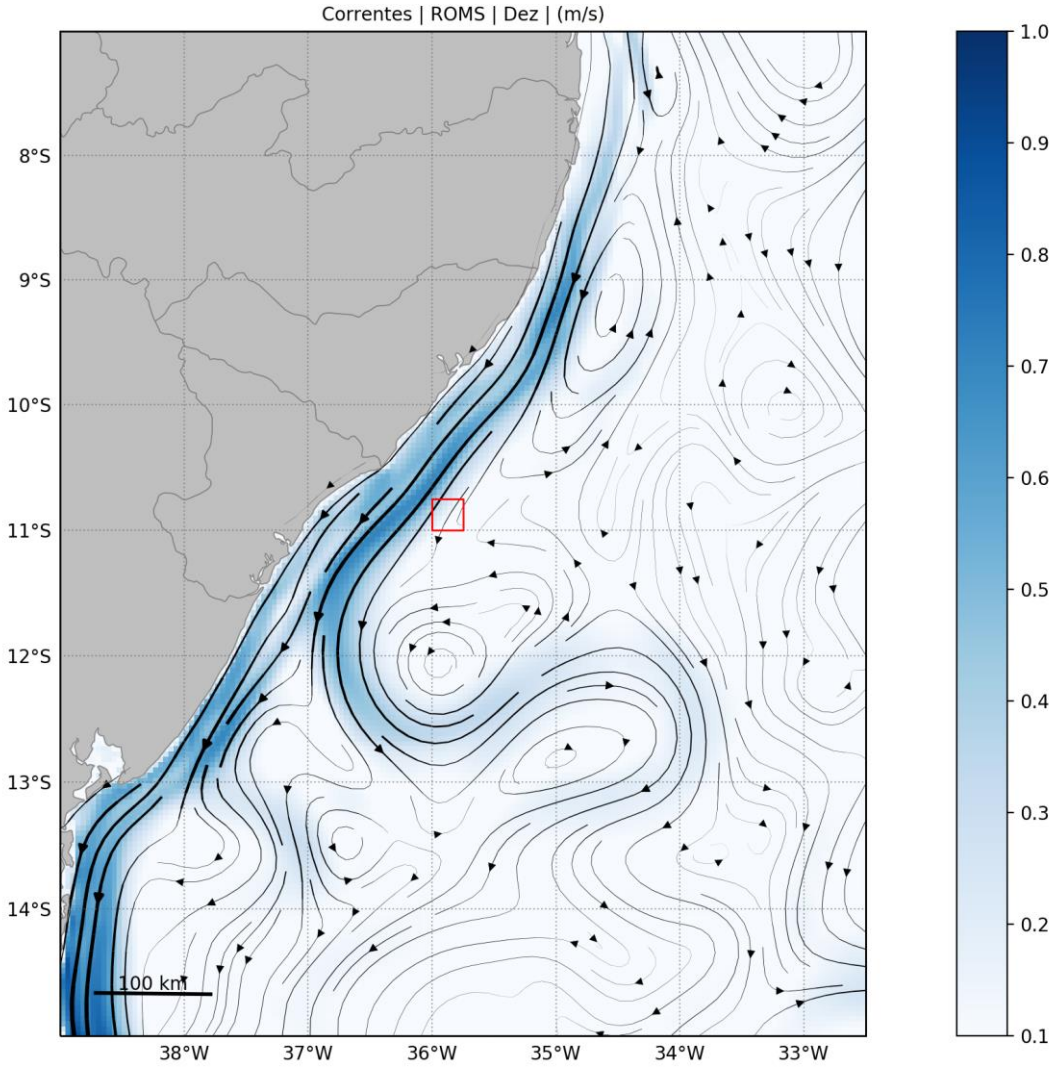


Figura 14: Campo médio de circulação oceânica para o mês de dezembro. O bloco SEAL-M-351 é representado pelo polígono vermelho.

Para uma avaliação da representação da estrutura vertical de temperatura e salinidade na região do bloco SEAL-M-351 foram utilizados os dados da climatologia WOA13 V2 (*World Ocean Atlas 13 version 2*) do *National Oceanographic Data Center* (NODC).

A Figura 15 apresenta o número de observações do WOA13 V2 ao longo das profundidades para a região do bloco SEAL-M-351, sendo este o ponto mais próximo ao ponto de vazamento. A Figura 16 apresenta as faixas de ocorrência[1] das observações de temperatura e salinidade obtidas no modelo (vermelho) e no WOA13-V2 (cinza). Pode-se observar que o modelo representou muito bem a estrutura vertical termohalina e sua variabilidade, pois ao longo de toda a coluna d'água as faixas de ocorrência são muito similares. Além disso, essa

[1] *Considerando que estas variáveis seguem uma distribuição normal, esta faixa é calculada para abranger 99,7% das ocorrências, e, portanto, seus limites representam 3 vezes o desvio padrão ao redor da média.*

compatibilidade dos valores é um indicativo de que houve uma boa representação da posição média das massas d'água no domínio de modelagem.

Ressalta-se que diferenças observadas são esperadas, uma vez que os dados do WOA representam uma climatologia obtida para áreas com 1º de resolução, sendo muito maior que a área representada pelos dados do ROMS, com resolução de 1/24º.

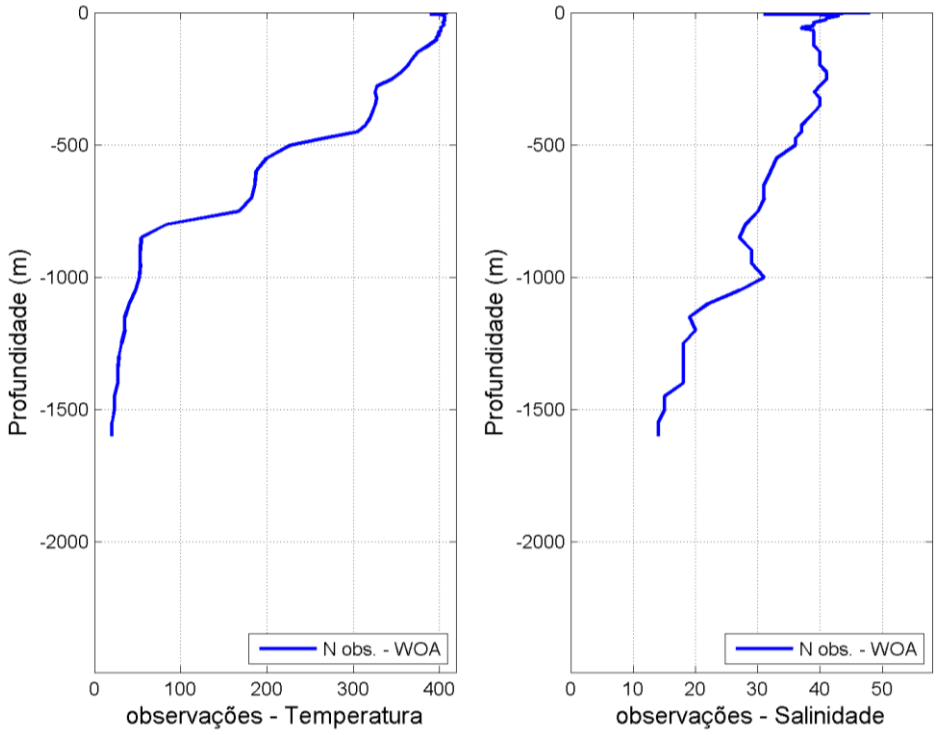


Figura 15: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades para a região do bloco SEAL-M-351.

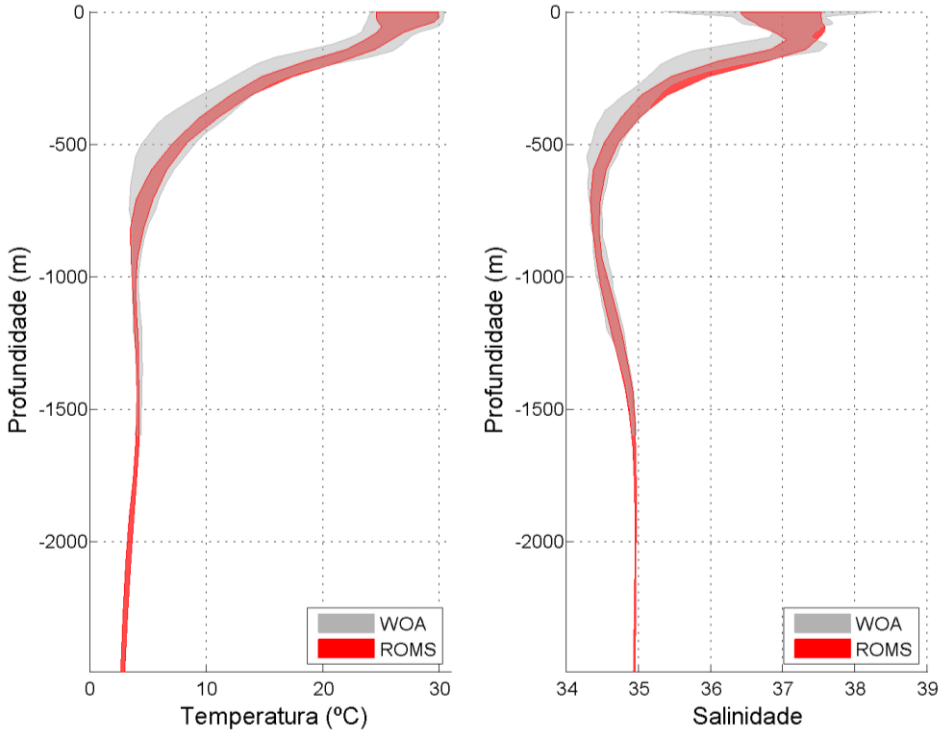


Figura 16: Faixa de ocorrência de 99,7% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para a região do bloco SEAL-M-351.

3. Modelagem de Dispersão de Óleo

Este item descreve os resultados obtidos nas modelagens numéricas do transporte de óleo no mar para os cenários acidentais de vazamentos a partir de um ponto localizado no bloco SEAL-M-351, na Bacia Sergipe – Alagoas. A localização do ponto de vazamento foi apresentada na Figura 2 e na Tabela 1.

Foram considerados três possíveis casos de vazamentos acidentais. O montante de óleo relacionado a cada caso é:

- Pequeno porte - 8 m^3;
- Médio Porte - 200 m^3;
- Pior caso (maior volume) - 238.480,9 m^3 (1.500.000 bbl).

O volume de pior caso foi definido considerando uma vazão diária de 50.000 bbl (7.949,4 m^3) durante 30 dias.

Esses volumes simulados estão em concordância com a resolução CONAMA nº 398/2008, que dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual, para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional.

No estudo de dispersão de óleo, dois tipos de simulações foram conduzidos: probabilísticas e determinísticas. Na Tabela 2 é apresentado o resumo dos cenários simulados.

Tabela 2: Resumo dos cenários de vazamento simulados.

Modelo	Tipo de óleo	Volume Total (m^3)	Vazamento	Tempo	Profundidade (m)
Probabilístico					
Pequeno Porte	**Cru**	**8**	**instantâneo**	**30 dias**	**Superfície**
Médio Porte	**Cru**	**200**	**instantâneo**	**30 dias**	**Superfície**
Pior caso	**Cru**	**238.480,9**	**contínuo (30 dias)**	**60 dias**	**Fundo**
Determinístico					
Crítico - Menor tempo de toque de óleo na costa	**Cru**	**238.480,9**	**contínuo (30 dias)**	**60 dias**	**Fundo**
Crítico – Maior massa de óleo acumulado na costa	**Cru**	**238.480,9**	**contínuo (30 dias)**	**60 dias**	**Fundo**

3.1. Metodologia

3.1.1 Modelo de Transporte

As simulações numéricas apresentadas nesse estudo foram feitas com o modelo OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), desenvolvido pela SINTEF para o cálculo da dispersão de manchas de óleo. A descrição do modelo de dispersão de óleo é apresentada no Anexo III - Descrição do Modelo de Transporte de Óleo.

3.1.2 Óleo nas Unidades de Conservação

Foram separadas todas as Unidades de Conservação (UCs) - federais, estaduais e municipais - disponibilizadas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2019), nos instrumentos legais de criação, ICMBIO (2018) e WWF (2016), da região em que se verifica probabilidade de óleo na costa ou na região costeiro-oceânica.

Para identificação da probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo em cada Unidade de Conservação, foram considerados os resultados do modelo de dispersão de óleo tanto em superfície quanto na costa e selecionados os valores de probabilidade e tempo mais críticos para cada unidade de conservação.

As Unidades de Conservação levantadas para a região e consideradas no presente estudo são apresentadas no Anexo IV - Mapa com Unidades de Conservação consideradas no estudo.

3.1.3 Estratégias de Modelagem

As simulações de pior caso foram realizadas considerando eventos de *blowout* com **vazamentos contínuos no fundo marinho** de 30 dias por um **orifício de 8,681 polegadas** (~220 mm) (informação da contratante) em dois períodos sazonais, um de novembro a abril (Período 1) e outro de maio a outubro (Período 2). Após 30 dias de vazamento foram ainda simulados mais 30 dias para observação do comportamento da deriva do óleo, totalizando 60 dias (1.440 horas) de simulação.

Para as simulações com volume de pequeno e médio porte (8 m^3 e 200 m^3, respectivamente) foram considerados **vazamentos instantâneos em superfície,** mais o acompanhamento da deriva do óleo por 30 dias após o término do vazamento, independente da espessura do óleo, ou seja, mesmo que todo óleo tenha ficado abaixo do limiar de detecção em algum momento da simulação.

Em todas as simulações foi realizada uma modelagem tridimensional. Este tipo de modelagem permitiu o mapeamento das frações do óleo que ficam dissolvidas e dispersas na coluna d'água, além da parcela do óleo que fica na superfície.

Em todas as simulações considerou-se como critério de existência de óleo na superfície espessuras maiores ou iguais ao limiar de 3 x 10^{-7} metros. Esse valor de espessura está em conformidade com o limite visual indicado na Informação Técnica n° 023/02 (ELPN/IBAMA), que "*corresponde ao filme de óleo denominado por arco-íris*".

A resolução CONAMA n°357 de 2005, em seu texto, estabelece que o padrão para óleos em águas salinas na classe 1 e 2 é "virtualmente ausente", enquanto que para classe 3 é "toleram-se iridescência". Dessa forma, entende-se que se não houver iridescências (arco-íris), pode-se considerar a superfície da água com teor de óleo virtualmente ausente.

Para mapeamento das concentrações de óleo disperso/dissolvido na coluna d'água foi utilizada a concentração de 20 ppb como limite para apresentação dos resultados. A especificação de um valor limiar deve ser baseada em critérios que levem em conta a toxicidade dos compostos presentes no óleo.

Para fins práticos é comum a adoção de um valor restritivo que possa ser utilizado de maneira mais geral. Um bom exemplo disso é o critério de presença de óleo baseado na espessura de óleo na superfície. O valor de 20 ppb foi adotado considerando que este valor é aproximadamente 0,1 % da concentração de óleo e graxas permitida para descarte de água produzida de acordo com a resolução CONAMA 393/2007. Esta resolução estabelece que "o descarte de agua produzida deverá obedecer a concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/l, com valor máximo diário de 42 mg/l ".

Dessa forma, se baseando em 0,1% de 29 mg/l temos aproximadamente 29 ppb. O valor de 0,1% foi arbitrado levando em consideração que este valor tem a mesma ordem de grandeza das diluições necessárias para que não sejam observados efeitos tóxicos adversos em descartes de água de produção, conforme observado por Gabardo (2007).

Apesar da concentração de óleo de 20 ppb ser um valor arbitrado em função do estudo de Gabardo (2007), ao compararmos os limiares ambientais à pares internacionais, é observado que o valor selecionado está na mesma ordem de grandeza. Por exemplo, no documento de Ospar Commission (2014) é recomendado o valor de PNEC (do inglês, *Predicted No Effect Concentration* ou Concentração Sem Efeito Previsível) de 70,5 ppb, que cita como referência o estudo de Smit *et al*. (2009). Esse valor equivale ao descritor HC5 (concentração de risco com efeito adverso para 5% das espécies) que protege 95% das espécies em uma curva de Distribuição de Sensibilidade das Espécies, baseada em 30 valores de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) crônicos para 17 espécies marinhas.

Em um exemplo adicional, no documento de Rye et al. (2004) onde se discute a criação de um Fator de Impacto Ambiental (em inglês, Environment Impact Factor – EIF) em concordância

entre operadores de óleo e gás na Noruega, o valor de PNEC adotado para o cálculo do EIF é de 40,4 ppb. Dessa forma, observa-se aderência do valor adotado para o presente estudo com publicações internacionais.

Vale ressaltar que o valor de 20 ppb utilizado como limiar para apresentação dos resultados não está diretamente relacionado com o risco de efeitos tóxicos adversos. Apenas foi utilizado um valor que, em ordem de grandeza, permitisse o mapeamento da pluma de óleo disperso/dissolvido na coluna d'água.

Para avaliação da presença de óleo no fundo oceânico foi utilizado o seguinte procedimento: a partir do cruzamento dos mapas de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água em diversas profundidades com o mapa de batimetria utilizado no estudo, foram obtidos mapas de probabilidade de presença de óleo no fundo oceânico. É importante observar que existe uma diferença entre este procedimento e a especificação de um limiar de concentração de óleo no fundo marinho. Enquanto a concentração de óleo no fundo marinho leva em consideração um efeito cumulativo de adsorção de óleo nos sedimentos, o critério utilizado no mapa de probabilidade leva em consideração apenas o fato do óleo tocar no fundo oceânico com concentrações superiores a 20 ppb.

Segundo a contratante, o óleo esperado para a região possui 36º API (*American Petroleum Institute*). A partir dessa informação foi escolhido no banco de dados do modelo OSCAR um óleo similar para ser utilizado nas simulações. As características do óleo utilizado nas simulações são apresentadas nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3: Características do óleo utilizado nas simulações.

Propriedade	Valor	Unidade
Densidade	0,844	g/cm³
API	36,2	º
Viscosidade Dinâmica	16 (a 13°C)	cP
Ponto de Fluidez (*Pour Point*)	-12	ºC

Tabela 4: Componentes do óleo do banco de dados do OSCAR.

Componentes	Fração no óleo (%)
C1-C4 gases (dissolvido no óleo)	2,5035
C5-saturados (n-/iso-/ciclo)	3,9947
C6-saturados (n-/iso-/ciclo)	1,5807
Benzeno	0,2635
C7-saturados (n-/iso-/ciclo)	2,5491
C1-Benzeno (Tolueno) et, B	0,8853
C8-saturados (n-/iso-/ciclo)	3,4894
C2-Benzeno (xilenos; usando O-xileno)	0,9533
C9-saturados (n-/iso-/ciclo)	3,8848
C3-Benzeno	1,9043
C10-saturados (n-/iso-/ciclo)	4,9670
C4 e C4 Benzenos	0,1713
C11-C12 (total sat + aro)	9,0648
Fenóis (C0-C4 alquilado)	0,0144
Naftalenos 1 (C0-C1-alquilado)	0,4889
C13-C14 (total sat + aro)	10,9109
Naftalenos 2 (C2-C3-alquilado)	0,7378
C15-C16 (total sat + aro)	5,8154
HPA 1 (Hidrocarbonetos poliaromático médio solúvel (3 anéis-não-alquilado; < 4 anéis)	0,2519
C17-C18 (total sat + aro)	5,7378
C19-C20 (total sat + aro)	4,4063
Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR: C10 a C36)	0,0782
C21-C25 (total sat + aro)	6,5133
HPA 2 (Hidrocarbonetos poliaromático baixo solúvel (3 anéis-alquilado; 4-5+ anéis))	0,2823
C25+ (total)	28,5513

3.1.4 Descrição das Grades

No estudo em escala regional utilizou-se uma grade regular com resolução espacial de 3,5 km nas direções zonal e meridional. Os limites da grade são: ao sul, 25º 04' S, ao norte, 4º 30' N, a oeste, 51º 34' W e a leste, 31º 11' W (Figura 17). Com isso, obteve-se uma matriz com 636 por 937 pontos de grade.

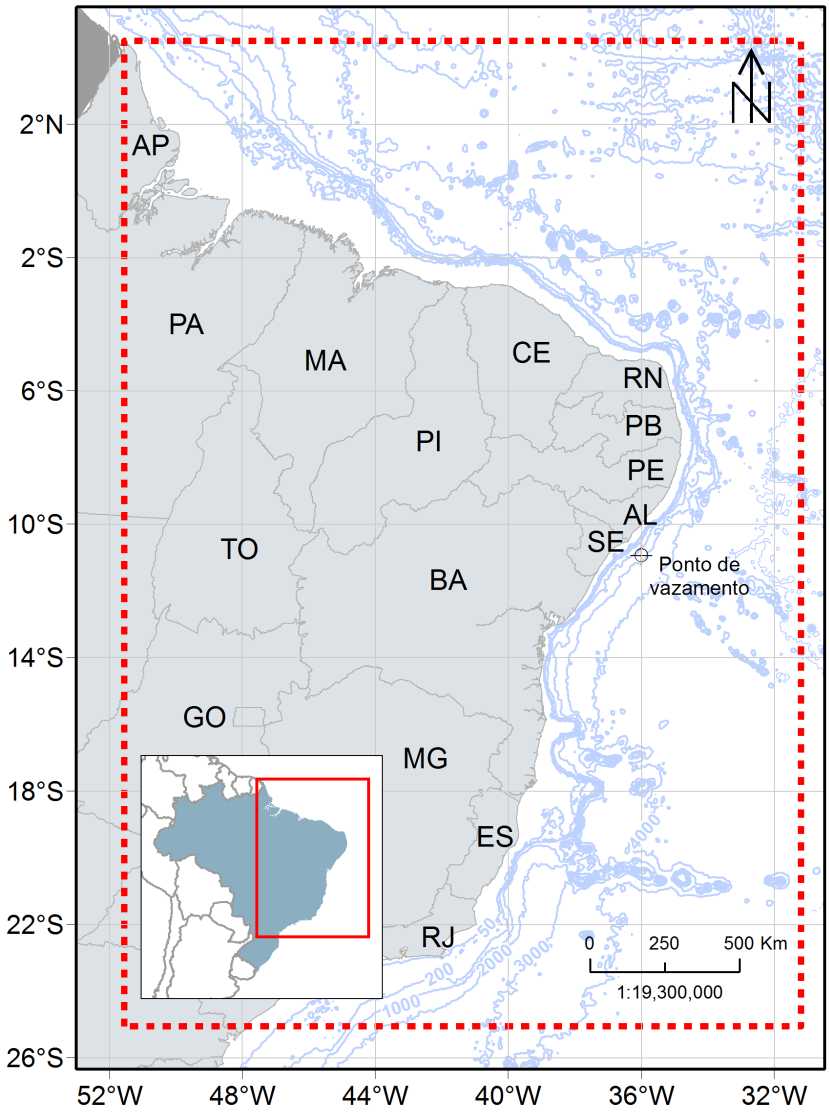


Figura 17: Representação do limite da grade de óleo na escala regional (linha vermelha tracejada).

Para todos os cenários, o número de camadas utilizadas na vertical foi 21, totalizando 125.145.572 elementos. No entanto, para os vazamentos de 8 m³ e 200 m³, a partir da superfície, as camadas verticais foram de 0 a 202 metros de profundidade e para o vazamento de pior caso, a partir do fundo, as camadas foram de 0 a 3.002 m de profundidade.

No estudo em escala local, no interior dos rios Sergipe e São Francisco, utilizou-se uma grade regular com resolução espacial de 150 m nas direções zonal e meridional. Os limites da grade são: ao sul, 11º 18' S, ao norte, 9º 57' S, a oeste, 37º 12' W e a leste, 35º 49' W. Com isso, obteve-se uma matriz com 1.000 por 1.000, totalizando 1.000.000 elementos.

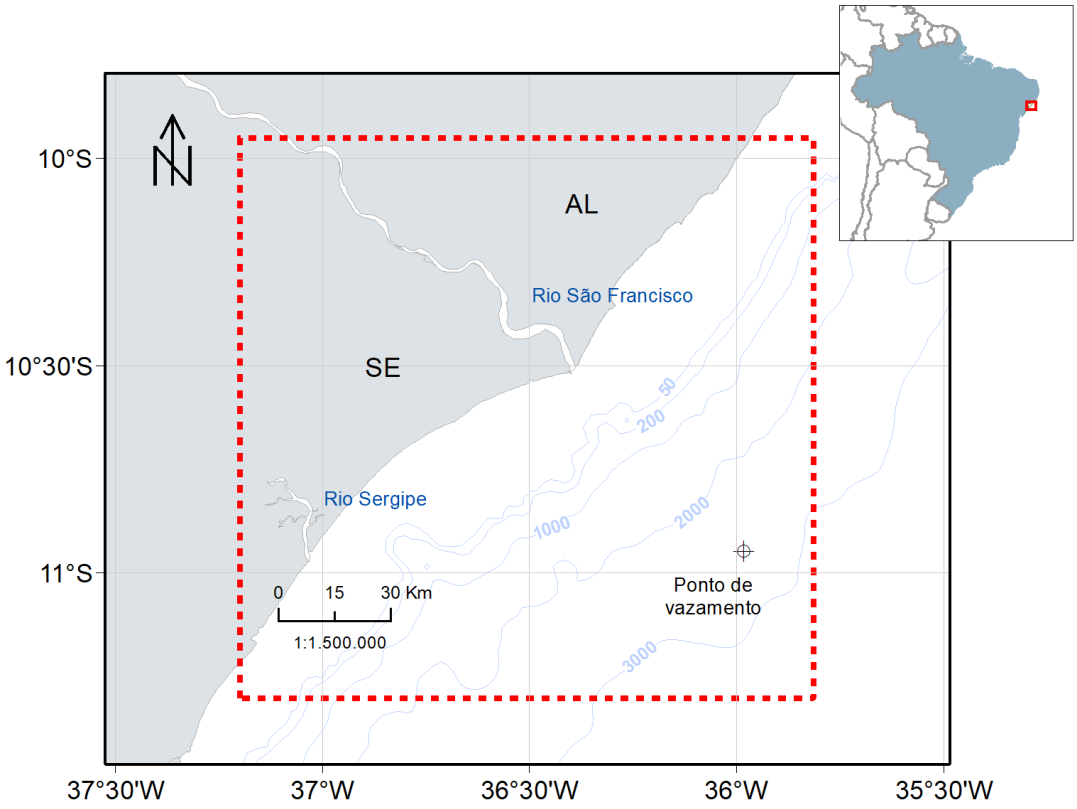


Figura 18: Representação do limite da grade de óleo na escala local (linha vermelha tracejada).

As grades do modelo de óleo com a batimetria são apresentadas na Figura 19 e na Figura 20. Para manter a concordância com a modelagem hidrodinâmica, os dados de batimetria utilizados são provenientes da base global batimétrica ETOPO1 (AMANTE; EAKINS, 2009).

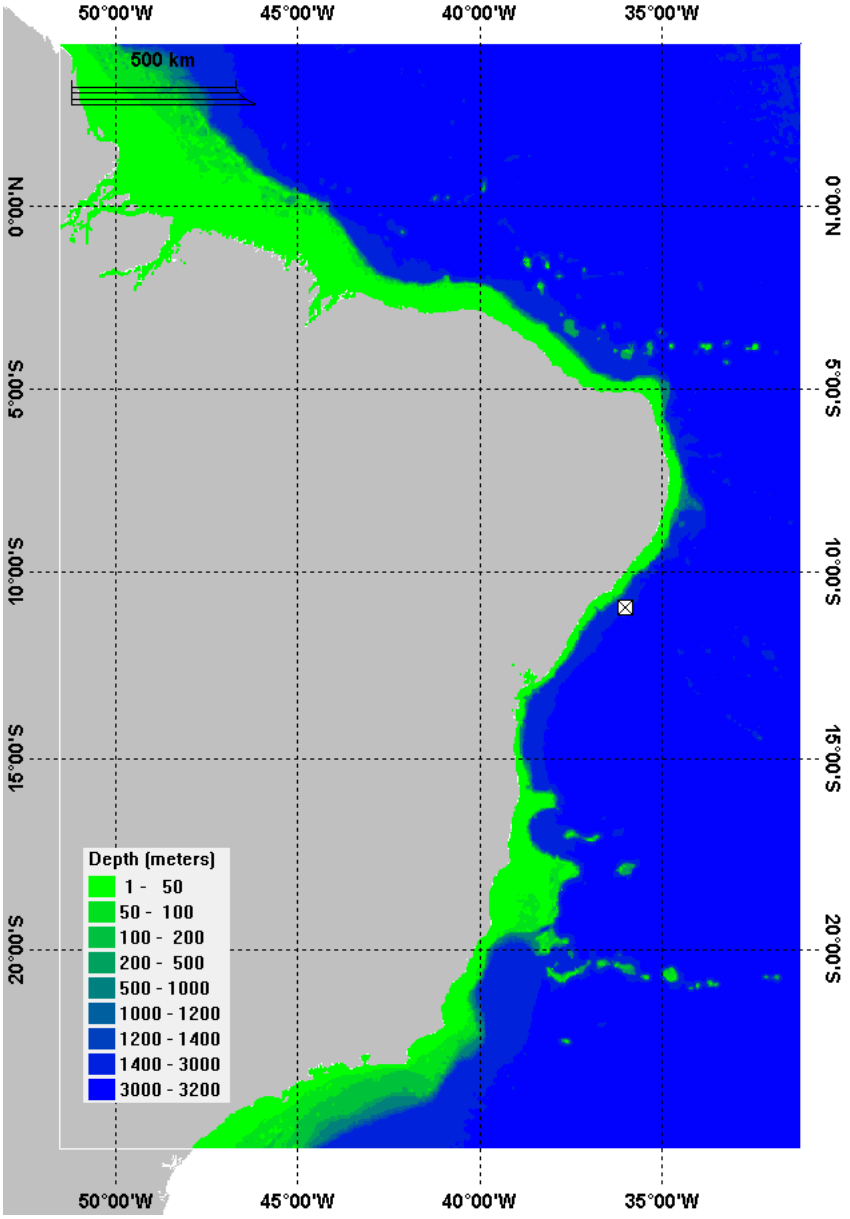


Figura 19: Grade de batimetria utilizada na simulação da escala regional.

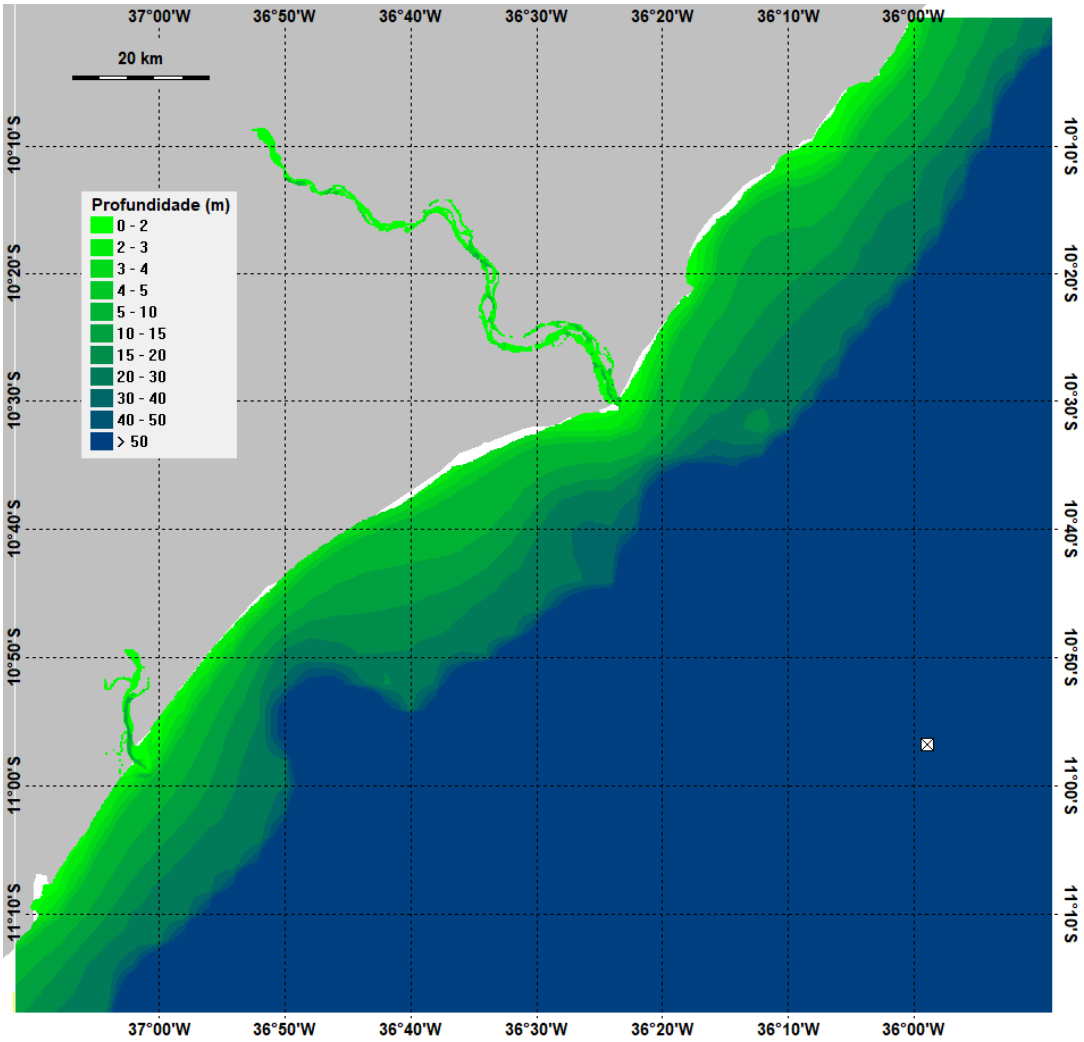


Figura 20: Grade de batimetria utilizada na simulação da escala local.

Conforme apresentado no Anexo III – Óleo na Costa, as interações óleo-linha de costa no modelo OSCAR são dependentes tanto do tipo de óleo considerado na modelagem quanto do tipo de linha de costa. O tipo da linha de costa considerado definirá a máxima capacidade de retenção do óleo nos pontos da grade do modelo que representam a costa.

Para a definição do tipo de costa para fins da modelagem de óleo foram utilizadas como base as informações do banco de dados do Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (MAREM), que é constituído de informações das Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo (Cartas SAO) e do Projeto de Proteção e Limpeza de Costa (PPLC, 2018).

As Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo constituem uma ferramenta e fonte de informações para o planejamento de contingência e para a implementação de ações de resposta a incidentes de poluição por óleo, uma vez que permitem identificar os ambientes

com prioridade de proteção e as eventuais áreas de sacrifício, possibilitando o correto direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização adequada das equipes de contenção e limpeza (MMA, 2018).

O Projeto de Proteção e Limpeza de Costa (PPLC), por sua vez, foi fruto de um Acordo de Cooperação Técnica entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), cujo objetivo foi criar um banco de dados georreferenciados de todo o litoral brasileiro, para servir de suporte para o planejamento preliminar e emergencial, e gestão de uma operação de resposta a acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar em qualquer ponto da costa.

A segmentação do tipo de substrato da grade da modelagem de óleo foi baseada prioritariamente nas Cartas SAO publicadas pelo MMA. Os trechos para os quais ainda não estão disponíveis informações destas cartas foram complementados com informações do Projeto de Proteção e Limpeza de Costa (PPLC).

Para adequar a segmentação da costa com a resolução do modelo de óleo, adotou-se o critério de que se certo tipo de costa tivesse extensão inferior à resolução da grade, seria considerado para aquele segmento o tipo de costa predominante no entorno.

Para o domínio do estudo foram definidos seis tipos de costa predominantes:

- Praia arenosa;

- Planície de maré;

- Manguezal/Barra de rio vegetada;

- Costão rochoso;

- Estrutura artificial;

- Recifes areníticos.

O detalhamento da linha de costa utilizado na grade da modelagem de óleo é apresentado no Anexo V - Mapa com Detalhamento de linha de costa utilizado para a definição da grade do modelo do OSCAR.

3.1.5 Forçantes

3.1.5.1 Ventos

Os dados de vento utilizados como forçante no modelo de transporte de óleo são provenientes da Reanálise II do NCEP (R-2), que assim como a Reanálise I (R-1), usa o estado da arte em sistemas de assimilação de dados e um banco de dados mais completo possível, abrangendo informações meteorológicas primárias das mais diversas fontes associadas aos dados do modelo atmosférico global do NCEP. A base de dados conhecida como "Reanálises do NCEP" foi originada a partir de uma cooperação entre o NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e o NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), com intuito de produzir inicialmente uma rede de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (KALNAY *et al.*, 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (KISTLER *et al.*, 2001), e atualmente, estão disponíveis mais de 65 anos (1948-atual) de dados.

Estes dados são amplamente utilizados pela comunidade científica, sendo, portanto, adequados para utilização em estudos dessa natureza. Os dados primários utilizados para gerar as reanálises são de diferentes origens:

- Dados globais de radiossondas.
- Dados da superfície do mar obtidos através do projeto COADS (*Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*) no período de 1983 a 1996 (14 anos), originados de diversas fontes, incluindo observações de navios, bóias fixas, bóias móveis e estações oceânicas próximas à superfície, dentre outras.
- Dados aéreos, originados de observações por aeronaves em todo o globo, geralmente associados a projetos como o GARP (*Global Atmospheric Research Program*) e GATE (*Global Atlantic Tropical Experiment*), por exemplo.
- Dados de Satélite, que começaram a ser obtidos em 1967, através de diversos programas. Atualmente, o NCEP/NCAR utiliza dados fornecidos pelo projeto TOVS (*Operational Vertical Sounder System*), com variáveis em três dimensões, cuja resolução espacial média é de 2,5 graus.
- Dados de vento em superfície, obtidos pelo sensor espacial *Microwave/Imager* (SSM/I) a partir de 1987, submetidos ao tratamento feito pela rede neural de Kransnopolsky *et al.* (1995) *apud* Kalnay *et al.* (1996).
- Dados de cobertura de nuvens obtidos por estimativas dos dados de Satélites Meteorológicos Geoestacionários (SMG). Esses dados estão disponíveis desde 1978.

Todos os dados utilizados nas reanálises passam por um rigoroso controle de qualidade e recebem um tratamento diferenciado de acordo com a forma de obtenção, utilizando-se técnicas de interpolação espaço-temporal, que levam em consideração não somente a estatística como também a dinâmica dos fenômenos meteorológicos (análise objetiva).

A Reanálise I (R-1) foi criada por um sistema complexo de programas, bibliotecas, algoritmos e dados, que envolvem diversas etapas no processamento, tais como, decodificação, controle de qualidade, análises, previsão, pós-processamento e armazenamento. Consequentemente, o processo se tornou propenso a erros humanos. Neste contexto, surgiu a Reanálise 2 (R-2), que além de minimizar os erros humanos no processamento, incorporou atualizações no modelo de previsão e diagnóstico (KANAMITSU *et al*., 2002). Outro fator determinante para o desenvolvimento da R-2 foi o aumento significativo da quantidade e da qualidade dos dados coletados a partir do final dos anos 70. Assim, ao contrário da R-1 que está disponível de 1948 até os dias de hoje, a R-2 encontra-se disponível a partir de 1/1/1979 (CAMPOS, 2009).

O projeto R-2 (NCEP - DOE AMIP-II Reanalysis) trata-se então, de uma série global atualizada, de 1979 até 2015, que corrige os erros de processamento da R-1, utilizando um modelo de previsão e um sistema de assimilação de dados mais robustos. Assim, é gerada uma reanálise mais consistente e recomendada para usuários que eram afetados por alguns erros presentes na R-1. Dentre estes erros, podemos citar as análises de transientes no Hemisfério Sul; o uso de temperaturas próximas à superfície e cobertura de neve sobre os continentes no Hemisfério Norte durante o inverno; análise da umidade dos solos; análises do balanço de neve; e sensibilidade das análises às mudanças no modelo de assimilação (KANAMITSU *et al*., 2002).

Deve ser ressaltado que a R-2, embora tenha passado por melhorias significativas, trata-se de uma atualização da R-1, e não uma nova geração da reanálise. Os produtos da R-2 estão disponíveis para o público através do Centro de Diagnósticos Climáticos do NCAR, e através da página: http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html.

Para este estudo foram utilizados 5 anos de dados (2011 a 2015) com uma frequência temporal de 6 horas (4 dados por dia). A resolução espacial na área em questão é de aproximadamente 1,8º e foi utilizado o maior número de dados possíveis abrangendo os limites da modelagem.

Para uma análise mais detalhada, a seguir, são apresentadas as rosas dos ventos mensais (Figura 22 e Figura 23), elaboradas para o período utilizado, além das tabelas de ocorrência de direção e intensidade (Tabela 5 e Tabela 6) a partir dos dados do ponto de grade do NCEP mais próximo ao ponto de simulação de vazamento na Bacia Sergipe - Alagoas (Figura 21).

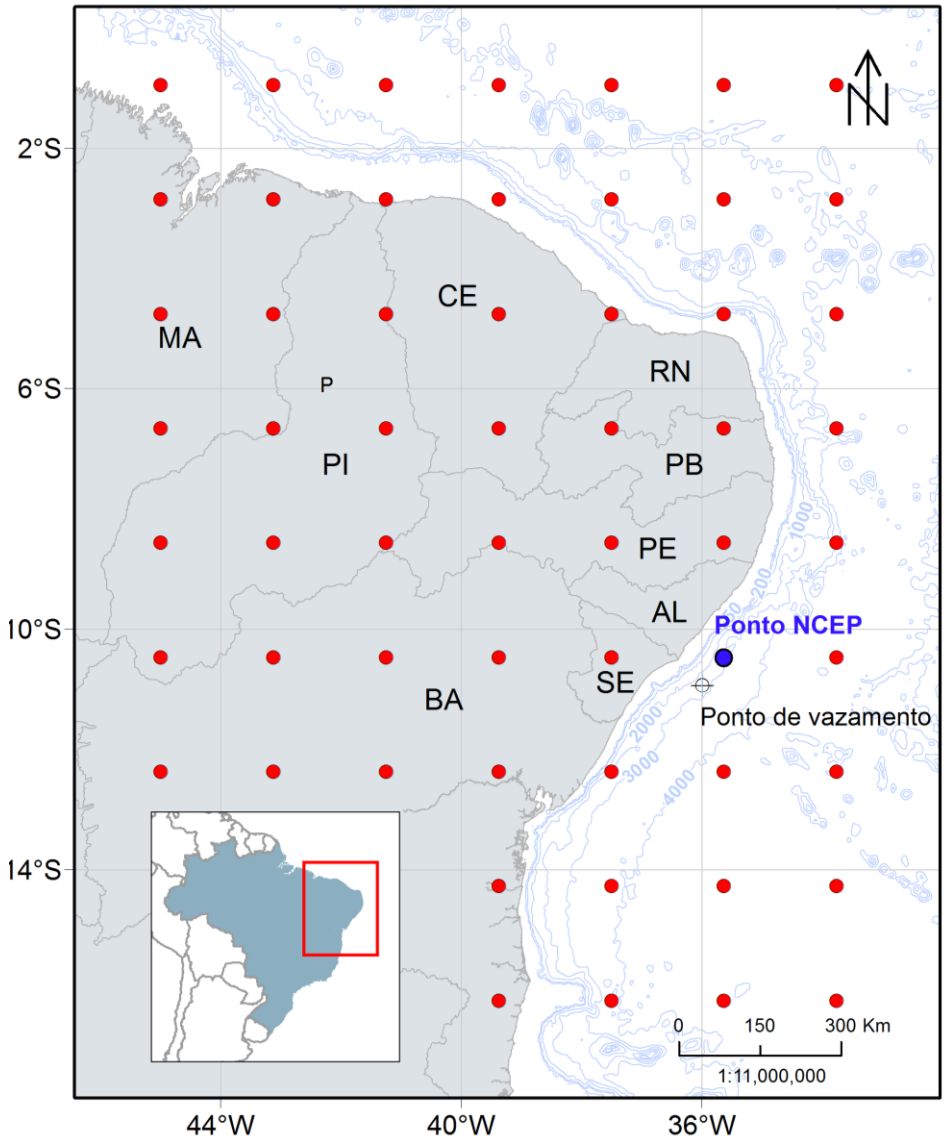


Figura 21: Localização dos pontos de grade do NCEP (em vermelho) em relação ao ponto de vazamento. Ponto em azul é o mais próximo da região de vazamento.

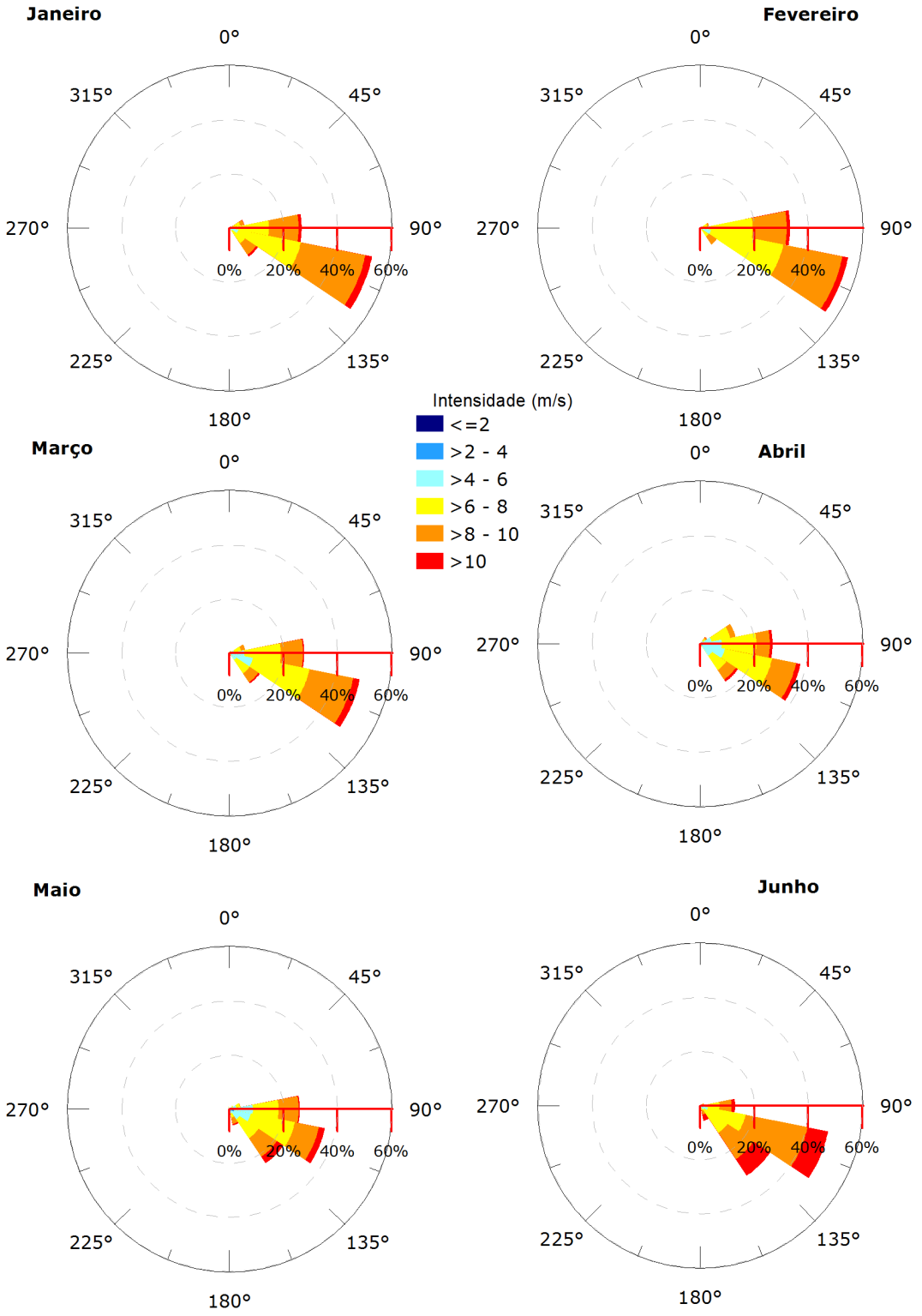


Figura 22: Rosa dos ventos para os meses de janeiro a junho para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

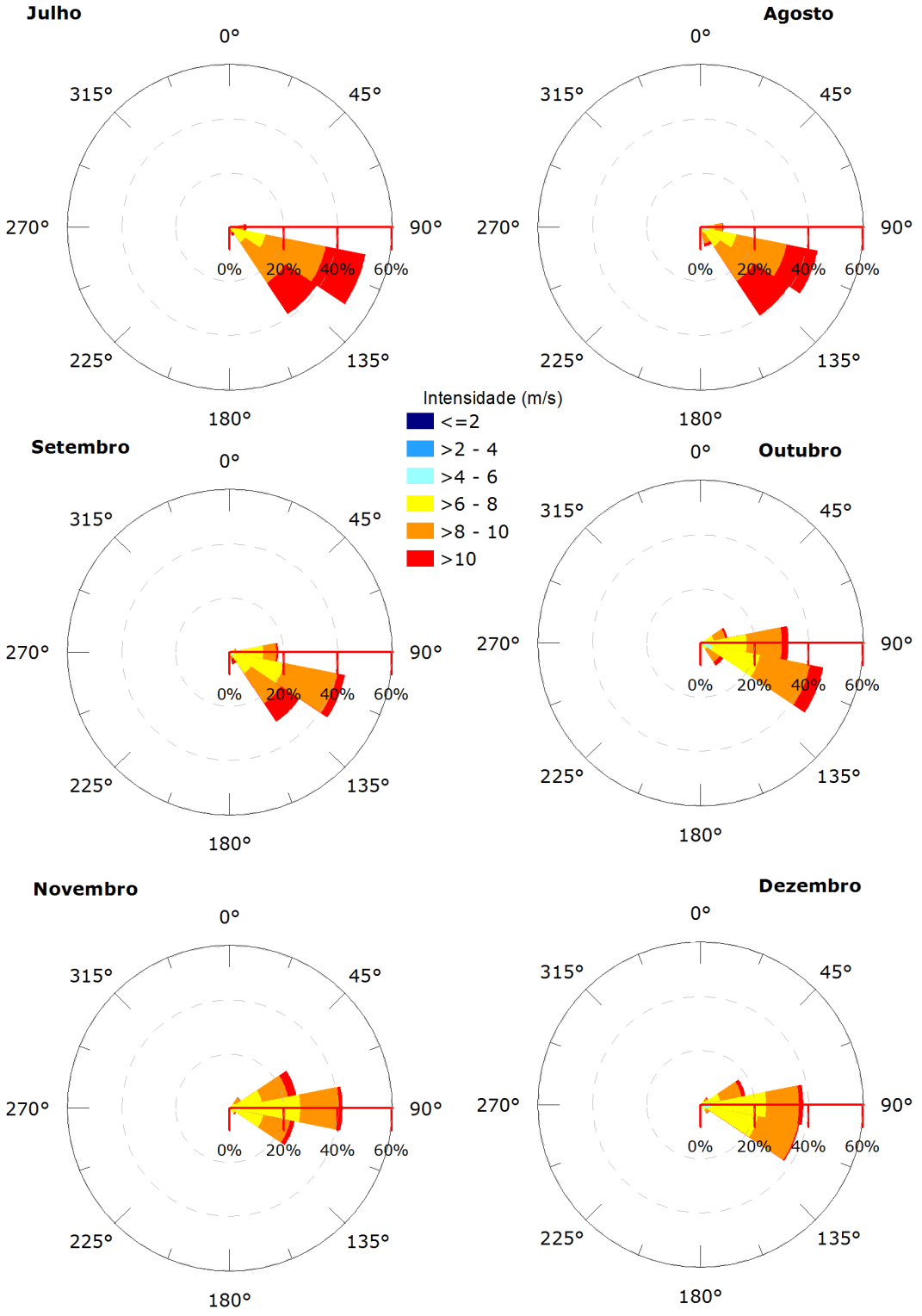


Figura 23: Rosa dos ventos para os meses de julho a dezembro para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Tabela 5: Ocorrência mensal de direção dos ventos para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Direção	Meses do ano											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N	-	-	0,5	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
NNE	-	-	1,0	0,3	0,2	-	-	-	-	-	0,3	0,3
NE	0,8	-	1,0	3,2	1,6	-	-	0,2	-	0,8	5,0	3,4
ENE	5,6	3,4	6,0	13,3	4,2	1,5	0,3	0,3	2,7	10,2	25,2	16,9
E	26,8	33,3	27,7	26,8	26,1	13,0	6,3	8,5	18,0	32,6	41,8	38,1
ESE	53,9	55,9	49,2	37,8	36,0	48,3	51,3	44,2	43,5	46,3	24,5	37,3
SE	12,7	7,4	13,5	16,8	24,0	31,2	38,7	39,4	31,0	10,2	3,0	4,0
SSE	0,2	-	1,1	1,2	6,1	5,8	3,4	7,4	4,7	-	0,2	-
S	-	-	-	0,3	0,3	0,2	-	-	0,2	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WNW	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
NW	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
NNW	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 6: Ocorrência mensal de intensidade dos ventos para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Mês	Intensidade (m/s)					
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	> 10
Janeiro	-	-	9,0	44,4	41,9	4,7
Fevereiro	-	0,5	8,9	48,0	39,2	3,4
Março	-	2,6	19,2	44,0	30,6	3,5
Abril	-	3,2	26,0	45,8	21,2	3,8
Maio	0,5	6,6	20,6	38,9	27,3	6,1
Junho	0,2	2,0	6,3	31,2	41,5	18,8
Julho	-	-	2,7	21,1	45,0	31,1
Agosto	0,3	1,9	5,2	22,9	41,3	28,4
Setembro	-	0,5	7,0	38,8	40,0	13,7
Outubro	-	0,3	9,0	38,4	42,3	10,0
Novembro	-	0,5	6,0	49,3	37,5	6,7
Dezembro	-	0,6	8,1	49,2	38,1	4,0

3.1.5.2 Correntes

Como forçante hidrodinâmica foram utilizados os resultados do modelo hidrodinâmico descritos no item 2 – Modelagem Hidrodinâmica. Assim, são apresentadas as rosas de correntes mensais (Figura 24 a Figura 25) para o ponto mais próximo do local de vazamento, além das tabelas de ocorrência de direção e intensidade (Tabela 7 a Tabela 8).

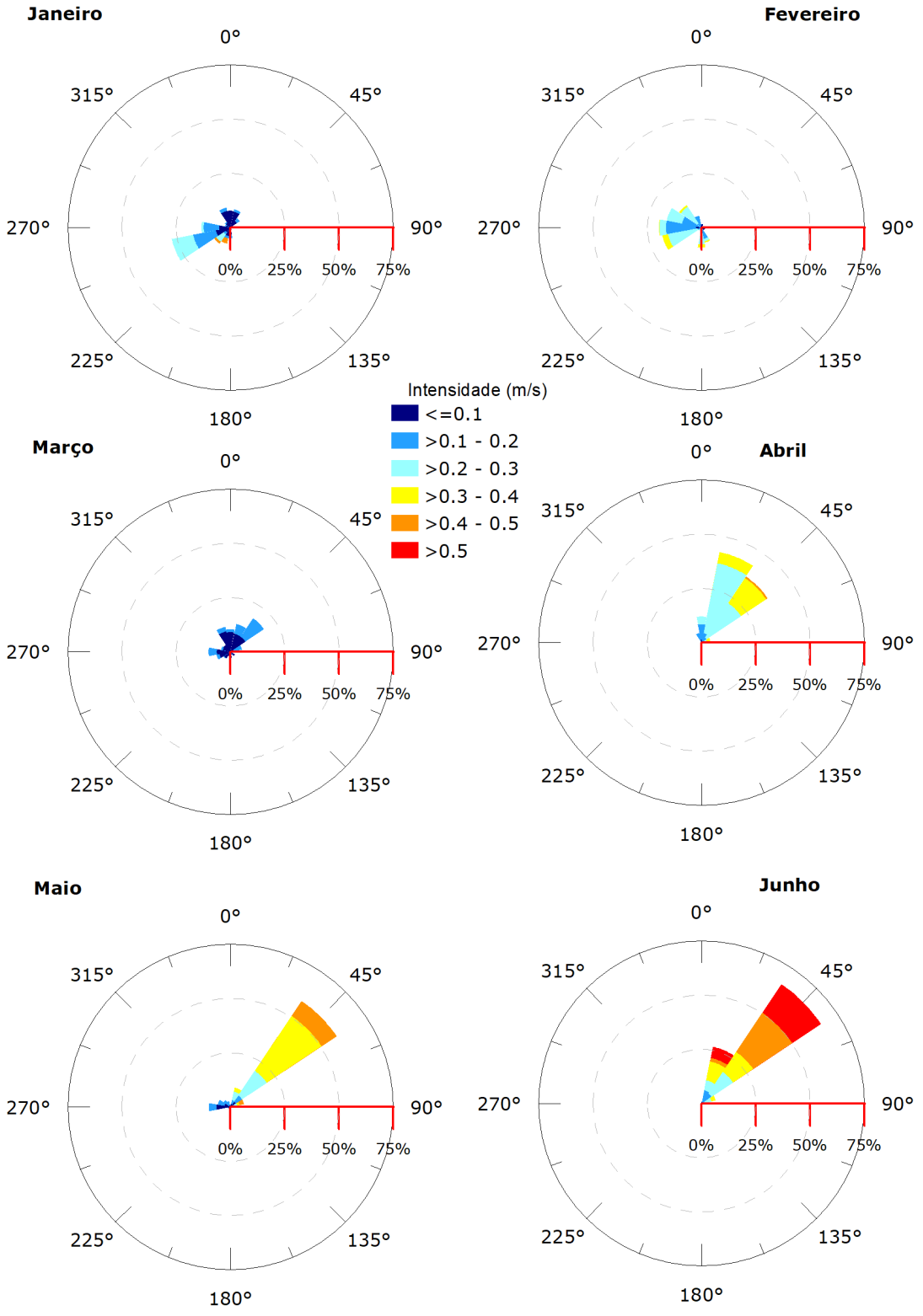


Figura 24: Rosa de correntes para os meses de janeiro a junho para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

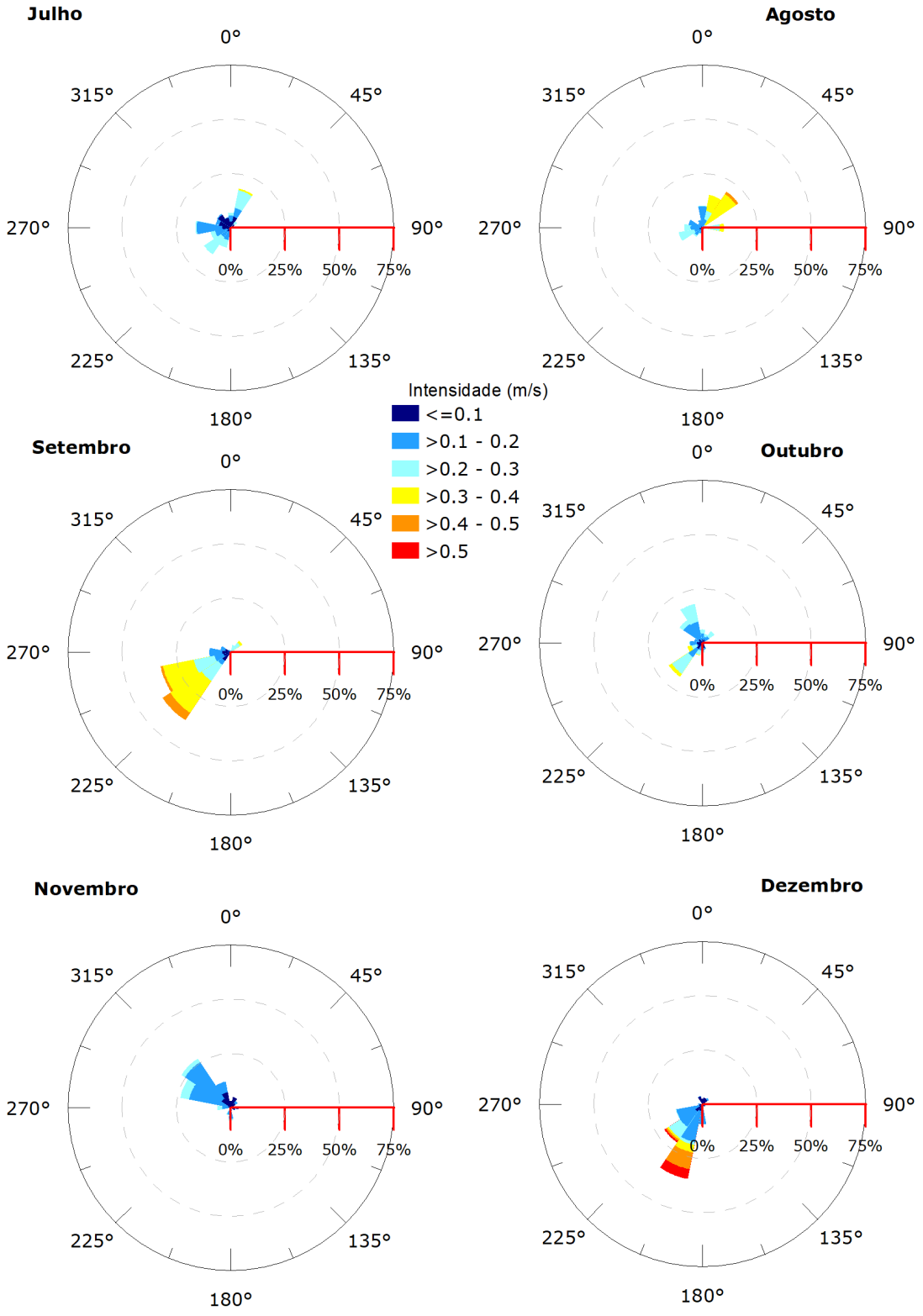


Figura 25: Rosa de correntes para os meses de julho a dezembro para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Tabela 7: Ocorrência mensal de direção das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Direção	Meses do ano											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N	7,6	1,5	10,3	12,0	0,8	0,6	6,7	10,0	0,8	6,2	3,1	2,4
NNE	8,4	1,5	13,0	42,6	9,1	26,7	18,3	15,4	3,4	4,3	5,0	3,0
NE	5,2	0,3	18,7	36,8	58,9	66,1	3,5	19,9	6,4	6,7	3,9	3,5
ENE	-	0,9	5,4	4,2	6,5	6,7	-	1,6	1,7	1,1	1,4	0,8
E	-	0,9	2,4	-	0,5	-	0,3	10,0	-	-	3,6	1,9
ESE	-	1,8	0,8	-	-	-	-	0,5	-	0,5	2,2	1,6
SE	0,3	1,5	2,4	-	-	-	0,3	1,1	-	1,3	0,6	1,6
SSE	1,1	7,2	1,6	-	0,3	-	-	0,3	-	3,2	1,4	1,4
S	5,2	9,3	3,0	-	-	-	1,6	1,1	-	4,6	5,8	9,5
SSW	7,6	1,2	2,2	-	-	-	9,4	3,2	0,3	5,9	3,6	35,1
SW	9,0	1,8	3,8	-	0,5	-	14,8	5,1	37,7	18,5	-	21,1
WSW	27,5	18,4	6,5	-	1,1	-	9,4	11,1	33,0	7,0	-	12,4
W	13,4	19,6	10,0	-	9,9	-	16,2	8,4	9,8	5,9	6,1	1,9
WNW	2,5	16,3	4,3	-	5,9	-	7,0	6,5	4,7	3,8	23,7	-
NW	3,0	12,3	3,8	-	3,8	-	7,5	2,4	1,4	12,6	27,3	-
NNW	9,3	5,4	11,7	4,5	2,7	-	4,9	3,5	0,8	18,3	12,3	3,8

Tabela 8: Ocorrência mensal de intensidade das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Mês	Intensidade (m/s)					
	0-0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	>0.5
Janeiro	54,0	27,2	15,3	-	3,5	-
Fevereiro	16,6	36,1	41,3	6,0	-	-
Março	70,5	29,5	-	-	-	-
Abril	2,8	17,3	58,2	20,9	0,8	-
Maio	18,5	18,5	19,1	33,3	10,5	-
Junho	1,1	11,4	21,1	21,9	23,3	21,1
Julho	36,9	35,3	27,0	0,8	-	-
Agosto	8,1	40,4	23,7	26,4	1,3	-
Setembro	14,5	18,2	28,8	33,2	5,3	-
Outubro	22,3	42,5	31,5	3,8	-	-
Novembro	34,8	56,0	9,2	-	-	-
Dezembro	28,9	44,9	7,8	4,3	8,6	5,4

3.1.5.3 Separação Sazonal

A partir da observação das informações de ventos e correntes são identificadas duas condições sazonais a serem utilizadas no estudo.

A primeira, denominada **Período 1**, compreende os meses de **novembro a abril** e a segunda, denominada **Período 2**, compreende os meses de **maio a outubro**.

A partir da observação das rosas dos ventos do ponto do NCEP próximo ao ponto de vazamento, que trazem informações sobre as frequências de ocorrência conjunta de direção e intensidade dos ventos na região, foi observado que na maioria dos meses do Período 1, há maior frequência e incidência de ventos de ESE e E, e intensidades predominantes entre 6 e 8 m/s, enquanto no Período 2 os ventos são principalmente de ESE e SE e as intensidades predominantes são maiores, ficando entre 8 e 10 m/s.

Em relação às correntes, levando em consideração a posição do ponto de vazamento em águas profundas, este não se encontra na região preferencial do fluxo das correntes de contorno oeste, além de estar localizado em uma região da bifurcação da Corrente Sul Equatorial. Portanto há uma grande variação das direções observadas neste ponto de vazamento nos dois períodos sazonais definidos. Em relação às intensidades predominantes de cada período, de maneira geral o Período 2 apresenta intensidades maiores que o Período 1, acima de 0,1 m/s, enquanto que o Período 1, apresenta porcentagem significativa de correntes entre 0 e 0,1 m/s em alguns meses.

3.1.5.4 Salinidade e Temperatura

Para definir os perfis de salinidade e temperatura a serem incorporados na modelagem de óleo foram utilizados os dados dos resultados da Modelagem Hidrodinâmica apresentados no item 2.

O perfil apresentado (Figura 26) representa a média dos dados para o ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento e dentro dos períodos sazonais escolhidos (3.1.5.3 Separação Sazonal).

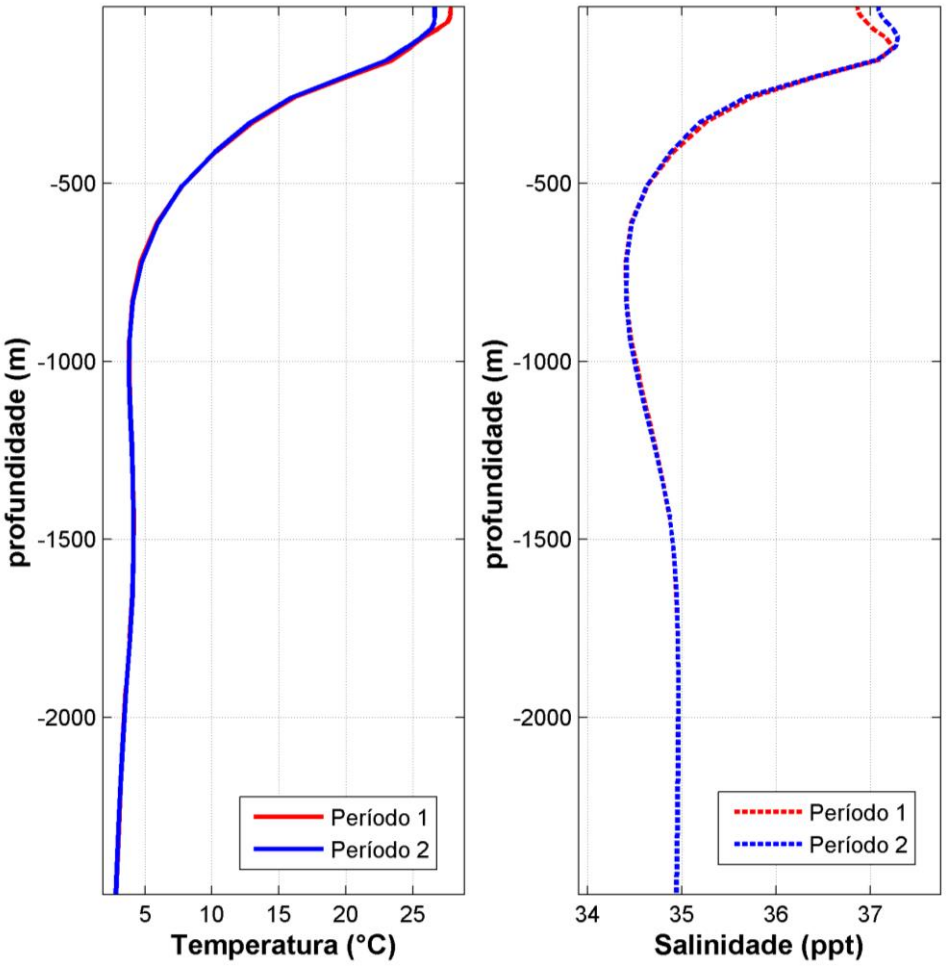


Figura 26: Perfis de salinidade e temperatura para o ponto de grade mais próximo ao ponto de vazamento.

3.1.6 Variabilidade Ambiental

Na implementação de um modelo probabilístico de vazamento de óleo é necessária a definição de um universo amostral que represente a variabilidade ambiental da região. No modelo OSCAR, o universo amostral é criado por *n* repetições com condições de vento e corrente correlacionadas (*i.e.* condição de vento e de corrente são para o mesmo dia), o que cria a necessidade de se definir o número de simulações que serão conduzidas na realização da modelagem. Este número deve ser suficiente para representar de forma adequada a variabilidade ambiental presente na região, obtendo um mapa de probabilidade estatisticamente coerente.

A metodologia proposta por Elliot (2004) sugere o número adequado de simulações baseado na análise do número de zeros-ascendentes (*zero-up-crossing*) do vento, que consiste na identificação do número de vezes em que as componentes zonal (*u*) e meridional (*v*) do vento trocam de sinal. De forma prática, a alteração de sentido nas componentes está ligada a mudanças no padrão sinótico do vento, como por exemplo, no período de passagem de um sistema frontal pela região.

Dessa forma, com objetivo de avaliar a variabilidade das escalas temporais transientes presentes nos dados de ventos analisados e utilizados nesse relatório, foi realizada uma análise de zeros ascendentes (*zero-up-crossing*) do ponto do NCEP mais próximo ao ponto de vazamento na Bacia Sergipe - Alagoas (Figura 21). Os resultados podem ser observados na Figura 27.

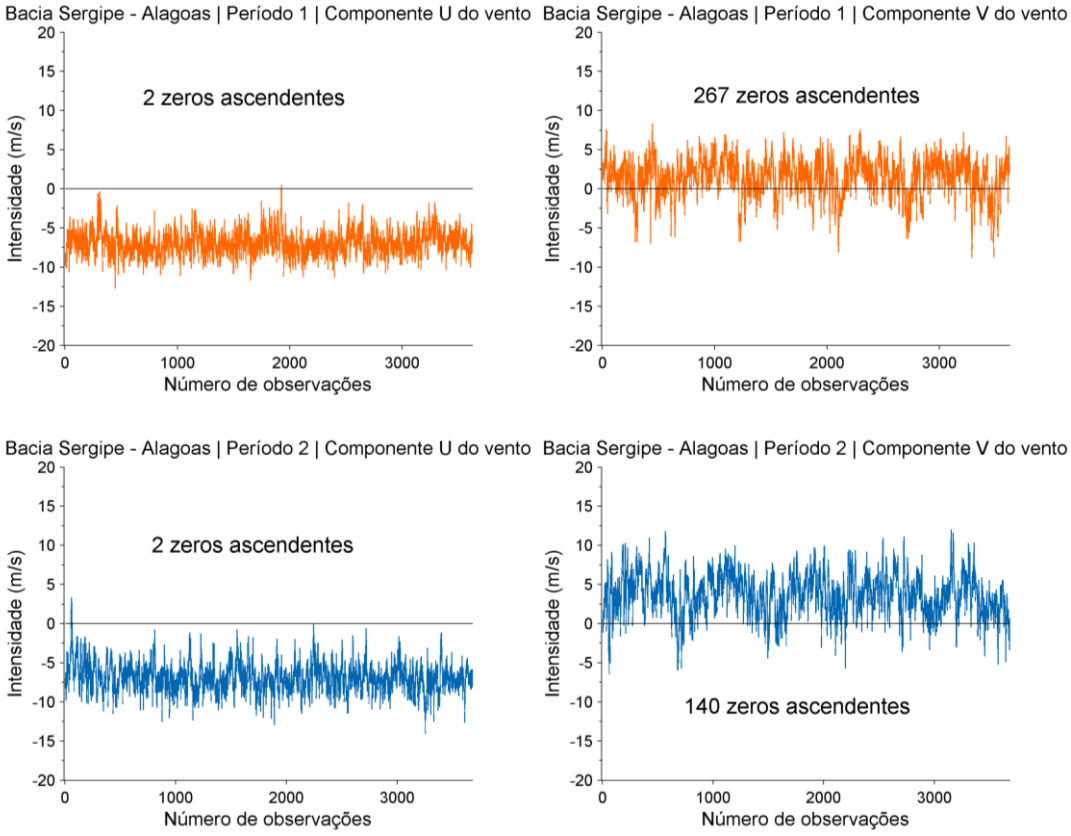


Figura 27: Séries temporais das componentes “u” e “v”, do vento, para a região do ponto de vazamento na Bacia Sergipe - Alagoas, com o número de zeros ascendentes presentes nas séries.

Observa-se que o número de zeros ascendentes para a componente zonal (u) do vento foi de apenas 2 em ambos os períodos sazonais adotados. Já a componente meridional (v) apresentou 267 zeros ascendentes no Período 1 e 140 no Período 2.

Assim, tendo como base a metodologia proposta por Elliot (2004), para uma correta representação dessa variabilidade na modelagem probabilística de óleo, os números mínimos de simulações aconselháveis seriam de 267 e 140 para os períodos 1 e 2, respectivamente. No estudo em questão foram utilizadas 270 simulações para cada condição sazonal. Essas simulações são escolhidas com espaçamento de tempo regular, permitindo assim considerar todo o período de dados e toda a variabilidade ambiental da região no período.

3.1.7 Resumo das características das simulações

Os parâmetros utilizados no presente estudo são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Parâmetros numéricos utilizados no modelo de óleo.

Parâmetros dos modelos			
Ambos os modelos			
Número de partículas	Gotículas (não dissolvidas)	20.000	
	Dissolvidas	20.000	
Duração da simulação		60	dias
Número de simulações no modo probabilístico		270	Período 1
		270	Período 2
Modelo regional			
Dimensão da grade	Zonal	~2.040	km
	Meridional	~3.300	km
Resolução da grade	Direção X (longitude)	3,5	km
	Direção Y (latitude)	3,5	km
	Direção Z (profundidade) (vazamentos superfície / vazamento de fundo)	10 / 150	m
Profundidade para grade de concentração	Min:	0	m
	Max (vazamentos superfície / vazamento de fundo)	202 / 3.002	m
Limiar de concentração na coluna d'água		20	ppb
Passos de tempo	Passo de tempo de cálculo	15	min
	Passo de tempo de saída	1	hora
Modelo local (rios)			
Dimensão da grade	Zonal	~150	km
	Meridional	~150	km
Resolução da grade	Direção X (longitude)	150	m
	Direção Y (latitude)	150	m
	Direção Z (profundidade)	150	m
Profundidade para grade de concentração	Min:	0	m
	Max	3.002	m
Limiar de concentração na coluna d'água		20	ppb
	Passo de tempo de cálculo	6	min
	Passo de tempo de saída	30	min

No modelo OSCAR pode-se utilizar até 30 mil partículas para representar a fração não dissolvida do óleo e 30 mil para representar a fração dissolvida. No estudo atual, optou-se por utilizar 20 mil para cada tipo, totalizando 40 mil partículas. Esse valor foi escolhido com base em testes de sensibilidade com aumentos sucessivos do número de partículas, onde foi verificado que a partir de 10 mil partículas (5 mil não dissolvidas e 5 mil dissolvidas) não

observam-se diferenças entre os resultados. Com relação à distribuição dos diâmetros e massas das partículas, isto é feito internamente pelo modelo de óleo.

Foram utilizados os menores espaçamentos de grade permitidos pelo OSCAR para essa modelagem considerando as dimensões do domínio de modelagem. Conforme exposto anteriormente, é importante destacar que plumas ou manchas de óleo com dimensões menores do que as dimensões das células da grade estão sujeitos a uma “diluição numérica” artificial. Desta forma os resultados de concentração e espessuras devem ser vistos como valores médios no volume definido pelas dimensões das células da grade.

3.2. Resultados

A seguir serão apresentados os resultados das simulações de deriva do óleo cru para vazamentos de 8 m³, 200 m³ e 238.480,9 m³ (equivalente ao vazamento diário de 7.949,4 m^3 durante 30 dias), nos modos probabilístico e determinístico.

Na abordagem probabilística são realizadas diversas simulações determinísticas, considerando todos os processos citados nos itens anteriores, em diferentes condições meteoceanográficas. Os resultados do modo probabilístico são de grande importância porque ilustram tanto a abrangência da área passível de ser afetada pelo vazamento quanto o tempo mínimo de chegada do poluente em cada local com probabilidade de ser atingido, além de identificar as regiões com maiores probabilidades de serem alcançadas nas diferentes condições simuladas.

Para a obtenção destes resultados foram realizadas, conforme exposto anteriormente, 270 diferentes simulações para cada período definido (Período 1 e 2), para cada volume (8 m³, 200 m³ e 238.480,9 m³), totalizando 1.620 possíveis cenários ambientais de vazamento. Este número de simulações foi definido conforme descrito no item 3.1.6 – Variabilidade Ambiental.

Para os resultados probabilísticos de escala local, também foram realizadas 270 diferentes simulações em cada período sazonal para o volume de pior caso, pois este foi o cenário de vazamento que houve chegada de óleo nos rios.

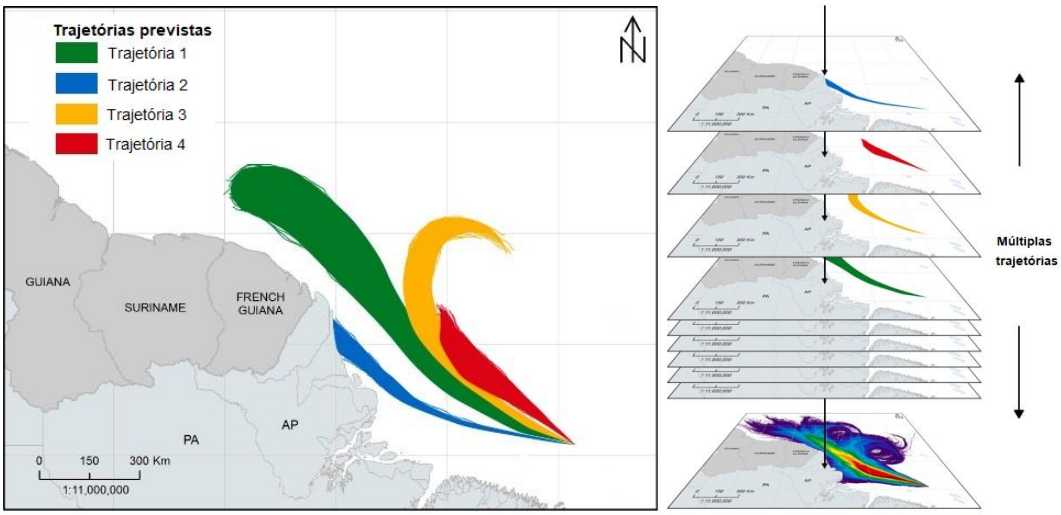


Figura 28: Exemplos de quatro trajetórias de derramamentos individuais para um cenário de vazamento genérico (à esquerda). Centenas de trajetórias individuais são sobrepostas umas sobre as outras, como mostrado à direita para calcular os resultados estocásticos (probabilidade, tempos mínimos de chegada, massa máxima de óleo encalhado na costa, etc.).

Os mapas/gráficos das simulações probabilísticas apresentados a seguir são resultados de:

- Probabilidade de chegada de óleo – Este mapa define os locais (superfície, costa, coluna d'água e/ou fundo marinho) e a probabilidade associada em que se espera que a massa de óleo exceda o limiar que define a presença de uma mancha de óleo.

- Tempo mínimo de chegada de óleo – Este mapa corresponde ao tempo mínimo de chegada de óleo ao mapa de probabilidade de presença de óleo. A ideia deste mapa é mostrar o menor tempo necessário para que o óleo exceda os limiares ambientais (espessura, concentração e/ou massa) definidos em cada ponto de grade se ocorrer um vazamento de óleo.

- Massa ou concentração máxima de óleo - Este mapa corresponde a massa ou concentração máxima ao mapa de probabilidade de presença de óleo. A ideia deste mapa é mostrar o máximo de massa ou concentração para os locais onde o óleo excede os limiares ambientais (espessura, concentração e/ou massa) definidos em cada ponto de grade se ocorrer um vazamento de óleo.

- Balanço de massa do óleo - Gráficos do tipo *box-plot* para o balanço de massa do óleo considerando todos os processos de intemperismo, onde é possível observar valores mínimo, máximo, mediana, primeiro e terceiro quartis.

No modo determinístico, os cenários a serem simulados foram definidos através da análise dos resultados das simulações probabilísticas de pior caso. Foram selecionadas as simulações que apresentaram o menor tempo de chegada de óleo na costa e a maior massa de óleo atingindo a costa dentre os cenários simulados. O intemperismo e a evolução da massa e área da mancha de óleo serão apresentados ao final de cada simulação determinística, através de gráficos e tabelas que apresentam os valores ao longo da simulação.

3.2.1 Resultados Probabilísticos

A seguir serão apresentados os resultados do modo probabilístico para os vazamentos de 8 m³, 200 m³ e 238.480,9 m³ de óleo cru a partir de um ponto de risco no bloco SEAL-M-351, na Bacia Sergipe - Alagoas nos dois cenários sazonais definidos, Período 1 (novembro a abril) e Período 2 (maio a outubro).

3.2.1.1 Volume de 8 m³

3.2.1.1.1 Período 1

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença e tempo mínimo de deslocamento do óleo em superfície para o vazamento de 8 m³ no Período 1 (Figura 29 e Figura 30).

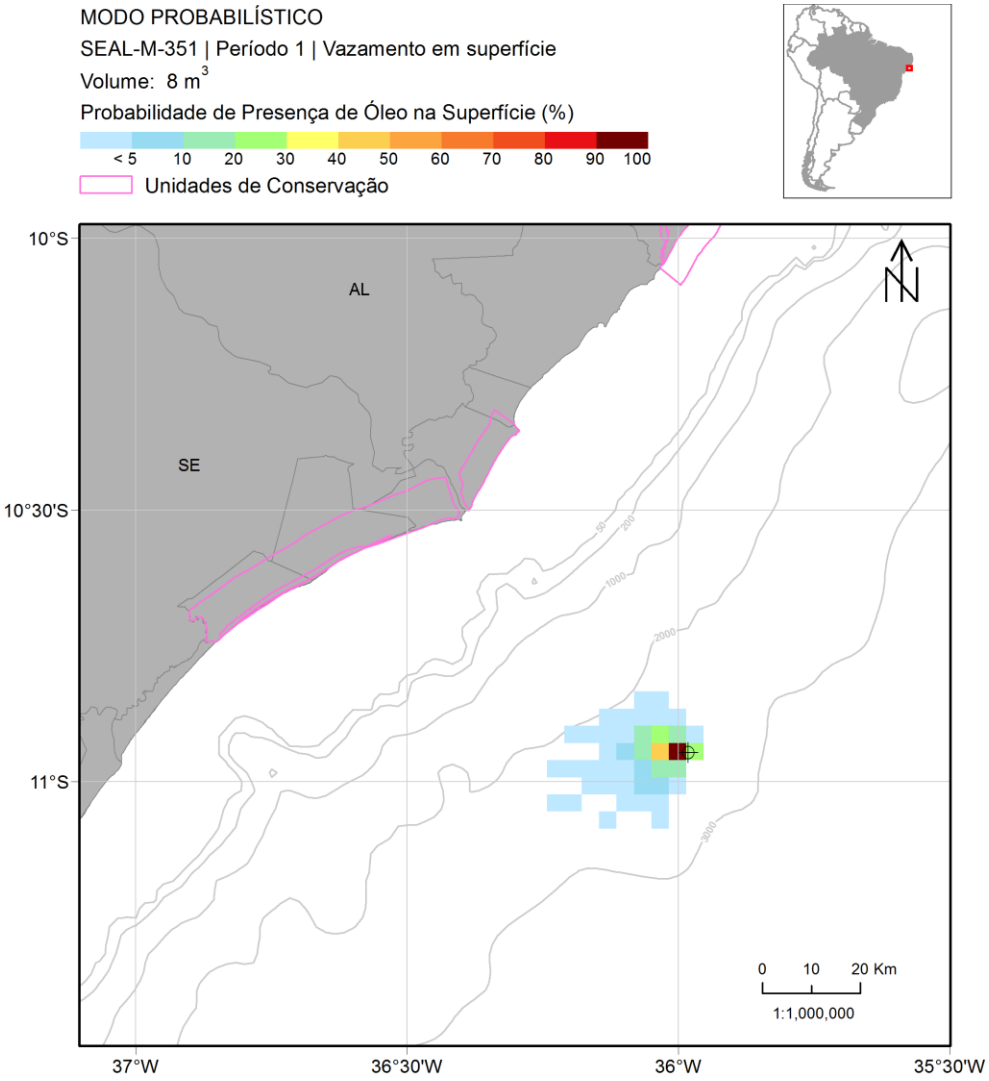


Figura 29: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

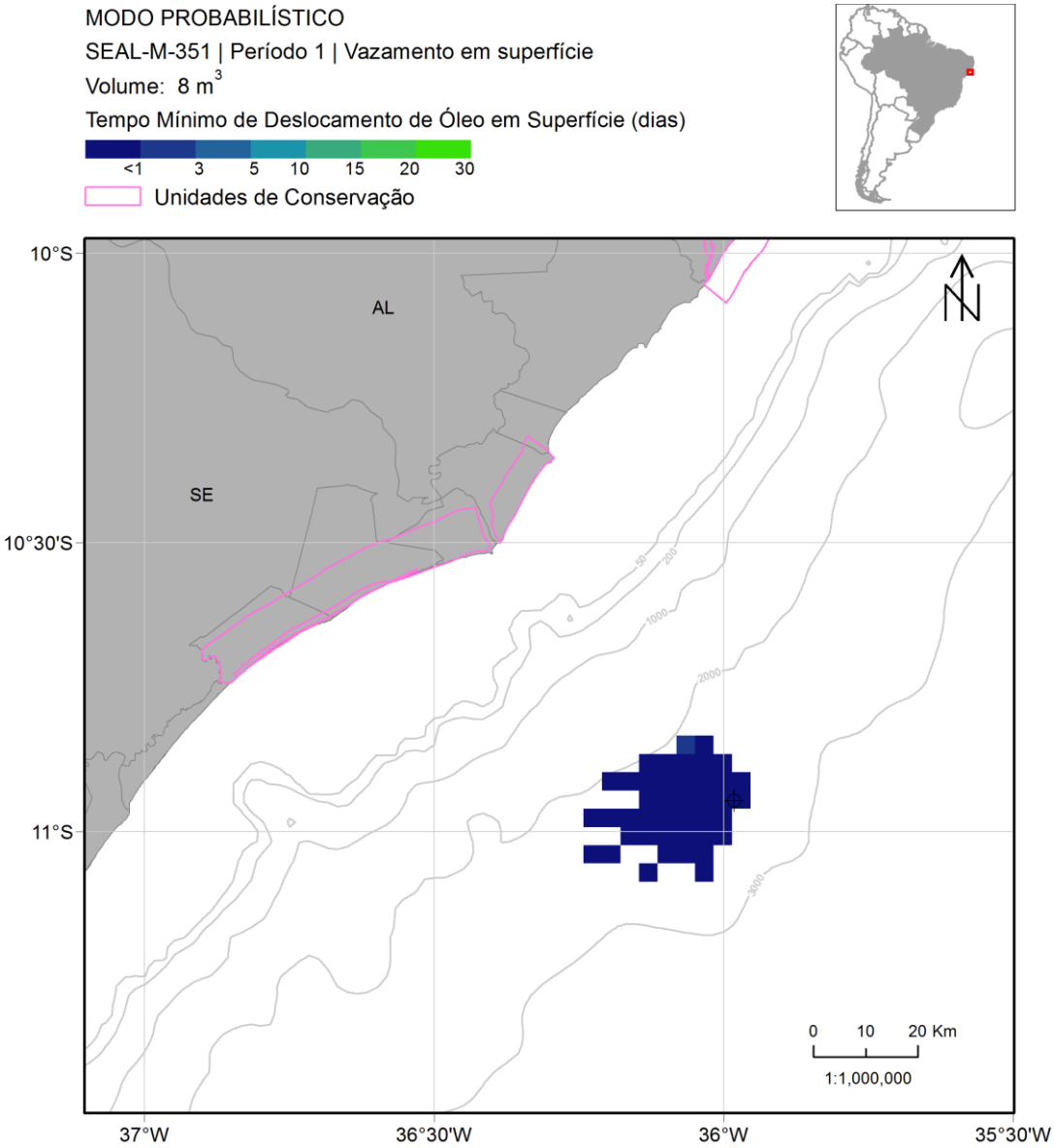


Figura 30: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

Neste cenário, a deriva do óleo é principalmente para oeste e sudoeste devido à influência da Corrente do Brasil (já que a bifurcação da Corrente Sul Equatorial está acima do ponto de vazamento neste período) e dos ventos de sudeste e leste mais frequentes.

A distância máxima que o óleo pode alcançar é de 30 km, distância que pode ser alcançada ainda no primeiro dia de simulação. Não houve probabilidade de chegada de óleo na costa ou em unidades de conservação neste cenário.

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo da simulação, com mediana de 69%. A dispersão na coluna d'água e a degradação

apresentaram medianas de 14% e 12%, respectivamente. A sedimentação teve mediana de 4%, mas pode retirar até 26% do total de óleo. O óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em todas as simulações.

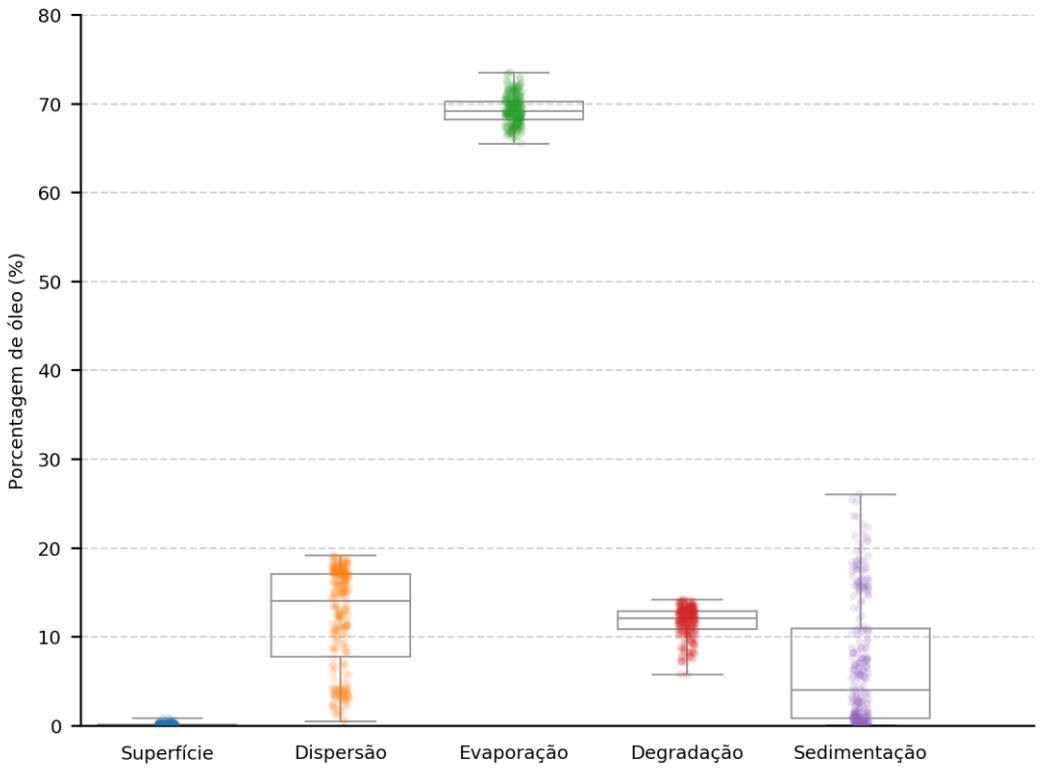


Figura 31: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

3.2.1.1.2 Período 2

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença e tempo mínimo de deslocamento do óleo em superfície para o vazamento de 8 m³ no Período 2 (Figura 32 e Figura 33).

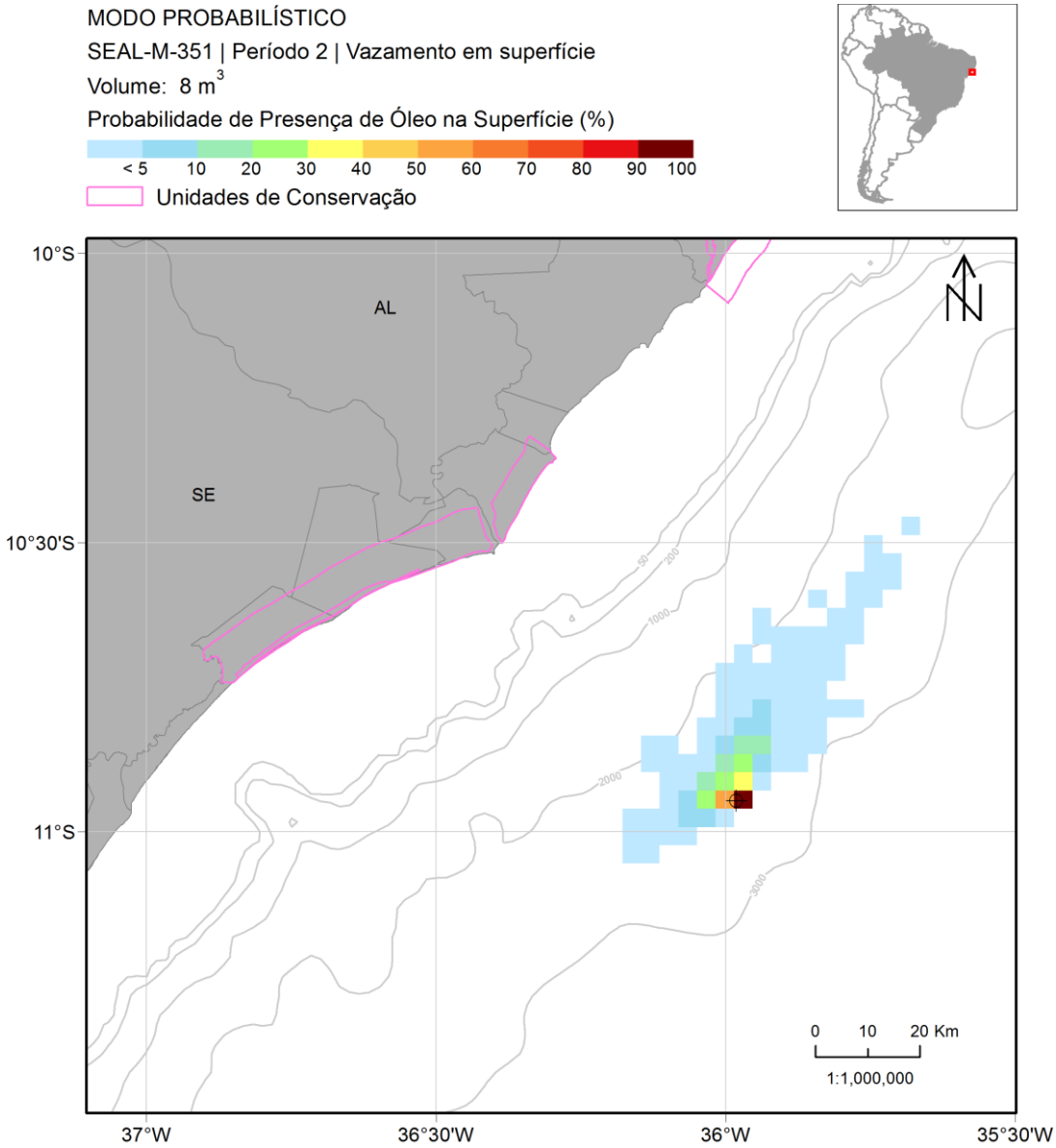


Figura 32: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

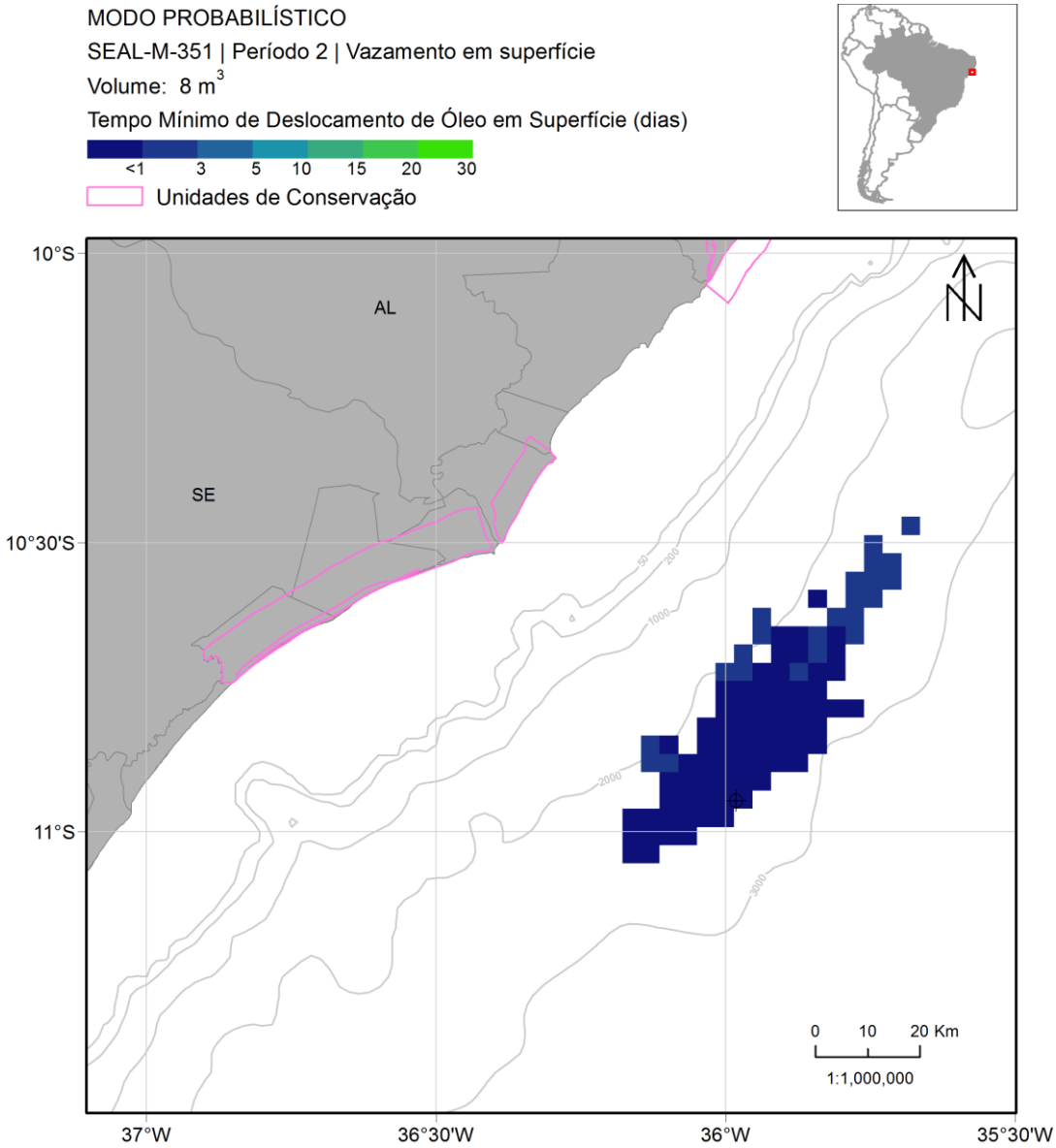


Figura 33: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Com o deslocamento para sul da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial, a região próxima ao ponto de vazamento fica na maior parte do tempo sob influência da Subcorrente Norte do Brasil, que flui para norte e segue a orientação da costa. Por isso, a direção principal da deriva de óleo neste cenário é para nordeste.

O óleo alcança uma distância de até 65 km do ponto de vazamento e os pontos mais distantes são atingidos entre 1 e 3 dias. Assim como no Período 1, não houve probabilidade de chegada de óleo na costa ou em unidades de conservação.

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo

da simulação, com mediana de 69%. A sedimentação teve mediana de 20%, enquanto a degradação e dispersão na coluna d'água apresentaram medianas de 9% e 3%, respectivamente. O óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em todas as simulações.

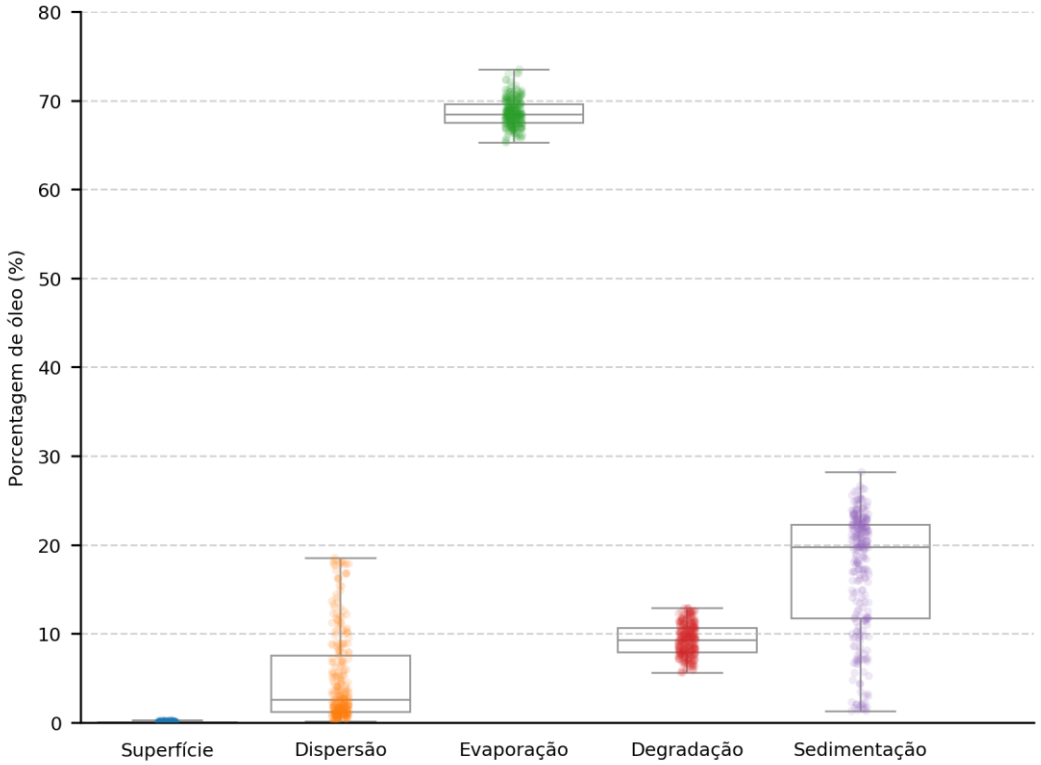


Figura 34: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 8 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

3.2.1.2 Volume de 200 m³

3.2.1.2.1 Período 1

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água e o mapa de tempo mínimo de deslocamento do óleo em superfície para o vazamento de 200 m³ no Período 1 (Figura 35 à Figura 37).

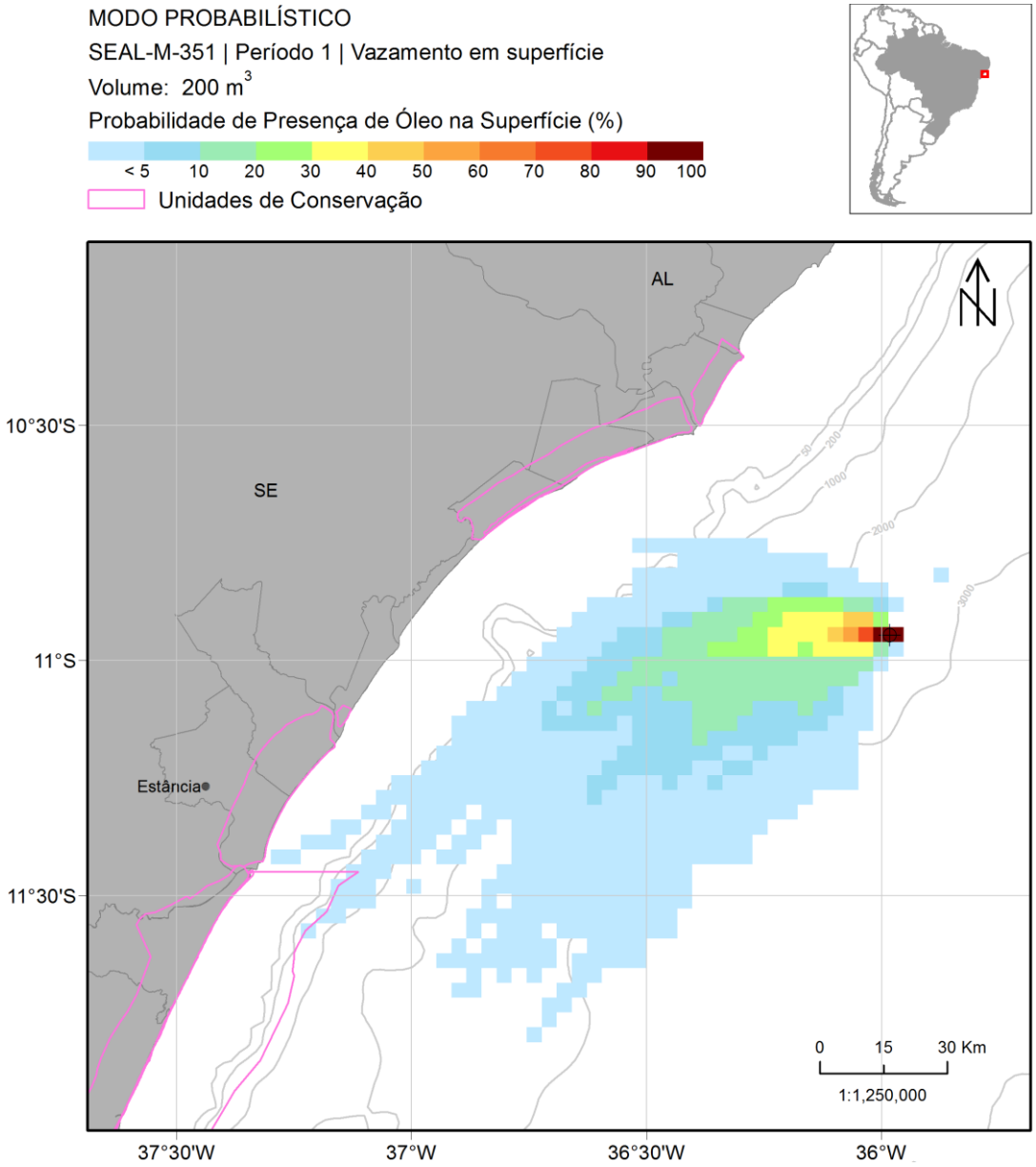


Figura 35: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

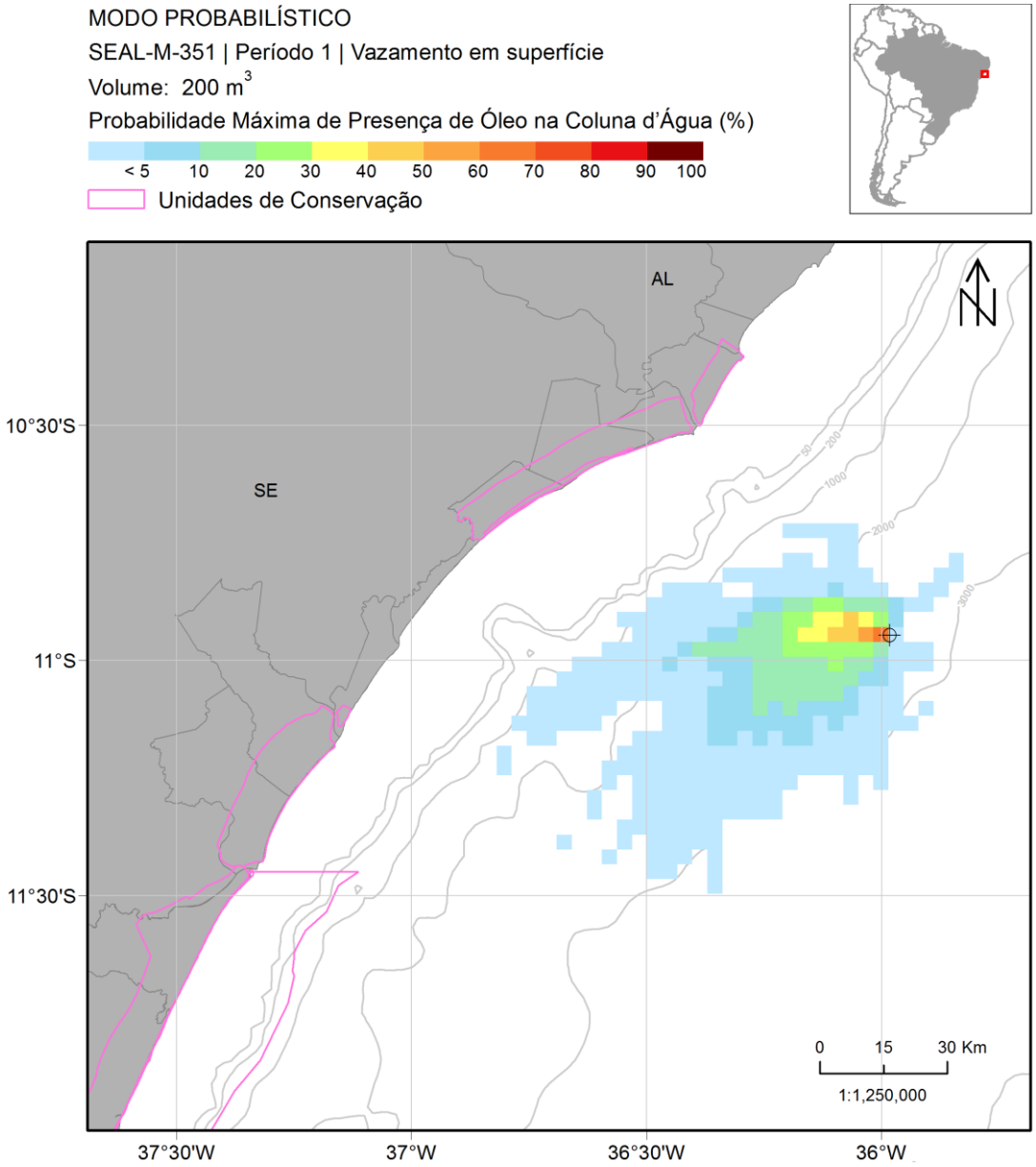


Figura 36: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

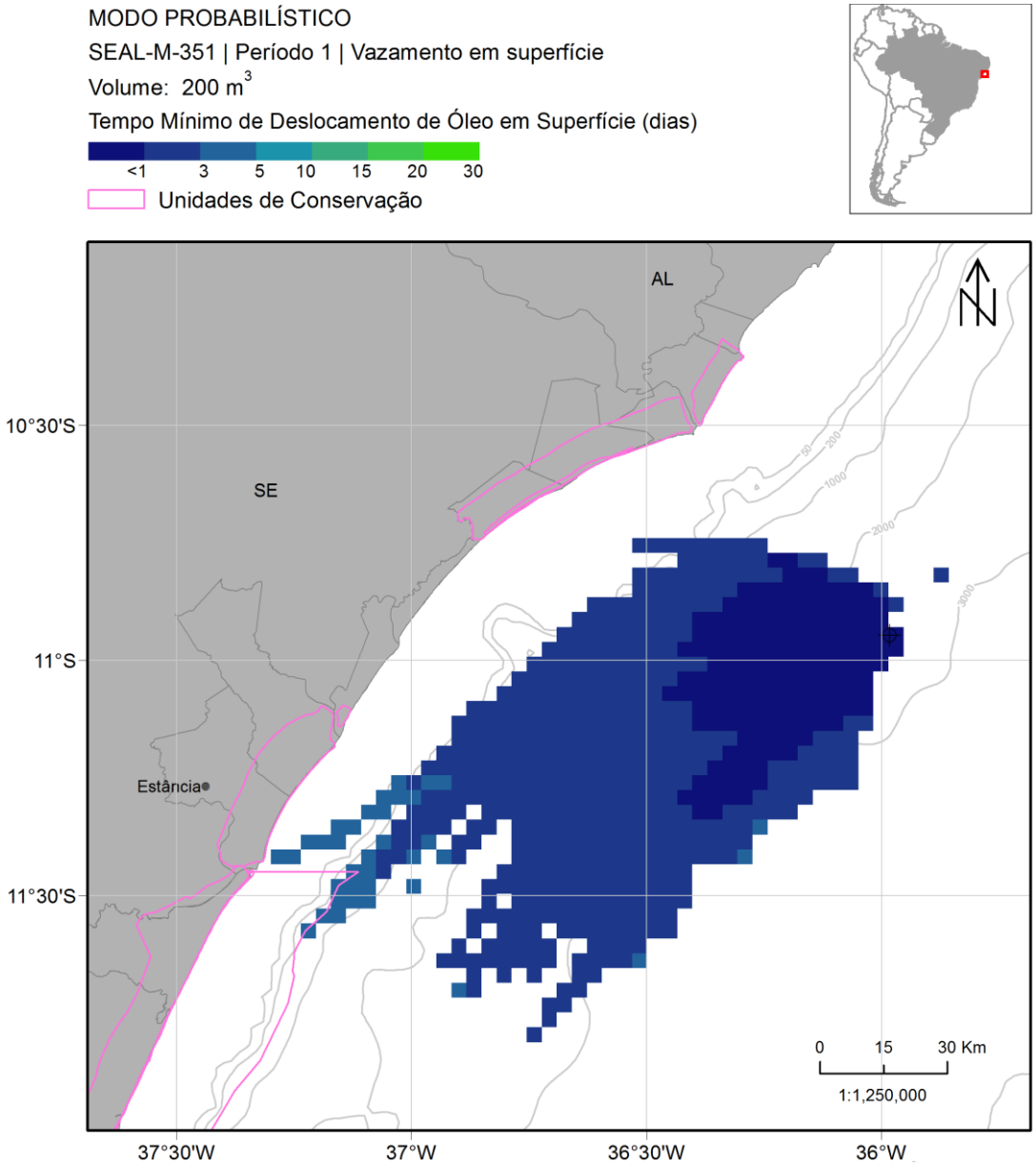


Figura 37: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

Neste cenário, a deriva do óleo é principalmente para oeste e sudoeste devido à influência da Corrente do Brasil (já que a bifurcação da Corrente Sul Equatorial está acima do ponto de vazamento neste período) e dos ventos de sudeste e leste mais frequentes.

Em superfície, o óleo alcança uma distância de até 154 km do ponto de vazamento. Em relação ao tempo de deslocamento, tem-se que o óleo pode alcançar até 62 km no primeiro dia de simulação e os pontos mais distantes podem ser atingidos entre 3 e 5 dias.

Na coluna d'água, o padrão é semelhante ao observado em superfície, mas a área de probabilidade de presença de óleo e os valores são menores. Há probabilidade de presença até

32 metros e o máximo é entre 60-70% nos primeiros metros da coluna d'água na região do vazamento.

Não há probabilidade de chegada de óleo na costa, porém o óleo em superfície pode se aproximar a uma distância menor que um ponto de grade (2 km) do município de Estância – SE. Em relação às Unidades de Conservação, há probabilidade de chegada em apenas uma, a APA da Plataforma Continental do Litoral Norte, com menos de 1%, e tempo mínimo de 3 dias.

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo da simulação, com mediana de 71%. A dispersão na coluna d'água e a degradação apresentaram medianas em torno de 11%. A sedimentação teve mediana de 6%, mas pode retirar até 26% do total de óleo. O óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em todas as simulações.

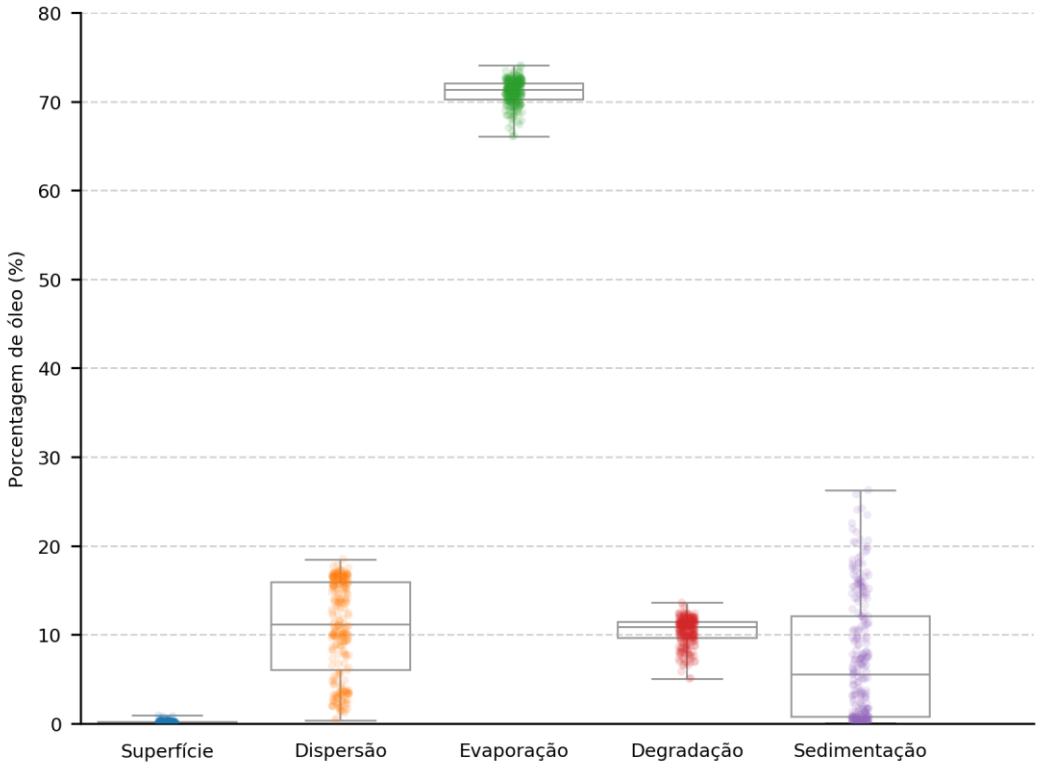


Figura 38: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 720 horas (30 dias).

3.2.1.2.2 Período 2

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água e o mapa de tempo mínimo de deslocamento do óleo em superfície para o vazamento de 200 m³ no Período 2 (Figura 39 à Figura 41).

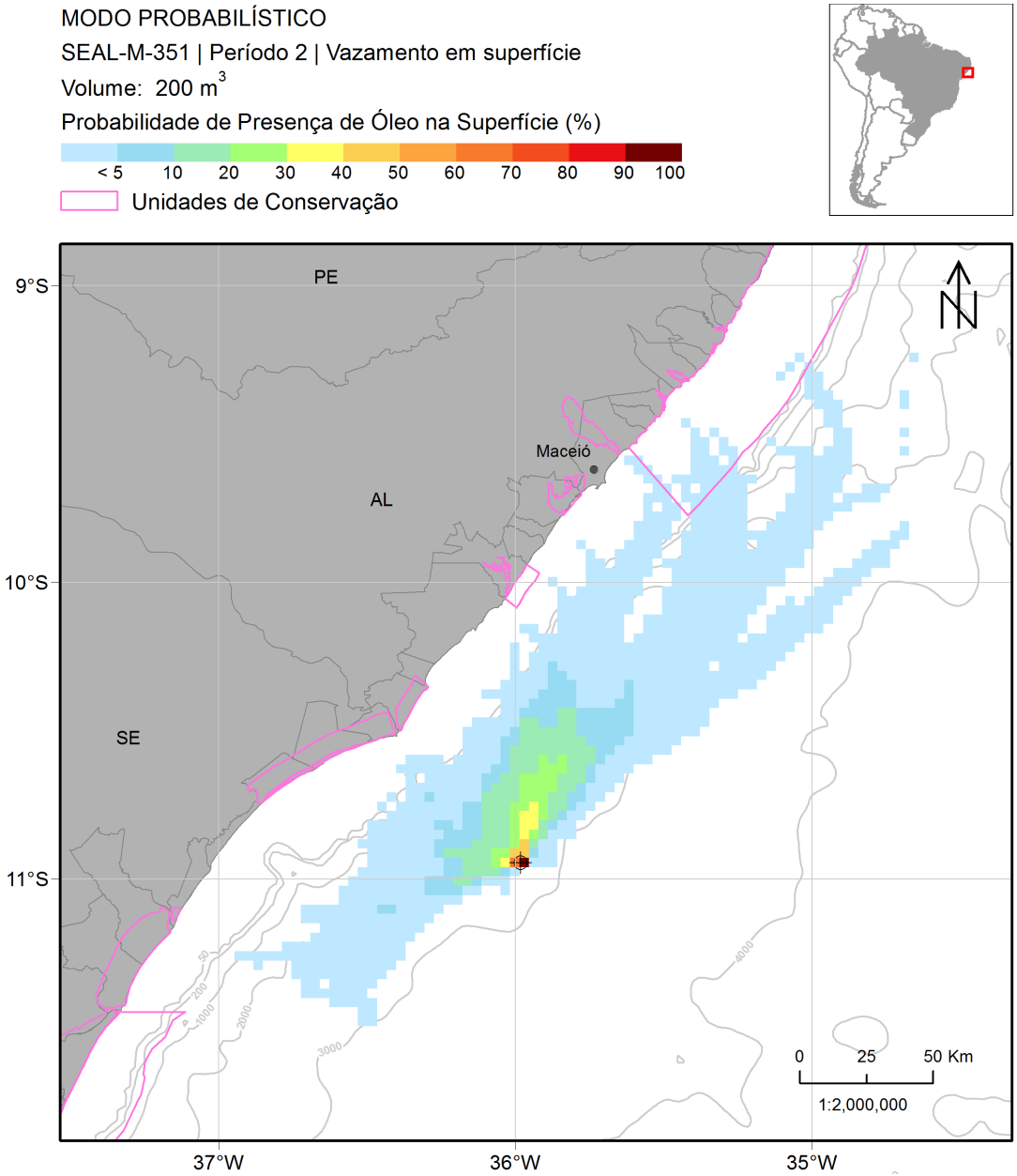


Figura 39: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

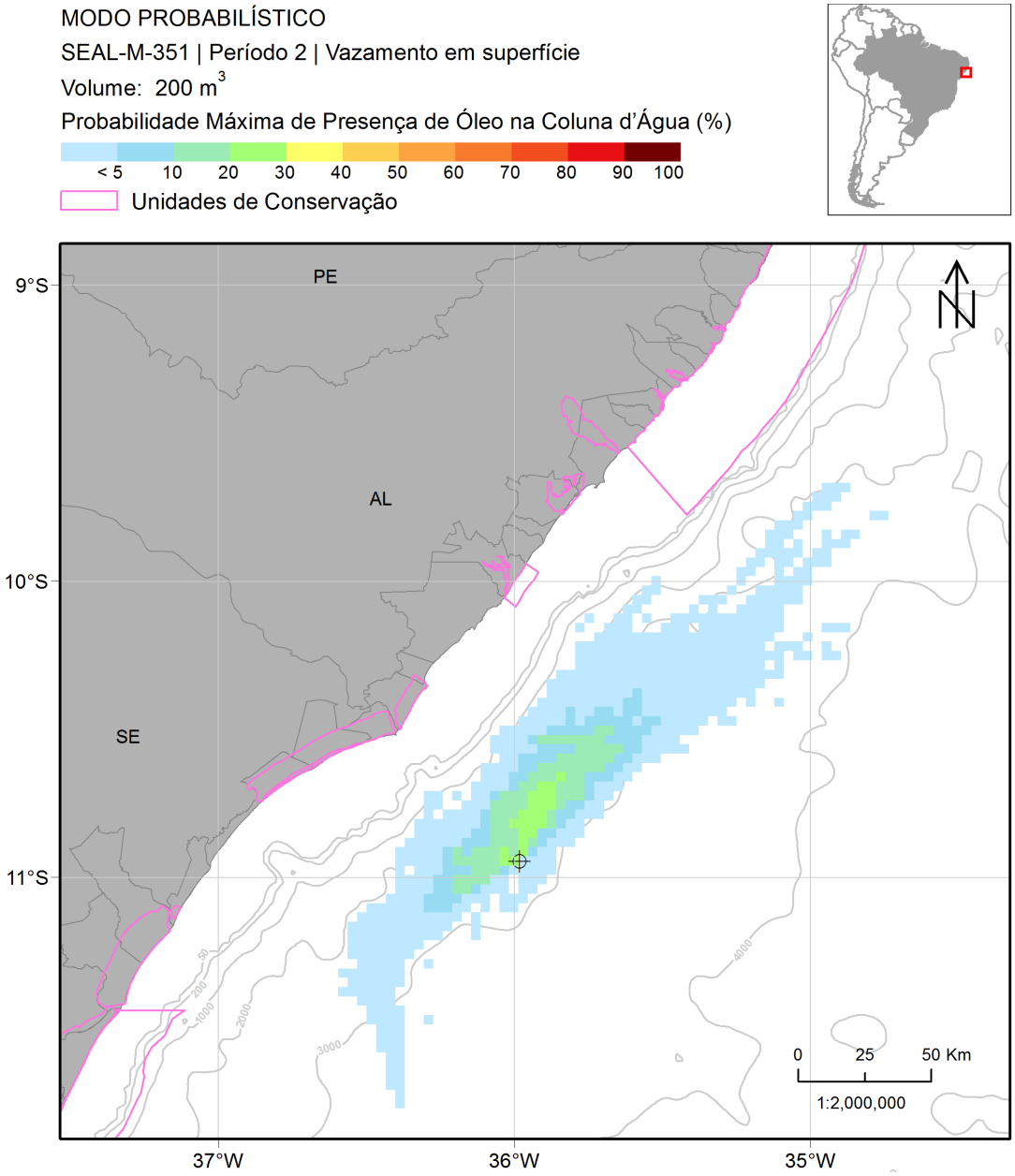


Figura 40: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

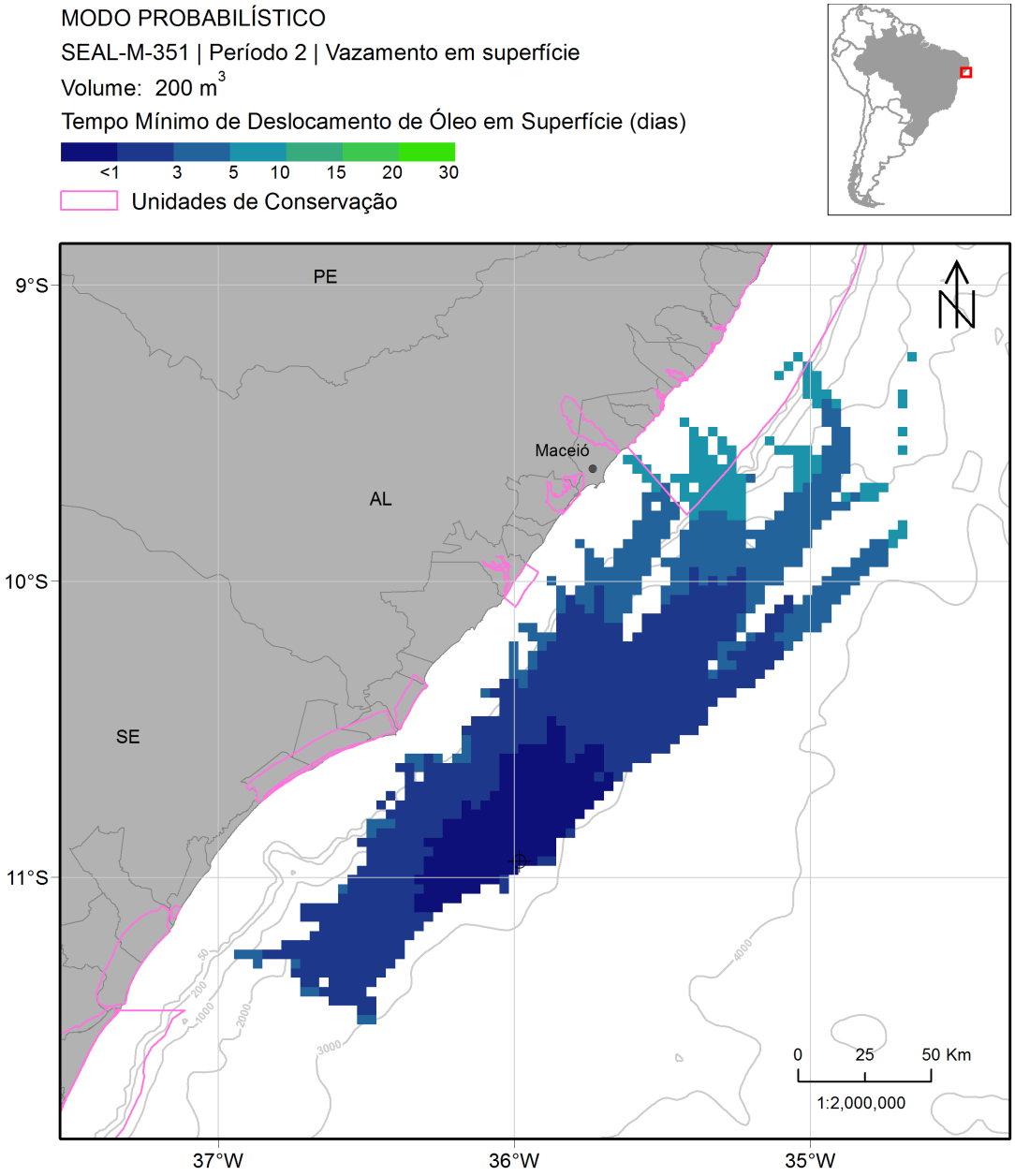


Figura 41: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Com o deslocamento para sul da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial, a região próxima ao ponto de vazamento fica na maior parte do tempo sob influência da Subcorrente Norte do Brasil, que flui para norte e segue a orientação da costa. Por isso, a direção principal da deriva de óleo neste cenário é para nordeste.

Em superfície, o óleo alcança uma distância de até 240 km do ponto de vazamento. Em relação ao tempo de deslocamento, tem-se que o óleo pode alcançar até 58 km no primeiro dia de simulação e os pontos mais distantes podem ser atingidos entre 5 e 10 dias.

Na coluna d'água, o padrão é semelhante ao observado em superfície, mas a área de probabilidade de presença de óleo e os valores são menores. Há probabilidade de presença até 32 metros e os valores máximos são entre 20-30%.

Não há probabilidade de chegada de óleo na costa, porém o óleo em superfície pode se aproximar a uma distância menor que um ponto de grade (2 km) do município de Maceió – AL em uma das 270 simulações. Em relação às Unidades de Conservação, há probabilidade de chegada em apenas uma, a APA Costa dos Corais, com menos de 1%, e tempo mínimo de 4,8 dias.

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo da simulação, com mediana de 70%. A sedimentação teve mediana de 19%, enquanto a degradação e dispersão na coluna d'água apresentaram medianas de 8% e 2%, respectivamente. O óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em todas as simulações.

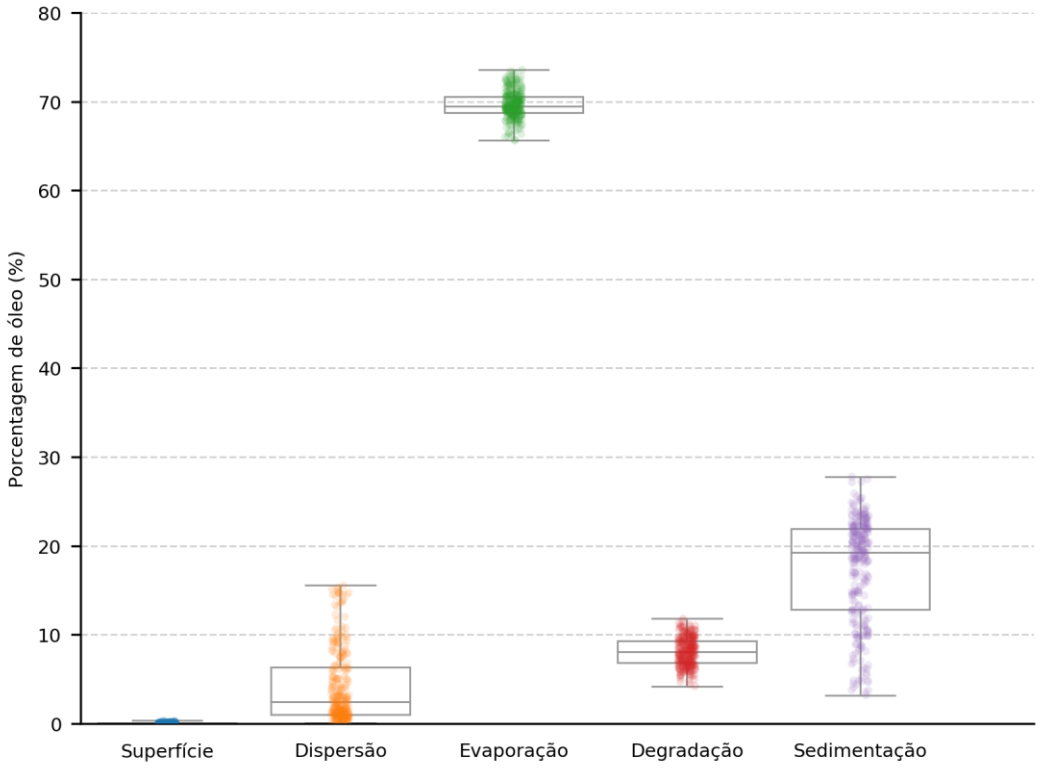


Figura 42: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 200 m³ de óleo cru a partir da superfície. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 720 horas (30 dias).

3.2.1.2.3 Tabelas comparativas

A seguir, são apresentados os valores de massa máxima na costa, probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um vazamento de 200 m³ de óleo a partir da superfície (Tabela 10). Na Tabela 11 são apresentados estes resultados para as Unidades de Conservação.

Tabela 10: Extensão de toque, massa máxima, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de 200 m³ de óleo a partir da superfície, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
AL	Maceió	-	0,4*	-	6,0*	-	**	-	**
SE	Estância	0,4*	-	4,1*	-	**	-	**	-

* Valores retirados dos resultados em superfície para localidades que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado, mas estão a uma distância de menos de 3,5 km (um ponto de grade) da costa.

** Como os valores apresentados são da superfície, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e de extensão na costa.

Tabela 11: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas por um vazamento de 200 m³ de óleo a partir da superfície, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidade de Conservação	Probabilidade de presença (%)		Tempo mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
APA Plataforma Continental do Litoral Norte	0,7	-	3,2	-
APA Costa dos Corais	-	0,7	-	4,8

3.2.1.3 Volume de 238.480,9 m³

A seguir são apresentados os resultados probabilísticos tanto para as simulações de escala regional como para as simulações de escala local.

3.2.1.3.1 Período 1

A seguir são apresentados os resultados probabilísticos da escala regional e do Rio Sergipe. Nesse período, com abordagem de escala local, não se observou probabilidade de chegada de óleo no Rio São Francisco, diferentemente que é observado na escala regional. Com o refinamento da grade e limitação do domínio na escala local (focado na região entre o ponto de vazamento e os rios), não houve valores de presença de óleo superiores aos limiares adotados.

3.2.1.3.1.1 Escala regional

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo em superfície, na coluna d'água, na costa e no fundo marinho para o vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo no Período 1 (Figura 43 à Figura 48). A concentração de óleo na coluna d'água é apresentada da Figura 49 à Figura 51. Os mapas de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície e na costa encontram-se na Figura 52 e Figura 53. Já o mapa de massa máxima de óleo na costa é apresentado na Figura 54.

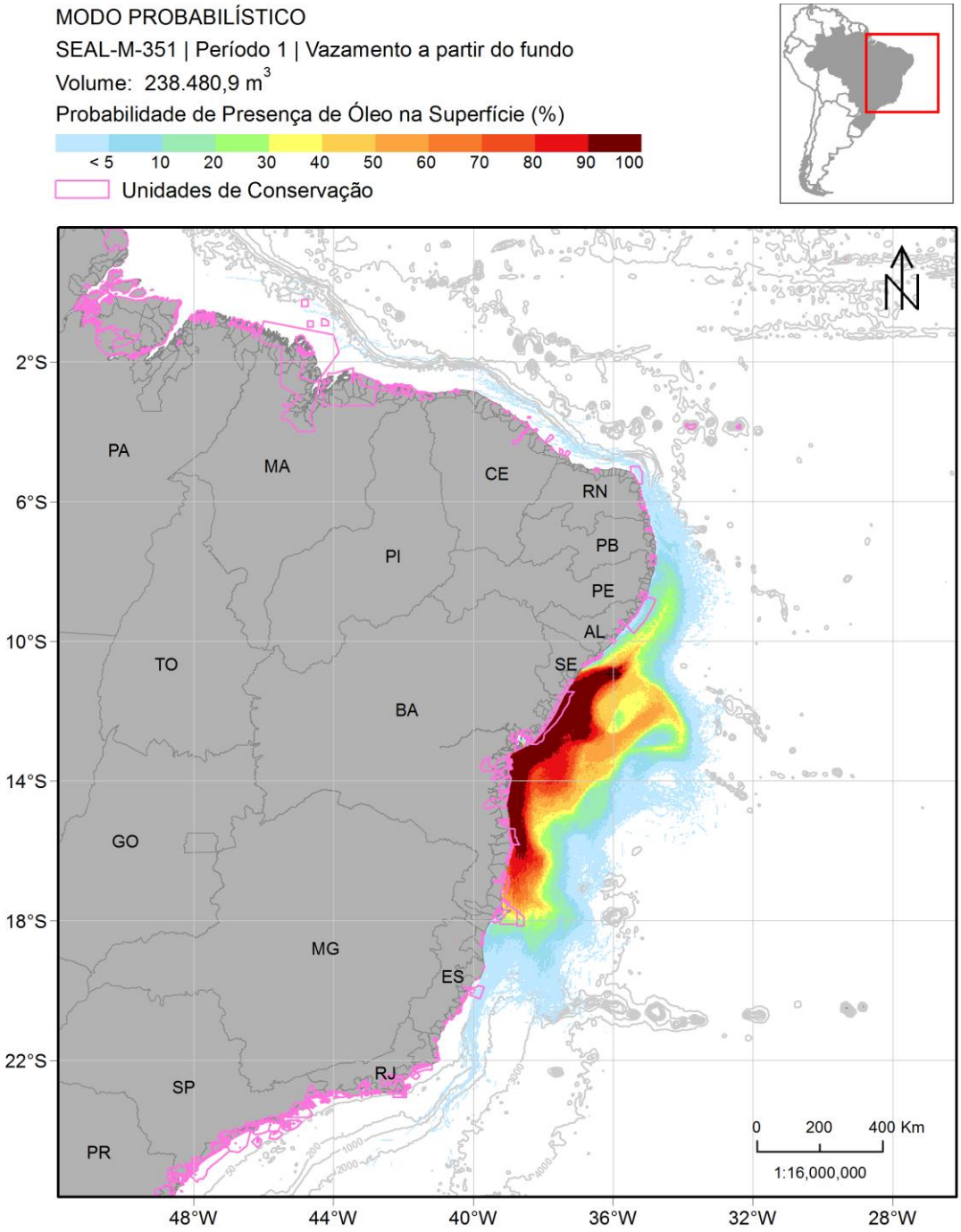


Figura 43: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

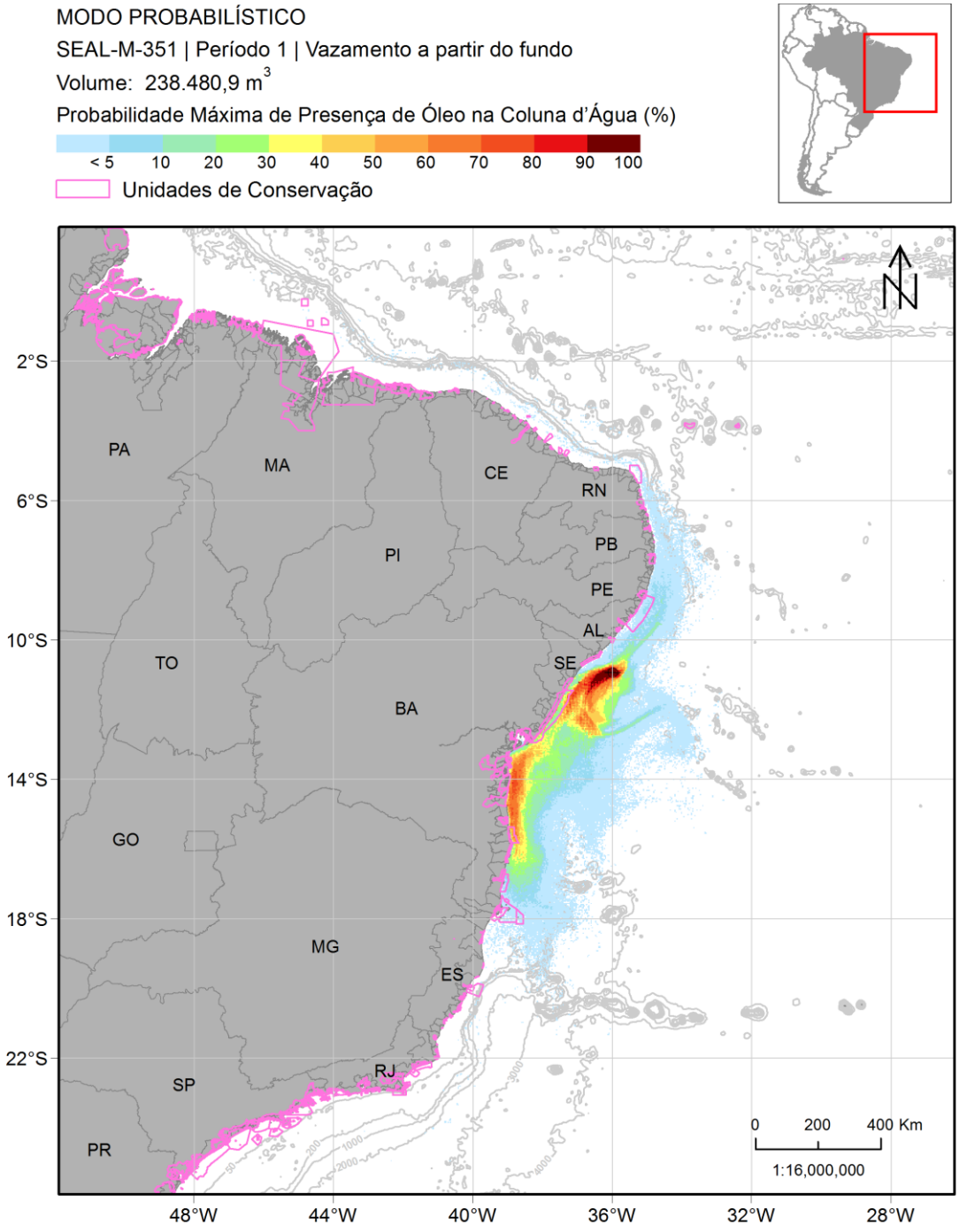


Figura 44: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

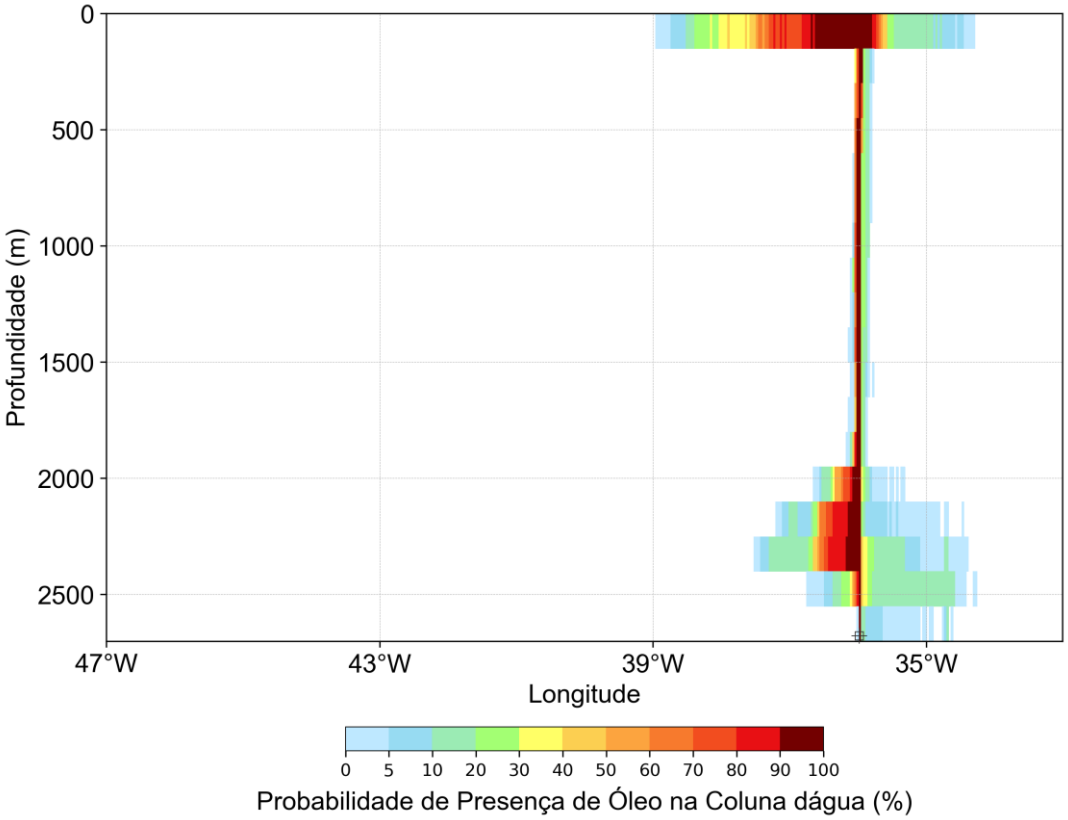


Figura 45: Perfil vertical em longitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

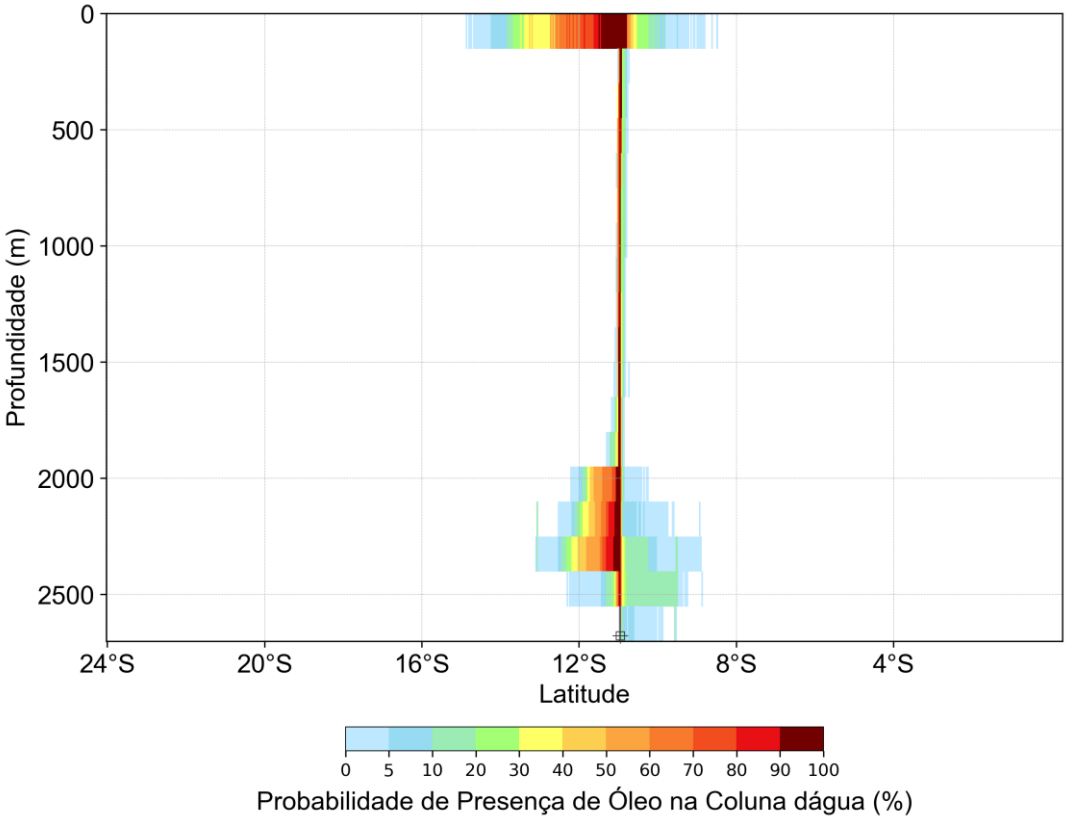


Figura 46: Perfil vertical em latitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

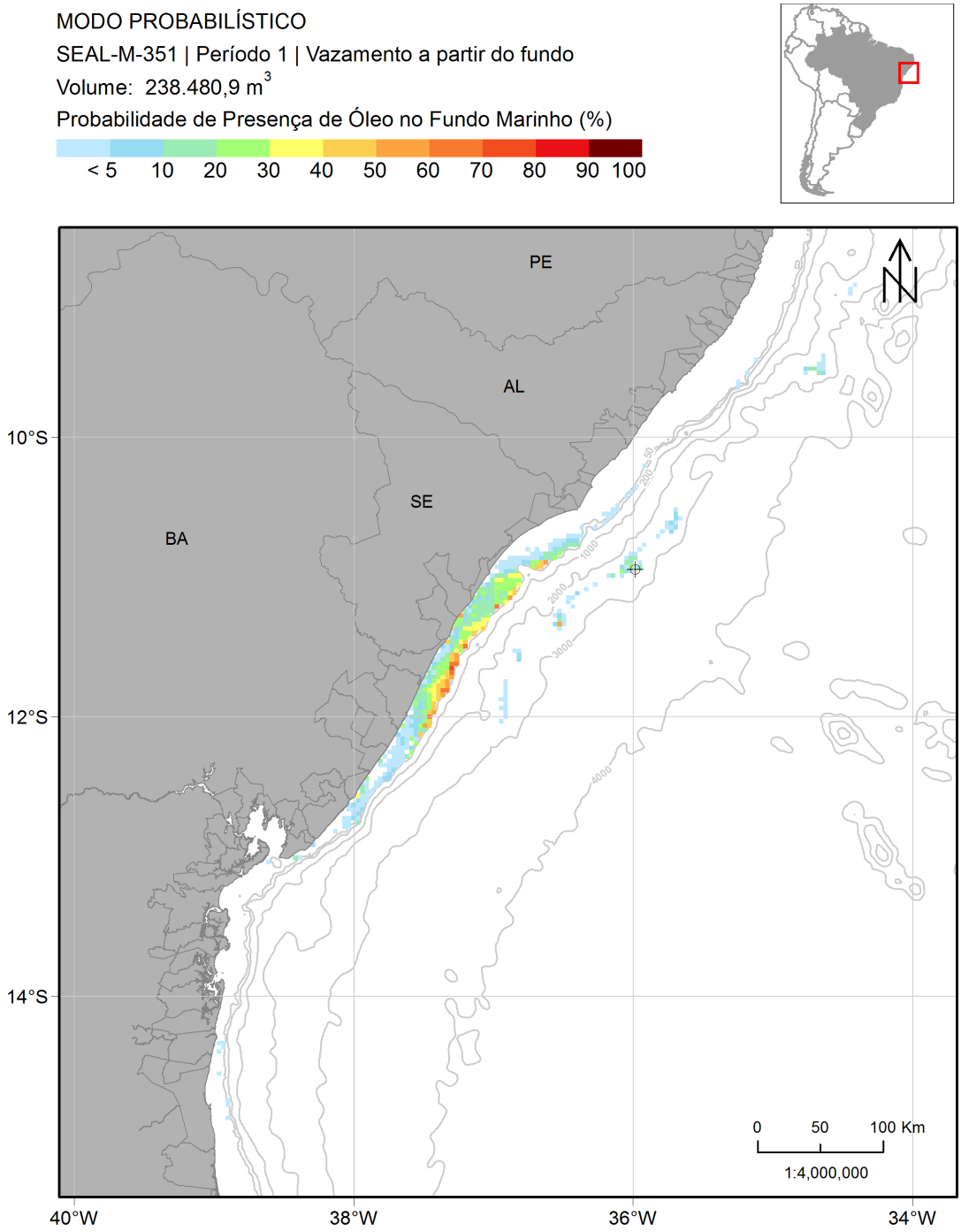


Figura 47: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho, para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

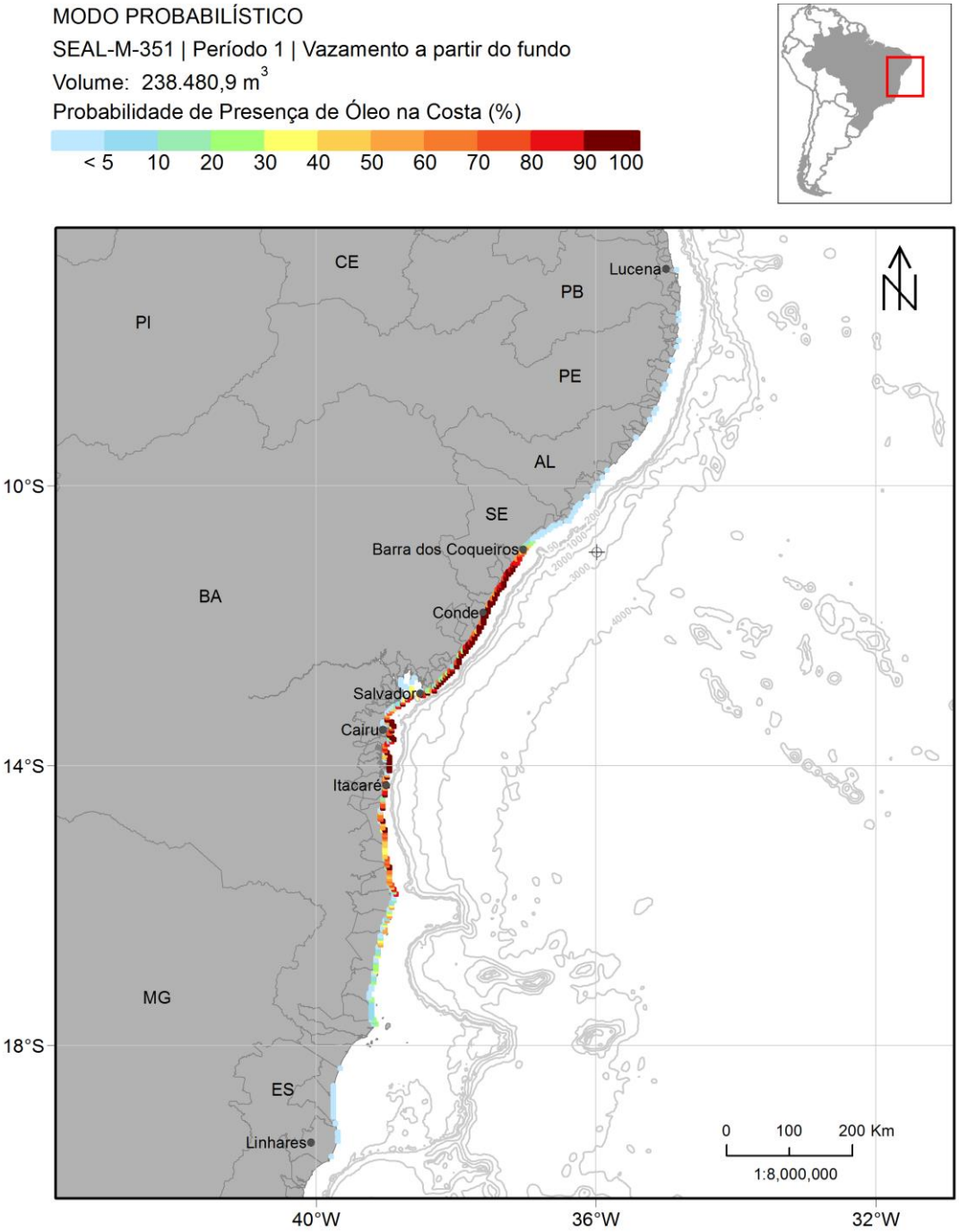


Figura 48: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa, para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

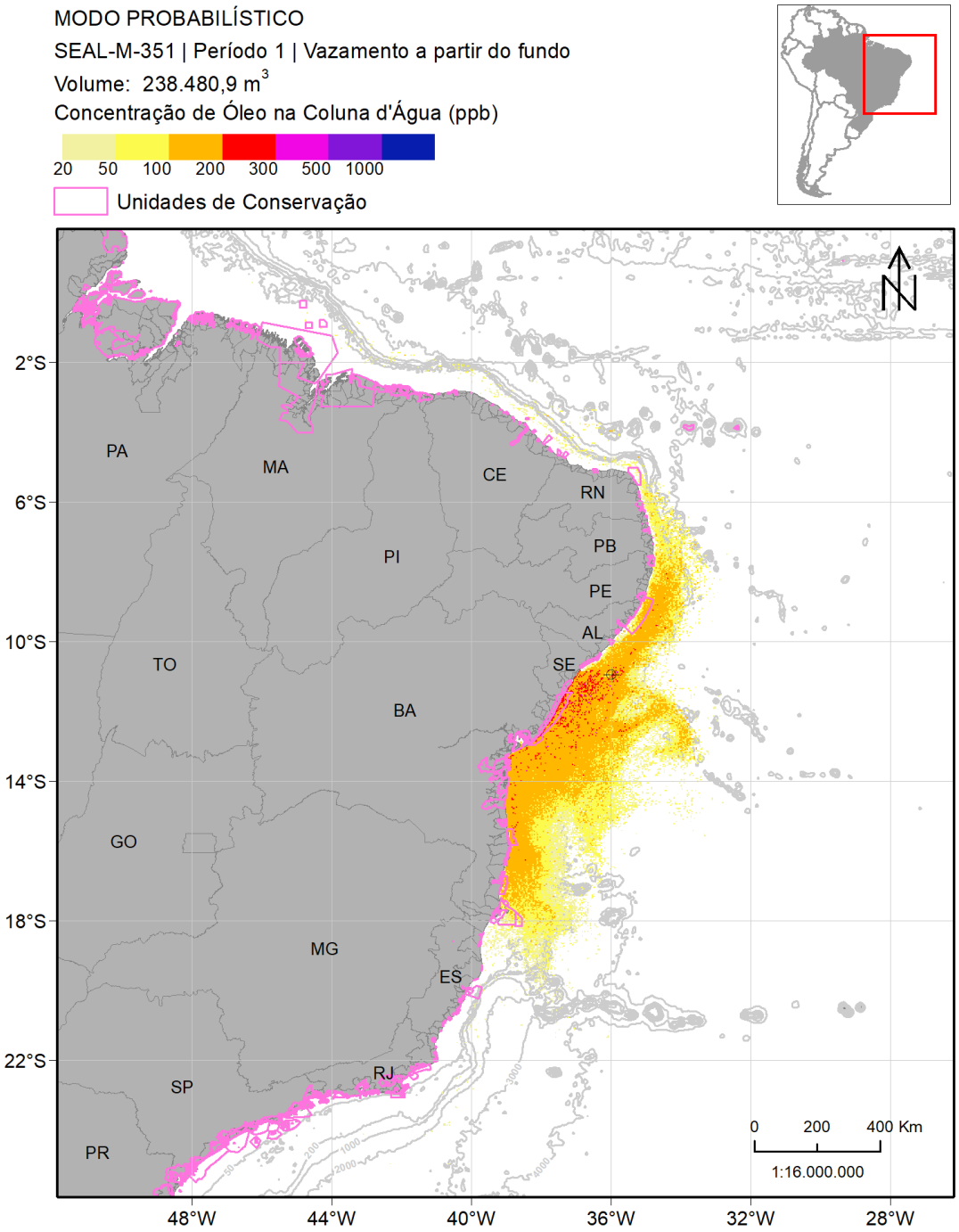


Figura 49: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

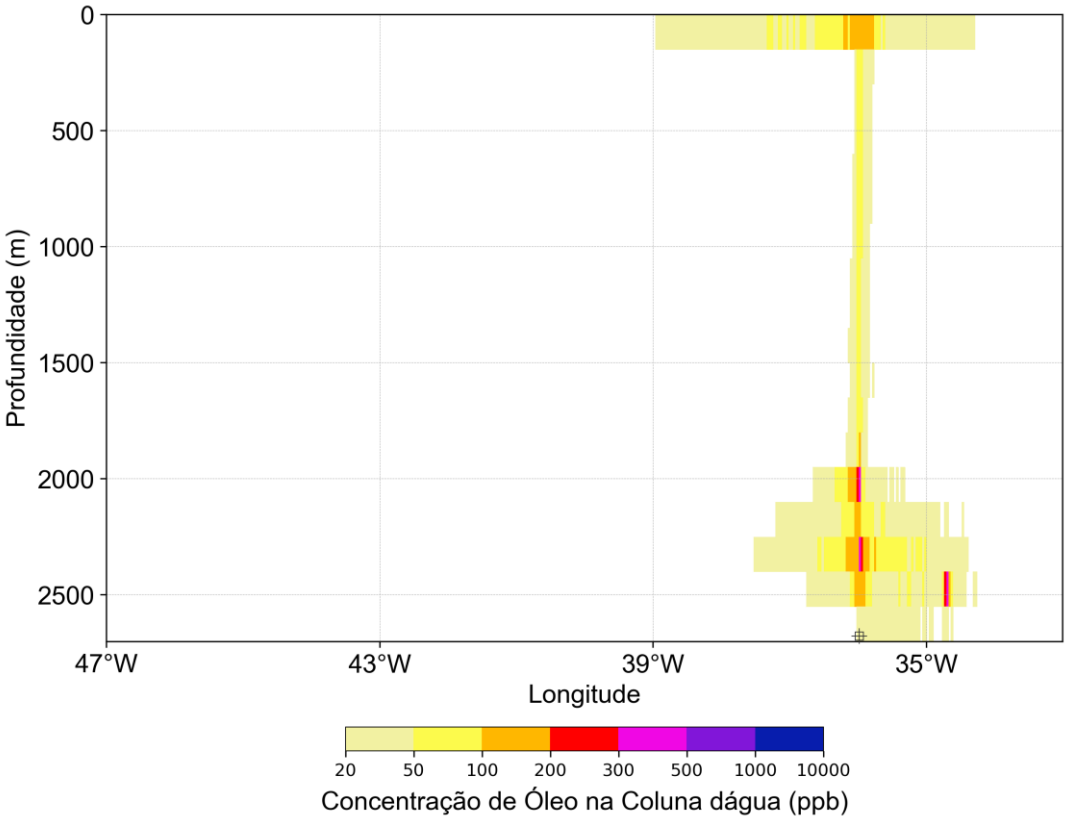


Figura 50: Perfil vertical em longitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

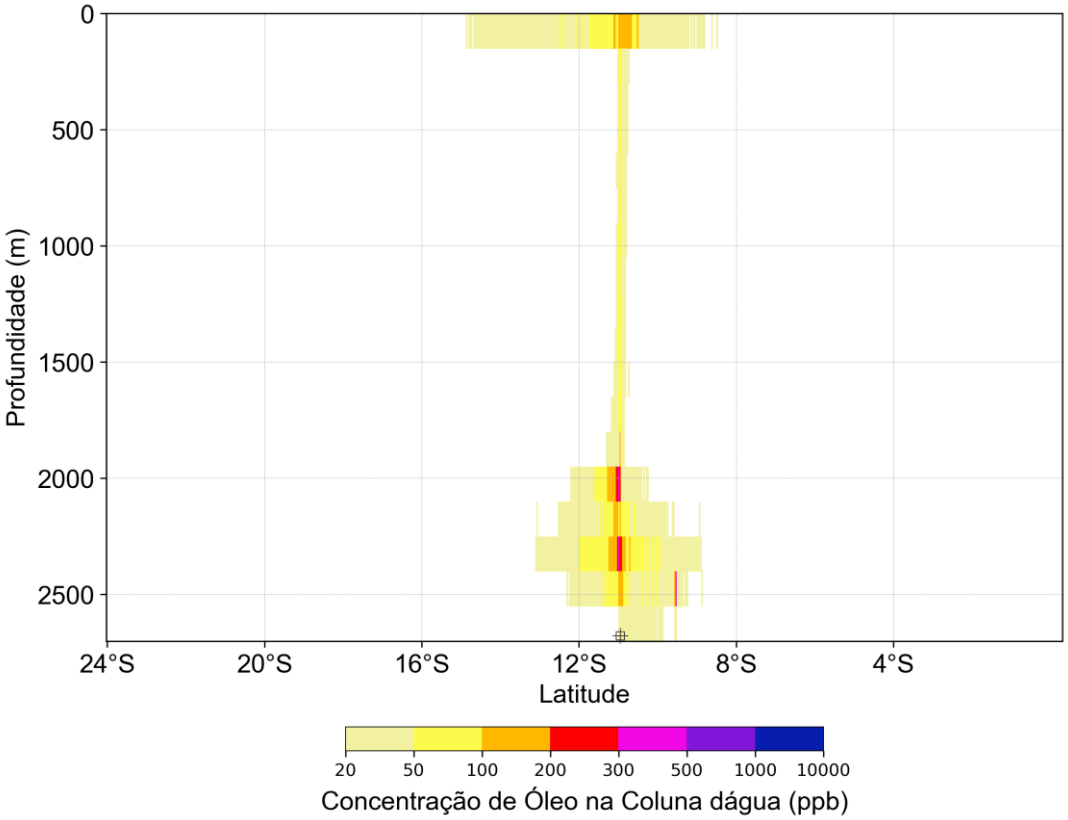


Figura 51: Perfil vertical em latitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

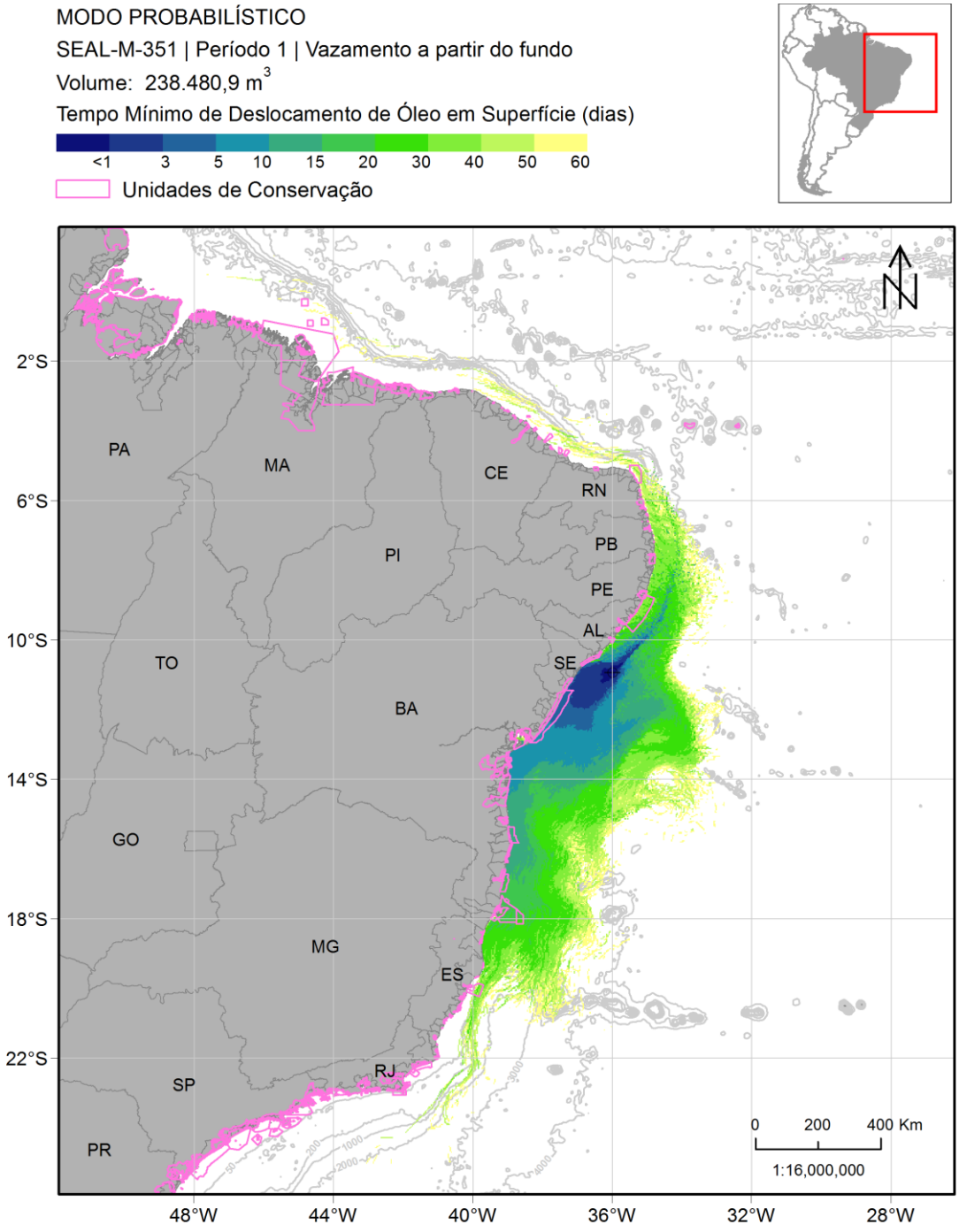


Figura 52: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

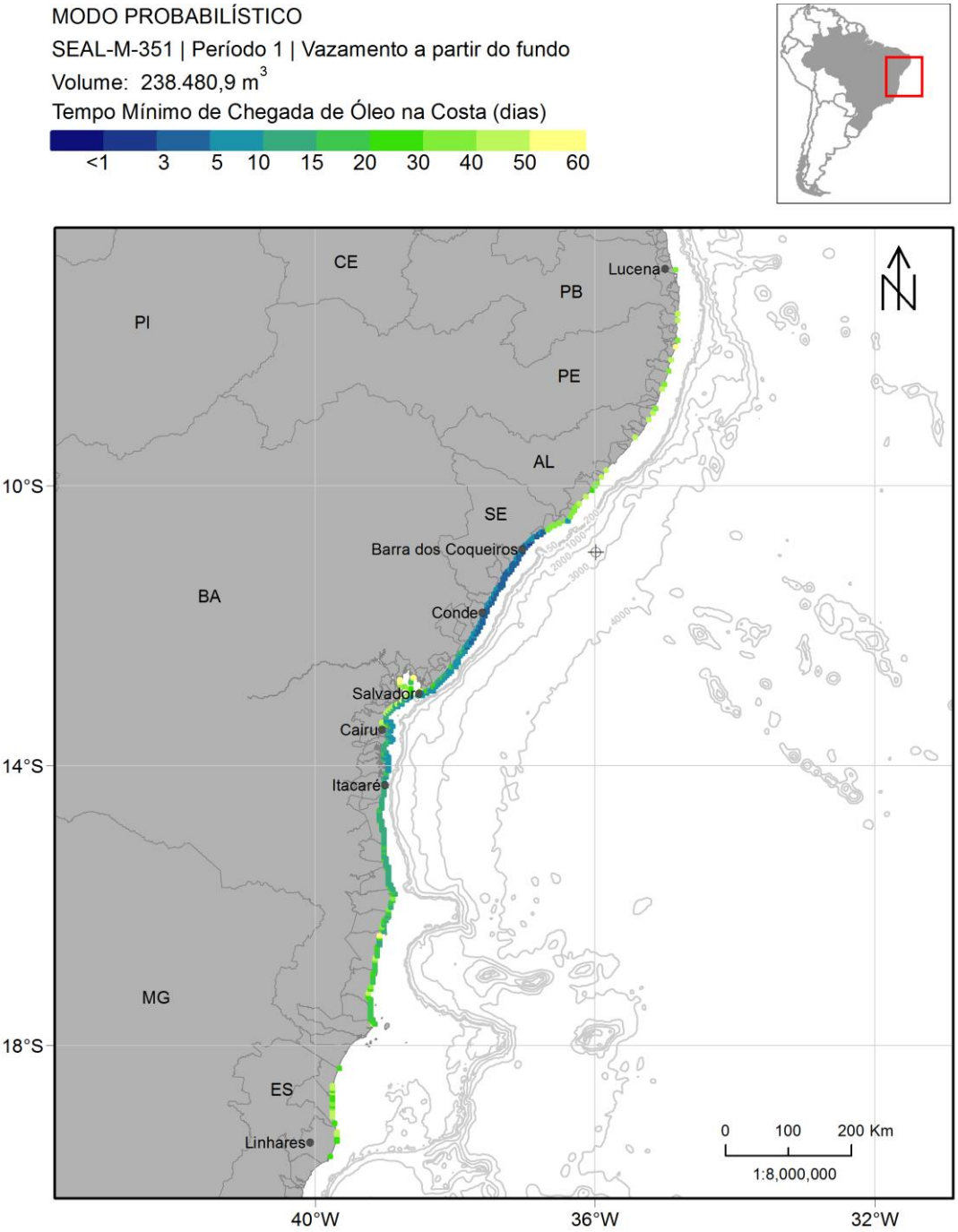


Figura 53: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

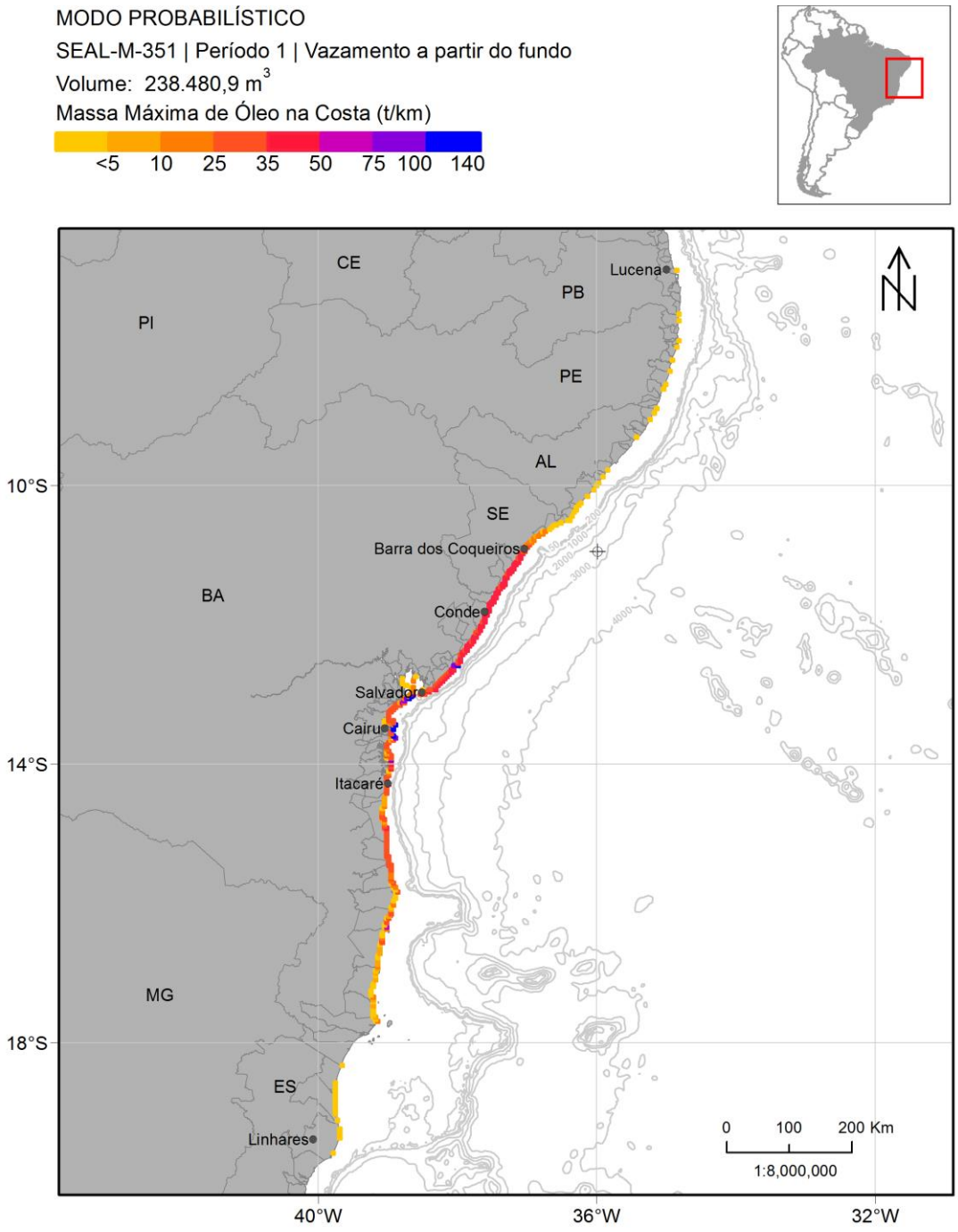


Figura 54: Massa máxima de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Neste cenário, a bifurcação da Corrente Sul Equatorial localiza-se na maior parte do tempo acima do ponto de vazamento, fazendo com que a região fique sobre domínio da Corrente do Brasil, que flui para sudoeste. Por isso, a deriva preferencial do óleo no Período 1 é nesta direção. Porém, durante a subida do óleo ao longo da coluna d'água, o óleo deriva para norte nas camadas mais profundas e isso influencia a distribuição em superfície. O tempo mínimo para o óleo chegar até a superfície é em torno de 5 horas.

Na costa, há probabilidade de presença de óleo do município de Lucena – PB até Linhares – ES e os maiores valores, entre 90-100%, são observados principalmente ao norte da Bahia e sul de Sergipe (Tabela 12). O menor tempo de chegada ocorreu em 3 dias em Barra dos Coqueiros – SE (Tabela 12). A maior massa de óleo acumulado na costa, de 145 t/km, foi observada em Aracaju – SE (Tabela 12).

Nas camadas superiores da coluna d'água, a deriva é principalmente para sudoeste, assim como em superfície, enquanto nas camadas mais profundas, perto do ponto de vazamento, há deriva também para nordeste. No fundo marinho, a área de probabilidade de presença de óleo vai da região frente ao estado de Alagoas até o norte da Bahia e o valor máximo é entre 70-80%.

Em relação à concentração de óleo na coluna d'água, assim como o padrão de probabilidade, valores acima de 20 ppb podem ser observados desde as camadas mais superficiais até as mais profundas, com uma redução da área de dispersão. Quando avaliados valores de concentrações acima de 100 ppb, nota-se que são mais concentrados próximos ao ponto de vazamento nas camadas mais próximas à superfície e abaixo de 2.000 metros.

Houve probabilidade de presença de óleo em 52 unidades de conservação, com máximo de 100% nas seguintes: APA do Litoral Norte do estado da Bahia, APA Lagoas de Guarajuba, APA Tinharé/Boipeba, APA Lagoas e Dunas do Abaeté, APA Costa de Itacaré/Serra Grande, APA de Camamu, RESEX de Canavieiras, RPPN Dunas De Santo Antônio e APA da Plataforma Continental do Litoral Norte, sendo esta última a que apresentou o menor tempo de chegada, de 2,8 dias (Tabela 13).

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo da simulação, com mediana de 39%, seguido pelo óleo retirado pela degradação e o óleo sedimentado/fora de grade, que apresentaram medianas de 32 e 17%, respectivamente. A dispersão apresentou mediana de 7%. A porcentagem de óleo retido na costa foi de 5% em 50% das simulações, mas teve máximo em torno de 9%, enquanto o óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em 75% das simulações.

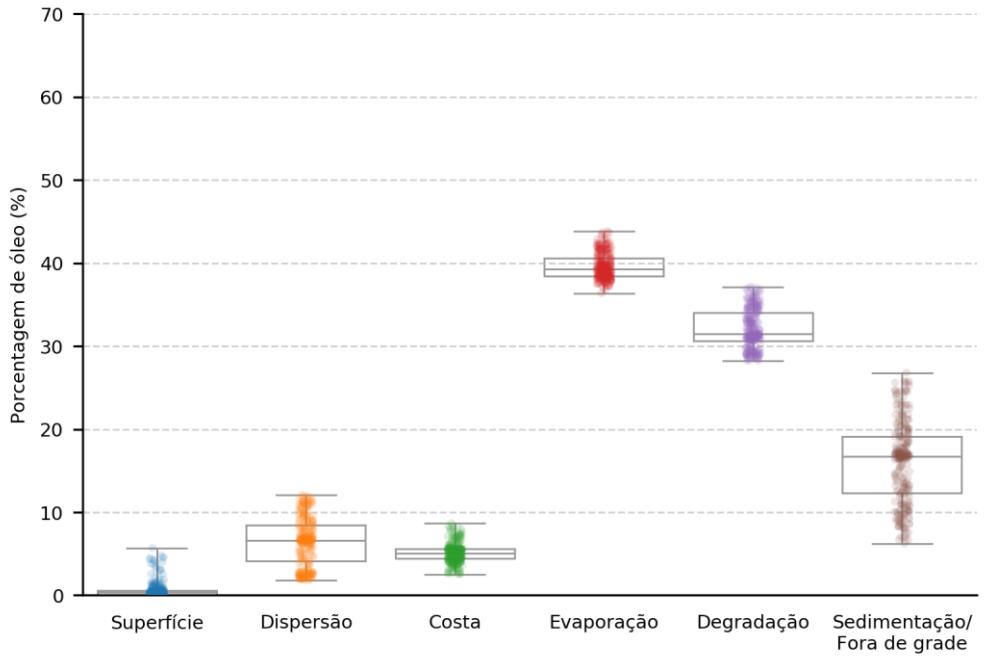


Figura 55: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

3.2.1.3.1.2 Rio Sergipe

Os mapas de probabilidade de presença de óleo, para o vazamento de 238.480,9 m³ no Período 1, no Rio Sergipe encontram-se na Figura 56 e Figura 57. Os mapas de tempo mínimo de chegada encontram-se na Figura 58 e Figura 59.

Os resultados são apresentados até um raio de 3,5 km (distância equivalente a um ponto da grade de escala regional) a partir da boca do rio. Este limite é indicado pelo contorno em roxo nos mapas.

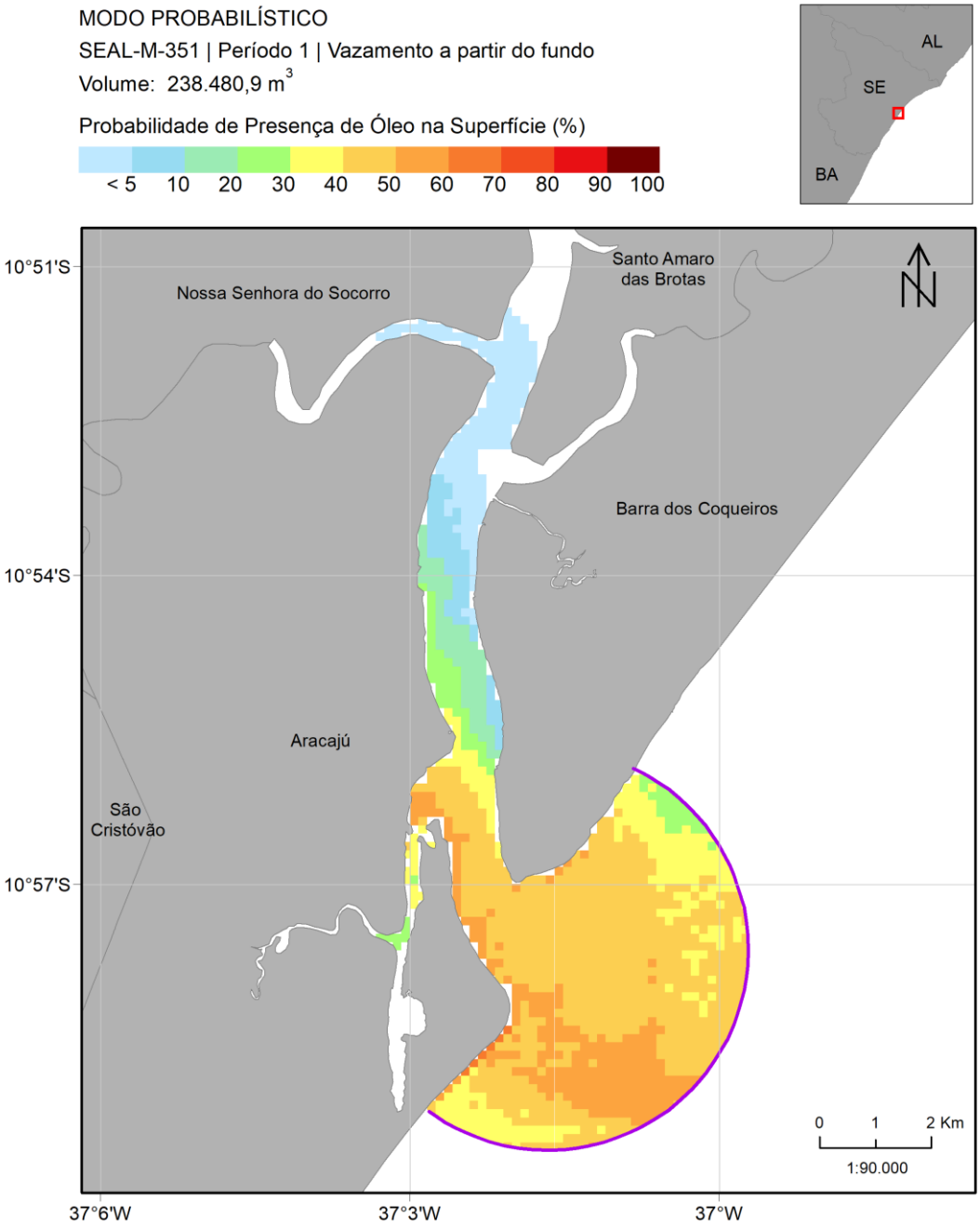


Figura 56: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

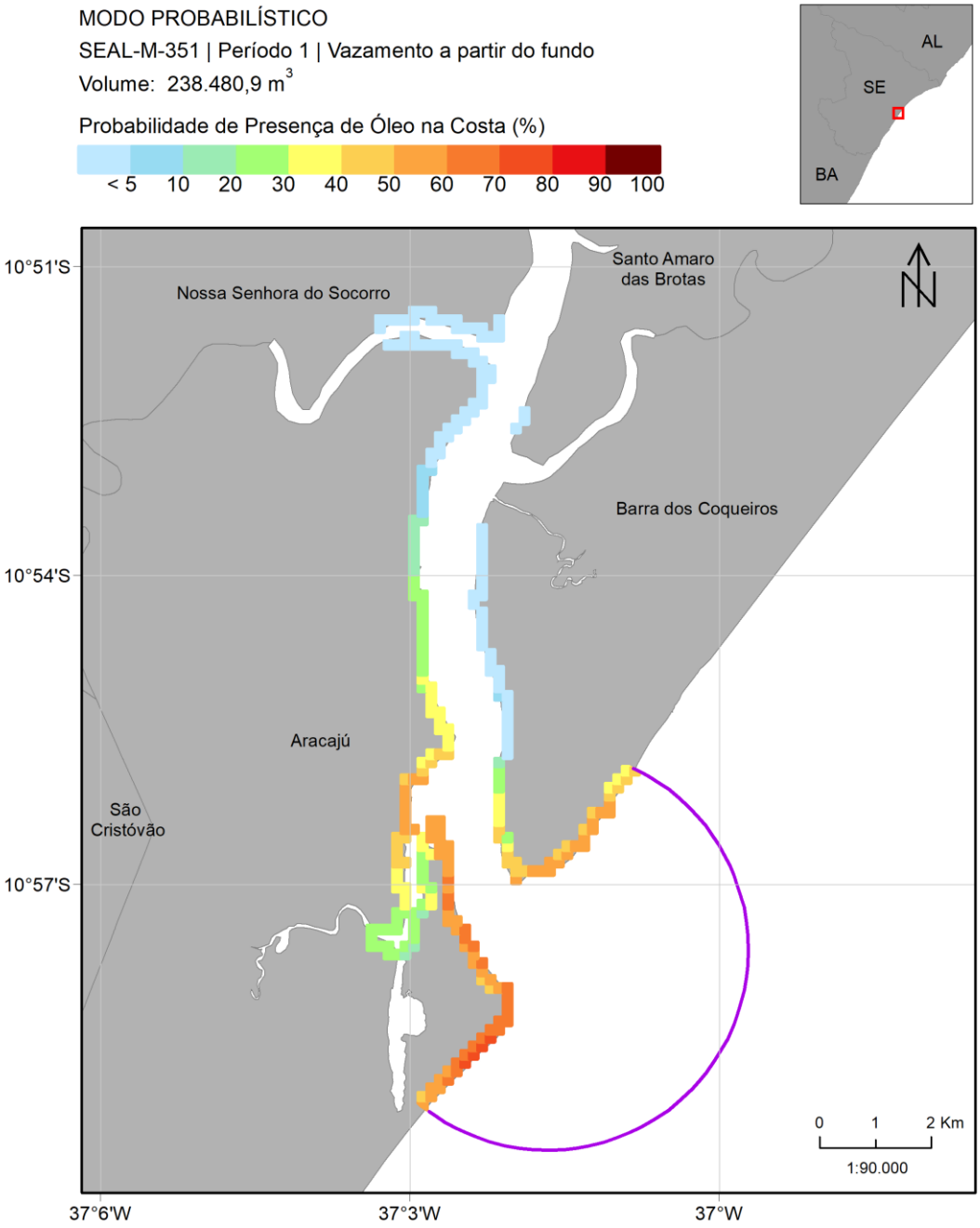


Figura 57: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Observa-se uma probabilidade de até 70% de presença de óleo em superfície na entrada do rio. Nas margens do Rio Sergipe, os maiores valores de probabilidade de toque são entre 70-80% em Aracaju e entre 50-60% em Barra dos Coqueiros. Nos municípios mais internos, as probabilidades de toque são inferiores a 1%.

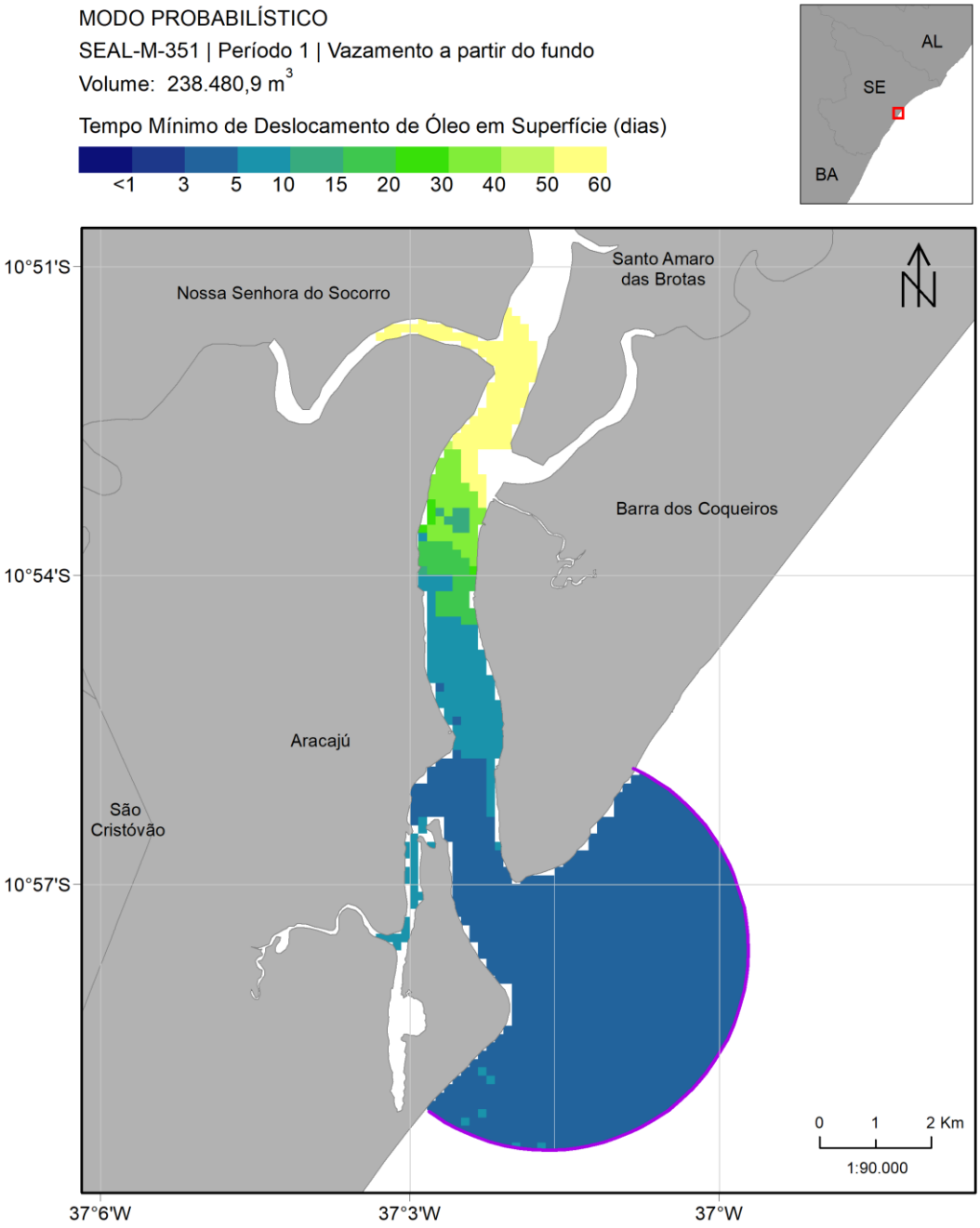


Figura 58: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

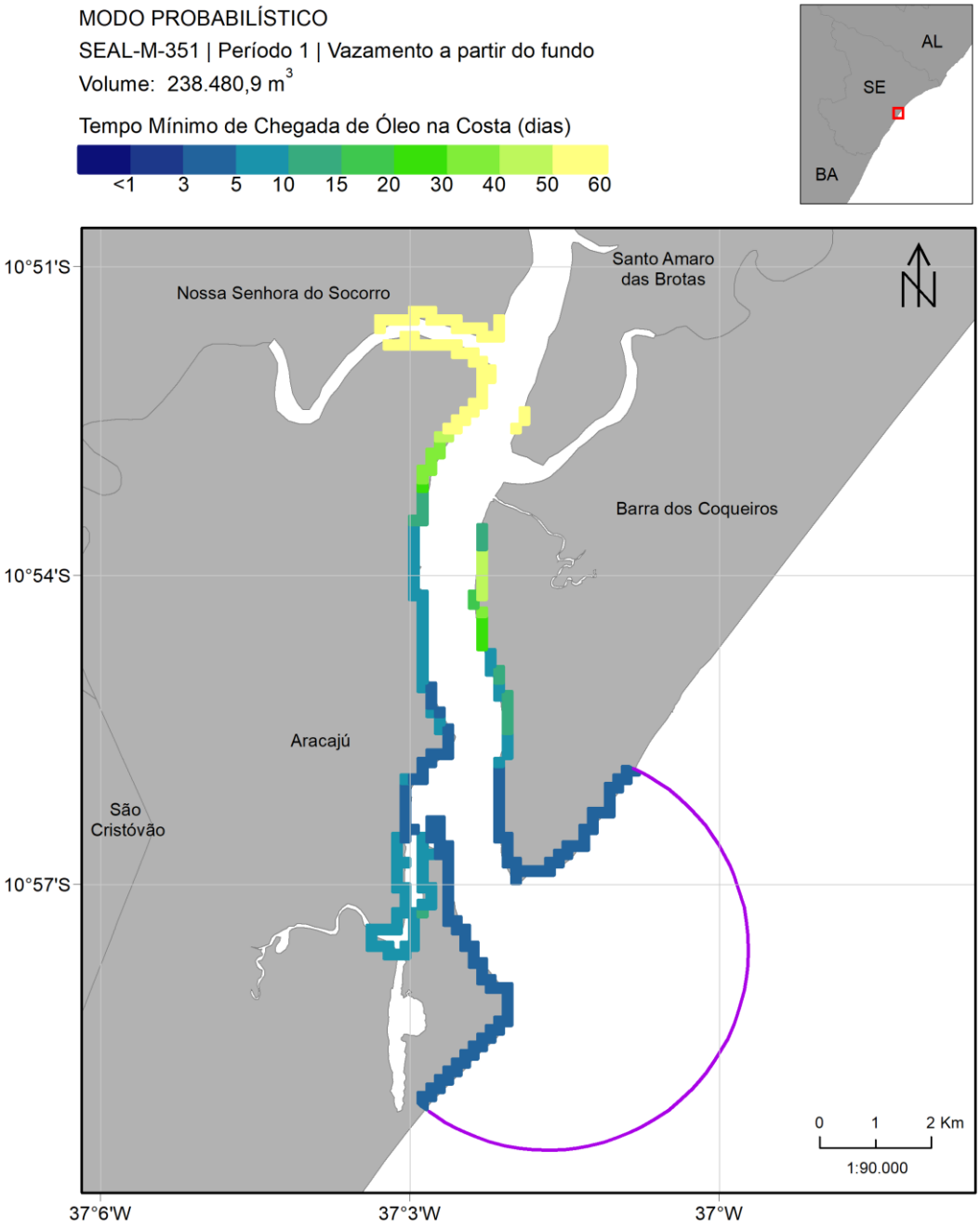


Figura 59: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Nota-se que o tempo mínimo de chegada do óleo na costa no interior do rio foi de 3 a 5 dias mais próximo à desembocadura e maior que 50 dias nos municípios mais internos.

A seguir, a Figura 60 apresenta a massa máxima de óleo na costa para as simulações no Período 1.

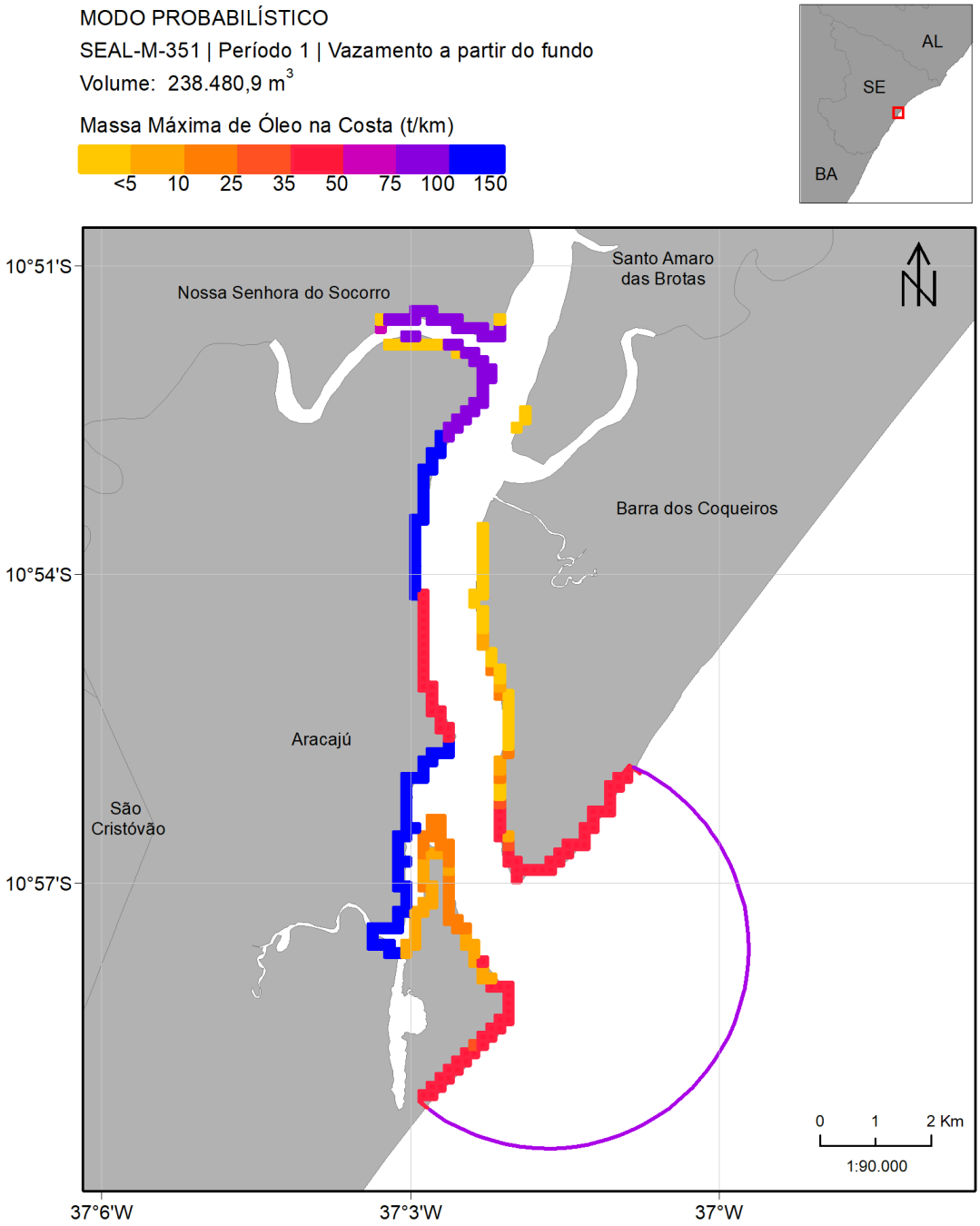


Figura 60: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 1 (novembro a abril). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Nota-se que o acúmulo de massa foi maior dentro do estuário do que no restante da costa neste período e os maiores valores foram observados na margem do rio em que está o município de Aracaju – SE, chegando a mais de 100 t/km.

3.2.1.3.2 Período 2

A seguir são apresentados os resultados probabilísticos da escala regional, do Rio Sergipe e do Rio São Francisco.

3.2.1.3.2.1 Escala Regional

A seguir são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo em superfície, na coluna d'água e nos sedimentos para o vazamento de pior caso (238.480,9 m³) a partir do fundo no Período 2 (Figura 61 à Figura 66). A concentração de óleo na coluna d'água é apresentada da Figura 67 à Figura 69. Os mapas de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície e na costa encontram-se nas Figura 70 e Figura 71. Já o mapa de massa máxima de óleo na costa é apresentado na Figura 72.

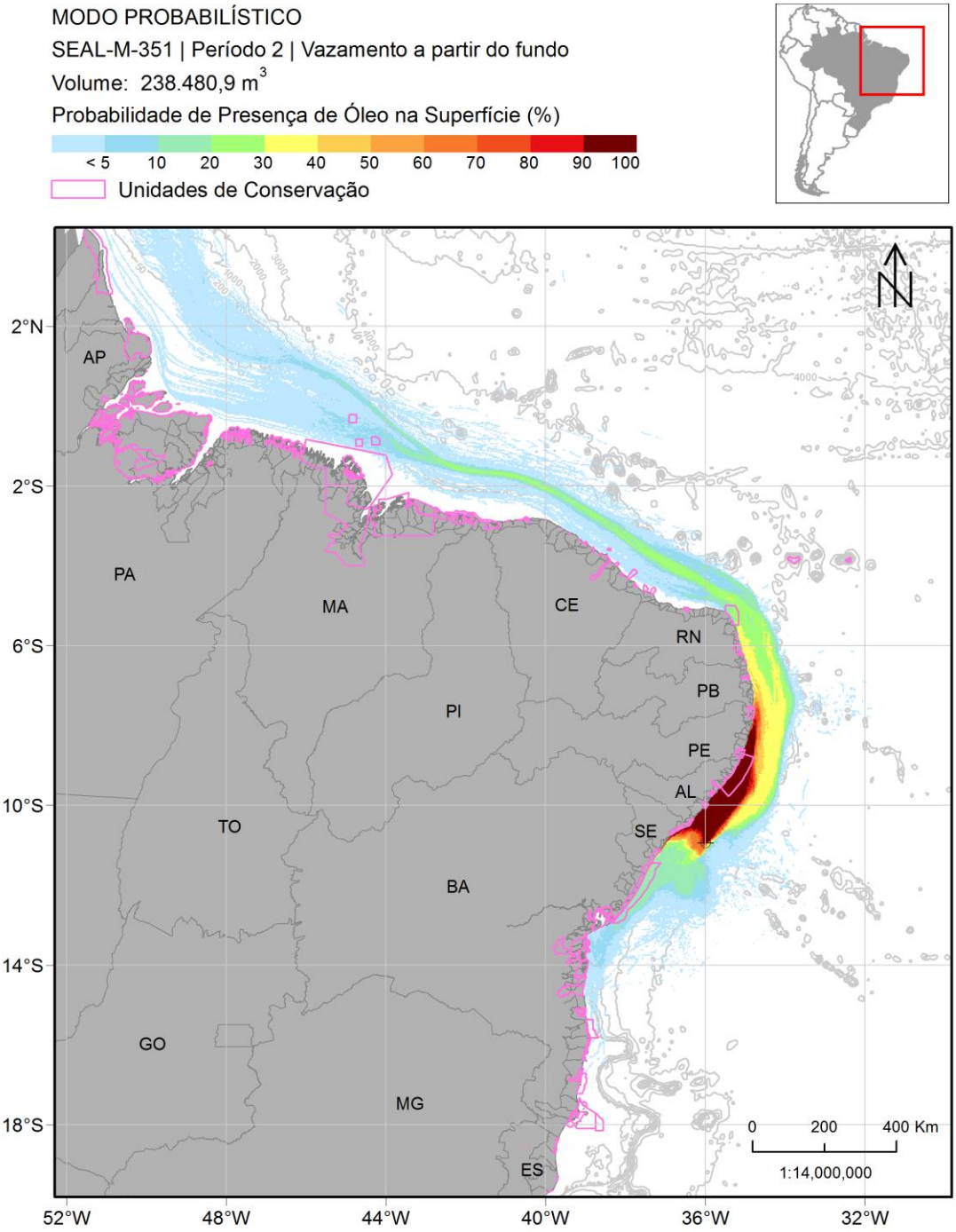


Figura 61: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície, para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

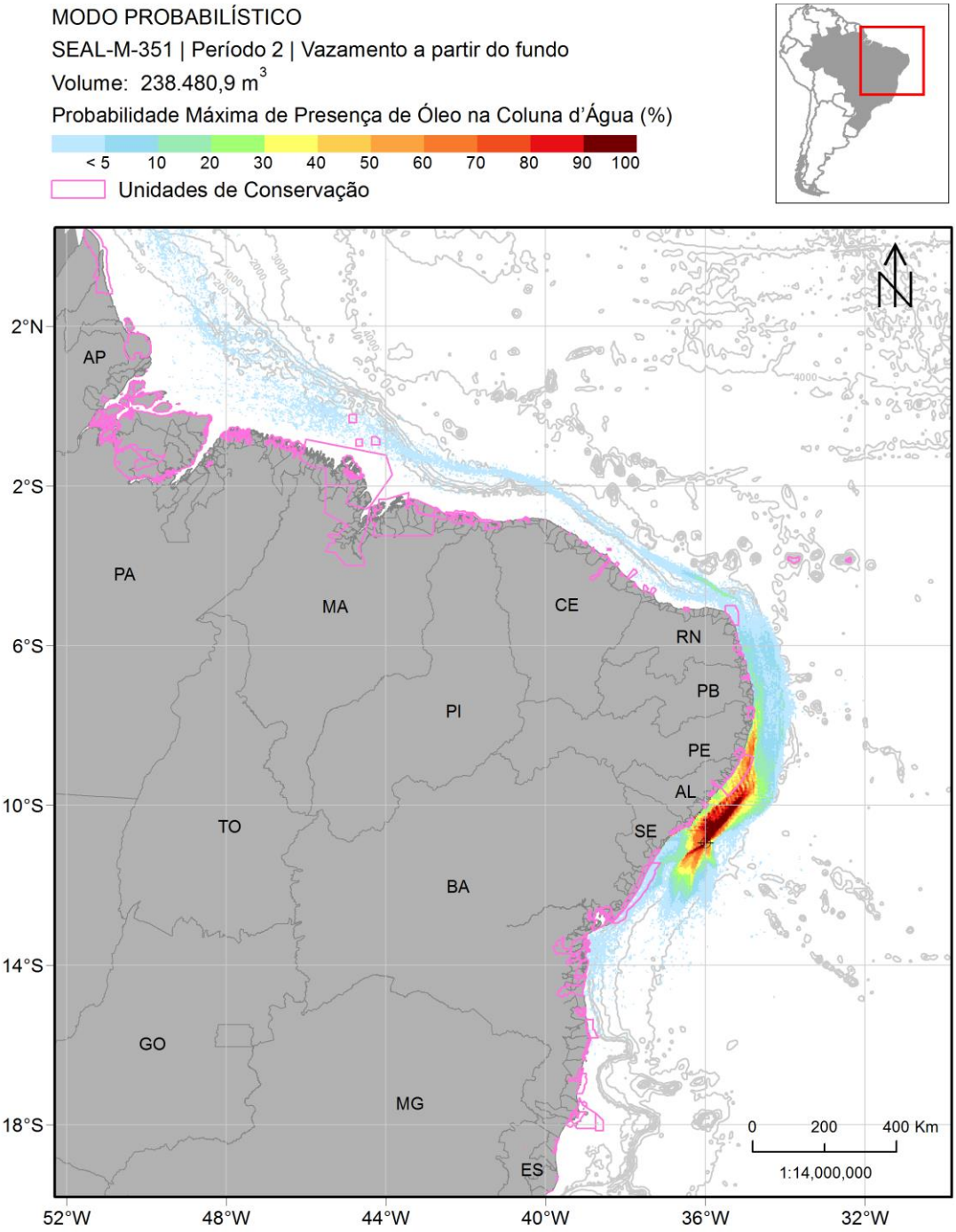


Figura 62: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água, para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

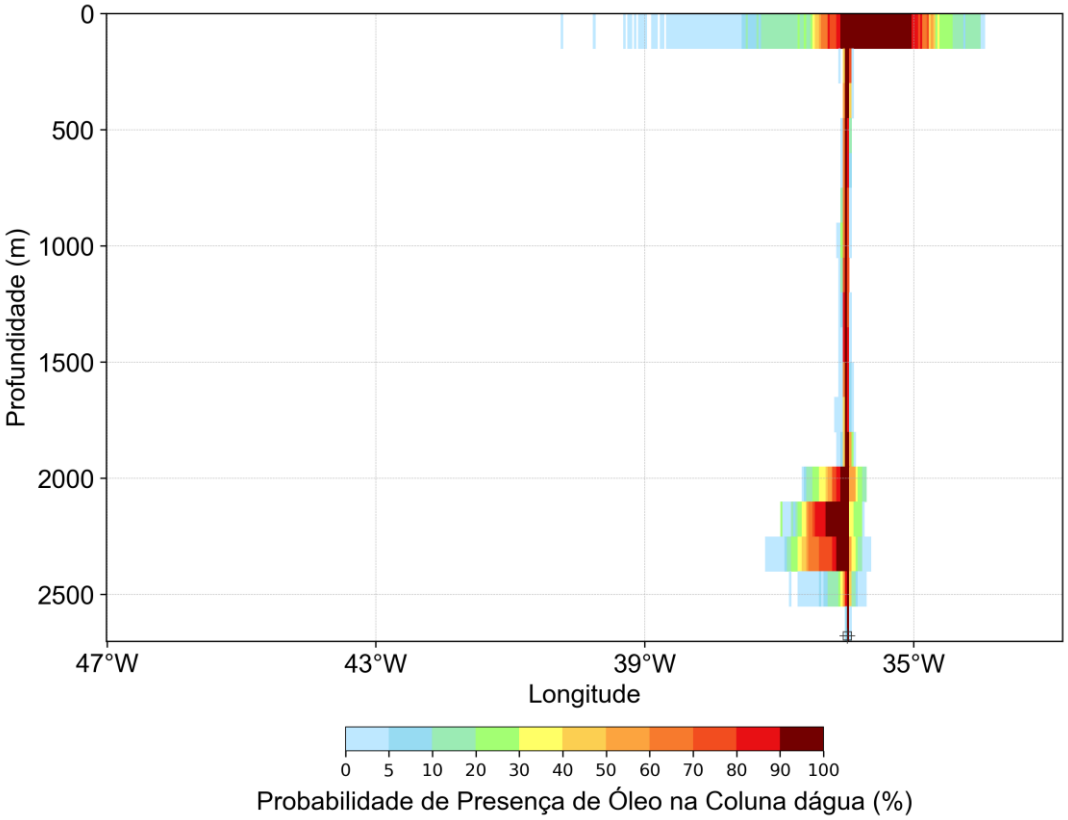


Figura 63: Perfil vertical em longitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

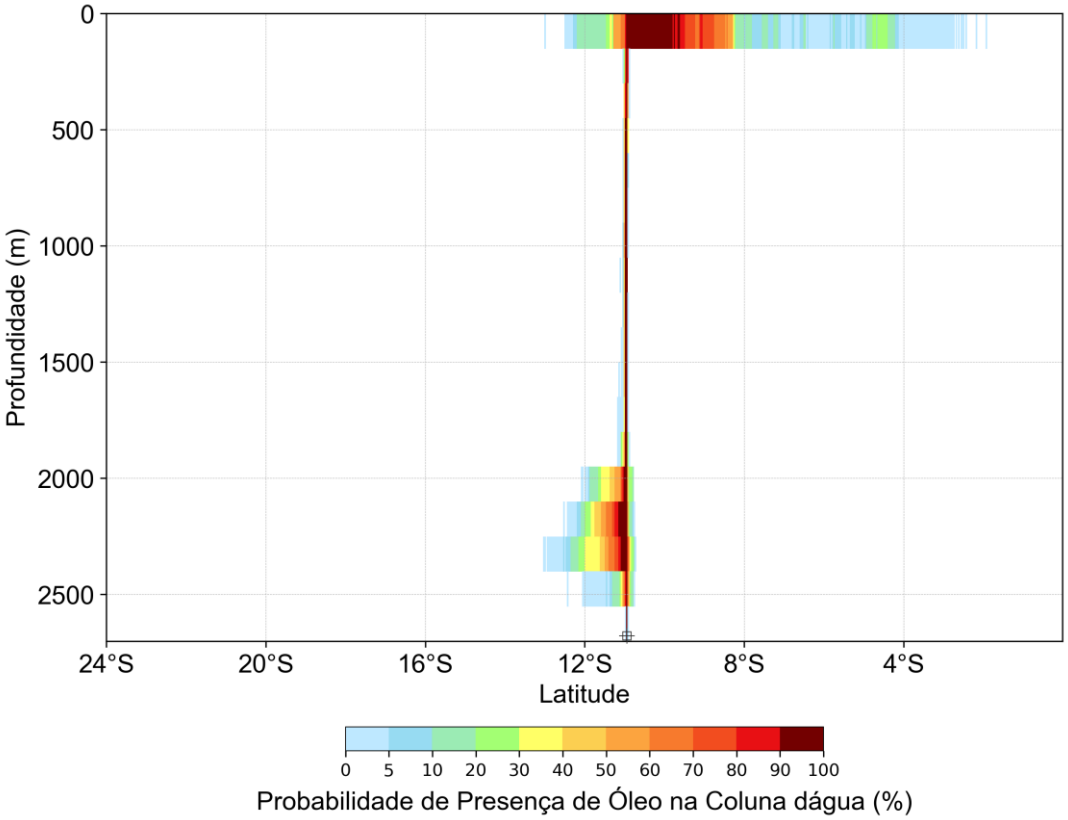


Figura 64: Perfil vertical em latitude de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

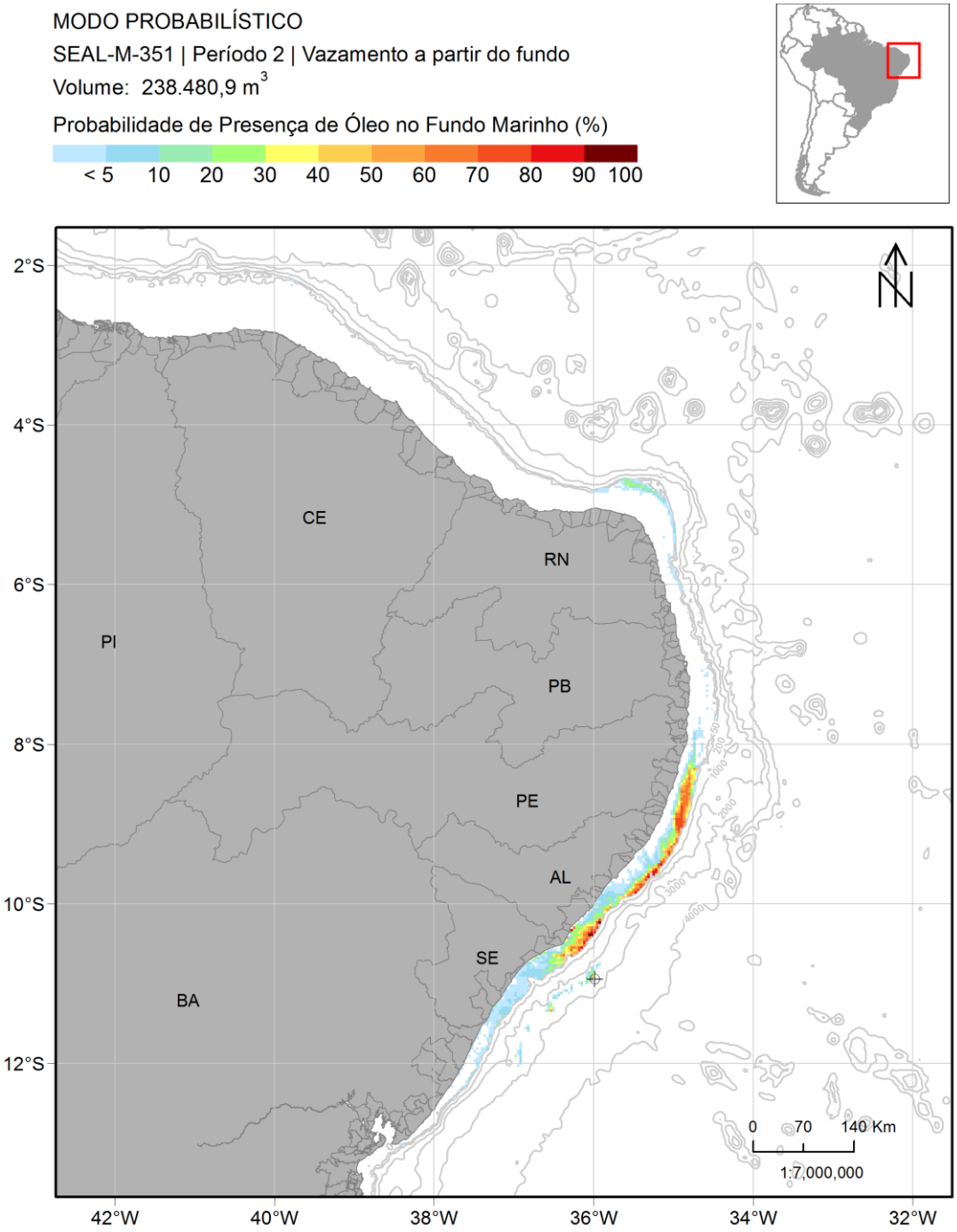


Figura 65: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

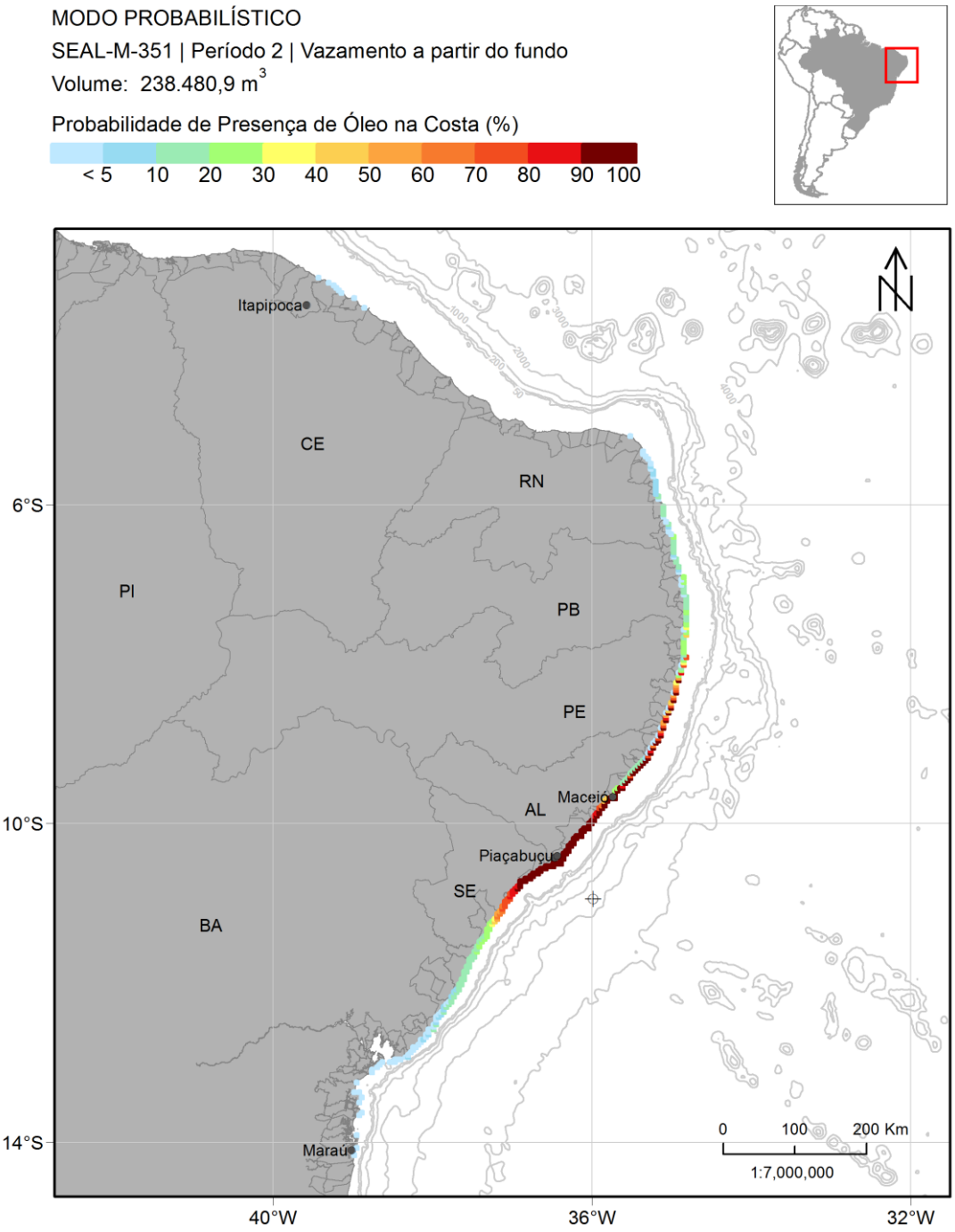


Figura 66: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

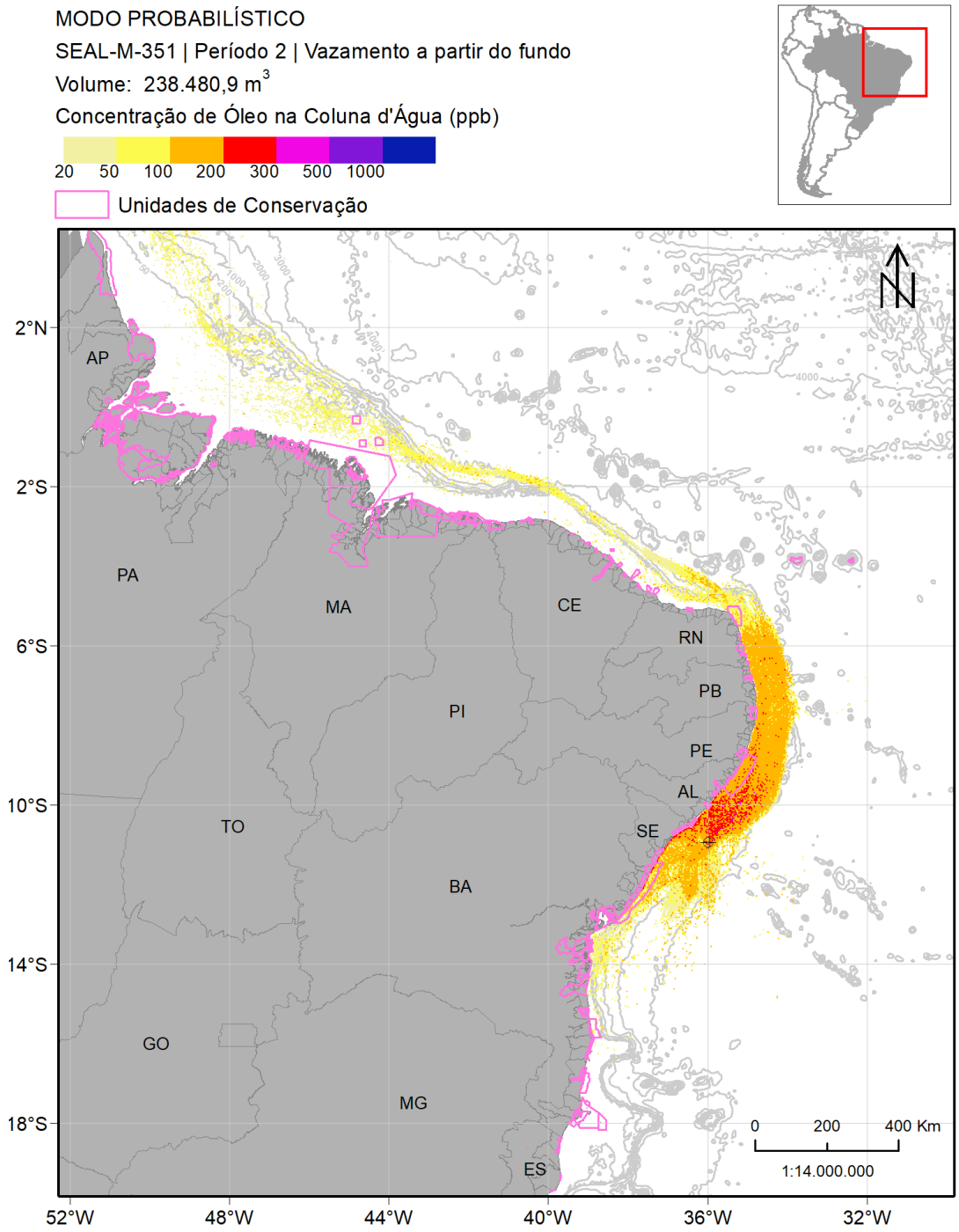


Figura 67: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

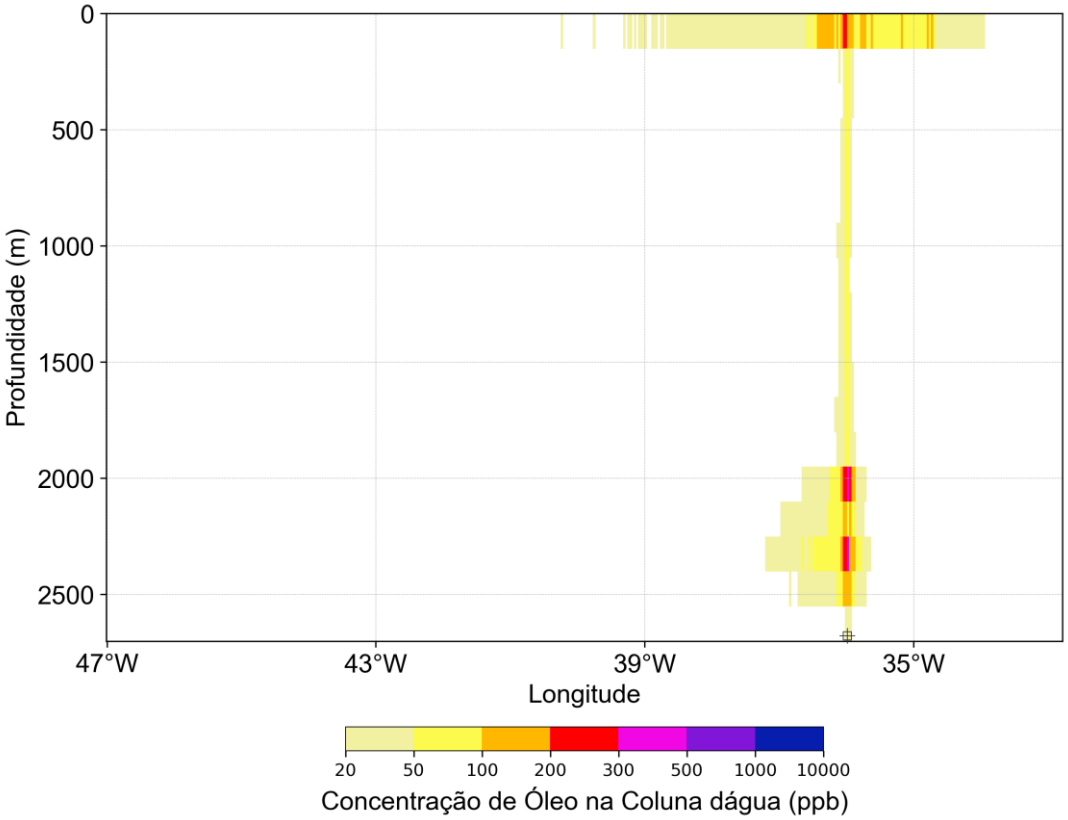


Figura 68: Perfil vertical em longitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

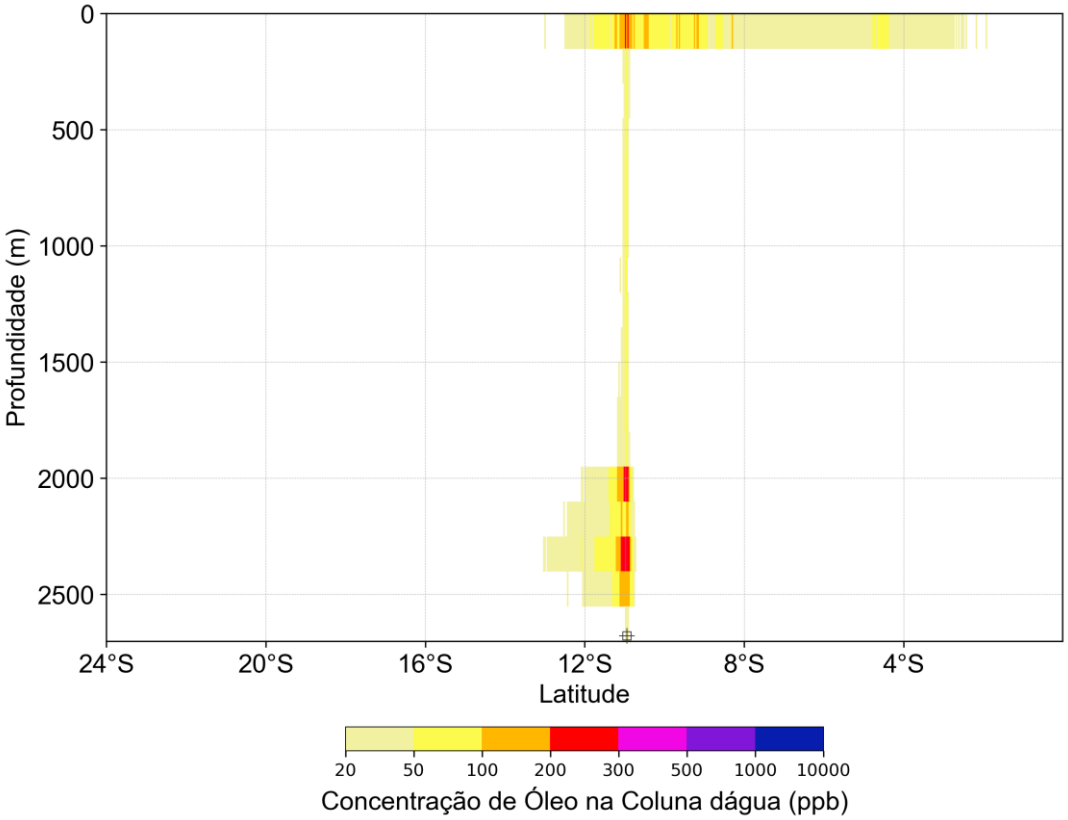


Figura 69: Perfil vertical em latitude de concentração máxima de óleo na coluna d'água para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

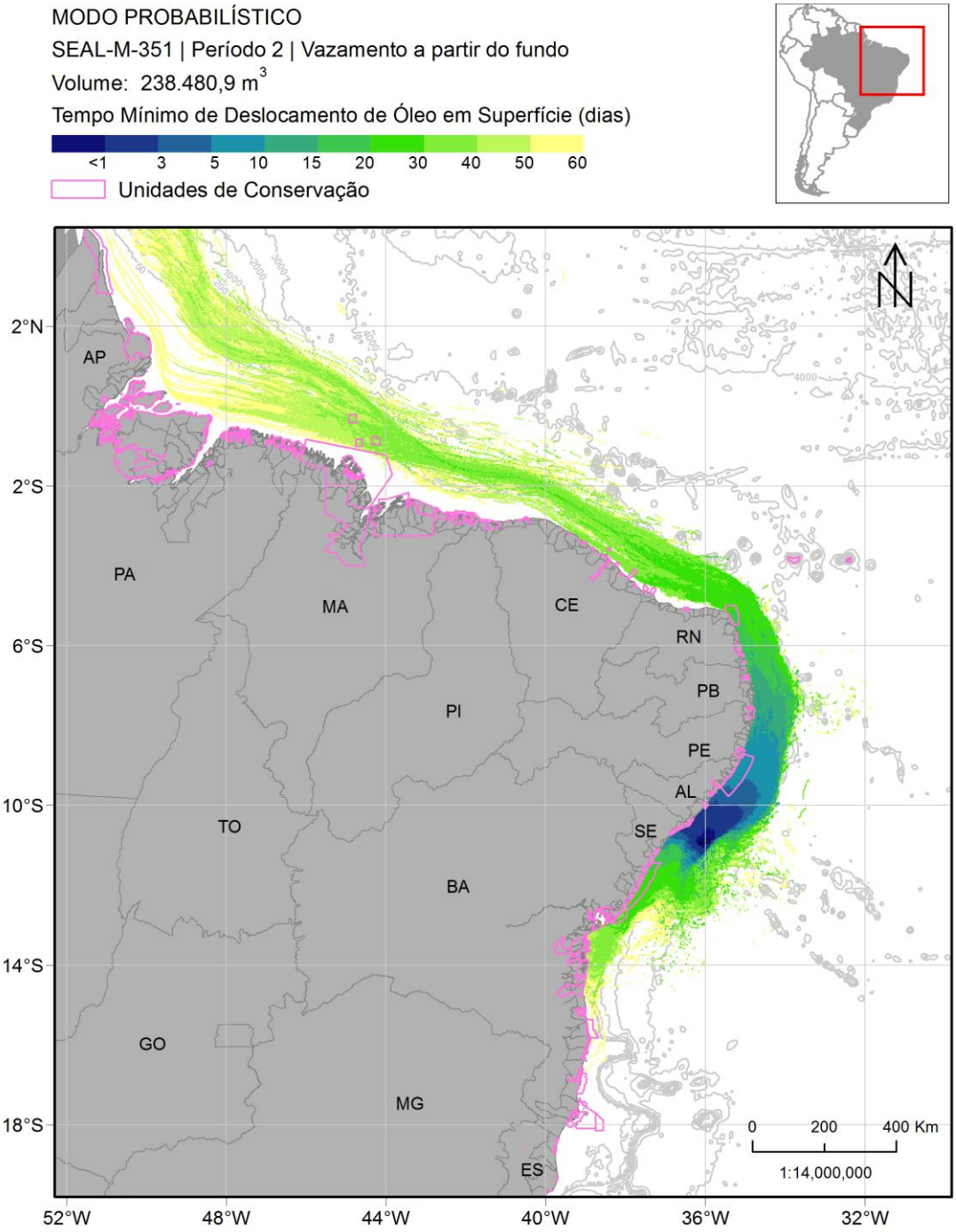


Figura 70: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

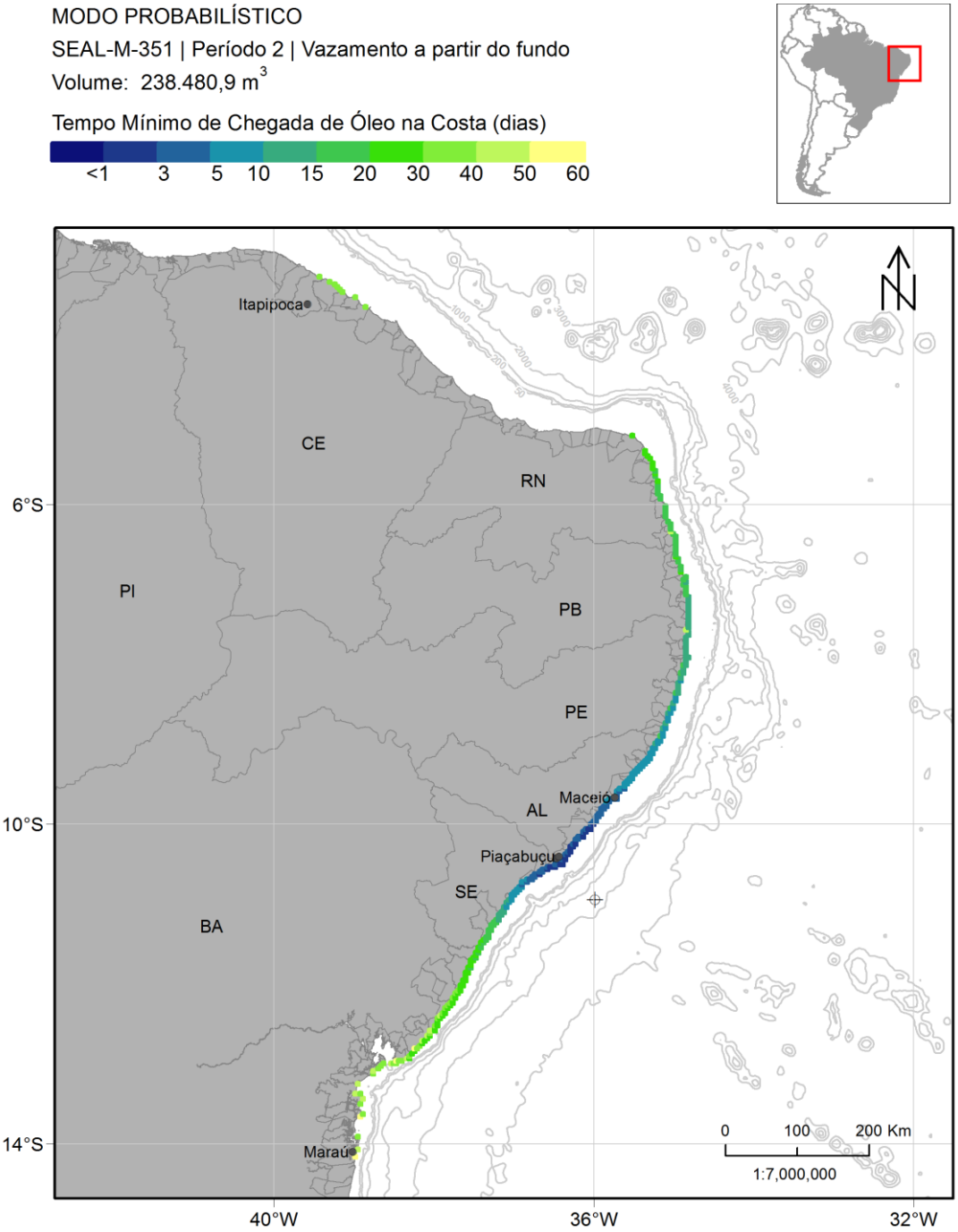


Figura 71: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

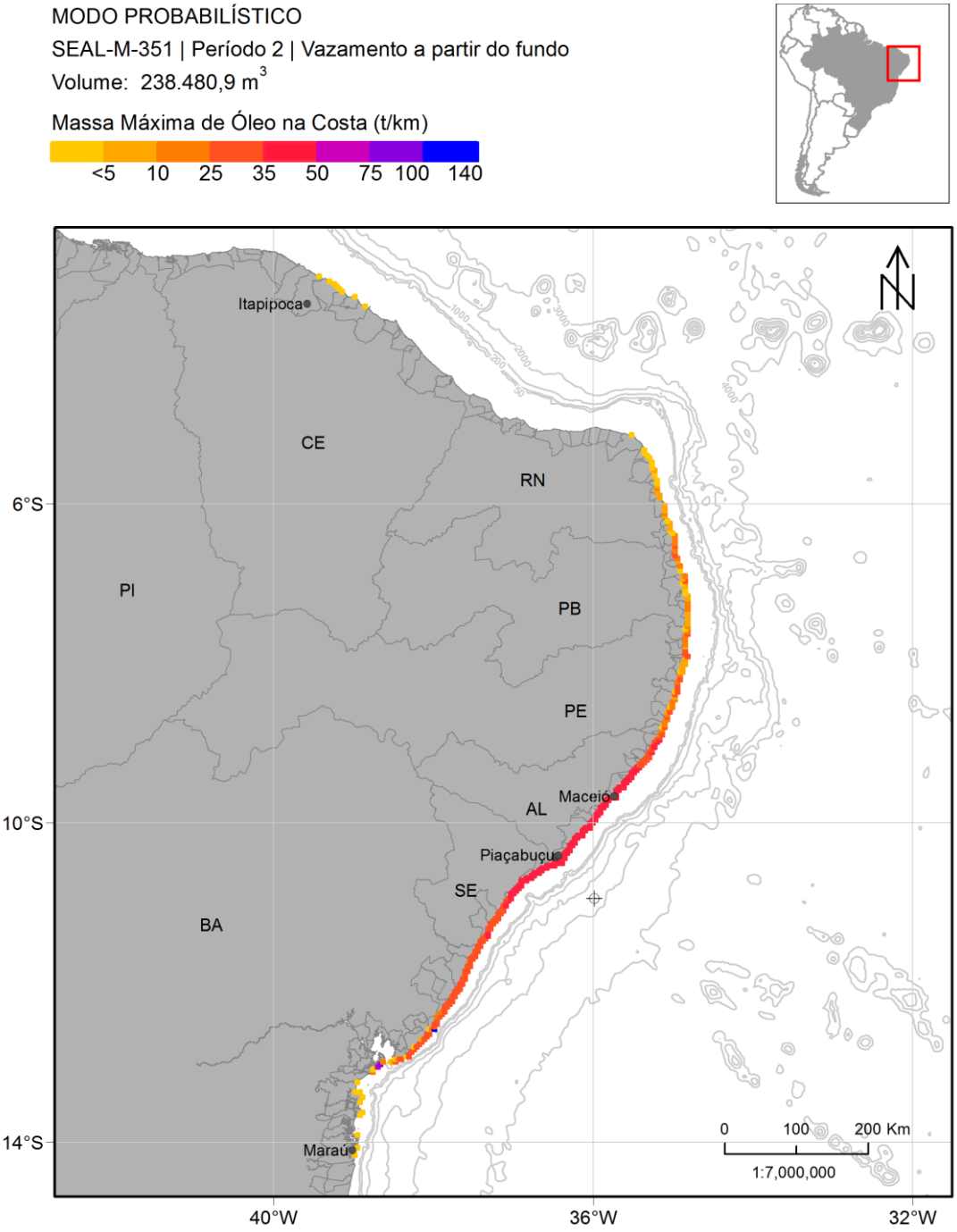


Figura 72: Mapa de massa máxima e óleo em superfície para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Neste cenário, há um deslocamento para sul da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial e, com isso, a região próxima ao ponto de vazamento fica na maior parte do tempo sob influência da Subcorrente Norte do Brasil. Esta corrente flui para norte e segue a orientação da costa, alterando seu sentido para noroeste a partir do Rio Grande do Norte. Com isso, observa-se uma área de probabilidade de presença de óleo bastante distinta da observada no Período 1, chegando próxima ao limite noroeste do domínio do modelo. Os ventos preferencialmente de

sudeste concentram a região de maiores probabilidades (acima de 90%) à frente dos estados de Sergipe até a Paraíba. O tempo mínimo para o óleo chegar até a superfície é de 5 horas.

Na costa, há probabilidade de presença de óleo do município de Itapipoca – CE a Maraú – BA. Probabilidades acima de 90% são observadas do norte de Sergipe até o sul de Pernambuco (Tabela 12). O menor tempo de chegada na costa ocorreu em 2,4 dias em Piaçabuçu – AL (Tabela 12). A maior massa de óleo acumulada, de 143 t/km, foi observada em Brejo Grande - SE.

Na coluna d'água, a deriva ocorre em duas direções principais: nordeste e sudoeste, sendo a última nas camadas mais profundas, próximas ao ponto de vazamento. No fundo marinho, a área de probabilidade de presença de óleo vai da região frente ao norte da Bahia até o Ceará, e inclui principalmente regiões de profundidades menores que 200 metros, mas também alguns pontos em regiões mais profundas. Os valores máximos chegam à classe entre 90-100%.

Em relação à concentração de óleo na coluna d'água, assim como o padrão de probabilidade, valores acima de 20 ppb podem ser observados desde as camadas mais superficiais até as mais profundas, com uma redução da área de dispersão. Quando avaliados valores de concentrações acima de 200 ppb, nota-se que estes são mais concentrados próximos ao ponto de vazamento nas camadas mais próximas à superfície e abaixo de 2.000 metros.

Houve probabilidade de presença de óleo em 52 unidades de conservação, com máximo de 100% nas seguintes: RESEX Marinha da Lagoa do Jequiá, APA de Santa Rita, APA Costa dos Corais, APA Litoral Norte de Sergipe e APA de Piaçabuçu, sendo esta última a que apresentou o menor tempo de chegada, de 2,4 dias.

A seguir são apresentados os percentuais de óleo em cada processo intempérico ao final das simulações. Observa-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo da simulação, com mediana de 37%, seguido pelo óleo sedimentado/fora de grade e o óleo retirado pela degradação, que apresentaram medianas de 30% e 27%, respectivamente. A dispersão apresentou mediana de em torno de 1%. A porcentagem de óleo retido na costa foi de 5% em 50% das simulações, mas teve máximo de 8%, enquanto o óleo remanescente em superfície ao final das simulações é inferior a 1% em 75% das simulações.

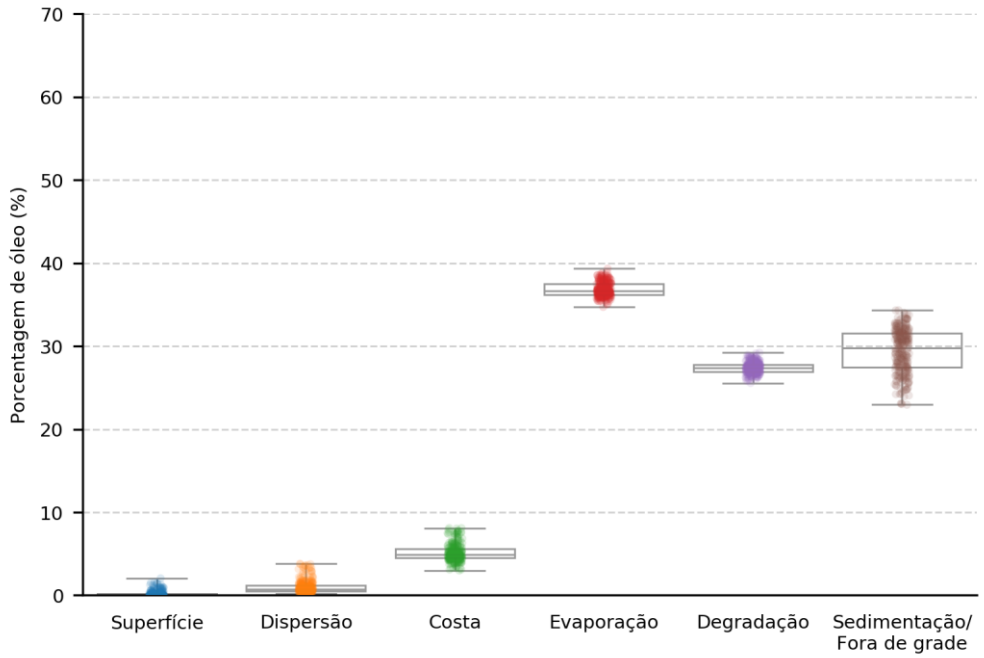


Figura 73: Balanço de massa das simulações probabilísticas para um vazamento de 238.480,9 m³ a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

3.2.1.3.2.2 Rio Sergipe

Os mapas de probabilidade de presença de óleo, para o vazamento de 238.480,9 m³ no Período 2, no Rio Sergipe encontram-se na Figura 74e Figura 75. Os mapas de tempo mínimo de chegada encontram-se na Figura 76 e Figura 77.

Os resultados são apresentados até um raio de 3,5 km (distância equivalente a um ponto da grade de escala regional) a partir da boca do rio. Este limite é indicado pelo contorno em roxo nos mapas.

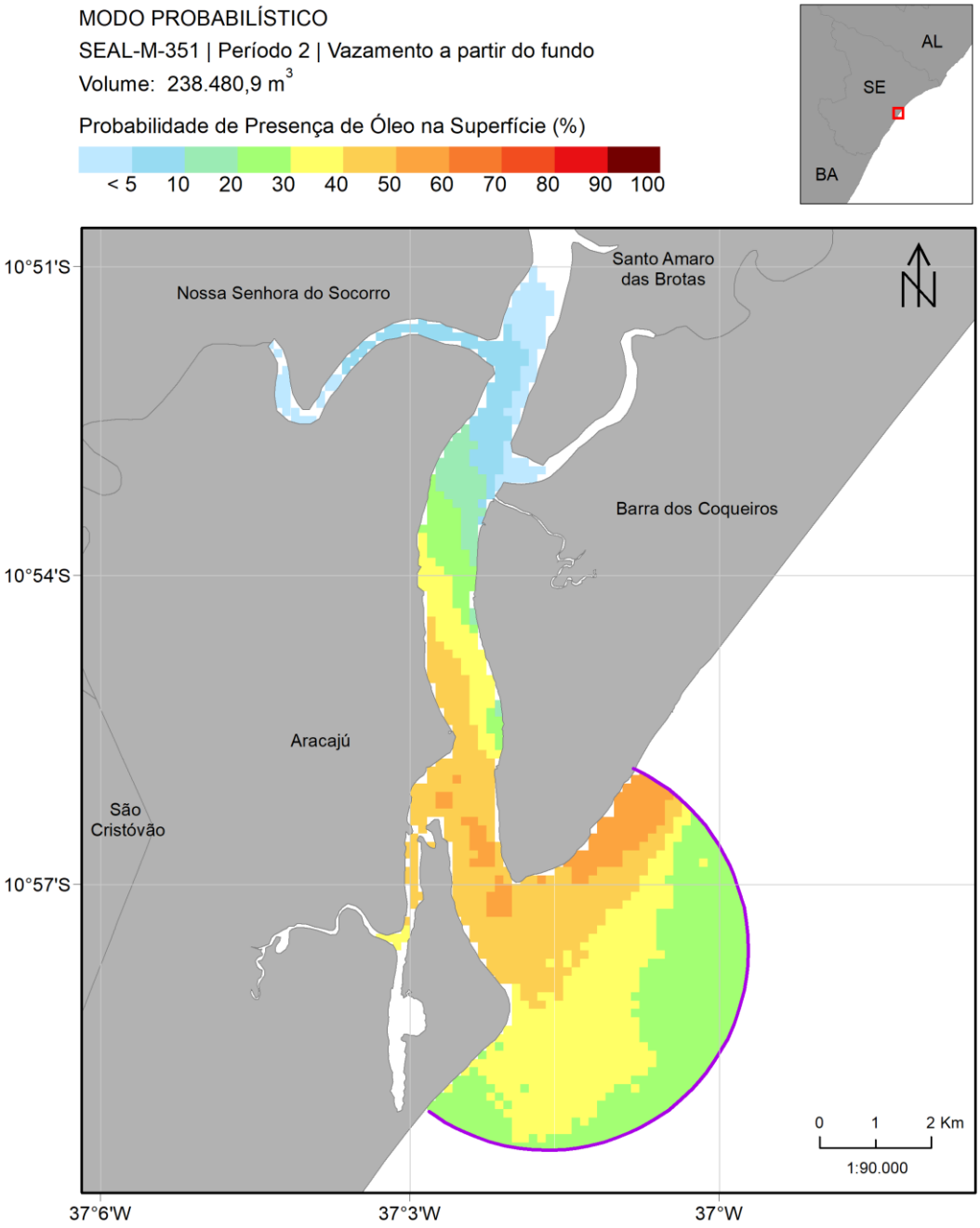


Figura 74: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

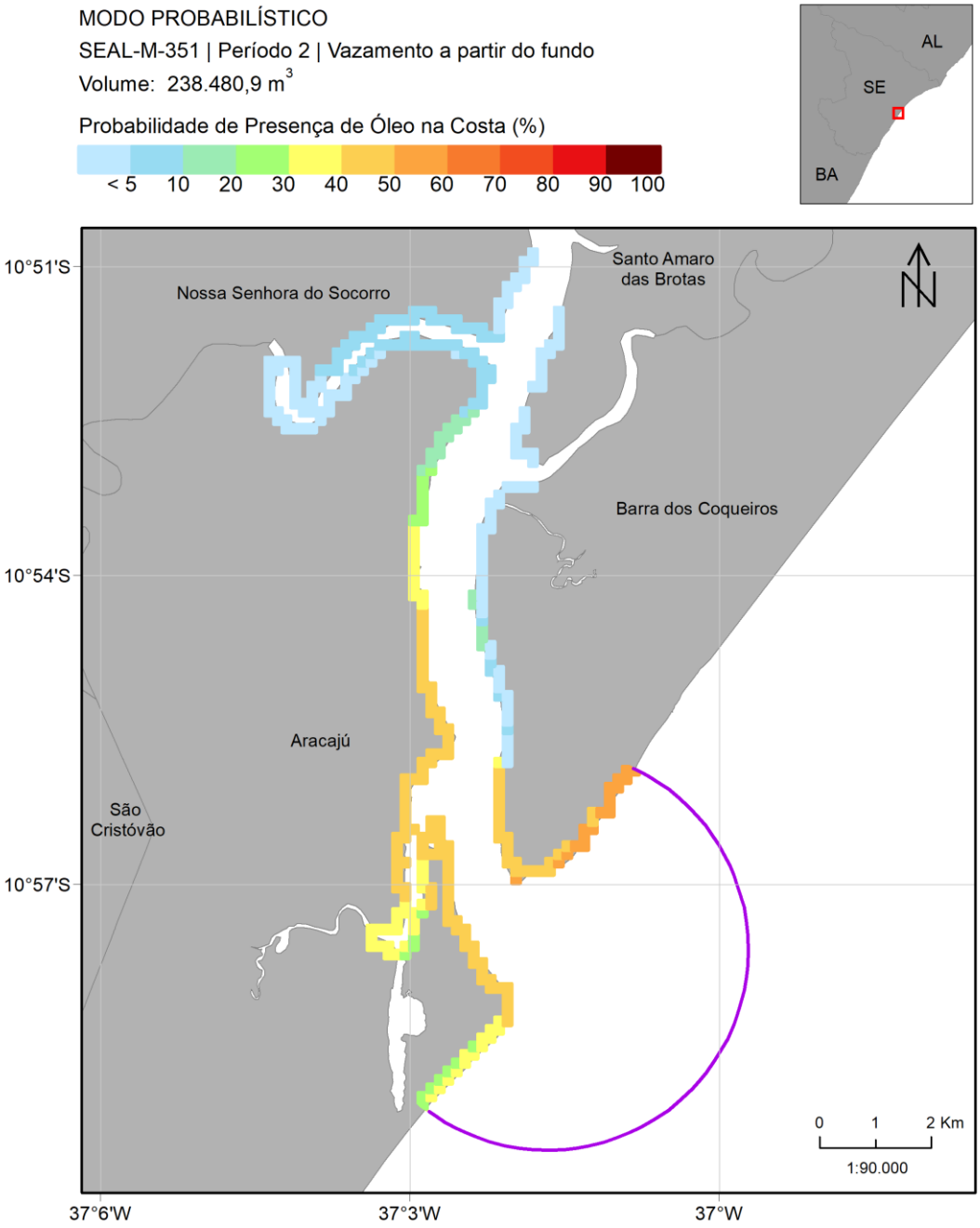


Figura 75: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Observa-se uma probabilidade de até 50-60% de presença de óleo em superfície dentro do Rio Sergipe, adentrando até cerca de 3 km a partir da desembocadura. As probabilidades de toque nas margens do rio são no máximo entre 50-60% no município de Barra dos Coqueiros – SE e de 40-60% em Aracaju. Nos demais municípios localizados à margem do rio, as probabilidades são menores que 10%.

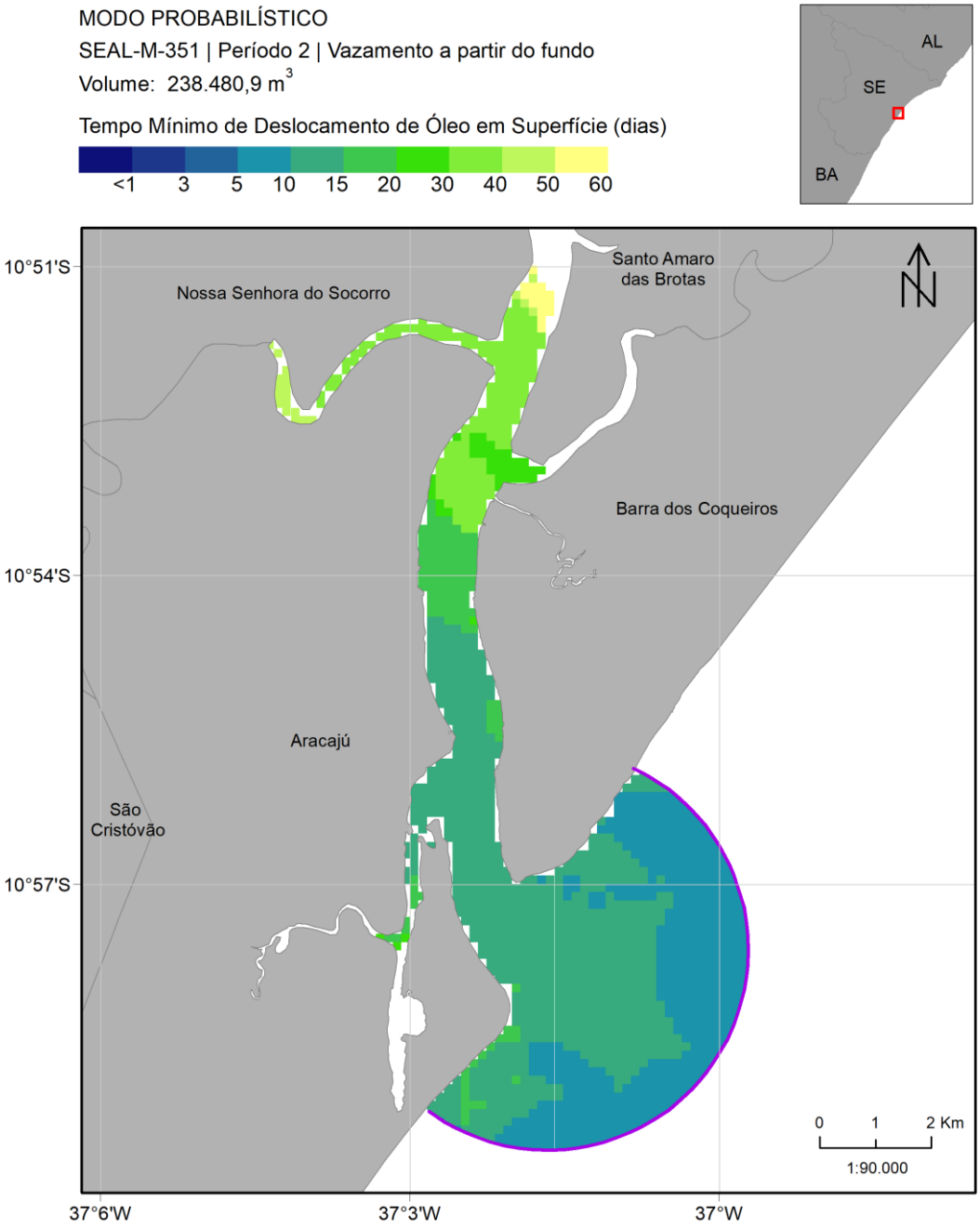


Figura 76: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

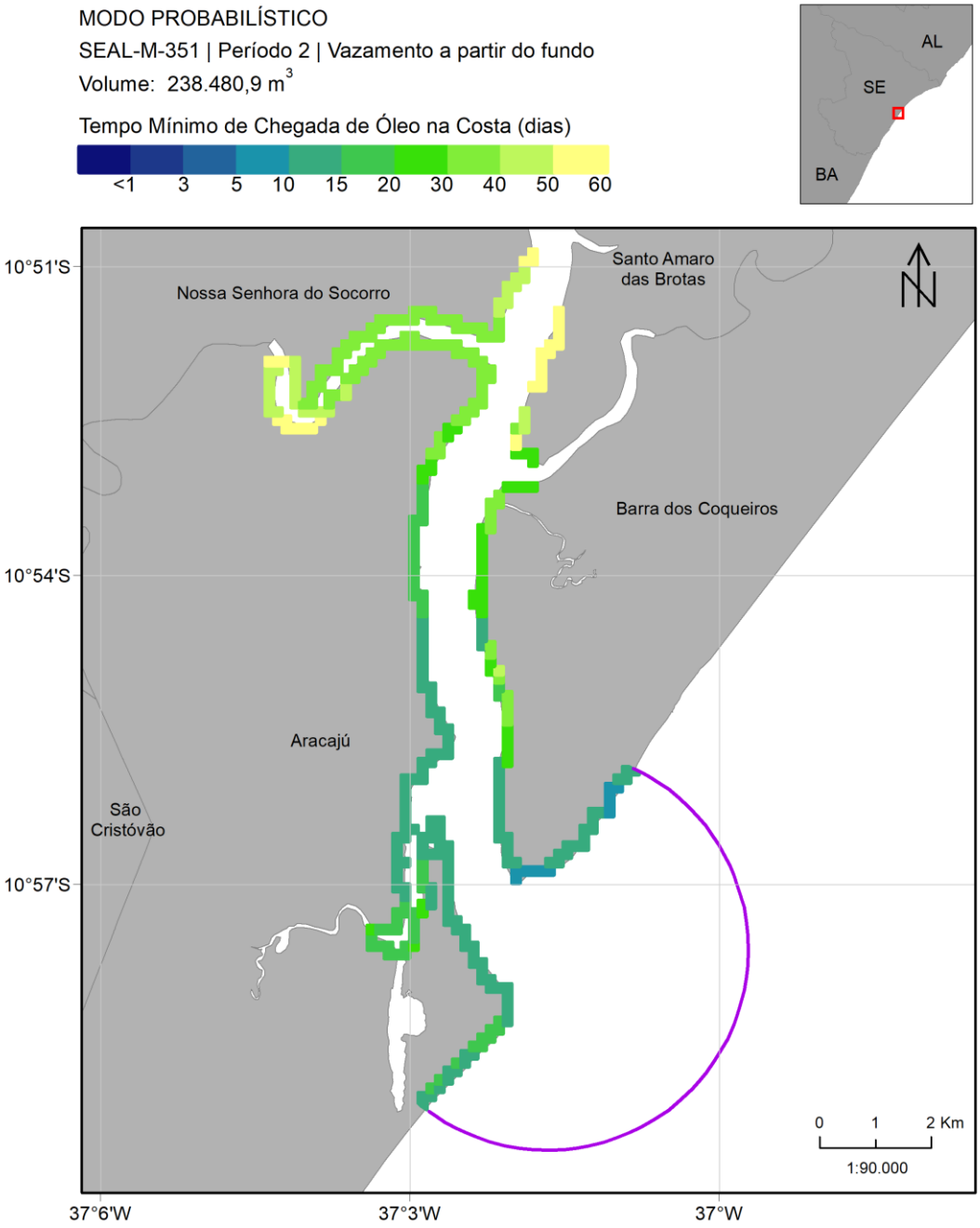


Figura 77: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Nota-se que o tempo mínimo de chegada do óleo na costa no Rio Sergipe foi de 5 a 10 dias mais próximo à desembocadura no município de Barra dos Coqueiros – SE e maior que 20 dias nos municípios mais internos.

A seguir, a Figura 78apresenta a massa máxima de óleo na costa para as simulações no Período 2.

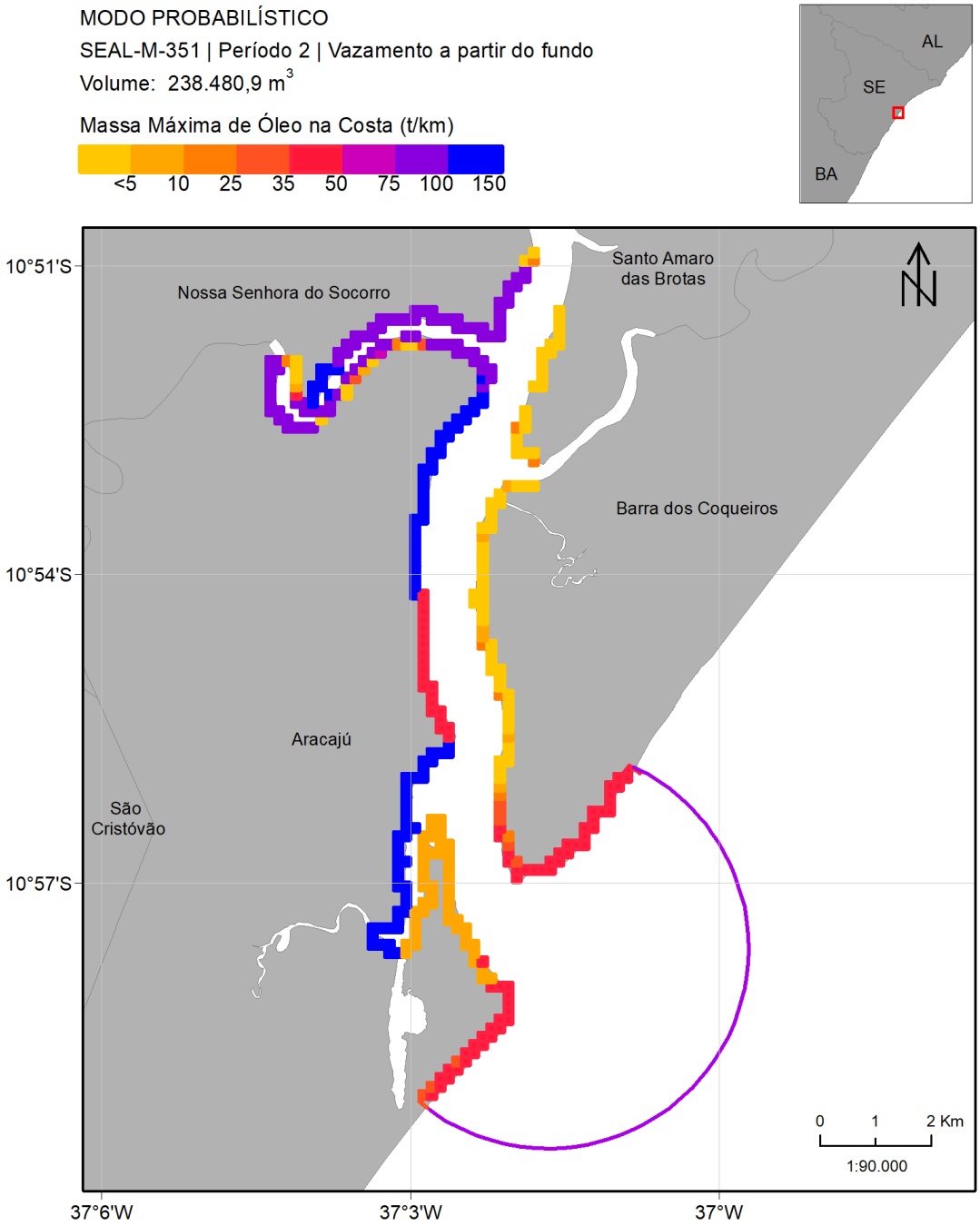


Figura 78: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio Sergipe para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Nota-se que o acúmulo de massa foi maior dentro do estuário do que no restante da costa neste período e os maiores valores foram observados na margem do rio em que estão os municípios de Aracaju – SE e Nossa Senhora do Socorro – SE, chegando a mais de 100 t/km.

3.2.1.3.2.3 Rio São Francisco

Os mapas de probabilidade de presença de óleo, para o vazamento de 238.480,9 m³ no Período 2, no Rio São Francisco encontram-se na Figura 79 e Figura 80. Os mapas de tempo mínimo de chegada encontram-se na Figura 81 e Figura 82.

Os resultados são apresentados até um raio de 3,5 km (distância equivalente a um ponto da grade de escala regional) a partir da boca do rio. Este limite é indicado pelo contorno em roxo nos mapas.

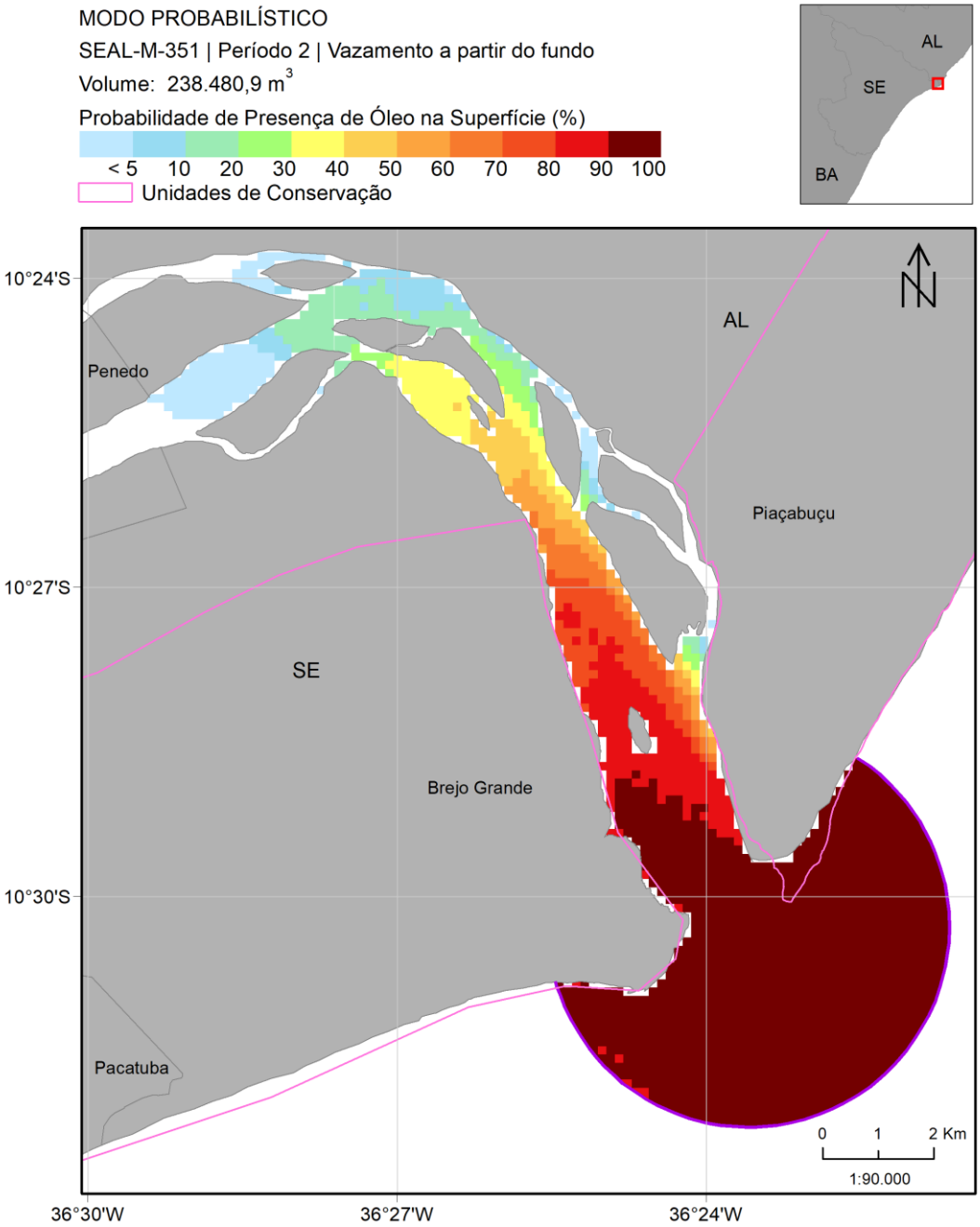


Figura 79: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

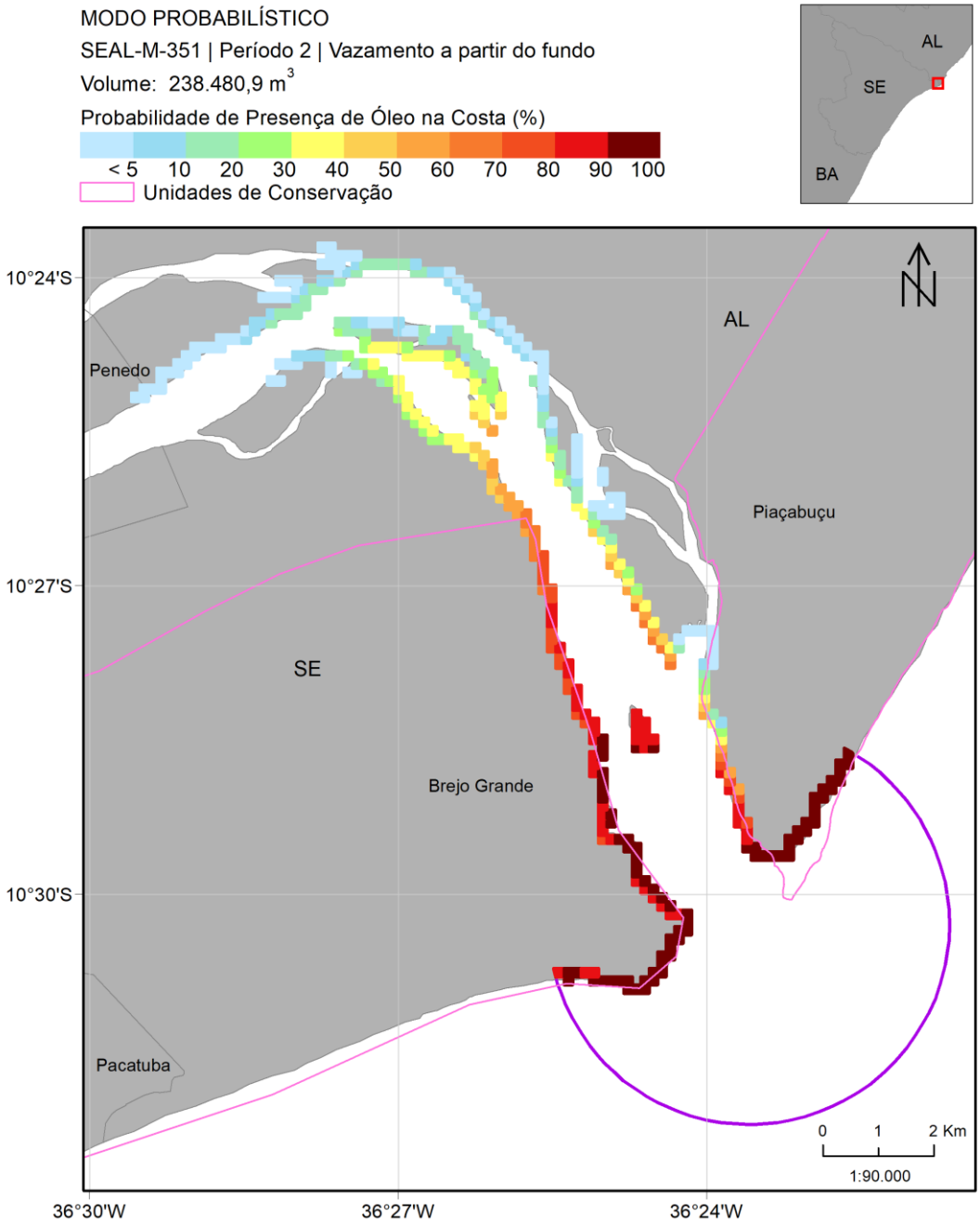


Figura 80: Mapa de probabilidade de presença de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Observa-se probabilidades de presença de óleo em superfície da faixa de 90-100% na entrada do Rio São Francisco. Probabilidades acima de 30% alcançam uma extensão de até 9km para dentro do rio, a partir da entrada. Nas margens do rio, a probabilidade de toque é entre 90-100% nos municípios de Piaçabuçu – AL e Brejo Grande – SE. Em Penedo – AL, a probabilidade é inferior a 1%.

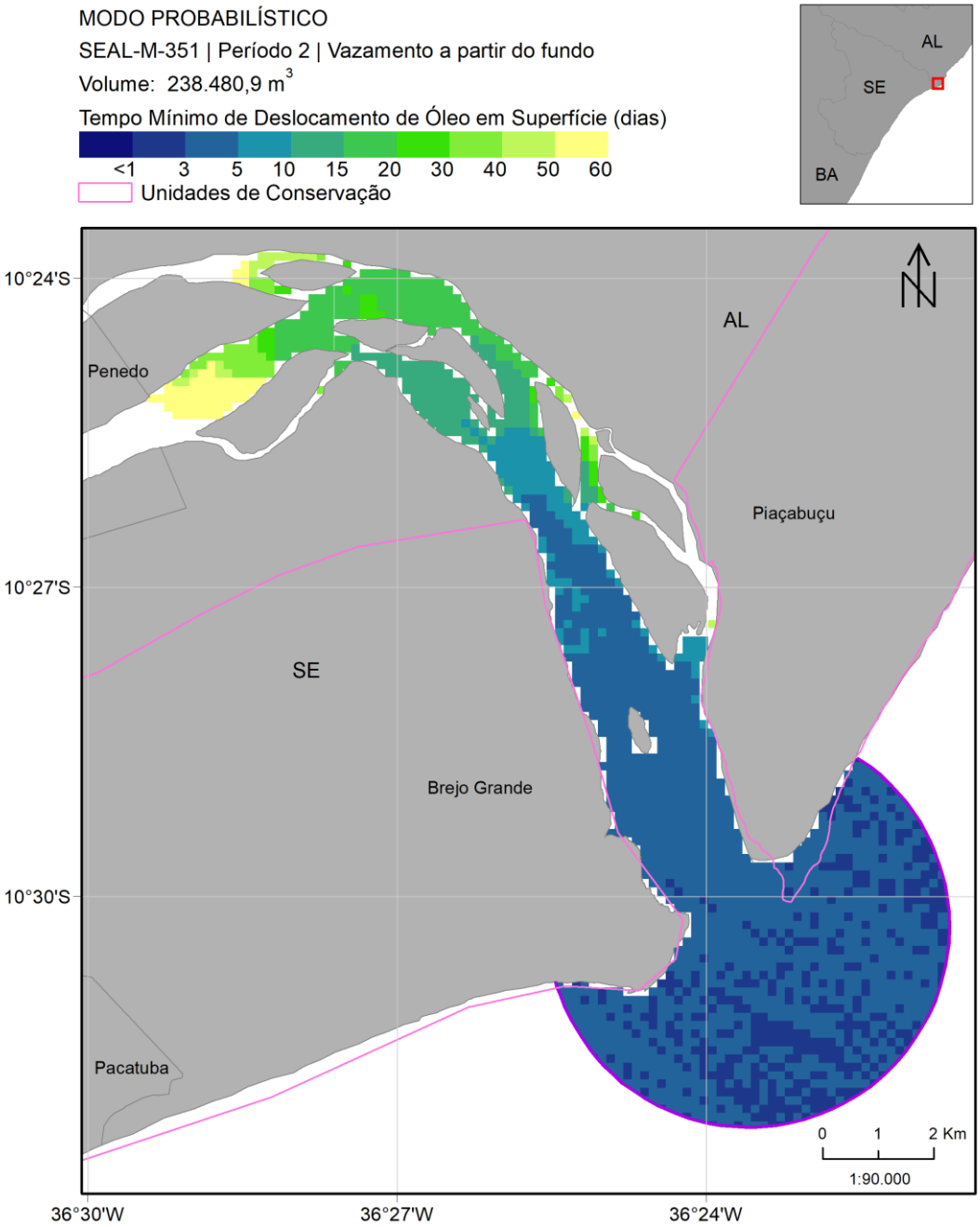


Figura 81: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na superfície na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

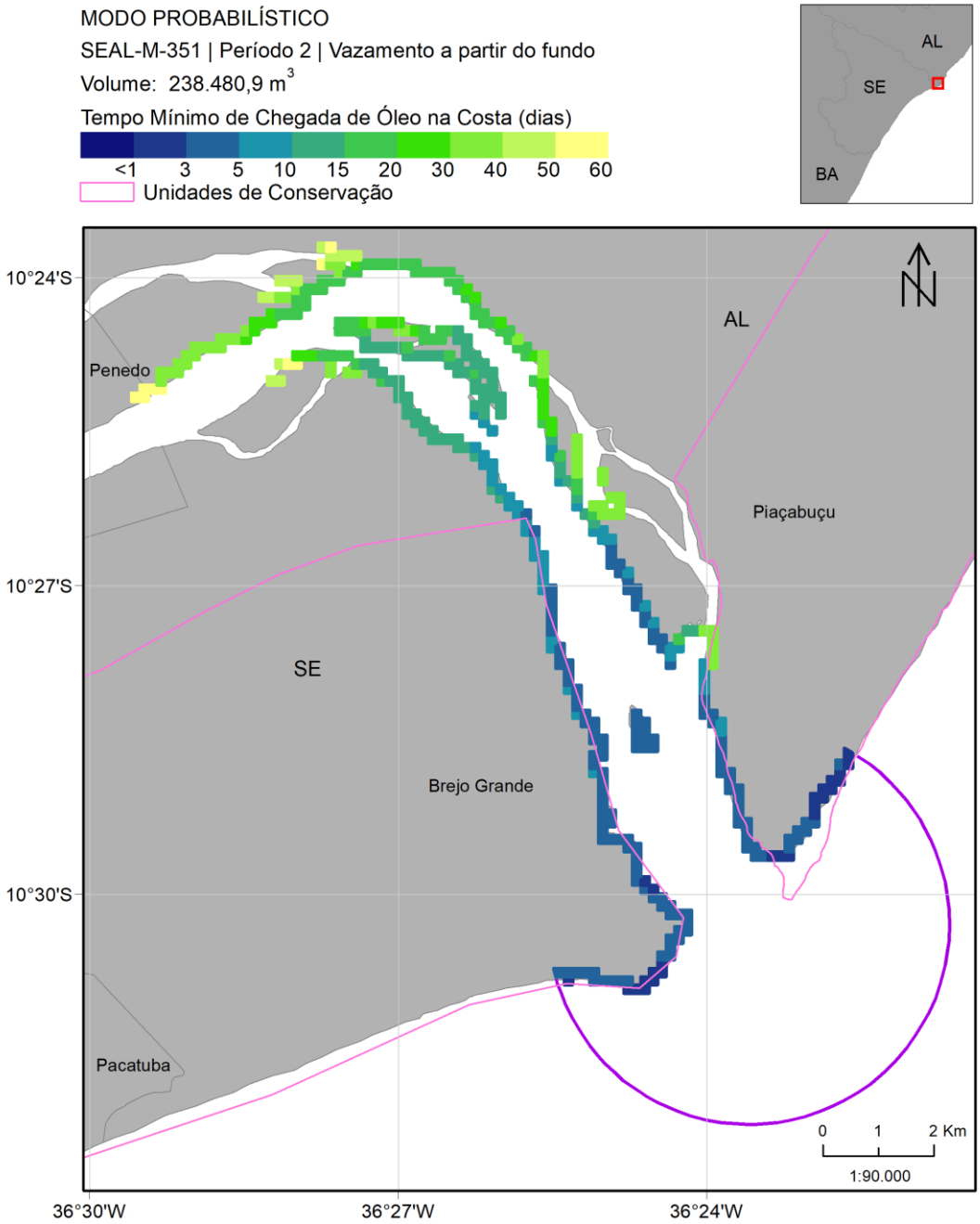


Figura 82: Mapa de tempo mínimo de chegada de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Os menores tempos de chegada de óleo na costa às margens do Rio São Francisco são de menos de 3 dias próximo à desembocadura nos municípios de Brejo Grande e Piaçabuçu. Nas regiões mais distantes, chegando ao município de Penedo – AL, o tempo é superior a 50 dias.

Nas Unidades de Conservação costeiras que incluem as margens do Rio São Francisco, os valores de probabilidade e tempo foram menos críticos que os já observadas na escala regional.

A seguir, a Figura 83apresenta a massa máxima de óleo na costa para as simulações no Período 2.

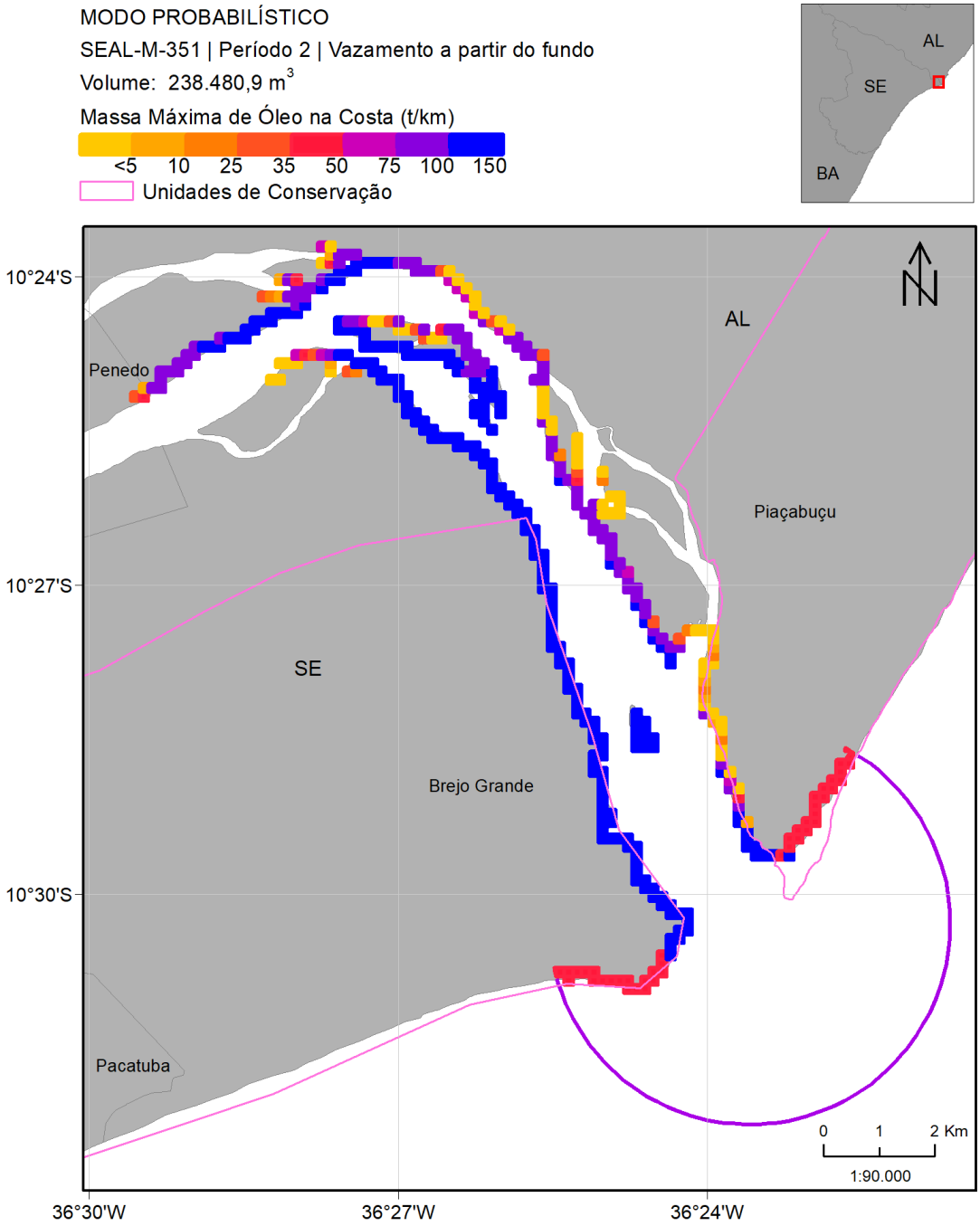


Figura 83: Massa máxima de óleo na costa na região do Rio São Francisco para um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo cru a partir do fundo. Período 2 (maio a outubro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Nota-se que na costa dentro do Rio são Francisco, os valores de massa acumulada são maiores que fora do rio, com valores acima de 100 t/km Piaçabuçu – AL e, principalmente, em Brejo Grande – SE.

3.2.1.3.3 Tabelas comparativas

A seguir, são apresentados os valores de massa máxima na costa, probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo a partir do fundo (Tabela 12). Na Tabela 13 são apresentados estes resultados para as Unidades de Conservação.

Como foram produzidos resultados com duas modelagens distintas (regional e rios), optou-se por adotar os resultados das simulações dos rios para os municípios localizados no interior dos mesmos e os resultados da simulação regional para os municípios localizado fora dos rios. Nos municípios com costa oceânica localizados na entrada dos rios optou-se pelos valores mais conservadores.

Tabela 12: Extensão de toque, massa máxima, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo a partir do fundo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo (dias)		Massa (t/km)		Extensão (km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2		Período 1	Período 2	Período 1
CE	Itapipoca	-	0,4	-	36,8	-	0,7	-	4
	Trairi	-	1,1	-	36,8	-	4,0	-	19
	Paraipaba	-	1,1	-	36,8	-	2,4	-	4
	Paracuru	-	0,7	-	38,5	-	2,2	-	4
RN	São Gonçalo do Amarante	-	0,4	-	37,9	-	0,7	-	4
	Touros	-	0,4	-	27,6	-	0,7	-	4
	Rio do Fogo	-	0,4	-	21,1	-	0,8	-	14
	Maxaranguape	-	6,3	-	21,1	-	3,4	-	19
	Ceará-Mirim	-	10,0	-	18,9	-	5,7	-	24
	Extremoz	-	9,3	-	18,1	-	4,0	-	19
	Natal	-	11,9	-	17,4	-	24,7	-	29
	Parnamirim	-	11,9	-	17,4	-	7,8	-	14
	Nísia Floresta	-	14,1	-	17,0	-	18,4	-	29
	Senador Georgino Avelino	-	4,8	-	17,1	-	9,1	-	4
	Tibau do Sul	-	13,3	-	17,0	-	6,6	-	14
	Canguaretama	-	10,0	-	17,4	-	6,6	-	14
	Baía Formosa	-	21,5	-	16,6	-	24,9	-	34
PB	Mataraca	-	17,8	-	16,6	-	25,1	-	19

	Baía da Traição	-	17,8	-	16,3	-	25,4	-	24
	Marcação	-	11,1	-	16,5	-	7,2	-	4
	Rio Tinto	-	14,4	-	16,1	-	24,0	-	14
	Lucena	0,4	24,4	37,4	13,8	0,7	26,5	4	14
	Santa Rita	-	0,7	-	16,6	-	1,9	-	4
	Cabedelo	-	24,4	-	13,8	-	26,5	-	24
	João Pessoa	-	18,1	-	14,3	-	14,9	-	34
	Conde	-	21,9	-	11,7	-	14,9	-	29
	Pitimbu	0,4	32,6	48,6	12,8	1,1	17,8	4	34
PE	Goiana	0,4	48,5	44,5	12,3	0,7	25,6	4	24
	Ilha de Itamaracá	-	30,0	-	11,4	-	25,8	-	24
	Igarassu	-	27,0	-	12,5	-	30,6	-	14
	Paulista	3,3	76,7	33,2	10,5	1,5	30,6	4	29
	Olinda	1,1	74,8	52,0	11,6	0,8	8,2	4	24
	Recife	-	89,3	-	10,7	-	25,4	-	34
	Jaboatão dos Guararapes	0,7	92,2	45,0	9,6	1,2	27,4	4	19
	Cabo de Santo Agostinho	2,2	100,0	37,5	10,0	1,1	30,8	4	29
	Ipojuca	2,2	98,9	37,6	9,0	1,1	30,8	9	49
	Sirinhaém	0,7	98,1	45,8	8,2	0,8	30,1	4	24
	Tamandaré	-	98,1	-	8,2	-	31,5	-	24
	Barreiros	-	98,1	-	8,4	-	31,5	-	19
	São José da Coroa Grande	1,5	99,6	32,8	8,2	0,7	33,3	4	24
AL	Maragogi	1,5	99,6	32,8	7,3	0,7	36,1	14	54
	Japaratinga	0,4	97,4	45,2	6,7	0,6	36,1	4	29
	Porto de Pedras	-	98,9	-	6,2	-	34,2	-	33
	São Miguel dos Milagres	-	98,9	-	6,2	-	34,8	-	24
	Passo de Camaragibe	0,4	98,9	44,0	5,8	1,3	38,1	4	29
	Barra de Santo Antônio	-	99,6	-	5,3	-	39,8	-	34
	Paripueira	-	99,6	-	5,3	-	39,7	-	24
	Maceió	-	100,0	-	3,8	-	40,1	-	79
	Marechal Deodoro	0,7	100,0	43,0	3,7	0,8	40,1	4	44
	Barra de São Miguel	0,7	100,0	43,0	3,5	0,8	40,2	9	29
	Roteiro	0,4	100,0	45,6	3,1	0,8	40,3	4	29
	Jequiá da Praia	1,9	100,0	28,3	2,6	1,2	40,4	14	44
	Coruripe	1,9	100,0	28,3	2,6	1,1	40,6	19	84

	Feliz Deserto	0,7	100,0	34,1	2,5	1,0	40,6	14	24
	Penedo	-	0,4	-	52,8	-	38,7	-	<1
	Piaçabuçu	4,8	100,0	9,7	2,4	2,5	142,3	19	92
SE	Brejo Grande	4,8	100,0	9,7	2,5	2,5	142,5	9	59
	Pacatuba	1,5	99,6	31,8	2,6	2,1	39,5	24	54
	Pirambu	4,4	98,9	4,7	2,9	24,4	39,1	34	54
	Barra dos Coqueiros	68,9	92,2	3,0	4,8	40,8	38,9	59	62
	Santo Amaro das Brotas	0,4	1,9	59,0	23,9	0,1	23,3	<1	5
	Nossa Senhora do Socorro	0,7	7,8	57,5	35,5	87,1	107,6	8	22
	Aracaju	90,4	81,5	3,1	7,2	145,4	131,8	91	97
	São Cristovão	85,6	73,7	3,4	11,0	41,0	34,6	14	14
	Itaporanga d'Ajuda	97,4	63,0	3,3	12,7	41,9	34,3	54	54
	Estância	98,9	30,0	3,2	17,5	42,1	35,6	44	44
	Indiaroba	97,4	20,7	3,6	20,0	41,4	33,2	14	14
BA	Jandaíra	99,6	21,1	3,6	19,3	41,9	34,8	84	84
	Conde	100,0	19,6	4,1	20,0	41,9	33,6	94	94
	Esplanada	100,0	18,1	4,5	24,1	41,5	31,4	39	39
	Entre Rios	100,0	16,7	4,8	26,1	41,5	30,9	59	59
	Mata de São João	100,0	12,2	5,6	26,2	136,4	105,5	64	64
	Camaçari	100,0	8,5	6,3	26,8	98,3	27,9	94	69
	Lauro de Freitas	97,8	3,7	7,6	29,0	35,7	26,7	14	9
	Salvador	99,6	5,2	7,3	29,9	37,3	26,7	69	44
	São Francisco do Conde	0,4	-	50,9	-	0,9	-	4	-
	Saubara	1,1	-	33,8	-	2,7	-	14	-
	Maragogipe	1,1	-	33,8	-	2,7	-	4	-
	Salinas da Margarida	3,0	-	33,7	-	2,7	-	14	-
	Itaparica	34,8	-	28,7	-	16,1	-	19	-
	Vera Cruz	90,7	1,5	9,2	31,1	105,7	85,6	59	24
	Jaguaripe	82,6	0,4	9,6	47,9	29,8	0,7	49	4
	Valença	92,6	0,4	9,7	46,6	34,2	0,9	49	9
	Cairu	100,0	3,7	8,7	36,6	116,2	1,5	89	29
	Nilo Peçanha	80,4	-	10,2	-	32,0	-	9	-
	Ituberá	95,6	-	9,5	-	33,5	-	34	-
	Igrapiúna	48,5	-	9,7	-	25,0	-	14	-
	Camamu	8,1	-	14,6	-	2,3	-	9	-
	Maraú	98,9	0,7	9,3	38,5	85,6	1,0	69	14
	Itacaré	100,0	-	10,2	-	35,3	-	39	-

	Uruçuca	92,2	-	10,8	-	31,8	-	14	-
	Ilhéus	95,6	-	10,2	-	35,6	-	108	-
	Una	73,7	-	11,9	-	34,6	-	59	-
	Canavieiras	91,9	-	12,1	-	34,6	-	79	-
	Belmonte	86,7	-	12,9	-	27,8	-	59	-
	Santa Cruz Cabrália	60,0	-	13,1	-	71,6	-	54	-
	Porto Seguro	60,0	-	13,6	-	71,6	-	94	-
	Prado	31,9	-	15,7	-	13,1	-	84	-
	Alcobaça	22,6	-	16,4	-	10,3	-	64	-
	Caravelas	21,5	-	17,2	-	10,3	-	14	-
	Mucuri	1,5	-	24,3	-	1,0	-	4	-
ES	Conceição da Barra	1,9	-	21,1	-	1,5	-	29	-
	São Mateus	1,9	-	22,2	-	2,5	-	59	-
	Linhares	1,9	-	22,2	-	2,5	-	29	-

Tabela 13: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas por um vazamento de 238.480,9 m³ de óleo a partir do fundo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidade de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
PE DO JACARAPÉ	-	17,0	-	14,7
APA DE PIAÇABUÇU	4,8	100,0	9,7	2,4
APA BAÍA DE CAMAMU	100,0	3,0	9,3	38,5
ARIE MANGUEZAIS DA FOZ DO RIO MAMANGUAPE	-	14,4	-	16,1
RPPN CARROULA	25,2	-	17,4	-
APA LAGOA ENCANTADA	91,5	0,4	10,2	58,6
APA BARRA DO RIO MAMANGUAPE	0,4	23,7	37,3	15,1
ARIE DO DEGREDO	0,7	-	26,6	-
ARIE DA BARRA DO RIO CAMARATUBA	-	17,8	-	16,9
REBIO DE SANTA ISABEL	5,2	99,6	4,6	2,8
PARNA DO MONTE PASCOAL	54,4	-	15,3	-
RPPN DUNAS DE SANTO ANTÔNIO	100,0	9,3	5,5	27,2
PE DO ARATU	0,7	35,6	42,5	14,0
RVS DE UNA	74,8	-	11,7	-
APA LAGOAS E DUNAS DO ABAETÉ	99,6	5,2	7,3	29,9
APA COSTA DE ITACARÉ/ SERRA GRANDE	100,0	0,7	10,0	45,3
APA BONFIM/GUARAÍRA	-	14,1	-	16,9
APA CONCEIÇÃO DA BARRA	6,3	-	21,0	-
APA DE SANTA RITA	2,2	100,0	27,5	3,8
APA SANTO ANTÔNIO	53,7	-	12,8	-
APA DE SIRINHAÉM	0,7	98,1	45,8	8,5
APA LAGOAS DE GUARAJUBA	100,0	8,5	6,2	26,8
APA DE JENIPABU	-	9,3	-	18,1
APA DAS DUNAS DE PARACURU	-	0,7	-	38,5
ESEC PECÉM	-	0,4	-	35,2
APA DAS DUNAS DA LAGOINHA	-	1,1	-	36,8
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE DO RIO DOS FRADES	18,5	-	16,3	-
RPPN MATA ESTRELA	-	21,5	-	16,6
RPPN AVAÍ	0,4	-	41,4	-
APA CAMINHOS ECOLÓGICOS DA BOA ESPERANÇA	92,6	0,7	9,7	44,2
APA DA FOZ DO RIO VAZA-BARRIS	90,4	69,3	3,2	12,4
APA DO LITORAL SUL	98,9	63,0	3,1	12,7
APA DO PRATAGY	-	97,8	-	5,7
APA JOANES - IPITANGA	99,3	5,2	6,9	29,0
APA LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA	100,0	21,1	3,5	19,3
APA LITORAL NORTE (SERGIPE)	6,7	100,0	3,9	2,5
APA PRATIGI	95,9	0,4	9,3	46,9
APA RIO CAPIVARA	99,6	5,9	6,6	26,8

APA TINHARÉ / BOIPEBA	100,0	3,7	8,7	36,6
PE DE ITAÚNAS	4,1	-	20,9	-
PE DUNAS DE NATAL	-	21,9	-	17,5
REBIO DE UNA	35,9	-	14,9	-
APA COSTA DOS CORAIS	23,0	100,0	8,5	4,1
RESEX MARINHA DA LAGOA DO JEQUIÁ	9,6	100,0	13,8	2,6
APA PONTA DA BALEIA / ABROLHOS	54,4	-	16,0	-
RESEX CORUMBAU	76,3	0,4	14,6	59,0
APA PLATAFORMA CONTINENTAL DO LITORAL NORTE	100,0	23,0	2,8	18,7
APA CARAÍVA/ TRANCOSO	67,4	-	14,6	-
RESEX DE CASSURUBÁ	47,0	-	17,0	-
RESEX DE CANAVIEIRAS	100,0	1,1	11,3	53,6
PARNA MARINHO DOS ABROLHOS	53,7	-	16,4	-
RESEX ACAÚ-GOIANA	4,1	51,9	30,7	12,8
APA COSTA DAS ALGAS	3,3	-	24,3	-
RVS DE SANTA CRUZ	0,7	-	44,5	-
APA DAS REENTRÂNCIAS MARANHENSES	0,4	3,0	53,7	36,8
PE MARINHO DO PARCEL DE MANUEL LUÍS	-	7,8	-	33,1
PE MARINHO DO BANCO DO ÁLVARO	-	6,7	-	32,8
PE MARINHO DO BANCO DO TAROL	-	6,7	-	34,2
RESEX PRAINHA DO CANTO VERDE	0,4	3,7	46,7	29,9
RESEX DO BATOQUE	-	2,6	-	31,4
PE MARINHO DA PEDRA DA RISCA DO MEIO	-	1,9	-	34,3
PE MARINHO DE AREIA VERMELHA	-	31,9	-	11,0
APA BAÍA DE TODOS OS SANTOS	97,0	4,1	8,7	31,1
APA COROA VERMELHA	79,6	-	13,5	-
APA DOS RECIFES DE CORAIS	3,7	33,0	32,3	17,3
APA DE GUADALUPE	6,3	99,3	32,7	7,7
APA DE SANTA CRUZ	7,4	84,8	30,5	10,8
APA DO MANGUEZAL DA BARRA GRANDE	0,4	0,4	55,6	34,5

3.2.1.3.4 Análise dos resultados

Para o bloco SEAL-M-351 foi executado um projeto de aquisição de dados por 40 derivadores em duas campanhas. Em cada campanha foram lançados 20 derivadores em par, composto por um derivador do tipo SVP (derivador com vela) e um derivador do tipo FHD (derivador sem vela) em 10 pontos ao longo do talude continental, na região próxima do bloco.

O derivador do tipo FHD consiste de um equipamento de corpo cilíndrico com GPS, sensores e modem. O desenho do derivador foi criado especificamente para que seu comportamento à superfície do mar sofra influência de correntes e ventos.

Com o objetivo de identificar padrões sazonais nos dados coletados e comparar com os resultados probabilísticos, as campanhas foram separadas de acordo com a mesma separação sazonal adotada para a modelagem: Período 1 (novembro a abril) e Período 2 (maio a outubro). As figuras a seguir mostram as trajetórias dos 10 FHDs implantados em cada campanha nos

mapas de probabilidade de presença de óleo na superfície e tempo mínimo de chegada de óleo.

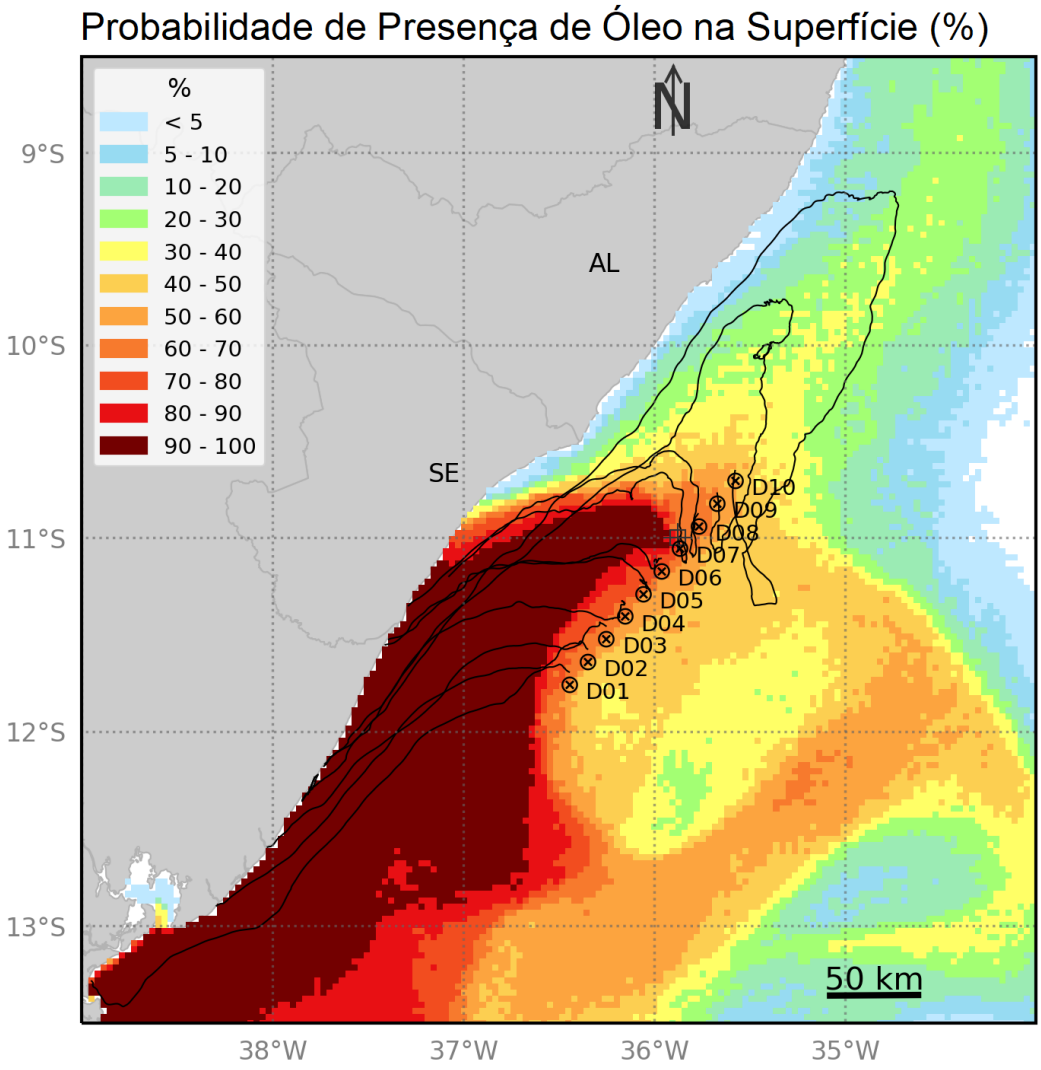


Figura 84: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de verão sobre o resultado probabilístico de presença de óleo em superfície no Período 1.

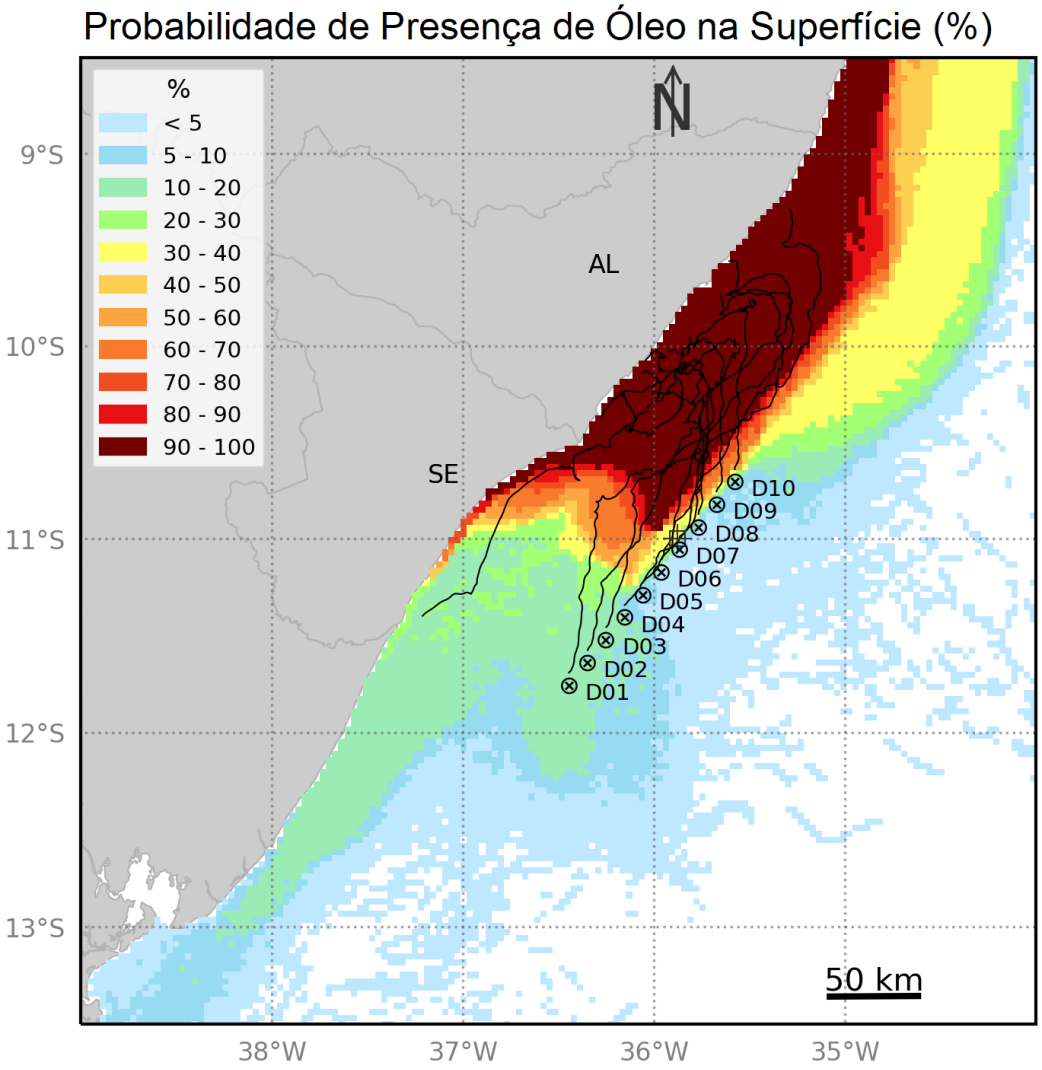


Figura 85: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de inverno sobre o resultado probabilístico de presença de óleo em superfície no Período 2.

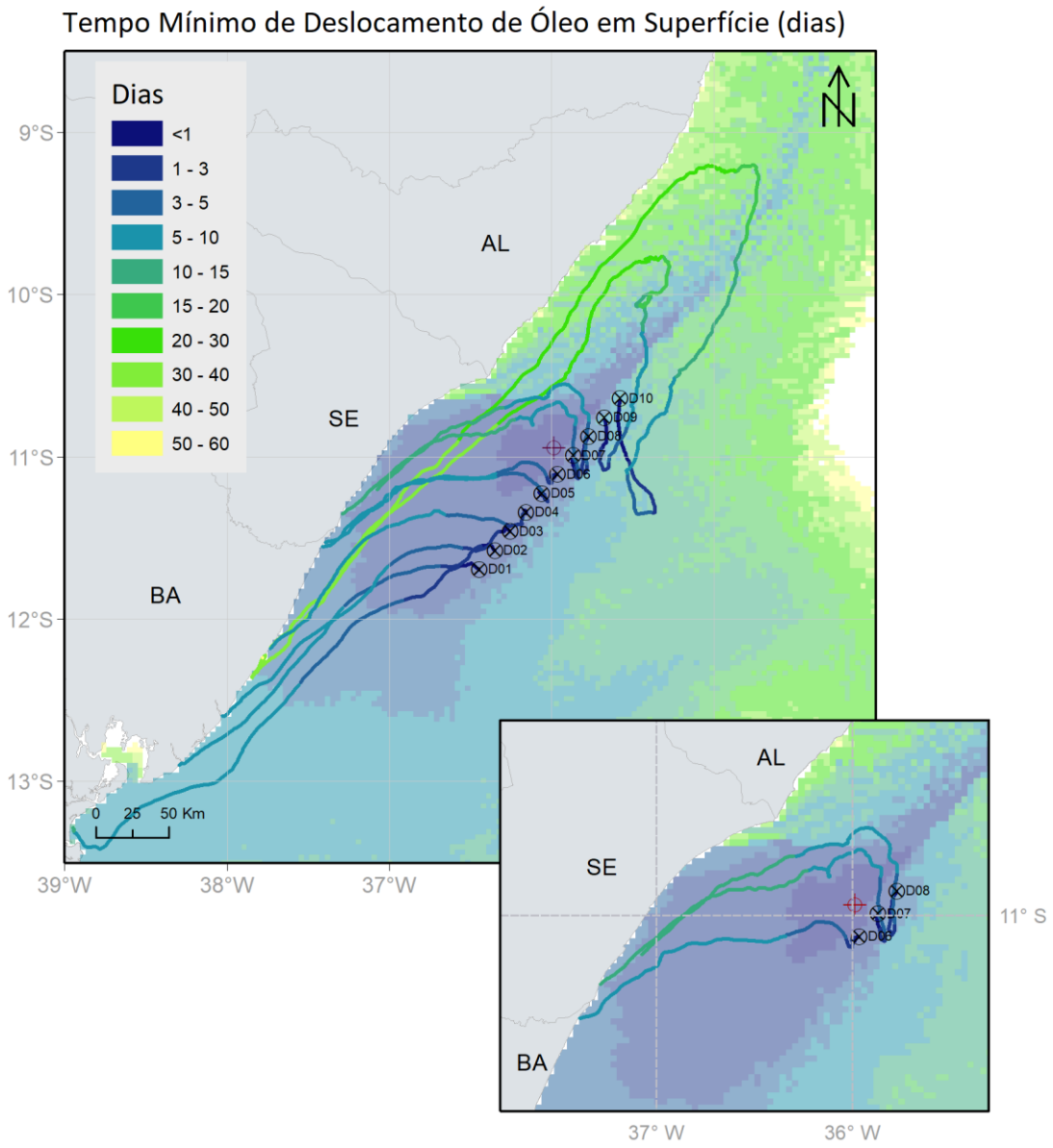


Figura 86: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de verão sobre o resultado probabilístico de tempo mínimo de chegada do óleo em superfície no Período 1.

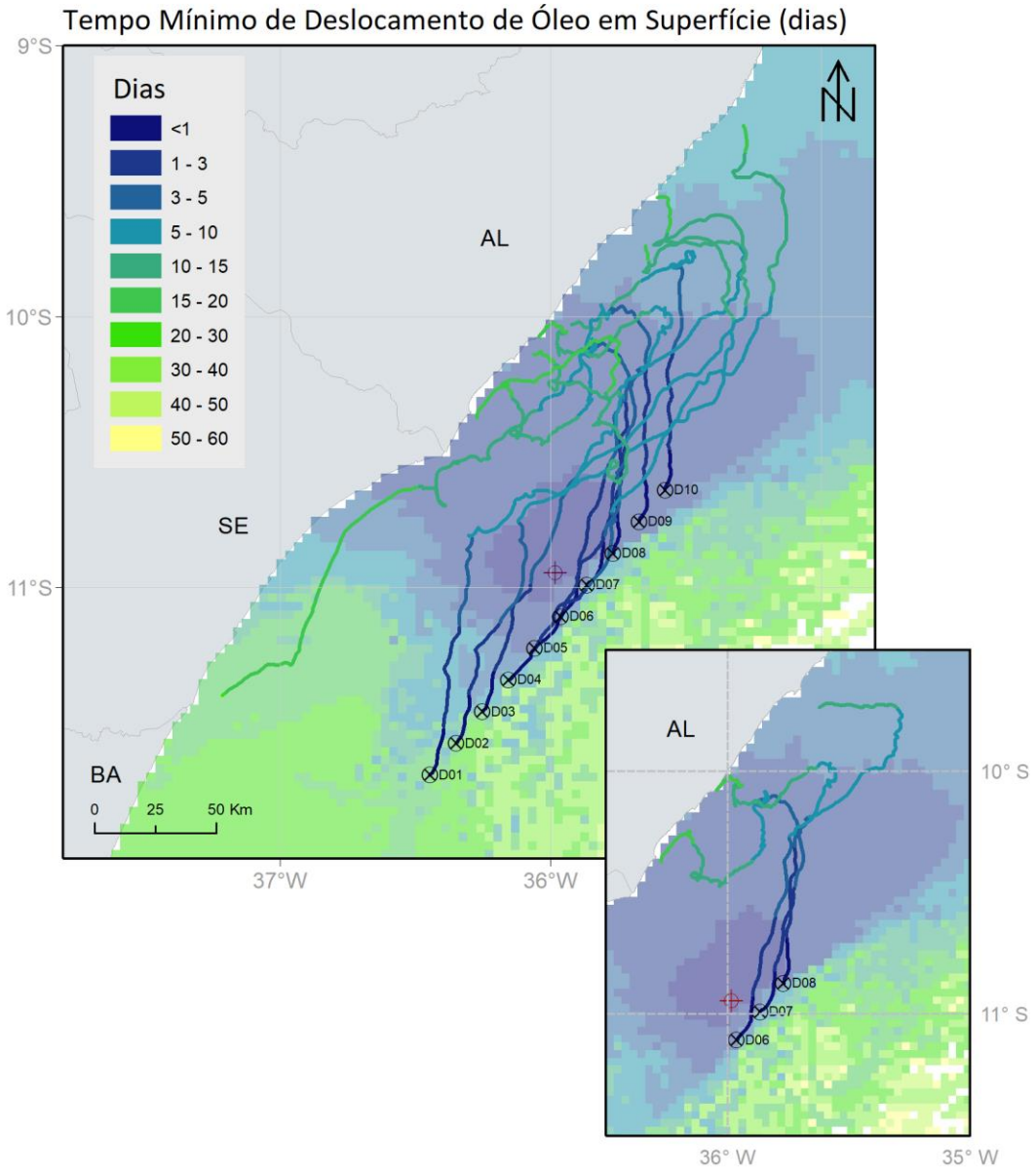


Figura 87: Trajetórias dos 10 derivadores do tipo FHD lançados na campanha de inverno sobre o resultado probabilístico de tempo mínimo de chegada do óleo em superfície no Período 2.

As trajetórias dos derivadores FHD para os dois períodos indicam a confiabilidade das simulações de dispersão do óleo. Todos os derivadores, em geral, tendem a seguir as áreas de maior probabilidade de presença de óleo. Nove dos dez derivadores lançados na campanha de inverno chegaram à costa em áreas com mais de 90% de probabilidade de presença de óleo no Período 2. Os 10 derivadores lançados na campanha de verão atingiram a costa em áreas com probabilidade de presença superior a 90% no Período 1.

É possível ressaltar que na campanha de verão os derivadores 09 e 10 se moveram por áreas com menores probabilidades de presença de óleo em caminhos muito semelhantes aos padrões observados na probabilidade de presença de óleo.

Com relação ao tempo de chegada, na campanha de inverno, os derivadores chegaram à costa entre 12,5 e 20 dias em locais com tempo de chegada mínimo calculado pelo modelo entre 1 e 20 dias. Na campanha de verão, os derivadores chegaram à costa entre 9 e 51 dias, em locais com tempos mínimos de chegada calculados pelo modelo entre 1 e 10 dias.

Focando nos três derivadores lançados próximos ao ponto de vazamento da modelagem no período de inverno (Figura 87 - pequeno frame), que são os mais comparáveis, percebe-se que as trajetórias dos derivadores demoraram mais para chegar nos mesmos locais que o resultado probabilístico mostrou, mesmo afastado da costa. Nos casos específicos dos derivadores 06 e 08, que chegaram à costa de Coruripe e Piaçabuçu, respectivamente, a diferença entre modelagem e os derivadores é maior que 10 dias. Esse resultado comparativo é esperado, uma vez que a modelagem representa o tempo mínimo de chegada em centenas de situações de correntes e ventos, enquanto o derivador é apenas um caso específico, sendo coberto pelo resultado probabilístico.

Observando os três pontos de lançamento mais próximos no período de verão (Figura 86 - pequeno quadro), os tempos de chegada na costa são mais próximos do que a campanha de inverno. Por exemplo, na cidade de Jandaíra, estado da Bahia, o derivador 06 chegou entre 5 e 10 dias, enquanto a modelagem mostrou o tempo mínimo de 3,6 dias.

Estes resultados comparativos demonstram a capacidade da modelagem de dispersão de óleo elaborada para do Bloco SEAL-M-351 de representar as condições meteoceanográficas da Bacia Sergipe-Alagoas e de dar suporte em caso de vazamentos de óleo.

3.2.2 Resultados Determinísticos

Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas da escala regional, foram identificadas as condições críticas para ocorrência de um vazamento de pior caso a partir do ponto de risco na Bacia Sergipe – Alagoas.

A situação de menor tempo de chegada de óleo na costa ocorreu no Período 2, enquanto a situação de maior massa acumulada na costa ocorreu no Período 1. Na Tabela 14 é apresentada a informação dessas condições críticas selecionadas.

Tabela 14: Informações das simulações determinísticas críticas consideradas para um evento de derramamento de grande volume (238.480,9 m³).

Cenário	Data da simulação (GMT)	Tempo de toque na costa (dias)	Primeira localidade de toque	Massa final de óleo na costa (t)
Tempo mínimo de toque de óleo na costa	16/08/2014 às 22h	2,4	Piaçabuçu – AL	12,8
Maior massa de óleo acumulada na costa	25/02/2015 às 12h	3,7	Estância - SE	17,4

3.2.2.1 Menor tempo de chegada de óleo na costa

A seguir são apresentadas informações relacionadas aos ventos e correntes do período simulado, que se estendeu por 60 dias, de 16/08/2014 às 22h até 15/10/2014 às 22h. Os valores estão relacionados ao ponto de grade mais próximo do local do vazamento.

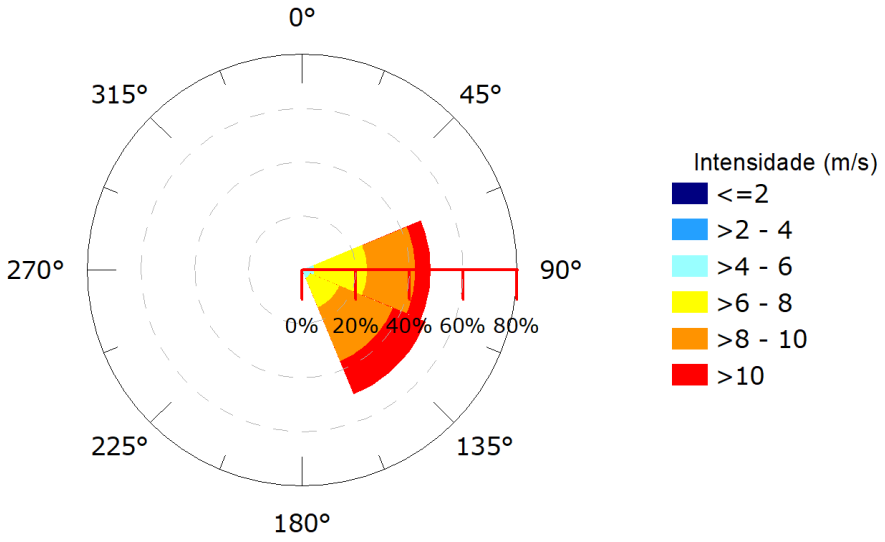


Figura 88: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de menor tempo de toque de óleo na costa.

Tabela 15: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção -> / Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq. (%)
0-2	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4-6	-	-	11	8	-	-	-	-	**7,9**
6-8	-	1	47	28	-	-	-	-	**31,7**
8-10	-	-	43	52	3	-	-	-	**40,8**
>10	-	-	14	32	1	-	-	-	**19,6**
Freq. (%)	**-**	**0,4**	**47,9**	**50,0**	**1,7**	**-**	**-**	**-**	

Tabela 16: Estatística do vento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção média (º)	Direção de maiores intensidades (º)	Vel. Média (m/s)	Vel. Mín. (m/s)	Vel. Máx. (m/s)	Desvio padrão (m/s)
116	141	8,48	4,38	12,86	1,67

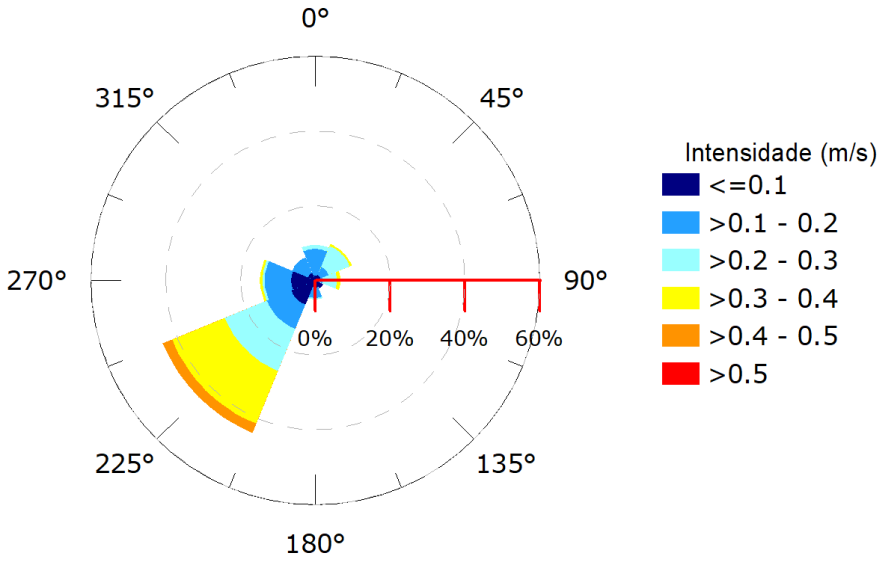


Figura 89: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa.

Tabela 17: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção -> / Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq. (%)
<0,1	9	11	-	17	14	50	46	15	**22,6**
0,1 - 0,2	51	17	15	-	20	51	51	33	**33,1**
0,2 - 0,3	8	44	27	-	3	87	4	-	**24,1**
0,3 - 0,4	-	4	7	-	-	110	5	-	**17,5**
0,4 - 0,5	-	-	-	-	-	19	-	-	**2,6**
>0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Freq. (%)	**9,5**	**10,6**	**6,8**	**2,4**	**5,2**	**44,2**	**14,8**	**6,7**	

Tabela 18: Estatística de corrente para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção média (º)	Direção de maiores intensidades (º)	Vel. Média (m/s)	Vel. Mín. (m/s)	Vel. Máx. (m/s)	Desvio padrão (m/s)
244	231	0,20	0,004	0,42	0,11

Pelos dados de vento (Figura 88, Tabela 15 e Tabela 16) no período da simulação, ocorre a predominância de ventos de sudeste (50%), seguidos pelos ventos de leste (48%) e predominância de ventos com intensidades entre 8 e 10 m/s (40,8%). As informações de correntes mostram que a direção preferencial é para sudoeste (44,2%), seguidas de correntes

para oeste (14,8%), e a maior porcentagem das correntes apresentam intensidades baixas, entre 0,1 e 0,2 m/s (33,1%) (Figura 89, Tabela 17 e Tabela 18).

A seguir, da Figura 90 à Figura 97, é apresentada a deriva do óleo em superfície, além da área varrida pela mancha (em amarelo claro nas figuras) durante toda a simulação.

Também é apresentado o mapa de concentração de óleo nos sedimentos ao final da simulação (Figura 98). Os mapas de concentração de óleo no fundo foram construídos considerando um valor limiar de 1g de óleo/m² [2].

[2] *Valor baseado em Long et al. (1995) considerando uma espessura de contaminação de 10 cm, densidade de sedimentos de 2,6 g/cm³.*

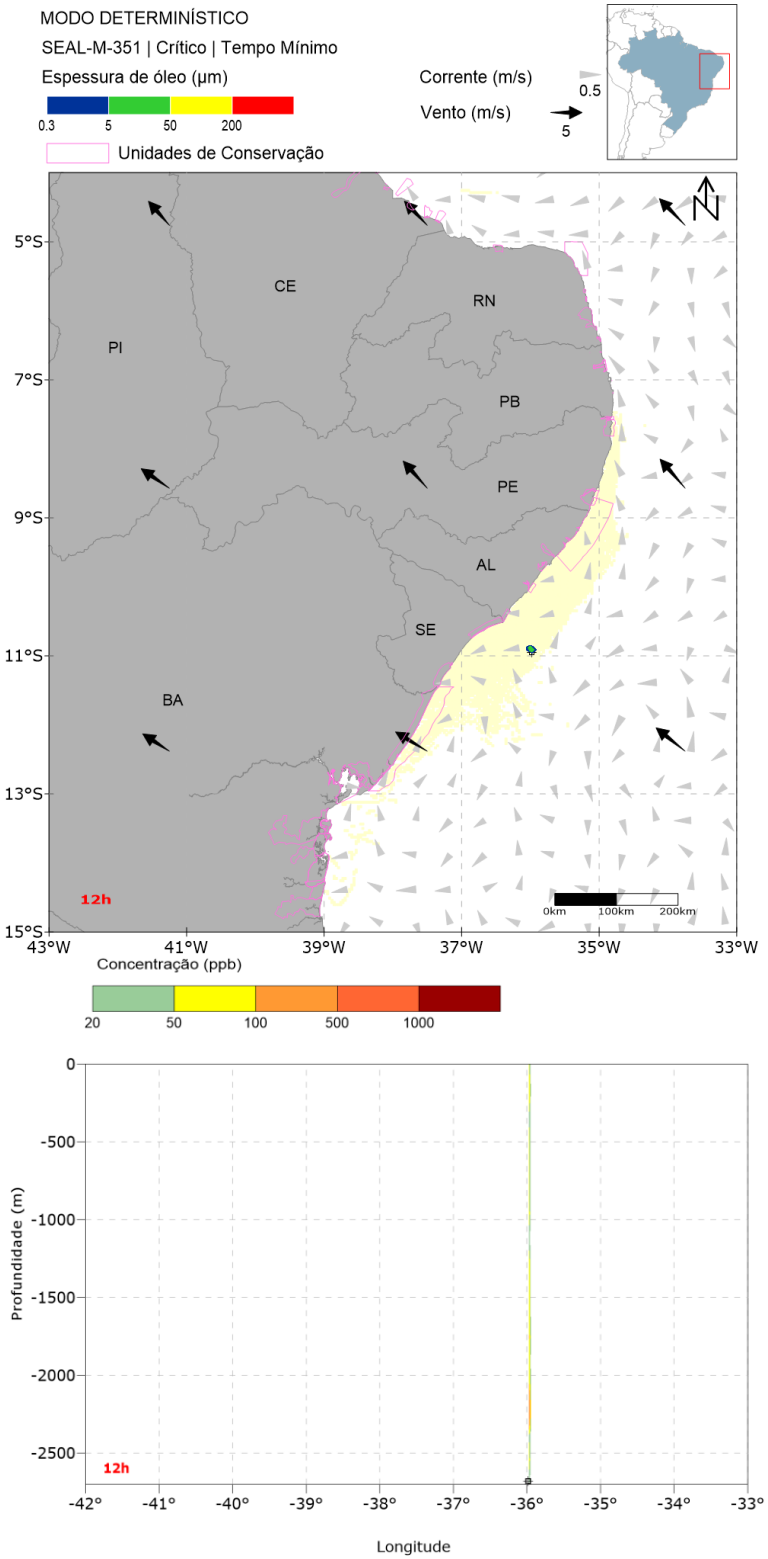


Figura 90: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 12 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

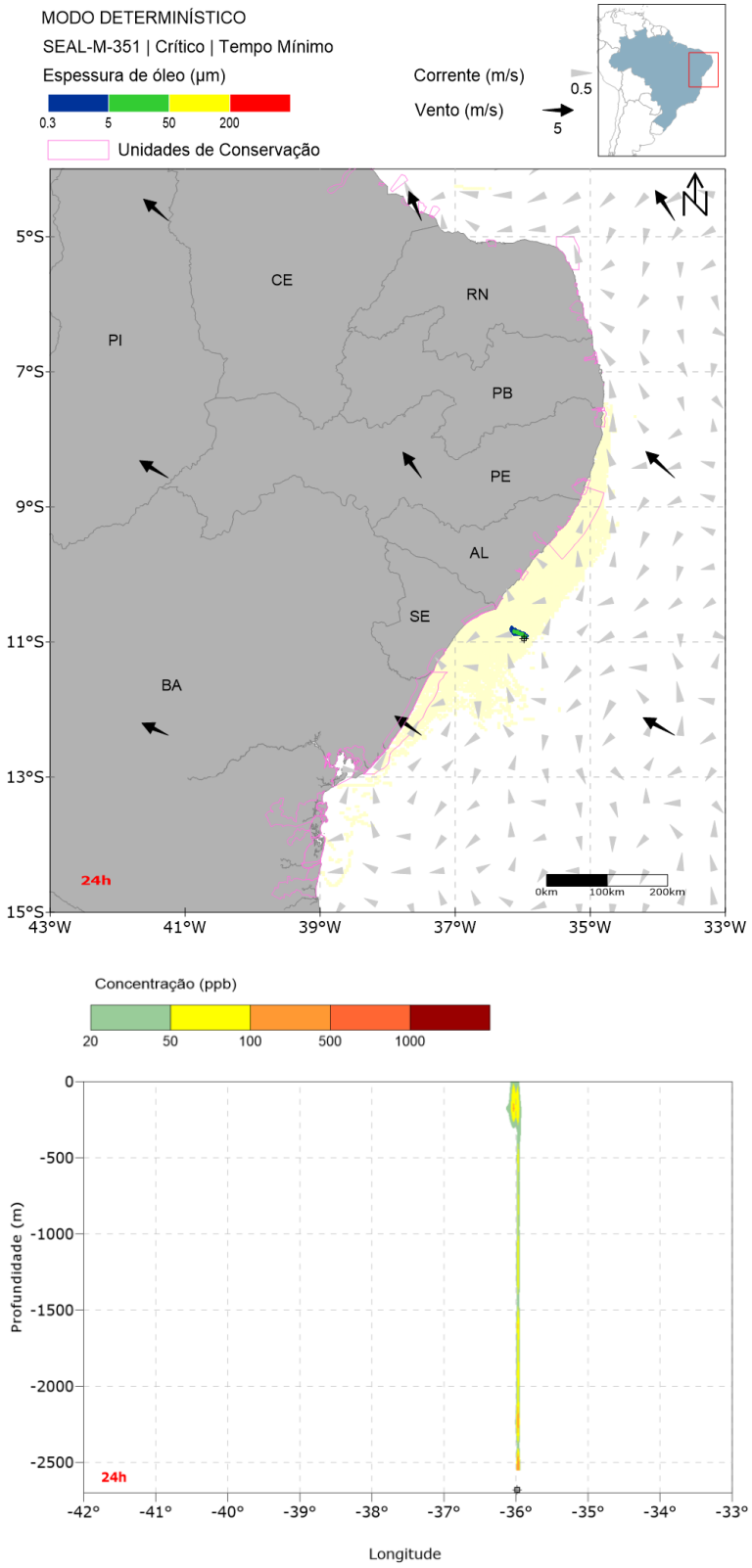


Figura 91: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 24 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

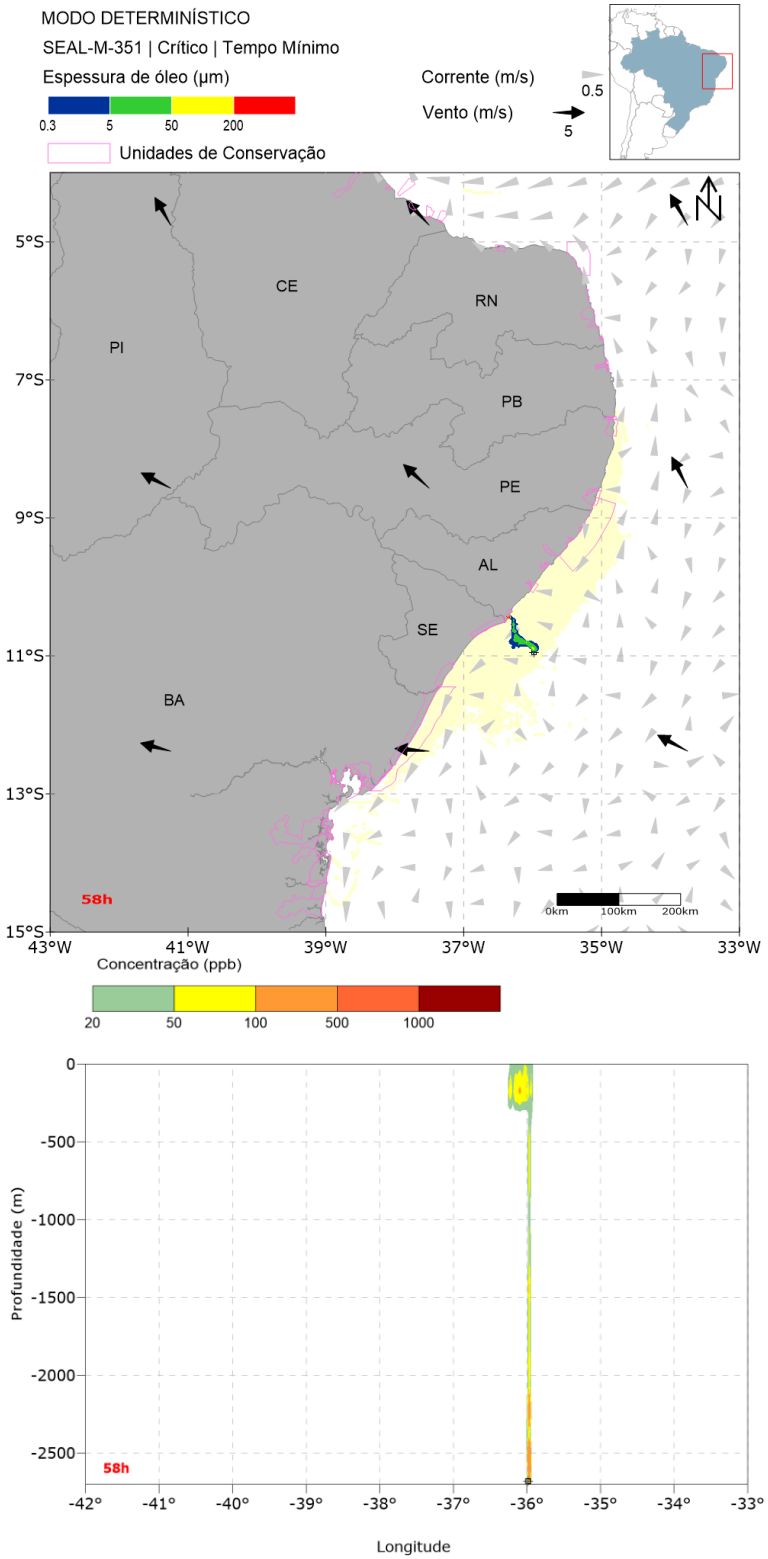


Figura 92: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 58 horas (primeiro toque) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

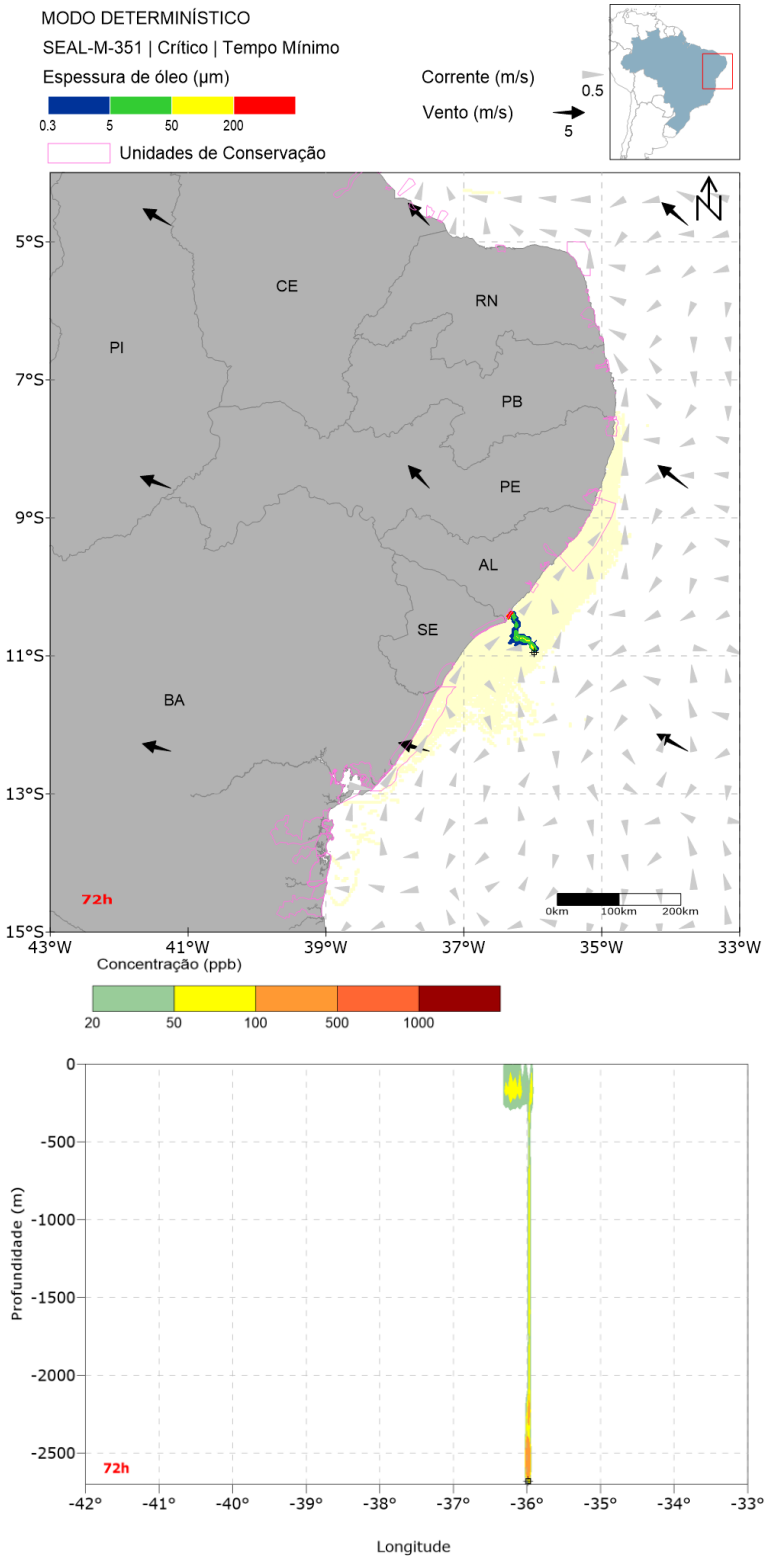


Figura 93: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 72 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

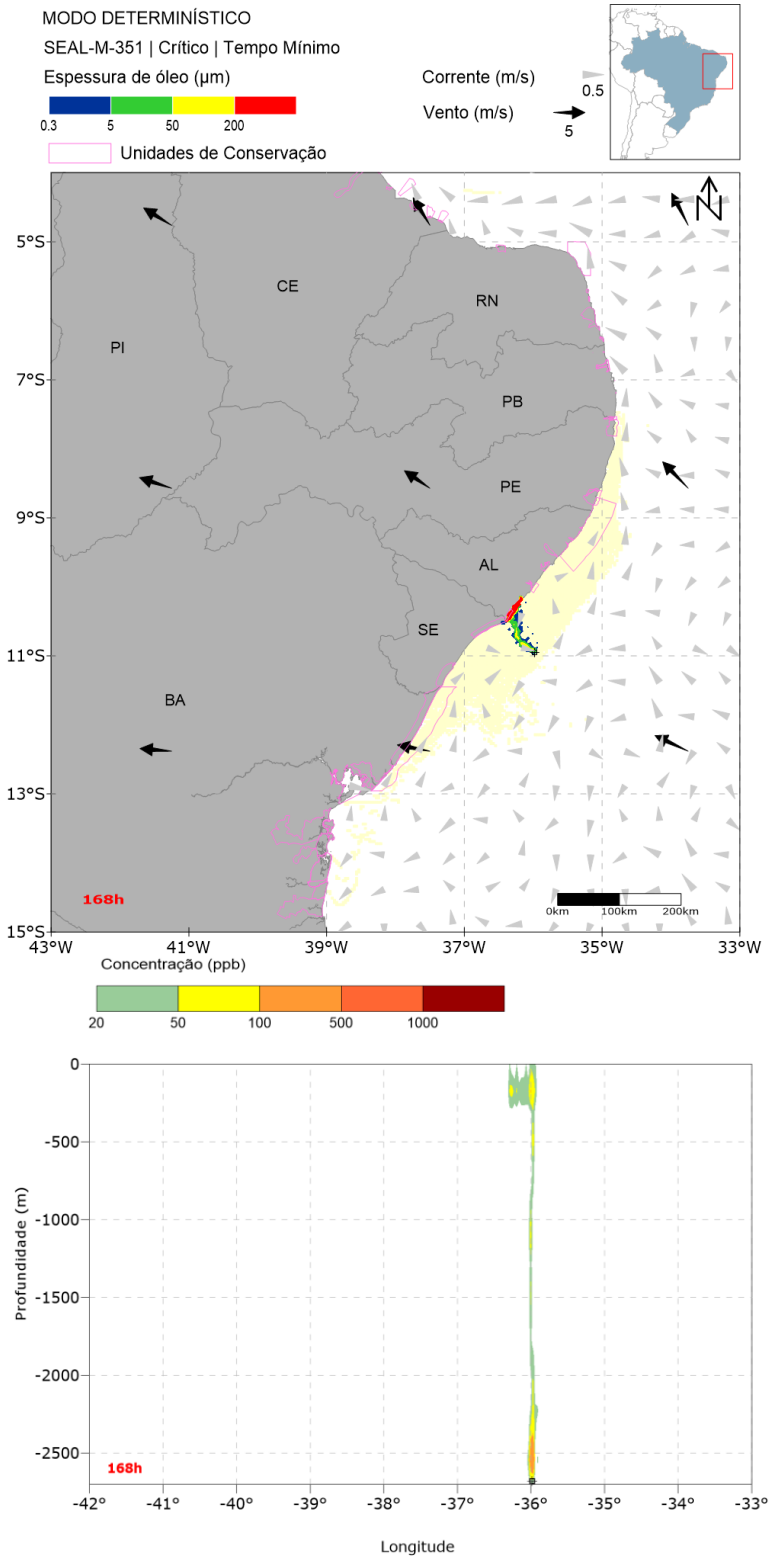


Figura 94: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 168 horas (1 semana) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

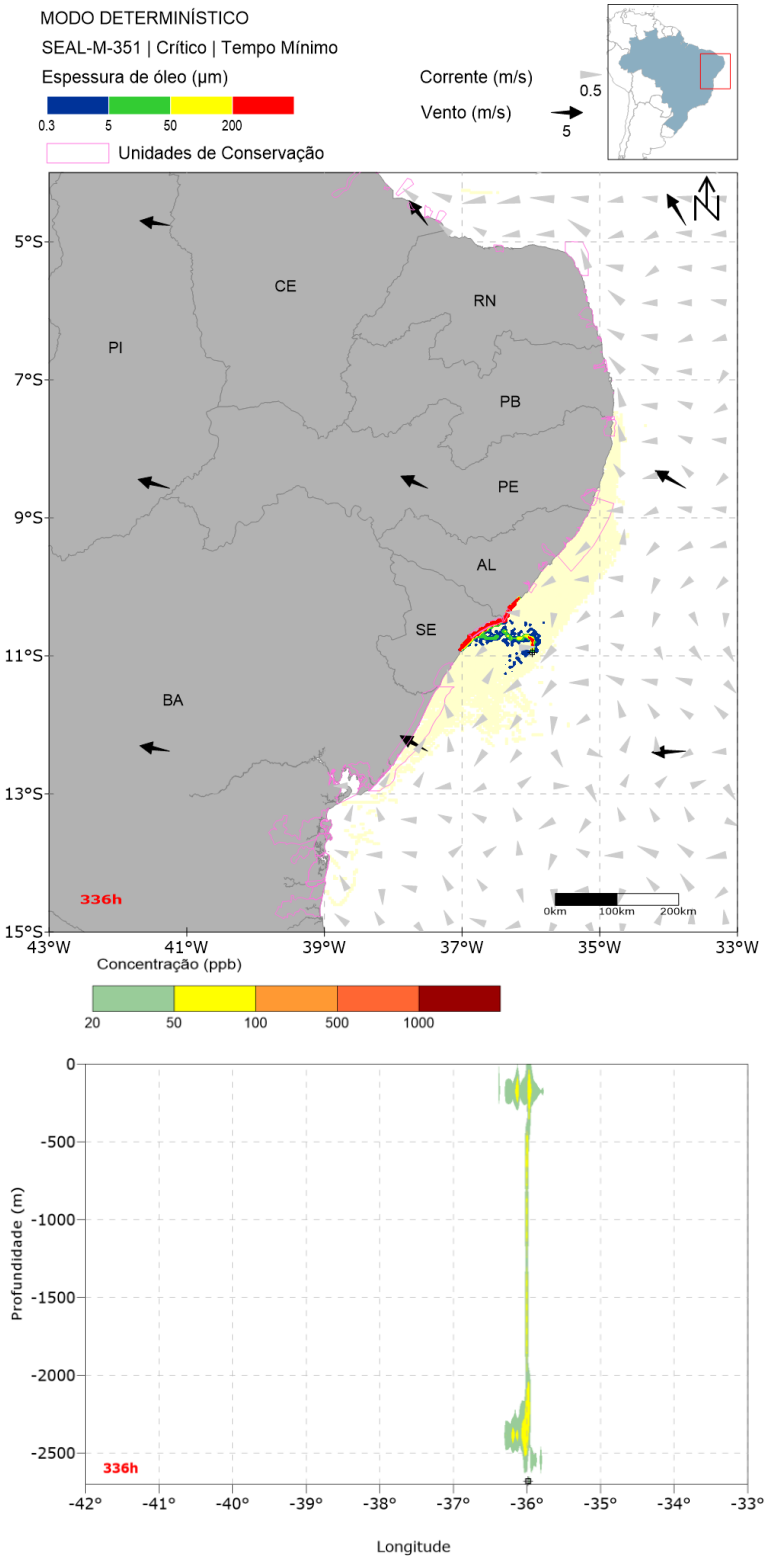


Figura 95: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 336 horas (2 semanas) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

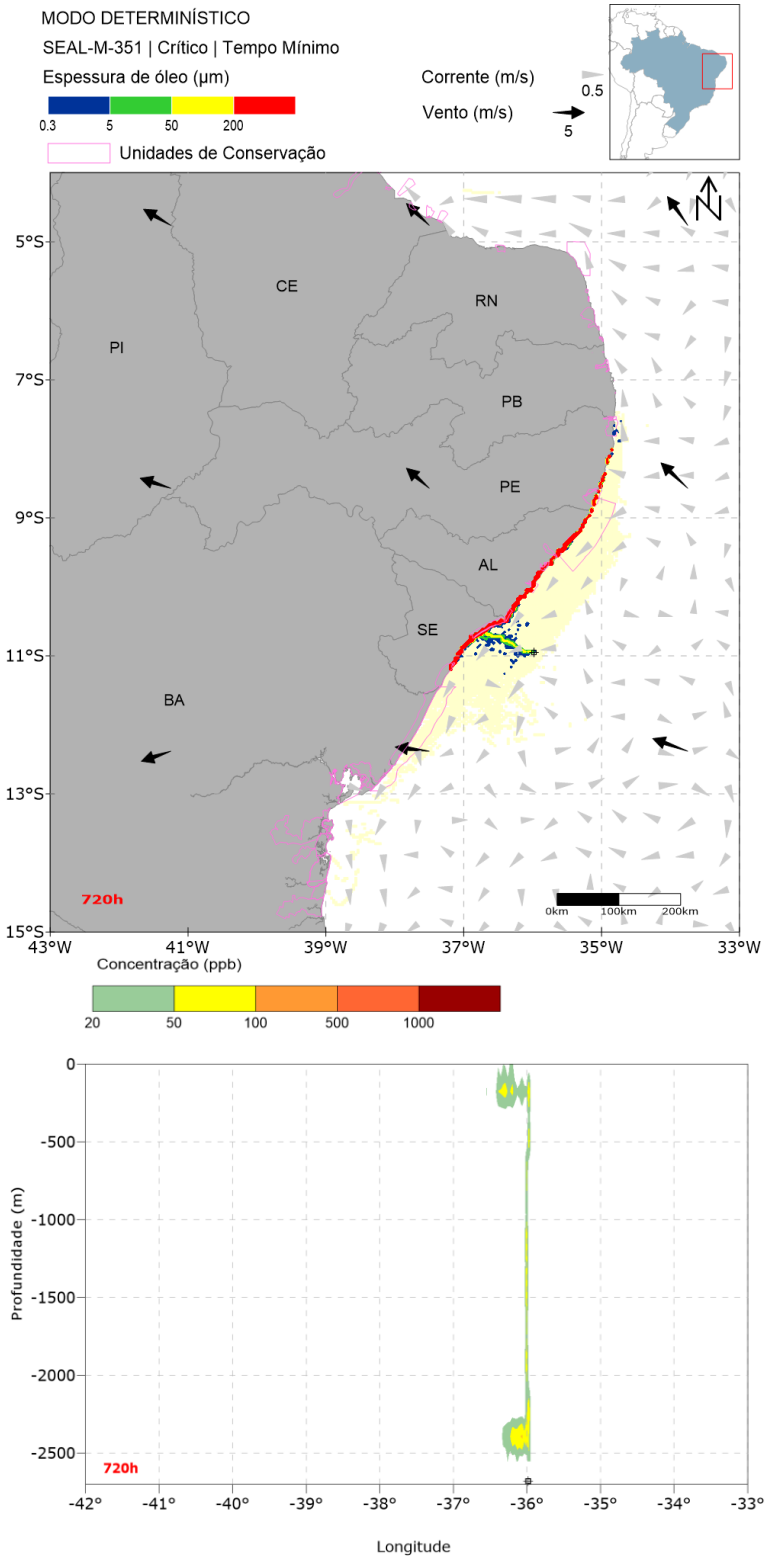


Figura 96: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 720 horas (30 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

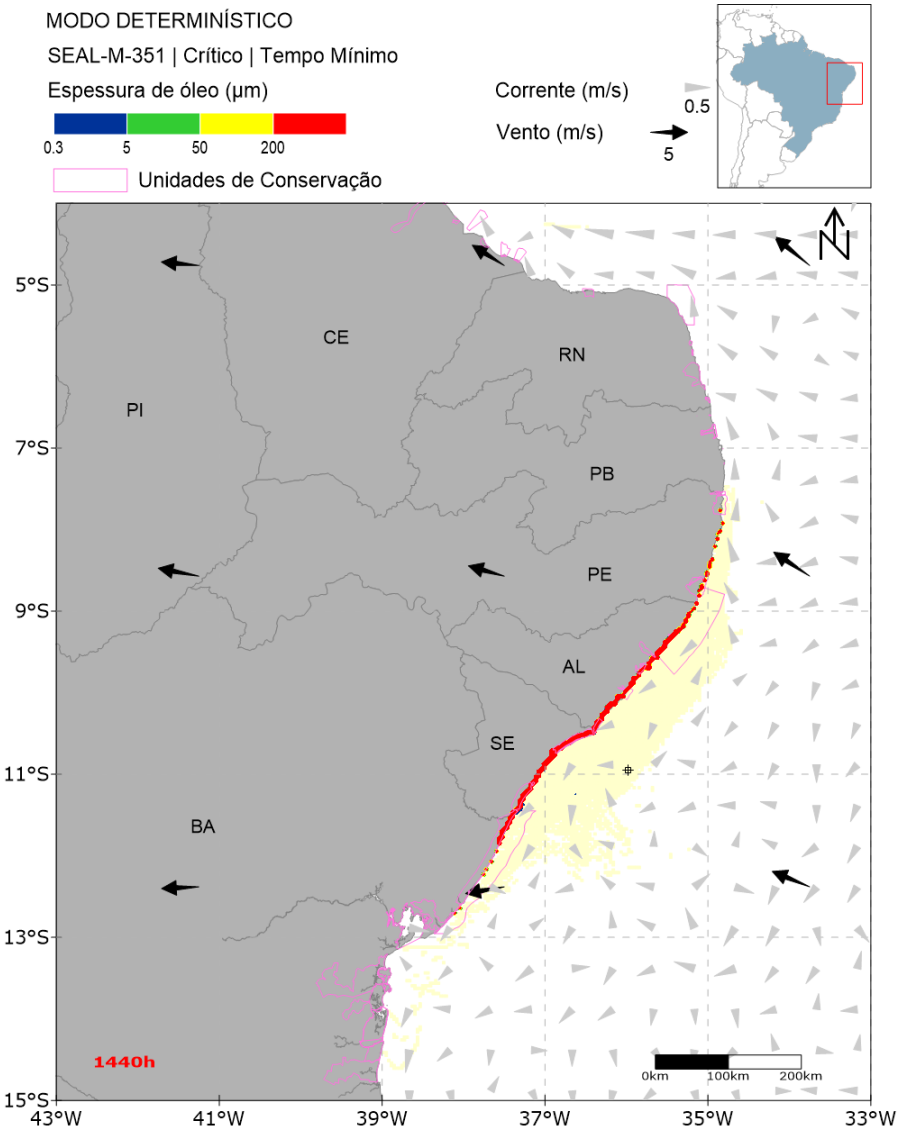


Figura 97: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

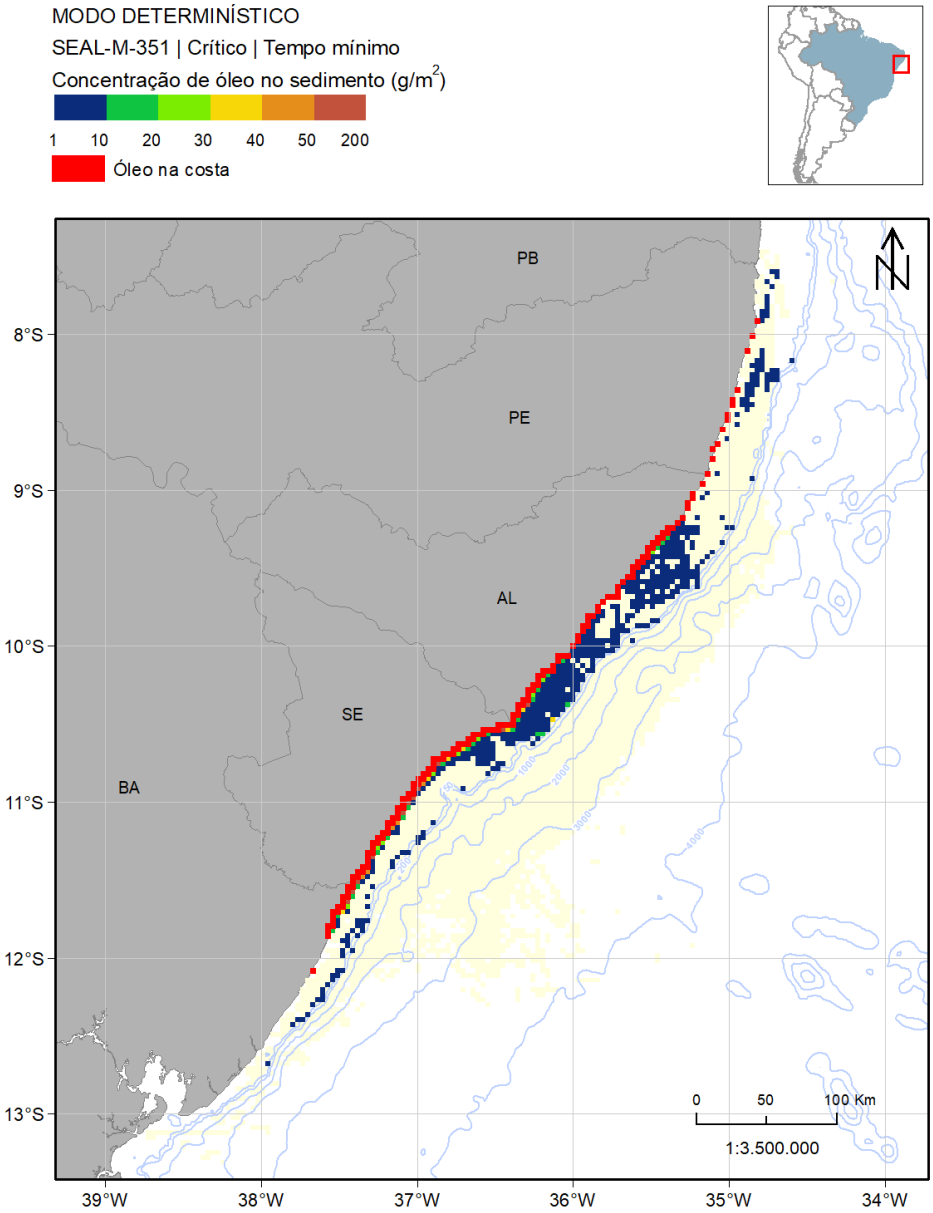


Figura 98: Mapa de concentração de óleo no sedimento do fundo marinho da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada à costa, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

Nesta simulação, o óleo deriva para noroeste e chega ao litoral em 58 horas (2,4 dias) próximo a divisa entre os estados de Sergipe e Alagoas, na cidade de Piaçabuçu-AL. Em duas semanas, a deriva muda para sudoeste e retorna ao noroeste em três semanas. No final da simulação, não há óleo na superfície com espessura superior a 0,3 µm e o óleo na costa é observado da Bahia até Pernambuco.

Na coluna d'água, as concentrações máximas estão entre 100-500 ppb em torno de 2.000 metros de profundidade, entre o início e 1 semana. No final da simulação, não há mais

concentração superior a 20 ppb na coluna de água. No fundo marinho, o óleo foi observado na plataforma continental em frente a Alagoas, Sergipe e norte da Bahia, e a concentração máxima foi de 127 g/m².

A seguir, é apresentada a evolução temporal do balanço de massa do óleo (Figura 99 e Tabela 19) e a evolução da área em superfície impactada pelo óleo e da massa de óleo (Figura 100 e Tabela 20) durante a simulação.

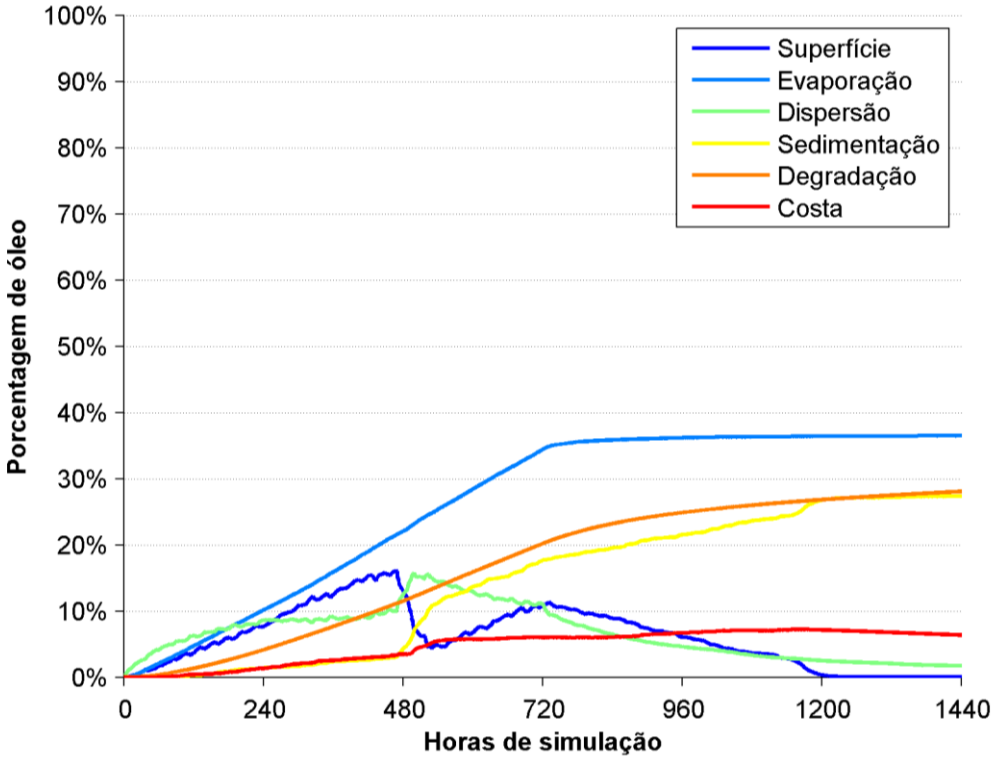


Figura 99: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada de óleo na costa. Vazamento de 238.480,9 m³.

Tabela 19: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais e de massa de óleo. Situação de menor tempo de chegada de óleo na costa.

Tempo (h)	Superfície (%)	Evaporado (%)	Coluna d'água (%)	Sedimento (%)	Degradado (%)	Costa (%)
12	0,23 (457 t)	0,13 (256 t)	1,29 (2588 t)	-	0,02 (36 t)	-
24	0,54 (1086 t)	0,54 (1076 t)	2,18 (4371 t)	-	0,07 (140 t)	-
58	1,59 (3185 t)	1,99 (3979 t)	4,11 (8218 t)	<0,01 (3 t)	0,37 (736 t)	<0,01 (5 t)
72	2,11 (4223 t)	2,59 (5181 t)	4,70 (9418 t)	0,02 (48 t)	0,54 (1090 t)	0,03 (58 t)
168	5,38 (10770 t)	6,90 (13810 t)	7,27 (14560 t)	0,82 (1647 t)	2,35 (4702 t)	0,61 (1226 t)
336	11,76 (23540 t)	14,66 (29350 t)	8,81 (17630 t)	2,08 (4170 t)	6,92 (13850 t)	2,44 (4880 t)
720	10,74 (21490 t)	34,39 (68840 t)	11,06 (22140 t)	17,62 (35280 t)	20,17 (40380 t)	6,02 (12050 t)
1440	0,01 (14 t)	36,46 (72990 t)	1,73 (3466 t)	27,36 (54760 t)	28,06 (56180 t)	6,38 (12770 t)

O processo de intemperismo mais importante ao longo da simulação para a retirada de óleo da superfície foi a evaporação, contribuindo com 36,5%. Em seguida foi processo de sedimentação, com 27,4%, e degradação, que foi de 28% do total do óleo vazado. O remanescente na superfície ao final da simulação foi 0,01% do total de óleo vazado e o óleo na coluna d'água foi de 1,8%. O óleo acumulado na costa foi de 6,4%, o equivalente a 12.770 toneladas.

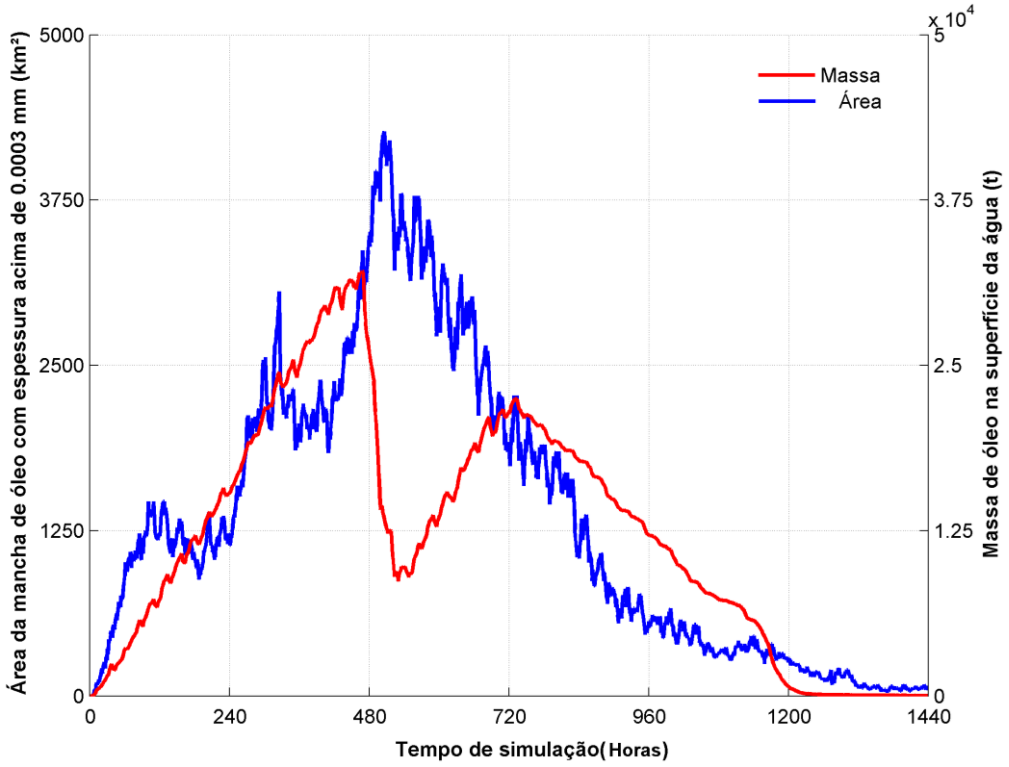


Figura 100: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo no mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tabela 20: Área superficial, massa de óleo e espessura máxima da mancha de óleo durante a simulação em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tempo (h)	Área (km²)	Massa (t)	Espessura máxima (µm)
12	98,1	457,4	40,2
24	233	1086	49,6
58	833	3185	651,7
72	968	4223	4.478,7
168	1190	10770	14.076
336	2180	23540	14.123
720	1890	21490	14.088
1440	61,3	14,2	14.100

A Figura 100 mostra um crescimento da área e da massa de óleo em superfície ao longo dos primeiros 20-22 dias de simulação. Após esse tempo, tanto a massa quanto a área de óleo em superfície decaem. Neste instante, é possível perceber pelo gráfico dos processos de intemperismo ao longo da simulação (Figura 99) que, além do acúmulo na costa, há um aumento da sedimentação e dispersão em torno de 20 dias, fator responsável pela queda da área e da massa de óleo em superfície a partir deste instante. Após 20 dias, como o vazamento de óleo continua, é observado novamente um aumento da massa de óleo em superfície. Após o término do vazamento (30 dias) a massa em superfície volta a diminuir. Ao fim da simulação, a área com óleo em superfície em espessuras acima do limiar (0,3 µm) se limita a 61 km² e a massa total chega a 14 toneladas ao fim da simulação (60 dias).

Em relação à espessura de óleo, nota-se que há um aumento a partir do primeiro toque de óleo na costa, em 58 horas. O maior valor de espessura, 14.123 µm, é observado após 2 semanas do início do vazamento (336 horas).

3.2.2.2 Maior massa acumulada na costa

A seguir são apresentadas informações relacionadas aos ventos e correntes do período simulado, que se estendeu por 60 dias, de 25/02/2015 às 12h até 25/04/2015 às 12h. Os valores estão relacionados ao ponto de grade mais próximo do local do vazamento.

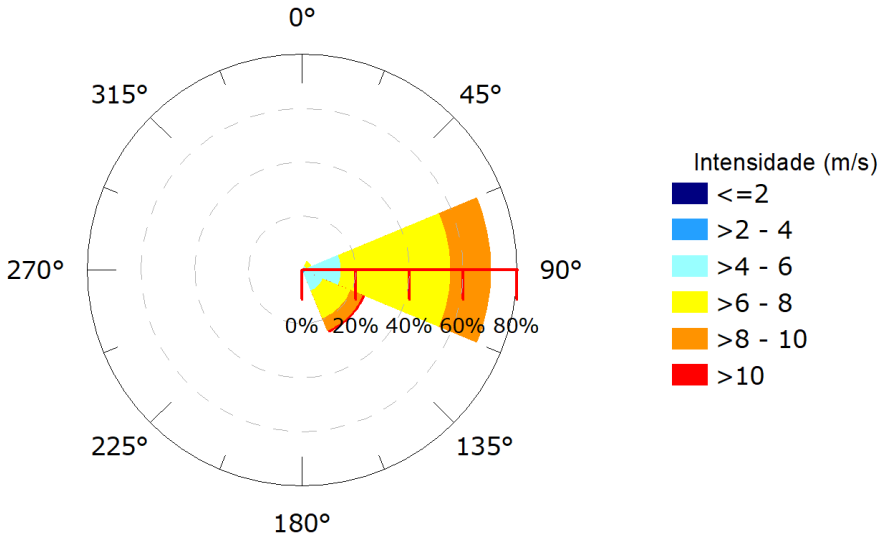


Figura 101: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa.

Tabela 21: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção -> Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq. (%)
0-2	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
2-4	-	1	3	3	-	-	-	-	**2,9**
4-6	-	3	32	17	1	-	-	-	**22,0**
6-8	-	5	98	27	-	-	-	-	**53,9**
8-10	-	-	37	12	-	-	-	-	**20,3**
>10	-	-	-	2	-	-	-	-	**0,8**
Freq. (%)	**-**	**3,7**	**70,5**	**25,3**	**0,4**	**-**	**-**	**-**	

Tabela 22: Estatística do vento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção média (º)	Direção de maiores intensidades (º)	Vel. Média (m/s)	Vel. Mín. (m/s)	Vel. máx. (m/s)	Desvio padrão (m/s)
101	118	6,87	3,48	10,63	1,36

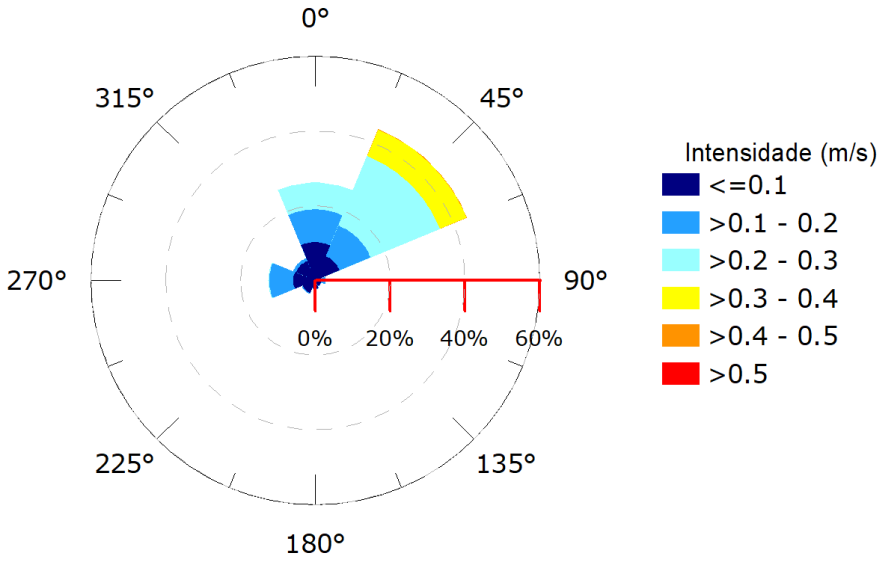


Figura 102: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa.

Tabela 23: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção -> / Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq. (%)
<0,1	73	51	11	12	16	26	42	40	**37,8**
0,1 - 0,2	63	64	9	1	1	2	46	6	**26,8**
0,2 - 0,3	52	144	-	-	-	-	2	-	**27,6**
0,3 - 0,4	-	55	-	-	-	-	-	-	**7,7**
0,4 - 0,5	-	1	-	-	-	-	-	-	**0,1**
>0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
Freq. (%)	**26,2**	**43,9**	**2,8**	**1,8**	**2,4**	**3,9**	**12,6**	**6,4**	

Tabela 24: Estatística de corrente para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção média (º)	Direção de maiores intensidades (º)	Vel. Média (m/s)	Vel. Mín. (m/s)	Vel. máx. (m/s)	Desvio padrão (m/s)
25	52	0,16	0,006	0,40	0,09

Pelos dados de vento (Figura 101, Tabela 21 e Tabela 22) no período da simulação ocorre a predominância de ventos de leste (70,5%), seguidos pelos ventos de sudeste (25,3%). As intensidades predominantes são entre 6 e 8 m/s (53,9%), e é possível observar ventos com

intensidades entre 8 e 10 m/s (27,4%) e até uma pequena porcentagem (2,1%) de ventos com intensidade acima de 10 m/s. As informações de correntes no ponto de vazamento mostram que a direção preferencial é para nordeste (43,9%) e as velocidades predominantes são menores que 0,1 (37,8%) (Figura 102, Tabela 23 e Tabela 24).

A seguir, da Figura 103 à Figura 109, é apresentada a deriva do óleo em superfície, além da área varrida (em amarelo claro nas figuras) pela mancha durante toda a simulação. É também apresentado o mapa de concentração de óleo nos sedimentos ao final da simulação (Figura 110). Os mapas de concentração de óleo no fundo foram construídos considerando um valor limiar de 1g de óleo/m².

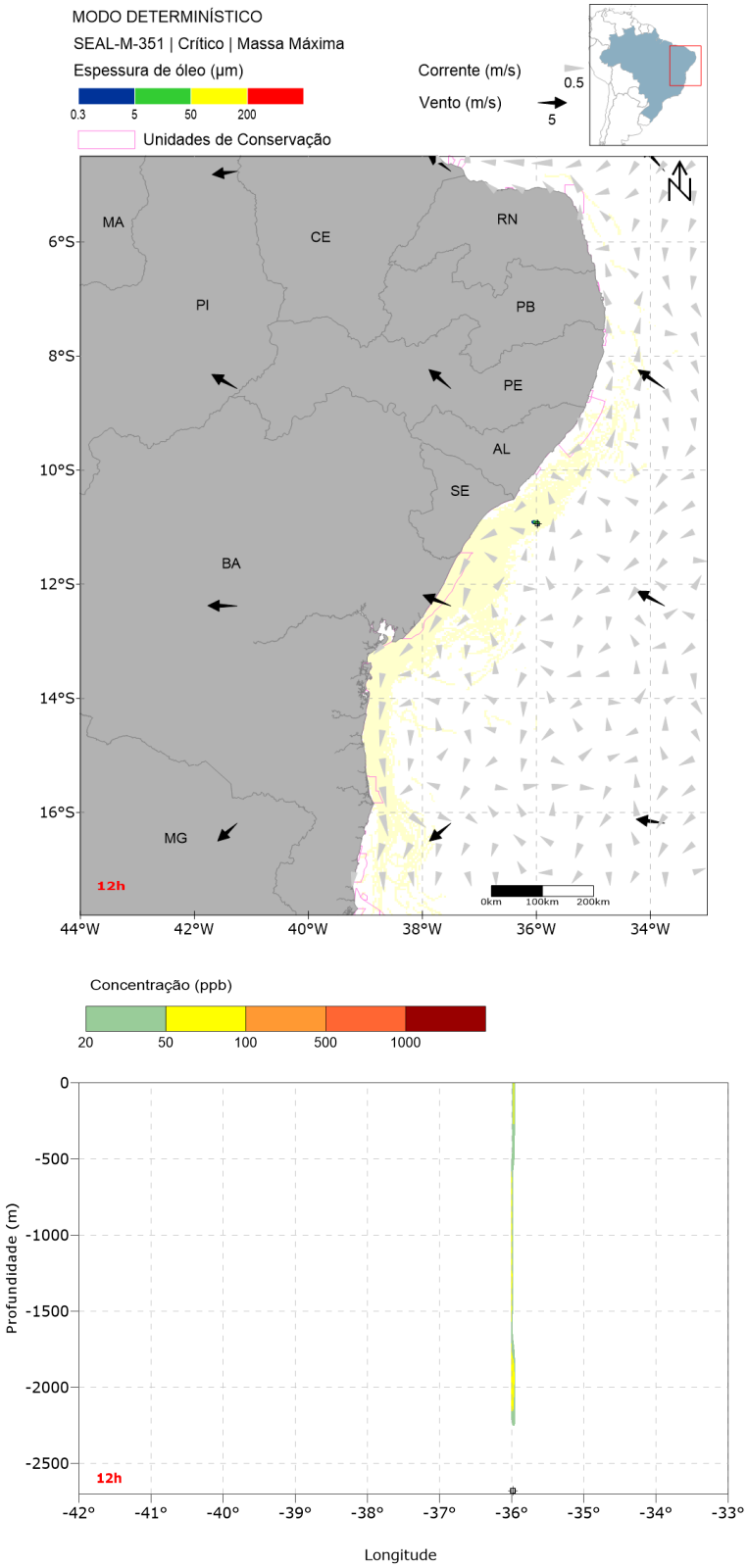


Figura 103: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 12 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

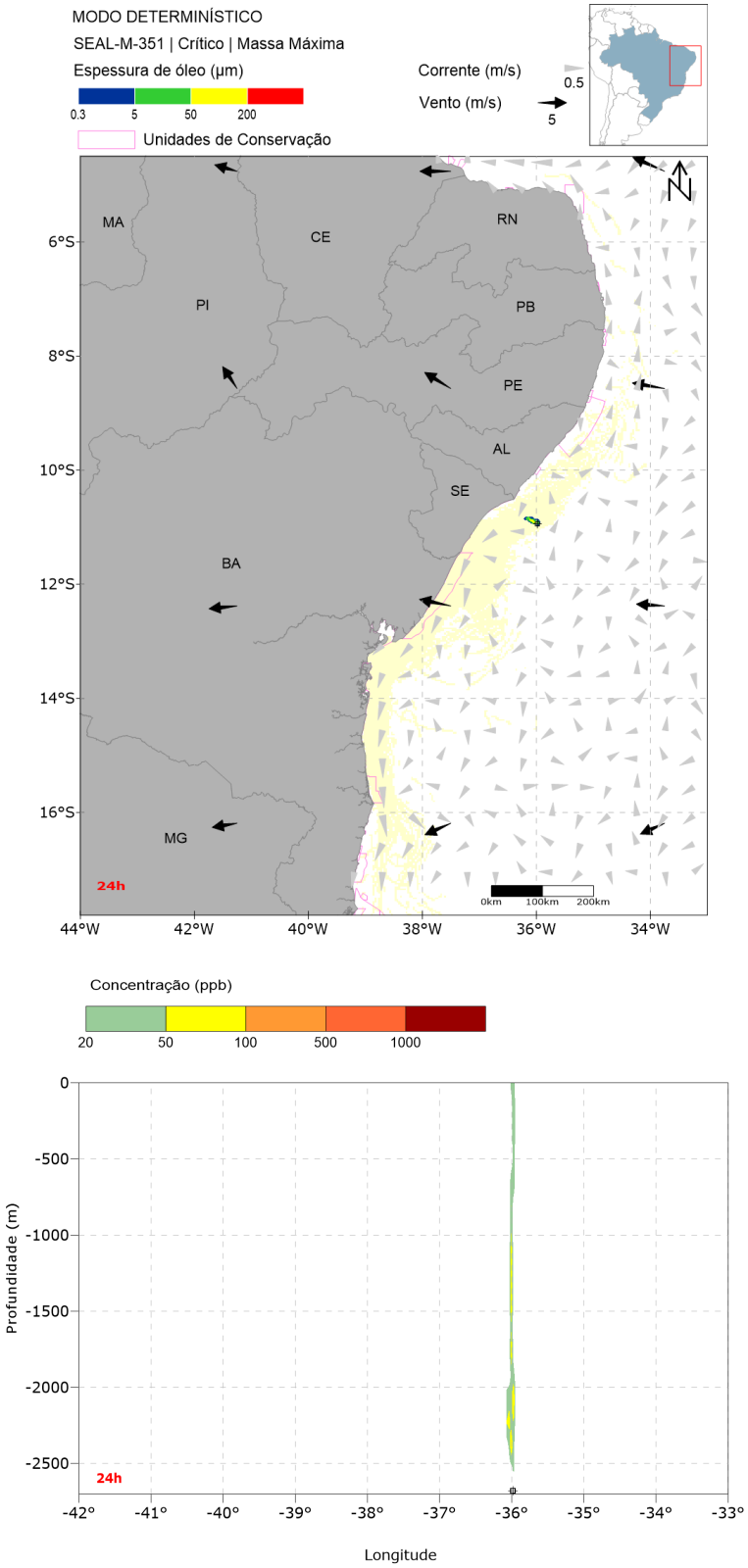


Figura 104: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 24 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

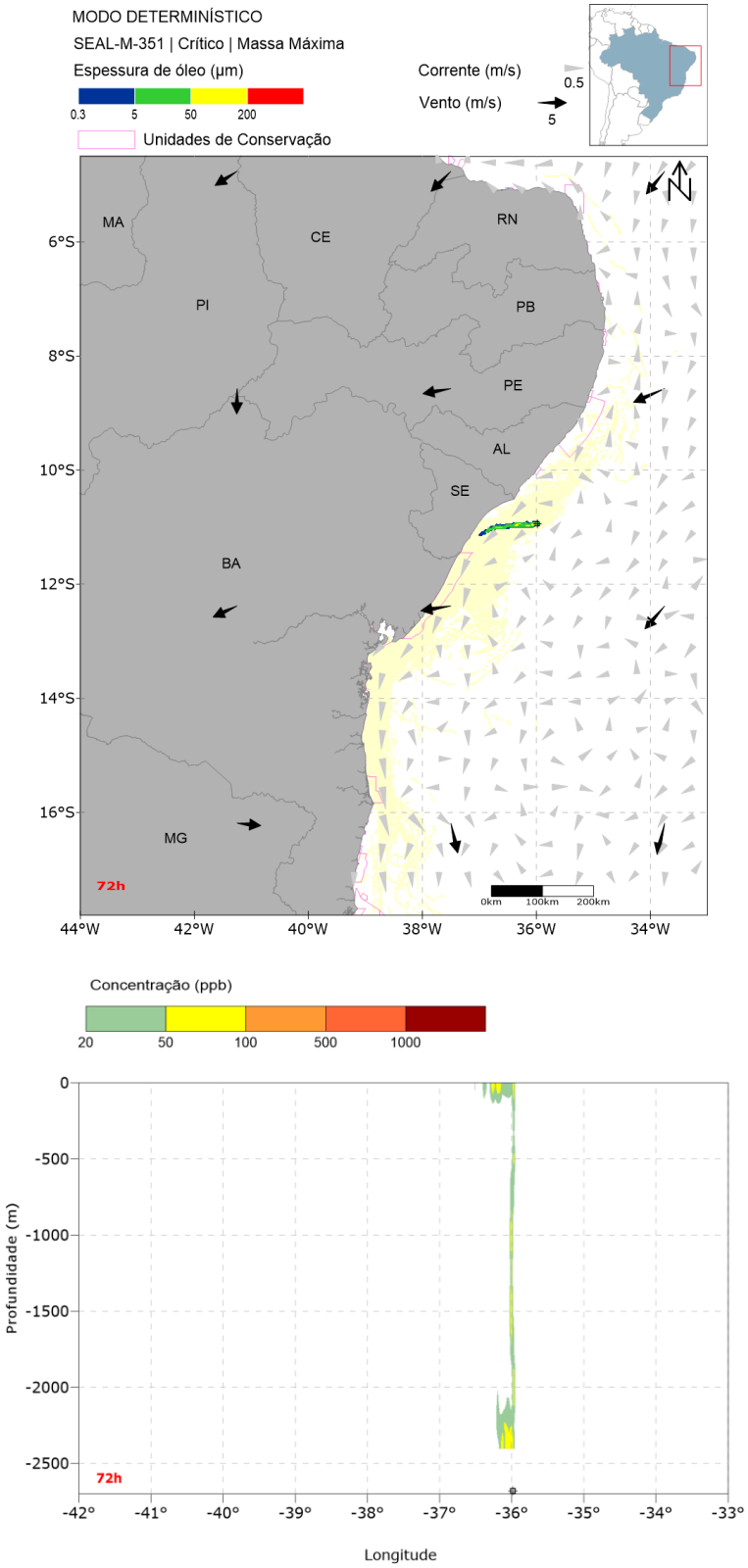


Figura 105: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 72 horas do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

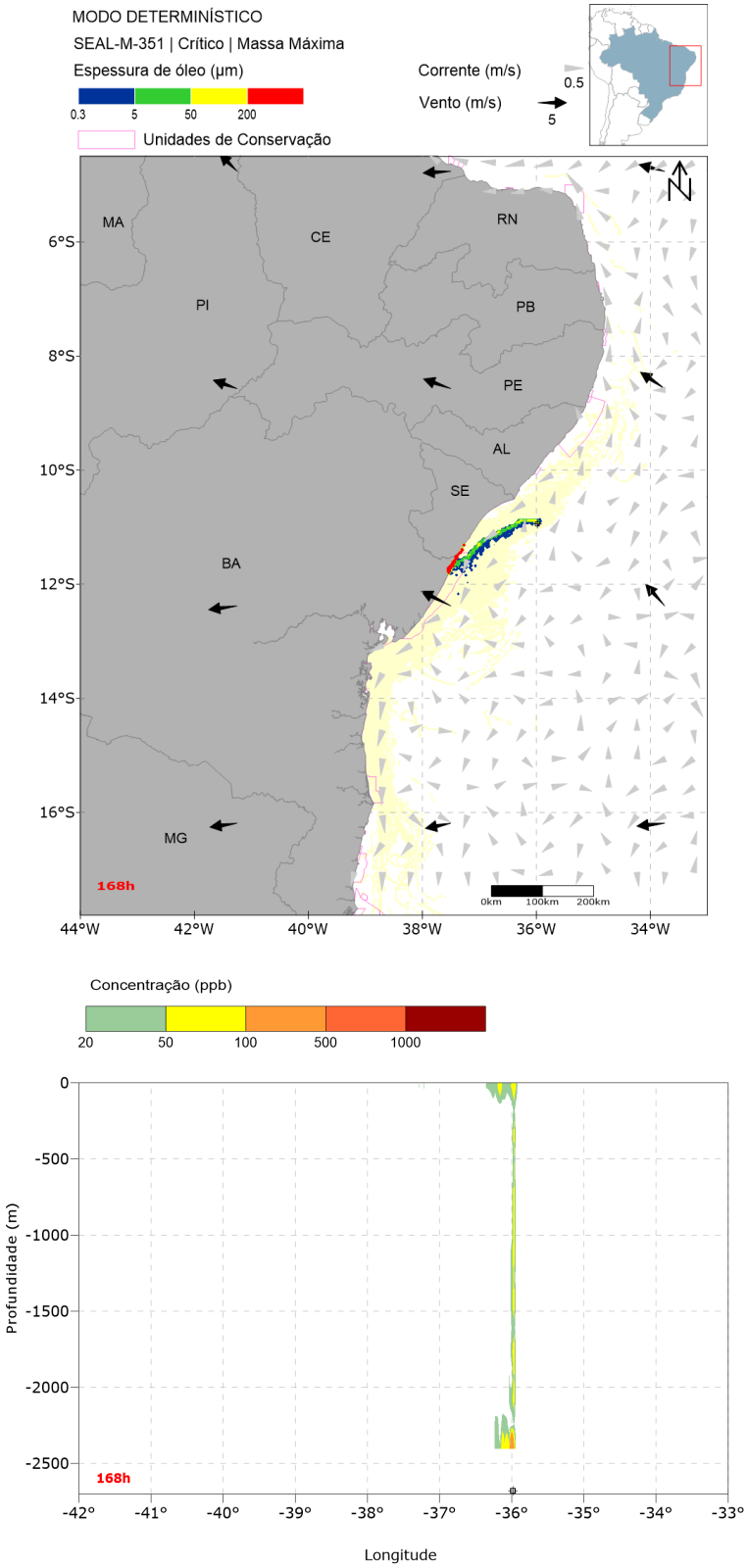


Figura 106: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 168 horas (1 semana) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

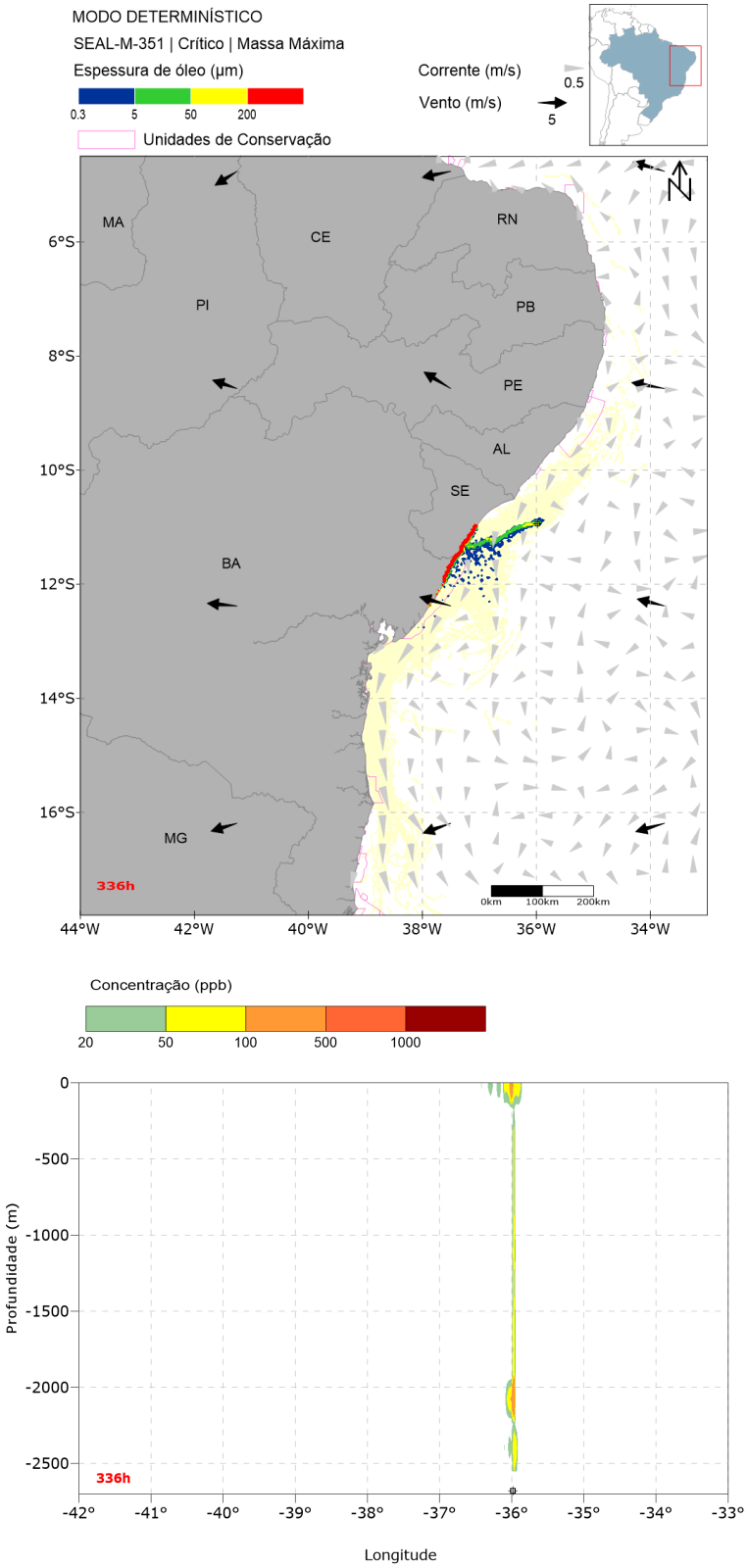


Figura 107: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 336 horas (2 semanas) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

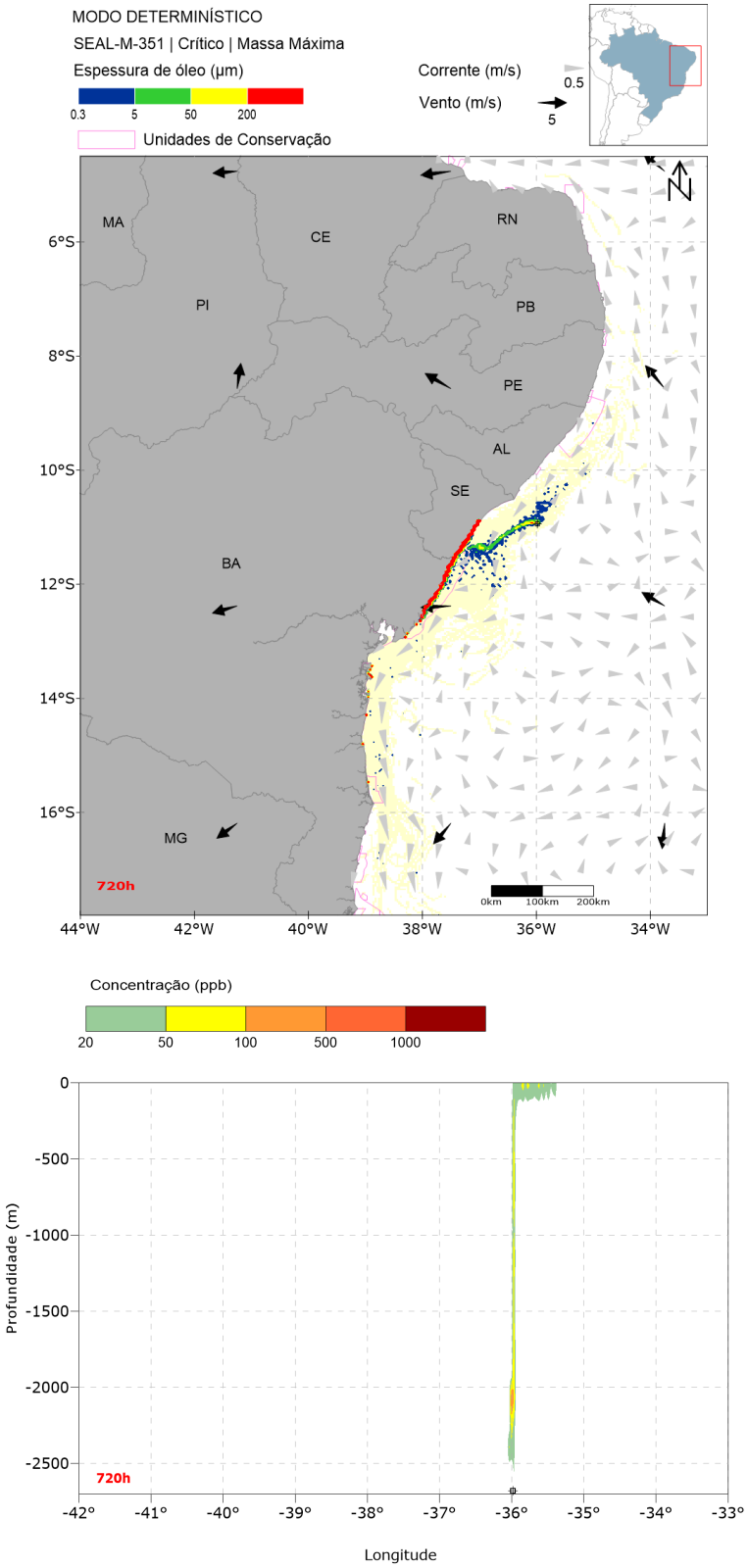


Figura 108: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 720 horas (30 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

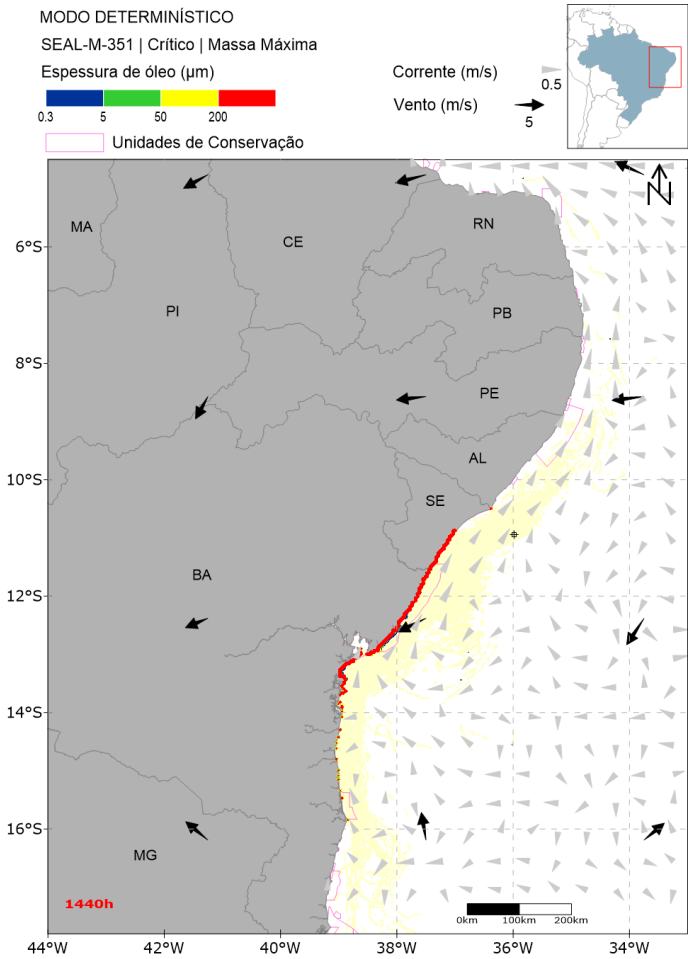


Figura 109: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Resultado de espessura em superfície. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

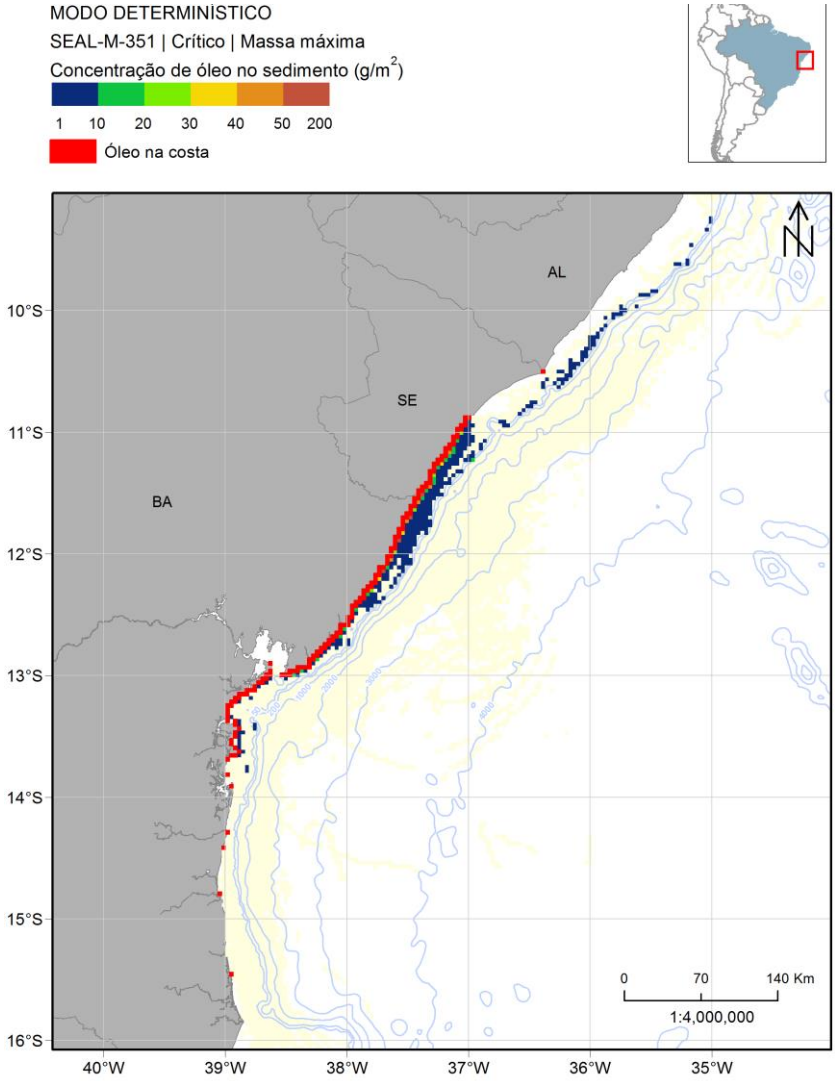


Figura 110: Mapa de concentração de óleo no sedimento do fundo marinho da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa após 1440 horas (60 dias) do início do vazamento. Vazamento de 238.480,9 m³. A área em amarelo representa a área varrida pelo óleo em superfície ao longo de toda a simulação.

Nesta simulação, o óleo se desloca principalmente para o oeste nos primeiros 3 dias e depois começa a se mover para sudoeste. Antes de 1 semana (168 horas), o óleo chega na costa ao sul de Sergipe e ao norte da Bahia. Depois disso, o óleo ainda está se movendo para sudoeste, com ventos forçando-o para as outras partes da costa da Bahia, mas também há algumas partes da mancha de óleo indo para o norte e alcançando a costa de Alagoas.

Na coluna d'água, as concentrações máximas estão entre 100-500 ppb em torno de 2.000 metros de profundidade, entre 1 semana e 30 dias, e próximo à superfície, em duas semanas. No final da simulação, não há mais concentração superior a 20 ppb na coluna de água. Nos sedimentos, o óleo foi observado na plataforma continental em frente a Alagoas, Sergipe e norte da Bahia, e a concentração máxima foi de 136 g/m².

A seguir, é apresentada a evolução temporal do balanço de massa do óleo (Figura 111 e Tabela 25) e a evolução da área atingida por óleo em superfície e a massa de óleo (Figura 112 e Tabela 26) durante a simulação.

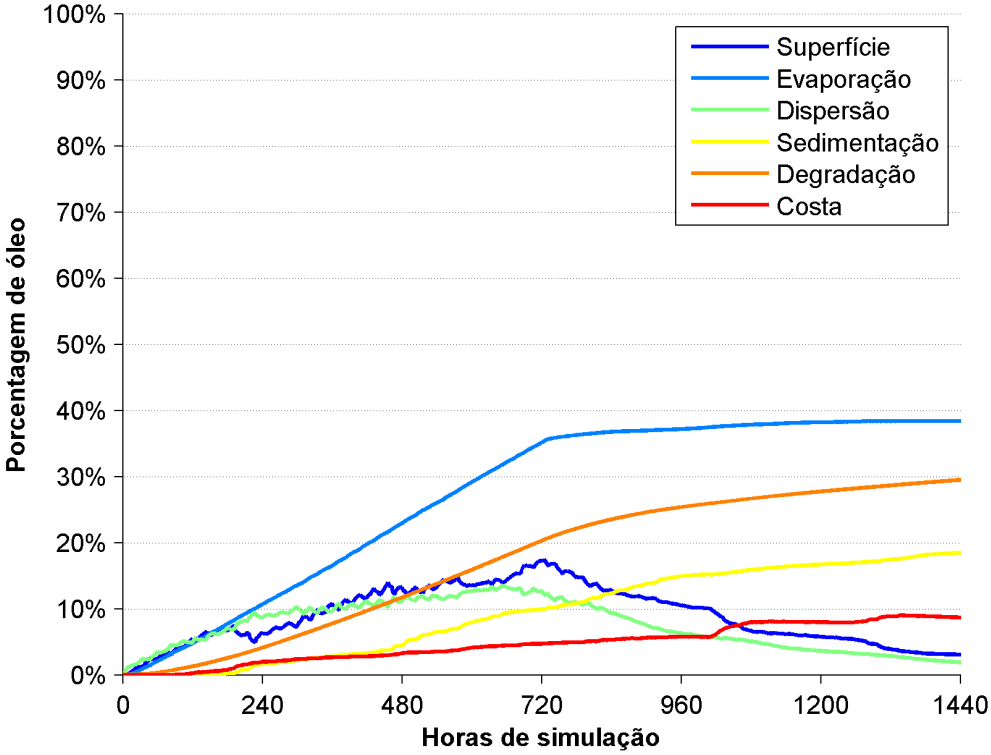


Figura 111: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa. Volume de 238.480,9 m³.

Tabela 25: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais e de massa de óleo. Situação de maior massa de óleo acumulada na costa.

Tempo (h)	Superfície (%)	Evaporado (%)	Coluna d'água (%)	Sedimento (%)	Degradado (%)	Costa (%)
12	0,26 (527 t)	0,10 (196 t)	1,29 (2578 t)	-	0,02 (35 t)	-
24	1,09 (2187 t)	0,53 (1055 t)	1,65 (3297 t)	-	0,07 (135 t)	-
72	3,27 (6545 t)	2,64 (5288 t)	3,57 (7149 t)	-	0,52 (1037 t)	-
168	6,98 (13970 t)	7,10 (14220 t)	6,21 (12430 t)	0,12 (236 t)	2,28 (4567 t)	0,64 (1288 t)
336	9,92 (19850 t)	15,34 (30700 t)	9,35 (18720 t)	2,57 (5139 t)	6,99 (14000 t)	2,51 (5015 t)
720	17,31 (34660 t)	35,12 (70310 t)	12,64 (25300 t)	9,93 (19880 t)	20,28 (40590 t)	4,72 (9445 t)
1440	3,04 (6093 t)	38,41 (76880 t)	1,89 (3788 t)	18,50 (37030 t)	29,49 (59030 t)	8,67 (17360 t)

O processo de intemperismo mais importante ao longo da simulação para a retirada de óleo da superfície foi a evaporação, contribuindo com 38,4%. Em seguida foi processo de degradação, com 29,5%, e sedimentação, que foi de 18,5% do total do óleo vazado. O remanescente na

superfície ao final da simulação foi de 3% do total de óleo vazado) e o óleo na coluna d'água foi em torno de 2%. O óleo acumulado na costa foi de 8,7%, o equivalente a 17.360 toneladas.

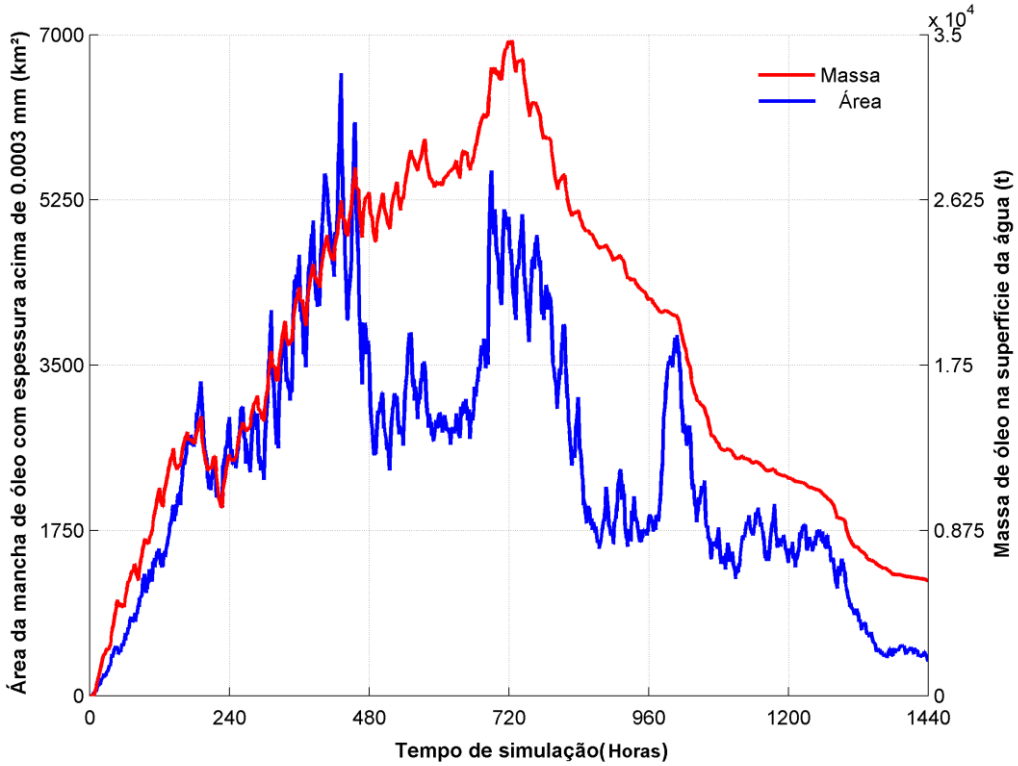


Figura 112: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo no mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa.

Tabela 26: Área superficial, massa de óleo e a espessura máxima da mancha de óleo e a massa de óleo do óleo durante a simulação.

Tempo (h)	Área (km²)	Massa (t)	Espessura máxima (µm)
12	61	527	61
24	233	2187	94
72	809	6545	134
168	2760	13970	14123
336	3750	19850	14111
720	5070	34660	49431
1440	368	6093	49431

A Figura 112 mostra um crescimento da área e da massa de óleo em superfície ao longo dos primeiros dias de simulação. Por volta de 18 dias, a área de óleo em superfície decai em função do acúmulo de óleo na costa e demais processos intempéricos. Após 20 dias é observado

novamente um aumento devido a estabilização do acúmulo de óleo na costa e permanência do vazamento. Após o término do vazamento (30 dias) a massa e área em superfície voltam a diminuir.

Em relação à espessura máxima, há uma grande diferença nos valores observados antes e depois de 1 semana (168 horas). Essa diferença ocorre devido ao início do acúmulo de óleo na costa a partir desse instante. A espessura máxima é observada em 30 dias, com valor de 49.431 µm e permanece até o fim da simulação.

4. Conclusão

As simulações probabilísticas da modelagem de dispersão de óleo mostraram comportamentos distintos entre os períodos sazonais escolhidos. No Período 1, que compreende os meses de novembro a abril, a direção preferencial da deriva de óleo é para sudoeste, enquanto no Período 2, que compreende os meses de maio a outubro, a direção preferencial é para norte e posteriormente noroeste. Tal diferença pode ser explicada, principalmente, pela variação latitudinal da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial que, ao se posicionar mais a norte no Período 1, faz com que a região de vazamento fique sob influência da Corrente do Brasil, e ao migrar para sul no Período 2, deixa a região sob influência da Subcorrente Norte do Brasil.

No vazamento de 8 m^3 não houve probabilidade do óleo alcançar a costa, enquanto no vazamento de 200 m^3 algumas localidades apresentam pontos de grade com aproximação. Nos vazamentos de 8 m^3, a área de probabilidade em superfície fica restrita a regiões com profundidades maiores que 2.000 m. Já nos vazamentos de 200 m^3 o óleo pode alcançar regiões mais rasas que 50 metros de profundidade, próximo à costa.

Em relação aos vazamentos de pior caso, o tempo de chegada do óleo é menor no Período 2, sendo de 2,4 dias em Piaçabuçu - AL. Todos os cenários têm probabilidades máximas de presença de óleo na costa em torno de 100%. No Período 2, as maiores probabilidades ocorrem no litoral do estado de Alagoas enquanto no Período 1 as maiores probabilidades ocorrem no litoral do estado da Bahia.

No Rio Sergipe, as probabilidades de presença de óleo em superfície são de até 70%. Nos municípios do entorno do rio, as maiores probabilidades de toque são observadas nos municípios mais externos, com valores menores do que os já observados na escala regional, enquanto nos municípios mais internos as probabilidades são menores que 1% no Período 1 e 10% no Período 2, e os tempos são superiores a 20 dias.

No Rio São Francisco, com abordagem de escala local, só há probabilidade de chegada de óleo no Período 2, chegando a 90-100% na entrada do rio. As probabilidades e tempos de chegada nos municípios e Unidades de Conservação das margens do rio foram menos conservadores do que os já observados na escala regional, exceto pela probabilidade de chegada também em Penedo – AL, de menos de 1%.

O acúmulo de massa na costa, no entanto, foi maior na zona estuarina do que no restante da costa, com máximos acima de 130 t/km observados tanto nas margens do Rio Sergipe quanto do Rio São Francisco.

Para todos os cenários, a evaporação é o principal processo de intemperismo que ocorre ao longo das simulações, principalmente quando o vazamento ocorre em superfície (8 m^3 e 200 m^3) ficando em torno de 70%.

As simulações determinísticas foram feitas com base nas condições críticas dos vazamentos de pior caso, levando em conta a maior quantidade de óleo na costa e tempo mínimo de chegada. O primeiro caso ocorreu no Período 2 e o segundo no Período 1. Na simulação da condição de tempo mínimo, a deriva do óleo é para noroeste na maior parte do tempo, enquanto na condição de massa máxima a deriva é principalmente para sudoeste.

A comparação dos resultados probabilísticos da modelagem de dispersão de óleo com a deriva e tempo de deslocamento dos 20 derivadores FHD lançados em duas campanhas na região próxima do bloco indica a confiabilidade das simulações de dispersão do óleo.

Todos os derivadores, em geral, seguiram as áreas de maior probabilidade de presença de óleo, sendo que 95% deles chegaram à costa em áreas com mais de 90% de probabilidade de presença de óleo, além das trajetórias apresentarem padrões muito semelhantes aos observados nas simulações.

Focando nos três derivadores lançados próximos ao ponto de vazamento da modelagem, os tempos de chegada na costa também são próximos aos tempos mínimos observados na modelagem.

Estes resultados comparativos demonstram a capacidade da modelagem de dispersão de óleo elaborada para do Bloco SEAL-M-351 de representar as condições meteoceanográficas da Bacia Sergipe-Alagoas e de dar suporte em caso de vazamentos de óleo.

5. Bibliografia

AMANTE, C., and B.W. EAKINS. 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 pp, Whole-world gridas available on-line at [http://ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html] from the NOAA, NESDIS, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado U.S.A.

AMORIM, F.N. CIRANO, M. SOARES, I. D. LENTINI, C. A. D. 2011. Coastal and Shelf circulation in the vicinity of Camamu Bay (14º S), Eastern Brazilian Shelf. Continental Shelf Research, Vol. 31, pp108-119.

ASTM, 2013. Standard Practice for Development and Use of Oil-Spill Trajectory Models. Designation: F2067-13. American Society for Testing and Materials. DOI: 10.1520/F2067-13.

CASTRO, B. M. AND MIRANDA, L. B. (1998), Physical oceanography of the western Atlantic Continental Shelf located between 4ºN and 34ºS coastal segment (4, w).The Sea,11, 209-251.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama nº 357. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/ > Acesso em 13/03/2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2007. Resolução Conama nº 393. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/ > Acesso em 13/03/2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2008. Resolução Conama nº 398. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/ > Acesso em 13/03/2015.

ELLIOT, A.J. A probabilistic description of the wind over Liverpool Bay with application to oil spill simulations Estuarine, Coastal and Shelf Science 61 (2004) 569–581.

ELPN/IBAMA. Informação Técnica nº 023/2002. Modelagem de Derramamento de Óleo no Mar.

GABARDO. I. T., 2007. Caracterização Química e Toxicológica da água Produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande Norte. UFRN.

HENNERMANN, K. ERA5 Data Documentation. Disponível em: https://software.ecmwf.int/wiki/display/CKB/ERA5+data+documentation Acesso em 20/09/2017.

ICMBIO, 2018. Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN. Disponível em: http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/. Acesso em 18 de dezembro de 2018.

KALNAY, E, M. KANAMITSU, R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLLEN, Y. ZHU, M. CHELLIAH, W. EBISUZAK, W. HIGGINS, J. JANOWIAK, K.C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A.LEETMAA, R. REYNOLDS, R. JENNE, D. JOSEPH, 1996: "The NCEP /NCAR 40-Year Reanalysis Project", Bulletin of the American Meteorological Society, 437-470.

KANAMITSU, M.; EBISUZAKI, W.; WOOLLEN, J.; YANG, S.; HNILO, J.J.; FIORINO, M. & POTTER, G.L., 2002. “The NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2)”. Bulletin of the American Meteorological Society, 1631-1643.

KISTLER, R.; KALNAY, E; COLLINS, W.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; KANAMITSU, M.; KOUSKY, V.; DOOL, H.; JENNE, R. & FIORINO, 2001. “The NCEP-NCAR 50 Year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation.” Bulletin of the American Meteorological Society, 82, 247-267.

LONG, E. R.; MACDONALD, D. D.; SMITH, S.L.; CALDER, F. D. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environ. Manage. 19, 81-97.

MARIN, F. O. 2009. A Subcorrente Norte do Brasil ao Largo da Costa do Nordeste. Dissertação (Mestrado), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (SP).

MENDONÇA, L.F., SOUZA, R.B., ASSEF, C.R.C., PEZZI, L.P., MÖLLER, O.O., ALVES, R.C.M. 2016. Regional modeling of the water masses and circulation annual variability at the Southern Brazilian Continental Shelf. Journal of Geophysical Research, doi: 10.1002/2016JC011780.MMA, 2016. Disponível em: http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo. Acesso em 06 de dezembro de 2016.

MMA, 2018. Disponível em: http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo. Acesso em 06 de janeiro de 2018.

MMA, 2019. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados. Acesso em 04 de janeiro de 2019.

OSPAR COMMISSION. 2014. Background document. Establishment of a list of Predicted No Effect Concentration (PNECs) for naturally occurring substances in produced water. OSPAR Agreement 2014-05.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L., 1991: Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. Progress in Oceanography, v. 26, p. 1–73.

PPLC, 2018. Disponível em :http://www.pplc.com.br/webapp/index.html. Acesso em 06 de janeiro de 2018.

REZENDE, L. F. SILVA, P. A. CIRANO, M. PELIZ, A. DUBERT, J. 2011. Mean Circulation, Seazonal Cycle, and Eddy Interactions in the Eastern Brazilian Margin, a Nested ROMS Model. Journal of Coastal Research, Vol. 27, pp. 329-347.

REZENDE, L. F. 2010. Dinâmica em múltiplas escalas na Margem Continental Leste Brasileira. Tese (Doutorado), Departamento de Física da Universidade de Aveiro (Portugal).

RYE, H.; REED, M.; DITLEVSEN, M.K.; BERNTSEN, S. The “Environment Impact Factor” (EIF) for produced water discharges – a tool for reducing environmental impacts. In: Development and Application of Computer Techniques to Environmental Studies. WIT Press, 2004.

RODRIGUES, R. R. ROTHSTEIN, L. M. WIMBUSH, M. 2006. Seasonal Variability of the South Equatorial Current Bifurcation in the Atlantic Ocean: A Numerical Study. Journal of Physical Oceanography, Vol. 37.

SOUTELINO, R.G. SILVEIRA, I. C. A. GANGOPADHYAY, A. MIRANDA, J.A. 2011. Is the Brazil Current eddy-dominated to the north of 20°S?. Geophysical research letter, vol 38.

WWF, 2016. Observatório de UCs. Disponível em: http://observatorio.wwf.org.br/mapa/. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

Anexos

ANEXO I - Descrição do Modelo Hidrodinâmico Regional

Relatório Técnico [rev.00]

Modelagem Hidrodinâmica Regional

Bacias Camamu-Almada, Jacuípe, Sergipe – Alagoas e Pernambuco-Paraíba

Preparado por: Prooceano

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2019

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução 15

2. Modelo Numérico Utilizado 16

3. Domínio do Modelo 20

4. Condições Iniciais 22

5. Condições de Contorno 26

5.1. Condição de Contorno de Fundo 27

5.2. Condição de Contorno de Superfície 29

5.3. Condição de Contorno Laterais 38

5.4. Maré 38

5.5. Descarga Fluvial 47

6. Estabilização da Energia Cinética 49

7. Resultados 51

8. Avaliação do Modelo 64

8.1. Maré 64

8.2. Temperatura da Superfície do Mar 73

8.3. Estrutura Termohalina 86

8.4. Correntes 100

9. Bibliografia 112

Índice das imagens

Figura 1: Região de modelagem. Polígono vermelho pontilhado representa os limites da grade do modelo hidrodinâmico. 20

Figura 2: Detalhamento da representação da linha de costa pela grade do modelo hidrodinâmico. Os retângulos em vermelho representam as células consideradas como terra pelo modelo e a linha branca mostra a linha de costa da região. 21

Figura 3: Campo de temperatura superficial do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados. 23

Figura 4: Campo de salinidade superficial do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados. 24

Figura 5: Campo de Elevação da Superfície Livre (m) do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados. 25

Figura 6: Campo de Correntes superficiais (m/s) do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados. 26

Figura 7: Representação esquemática das condições de contorno a serem definidas em um modelo de área limitada. 27

Figura 8: Batimetria da grade do modelo numérico ROMS. 28

Figura 9: Campo médio dos dados de temperatura do ar a 2 m da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 31

Figura 10: Campo médio dos dados de precipitação da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 32

Figura 11: Campo médio dos dados de umidade relativa do ar da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 33

Figura 12: Campo médio dos dados de pressão atmosférica da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 34

Figura 13: Campo médio dos dados de radiação de onda curta da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 35

Figura 14: Campo médio dos dados de radiação de onda longa da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 36

Figura 15: Campo médio dos dados de vento da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior). 37

Figura 16: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente M2. 39

Figura 17: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente S2. 40

Figura 18: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente N2. 41

Figura 19: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente K2. 42

Figura 20: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente K1. 43

Figura 21: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente O1. 44

Figura 22: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente P1. 45

Figura 23: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente Q1. 46

Figura 24: Médias mensais da vazão do rio São Francisco. 48

Figura 25: Variação da energia cinética média em superfície ao longo da simulação. 50

Figura 26: Campo médio de circulação oceânica para o mês de janeiro. 52

Figura 27: Campo médio de circulação oceânica para o mês de fevereiro. 53

Figura 28: Campo médio de circulação oceânica para o mês de março. 54

Figura 29: Campo médio de circulação oceânica para o mês de abril. 55

Figura 30: Campo médio de circulação oceânica para o mês de maio. 56

Figura 31: Campo médio de circulação oceânica para o mês de junho. 57

Figura 32: Campo médio de circulação oceânica para o mês de julho. 58

Figura 33: Campo médio de circulação oceânica para o mês de agosto. 59

Figura 34: Campo médio de circulação oceânica para o mês de setembro. 60

Figura 35: Campo médio de circulação oceânica para o mês de outubro. 61

Figura 36: Campo médio de circulação oceânica para o mês de novembro. 62

Figura 37: Campo médio de circulação oceânica para o mês de dezembro. 63

Figura 38: Localização das estações maregráficas da FEMAR, utilizadas na avaliação da representação da maré no modelo. 65

Figura 39: Comparação entre a série maregráfica da estação de Porto Seguro - BA (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 66

Figura 40: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Porto Seguro - BA (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 66

Figura 41: Comparação entre a série maregráfica da estação de Plataforma PCM-1 - SE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 67

Figura 42: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação Plataforma PCM-1 - SE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 67

Figura 43: Comparação entre a série maregráfica da estação de Barra do São Francisco -AL (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 68

Figura 44: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Barra do São Francisco - AL (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 68

Figura 45: Comparação entre a série maregráfica da estação de Itapessoca - PE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 69

Figura 46: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Itapessoca - PE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 69

Figura 47: Comparação entre a série maregráfica da estação de Paracuru - CE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 70

Figura 48: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Paracuru - CE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 70

Figura 49: Comparação entre a série maregráfica da estação de Luiz Correia – PI (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período. 71

Figura 50: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Luiz Correia – PI (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias. 71

Figura 51: TSM média para janeiro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 74

Figura 52: TSM média para fevereiro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 75

Figura 53: TSM média para março de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 76

Figura 54: TSM média para abril de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 77

Figura 55: TSM média para maio de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 78

Figura 56: TSM média para junho de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 79

Figura 57: TSM média para julho de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 80

Figura 58: TSM média para agosto de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 81

Figura 59: TSM média para setembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 82

Figura 60: TSM média para outubro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 83

Figura 61: TSM média para novembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 84

Figura 62: TSM média para dezembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior)..... 85

Figura 63: Localização dos pontos de grade do ROMS utilizados para as comparações com o WOA. 87

Figura 64: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 1. 88

Figura 65: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 1..... 88

Figura 66: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 2. 89

Figura 67: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 2..... 89

Figura 68: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 3. 90

Figura 69: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 3..... 90

Figura 70: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 4. 91

Figura 71: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 4..... 91

Figura 72: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 5. 92

Figura 73: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 5..... 92

Figura 74: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 6. 93

Figura 75: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 6..... 93

Figura 76: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 7. 94

Figura 77: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 7..... 94

Figura 78: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 8. 95

Figura 79: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 8..... 95

Figura 80: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 9. 96

Figura 81: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 9..... 96

Figura 82: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 10. 97

Figura 83: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 10..... 97

Figura 84: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 11. 98

Figura 85: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 11..... 98

Figura 86: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 12. 99

Figura 87: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 12..... 99

Figura 88: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita). 101

Figura 89: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita). 101

Figura 90: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita). 102

Figura 91: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita). 102

Figura 92: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita). 103

Figura 93: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita). 103

Figura 94: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita). 104

Figura 95: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita). 104

Figura 96: Trajetória descrita pelo derivador 09 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 09 e os resultados do ROMS (direita). 105

Figura 97: Trajetória descrita pelo derivador 10 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 10 e os resultados do ROMS (direita). 105

Figura 98: Trajetória descrita pelo derivador 11 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 11 e os resultados do ROMS (direita). 106

Figura 99: Trajetória descrita pelo derivador 12 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 12 e os resultados do ROMS (direita). 106

Figura 100: Trajetória descrita pelo derivador 13 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 13 e os resultados do ROMS (direita). 107

Figura 101: Trajetória descrita pelo derivador 14 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 14 e os resultados do ROMS (direita). 107

Figura 102: Trajetória descrita pelo derivador 15 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 15 e os resultados do ROMS (direita). 108

Figura 103: Trajetória descrita pelo derivador 16 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 16 e os resultados do ROMS (direita). 108

Figura 104: Trajetória descrita pelo derivador 17 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 17 e os resultados do ROMS (direita). 109

Figura 105: Trajetória descrita pelo derivador 18 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 18 e os resultados do ROMS (direita). 109

Figura 106: Trajetória descrita pelo derivador 19 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 19 e os resultados do ROMS (direita). 110

Figura 107: Trajetória descrita pelo derivador 20 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 20 e os resultados do ROMS (direita). 110

Figura 108: Trajetória descrita pelo derivador 21 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 21 e os resultados do ROMS (direita). 111

Índice das tabelas

Tabela 1: Parâmetros e constantes utilizadas no modelo hidrodinâmico. 19

Tabela 2: Comparação estatística entre os dados de elevação do ROMS e os dados medidos. 73

Tabela 3: Posição e datas iniciais e finais de cada derivador ao longo do período de comparação. 100

Tabela 4: Índice de Wilmot das comparações modelo/derivadores. 111

Equipe técnica

Nome: André Luis Santi Coimbra de Oliveira

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5967357

Assinatura: _____

Nome: Felipe Lobo Mendes Soares

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3811578

Assinatura: _____

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Assinatura: _____

Nome: Gabriel Vieira de Carvalho

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5416625

Assinatura: _____

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Assinatura: _____

1. Introdução

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica hidrodinâmica para a região das Bacias de Camamu-Almada, Jacuípe, Sergipe – Alagoas e Pernambuco-Paraíba para subsidiar estudos de dispersão de poluentes (e.g. óleo, cascalho, fluidos de perfuração, água de produção) no mar para os cenários acidentais de vazamento. Este estudo consiste na análise das características meteorológicas e simulações hidrodinâmicas da região, mais especificamente dos parâmetros capazes de afetar o comportamento de poluentes lançados/derramados.

Para simular o transporte de qualquer material no oceano é necessário conhecer o comportamento das correntes marinhas da região em questão. Para tal, pode-se recorrer à técnica conhecida como fluidodinâmica computacional, que consiste em reproduzir o comportamento de fluidos em resposta às forçantes atuantes no meio, através da solução numérica das equações que governam os processos envolvidos. Com isso, podem ser obtidos resultados sinóticos e sob diferentes condições de contorno e iniciais, como por exemplo, condições de verão e inverno, de maré de sizígia e quadratura etc.

A capacidade de simular diferentes condições, aliada à obtenção de resultados sinóticos em quatro dimensões (as três do espaço e o tempo), faz da fluidodinâmica computacional uma opção interessante, e em determinados casos, como em regiões com pouca ou nenhuma medição, a única para obter os resultados necessários à modelagem de transporte de materiais no oceano. É imprescindível, no entanto, a realização de comparações dos resultados obtidos pelo modelo hidrodinâmico com dados observados na região, para se obter uma medida da representatividade do modelo em relação ao observado.

2. Modelo Numérico Utilizado

Para as simulações hidrodinâmicas na região foi utilizado o modelo *Regional Ocean Modeling System* - ROMS (HAIDVOGEL *et al*., 2008). O ROMS é um modelo oceânico de superfície livre, coordenadas seguidoras de terreno e equações primitivas, utilizado amplamente pela comunidade científica em uma vasta gama de aplicações (por exemplo, HAIDVOGEL *et al*., 2000; MARCHESIELLO *et al*., 2003; PELIZ *et al*., 2003). Os algoritmos não lineares que formam o cerne computacional do ROMS são descritos em detalhes em Shchepetkin & McWilliams (2003, 2005). O ROMS inclui modelos acoplados para processos biogeoquímicos, bio-ópticos, transporte de sedimentos e também inclui diversos regimes de mistura vertical (WARNER *et al*., 2005), níveis múltiplos de aninhamento e grades compostas.

As equações hidrostáticas primitivas de momento são resolvidas utilizando um passo de tempo dividido explicitamente e modos barotrópico (bidimensional) e baroclínico (tridimensional) acoplados. Um número finito de passos de tempo barotrópicos é efetuado em cada passo de tempo baroclínico para resolver as equações de superfície livre e momento verticalmente integrado. No intuito de evitar erros associados com o *aliasing* de frequências resolvidas no modo barotrópico, mas não no baroclínico, são realizadas médias temporais nos campos barotrópicos antes de serem trocados com os valores obtidos com um passo baroclínico de maior duração. Um filtro de tempo cossenoidal, centrado no novo nível de tempo, é usado para fazer as médias dos campos barotrópicos (SHCHEPETKIN; MCWILLIAMS, 2005). Adicionalmente, o passo de tempo separado é forçado a manter a conservação de volume e a preservação de consistência, propriedades que são necessárias para as equações de traçadores (p.ex. temperatura e salinidade) (SHCHEPETKIN; MCWILLIAMS, 2005).

Atualmente, todas as equações em duas e três dimensões são discretizadas no tempo usando um algoritmo de passo de tempo previsor (*Leap-Frog*) e corretor (Adams-Molton) de terceira ordem, que é altamente robusto e estável. A estabilidade reforçada pelo esquema permite passos de tempo mais longos, por um fator de aproximadamente quatro, o qual mais do que compensa o custo elevado do algoritmo previsor-corretor.

As equações primitivas são discretizadas verticalmente sobre a variável topográfica utilizando coordenadas seguidoras de terreno “estiradas” (SONG; HAIDVOGEL, 1994). As coordenadas estiradas permitem o aumento da resolução em áreas de interesse, como na termoclina e nas camadas limites de fundo. A grade padrão utiliza diferenças finitas de segunda ordem, centradas em uma grade vertical irregular. Opções para grades de ordens maiores são disponíveis via uma reconstrução conservativa de derivadas verticais (SHCHEPETKIN; MCWILLIAMS, 2005). Esta classe de modelo apresenta grande sensibilidade à topografia, resultando em erros do gradiente de pressão. Estes erros aumentam devido à divisão do termo do gradiente de pressão em um componente ao longo da coordenada sigma e uma correção

hidrostática (para maiores detalhes, veja Haidvogel & Beckmann, 1999). O algoritmo numérico no ROMS é desenvolvido para minimizar tais erros (SHCHEPETKIN & MCWILLIAMS, 2003).

Na horizontal, as equações primitivas são calculadas usando coordenadas ortogonais curvilíneas ajustadas ao contorno em uma grade irregular do tipo C de Arakawa. A formulação geral das coordenadas curvilíneas inclui as coordenadas cartesianas e as esféricas. Contornos de costa também podem ser especificados como uma grade discretizada finitamente pela máscara terra/mar. Assim como na vertical, a grade horizontal utiliza diferenças finitas de segunda ordem centradas. Entretanto, o código também é desenvolvido para fazer a implementação de grades de maior ordem.

Existem várias opções para esquemas de advecção: diferenças centradas de segunda e quarta ordens; e terceira ordem, *upstream biased*. Este último esquema, padrão do modelo, apresenta uma dissipação hiper-difusa dependente da velocidade como erro dominante de truncamento (SHCHEPETKIN; MCWILLIAMS, 1998). Estes esquemas são estáveis para a metodologia de previsão e correção do modelo. Além disso, há uma opção para representação da advecção vertical, utilizando *spline* parabólico conservativo, que tem propriedades de dispersão similares a um esquema convencional preciso de oitava ordem.

Várias parametrizações de escala de sub-grade estão presentes no ROMS. A mistura vertical de momento e de traçadores pode ocorrer nos níveis verticais, superfícies geopotenciais (profundidade constante), ou superfícies isopicnais (densidade constante). O operador de mistura pode ser harmônico (arranjo de 3 pontos) ou bi-harmônico (arranjo de 5 pontos). Em Haidvogel & Beckmann (1999) podem ser obtidos maiores esclarecimentos sobre estes operadores.

A parametrização vertical de mistura no ROMS pode ser tanto por esquemas de fechamento locais, como não-locais. Os esquemas de fechamento locais são baseados nas equações de energia cinética turbulenta de nível 2,5 de Mellor & Yamada (1982) e na parametrização de Escala Genérica de Dimensão (EGD) (UMLAUF & BUCHARD, 2003). O esquema de fechamento não-local é baseado na formulação da camada limite, perfil-K, definida por Large *et al*. (1994). O esquema de perfil-K tem sido expandido para incluir tanto os limites de camadas de superfície quanto os de fundo. O EGD é um modelo de turbulência de duas equações que permite uma ampla variedade de fechamentos de mistura vertical, incluindo os esquemas k-kl (Mellor-Yamada level 2,5), k-e e k-w. Muitas funções de estabilidade têm sido empregadas para favorecer a flexibilidade. Um estudo recente (WARNER *et al*., 2005a) avaliou a performance desses fechamentos de turbulência no ROMS, em aplicações de transporte de sedimentos idealizado. Além disso, existe um esquema de camada limite de fundo onda/corrente que provoca o estresse de fundo (STYLES; GLENN, 2000) e o transporte de sedimentos, que tem ganhado importância em aplicações costeiras.

A camada limite de interação ar-mar utilizada no ROMS, baseia-se na parametrização de Fairall *et al*. (1996). Esta foi adaptada do algoritmo do COARE (*Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment*) para o cálculo de fluxos de *momentum* de superfície, calor sensível, e calor latente. Esta camada limite é utilizada para o acoplamento com modelos atmosféricos.

O ROMS possui um código altamente moderno e modular escrito em F90 e 95. Utiliza pré-processamento C para ativar as diversas opções físicas e numéricas. Muitos padrões de códigos têm sido estabelecidos para facilitar a leitura, manutenção e portabilidade do modelo. Todas as variáveis de estado do modelo são dinamicamente alocadas e passadas como argumento das rotinas computacionais.

O conjunto de equações governantes do ROMS é formado pelas equações primitivas do movimento, fazendo uso das aproximações de *Boussinesq*, plano β e hidrostática. Referenciando-se a um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais, com valores positivos de *x,* no sentido leste, e de *y,* no sentido norte, e realizando a transformação para coordenada *sigma,* tem-se o conjunto de equações básicas utilizadas pelo ROMS.

Equação da continuidade:

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

Equação da conservação da quantidade de movimento na direção zonal:

$$\frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + gD\frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gD^2}{\rho_o}\int_\sigma^o \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial x}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right] + F_x \qquad (2)$$

Equação da conservação da quantidade de movimento na direção meridional:

$$\frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + gD\frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gD^2}{\rho_o}\int_\sigma^o \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial y}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right] + F_y \qquad (3)$$

Equação da conservação de calor:

$$\frac{\partial \theta D}{\partial t} + \frac{\partial \theta UD}{\partial x} + \frac{\partial \theta VD}{\partial y} + \frac{\partial \theta \omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_H}{D}\frac{\partial \theta}{\partial \sigma}\right] + F_\theta - \frac{\partial R}{\partial z} \qquad (4)$$

Equação da conservação de sal:

$$\frac{\partial SD}{\partial t}+\frac{\partial SUD}{\partial x}+\frac{\partial SVD}{\partial y}+\frac{\partial S\omega}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_H}{D}\frac{\partial S}{\partial \sigma}\right]+F_S \tag{5}$$

Equação de estado da água do mar:

$$\rho=\rho(S,\theta,P) \tag{6}$$

Nestas equações $D=H+\eta$ representa a altura da coluna d'água, U e V são os componentes zonal e meridional da velocidade, respectivamente, f é o parâmetro de Coriolis, g é a aceleração da gravidade, ρ é a densidade, ρ_0 é a densidade de referência, ρ' é a anomalia de densidade, θ é a temperatura potencial, S é a salinidade, KM é o coeficiente de viscosidade cinemática vertical, KH é o coeficiente de difusão de calor vertical, $\partial R/\partial z$ é o termo de fluxo de calor radiativo e ω é a velocidade vertical transformada, correspondente à componente de velocidade normal às superfícies sigma. Essa transformação se dá segundo:

$$W=\omega+U\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial x}+\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)+V\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial y}+\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)+\sigma\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial \eta}{\partial t} \tag{7}$$

Todas as constantes e os parâmetros físicos utilizados no modelo hidrodinâmico são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros e constantes utilizadas no modelo hidrodinâmico.

Parâmetro	Valor	Descrição
TNU2 (m^4/s)	0,0	Operador bi-harmônico de difusão horizontal de traçadores
VISC2 (m^2/s)	5,0	Coeficiente de viscosidade horizontal
AKT_BAK (m^2/s)	$1{,}0\times10^{-6}$	Coeficiente vertical de mistura para traçadores
AKV_BAK (m^2/s)	$1{,}0\times10^{-5}$	Coeficiente vertical de mistura de momentum
AKK_BAK (m^2/s)	$5{,}0\times10^{-6}$	Coeficiente vertical de mistura para energia cinética turbulenta
RDRG (m/s)	$3{,}0\times10^{-4}$	Coeficiente linear de atrito com o fundo
RDRG2	$3{,}0\times10^{-3}$	Coeficiente quadrático de atrito com o fundo
ZOB (m)	$2{,}0\times10^{-2}$	Rugosidade do fundo
ZOS (m)	$2{,}0\times10^{-2}$	Rugosidade da superfície

3. Domínio do Modelo

Para simular a hidrodinâmica da região foi projetada uma grade numérica (Figura 1), que se estende de 0º a 17,3º S em latitude e 32,5º W a 46,0º W em longitude. O domínio da grade abrange parte da costa leste e nordeste brasileira, desde o estado da Bahia até o estado do Maranhão. A grade engloba a plataforma continental, o talude e parte das bacias oceânicas adjacentes.

A resolução da grade é de 1/24° (~4 km) e foi escolhida tanto para que as principais feições batimétricas e da linha de costa pudessem ser reproduzidas de forma satisfatória (Figura 2) como para permitir um desempenho computacional compatível. Essa escolha resultou em uma grade com 135.200 pontos em cada nível horizontal (camada sigma), com 30 níveis verticais (camadas sigma).

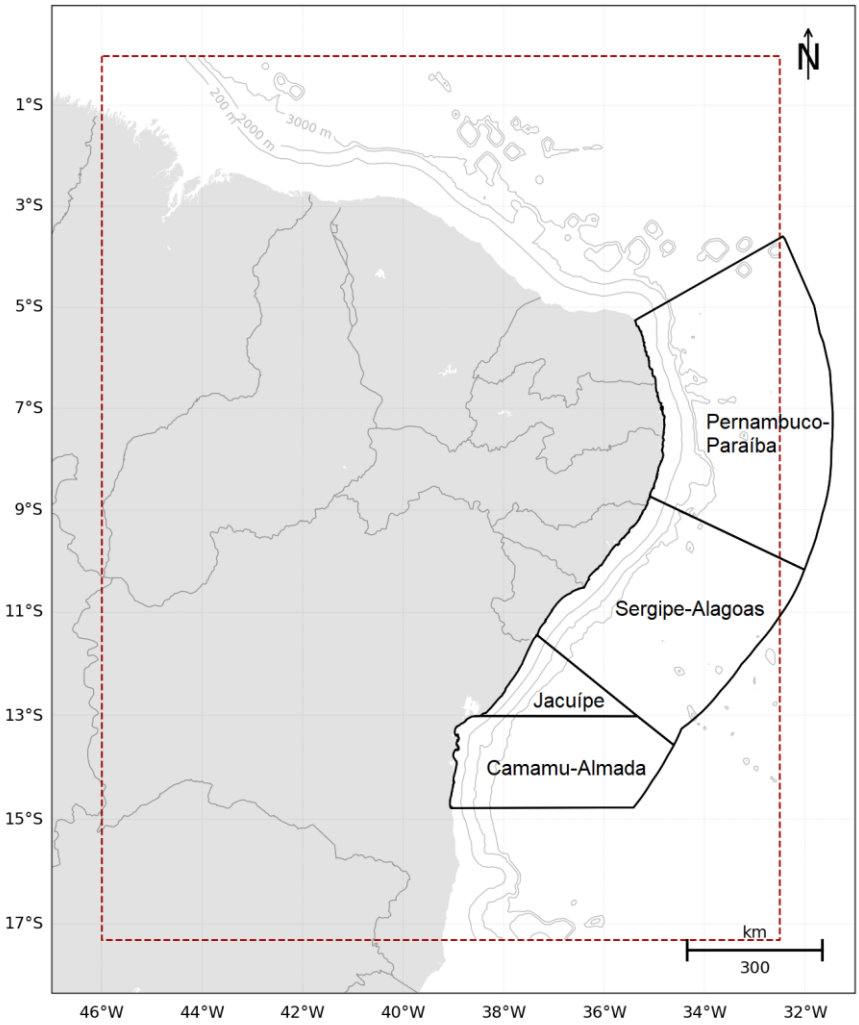


Figura 1: Região de modelagem. Polígono vermelho pontilhado representa os limites da grade do modelo hidrodinâmico.

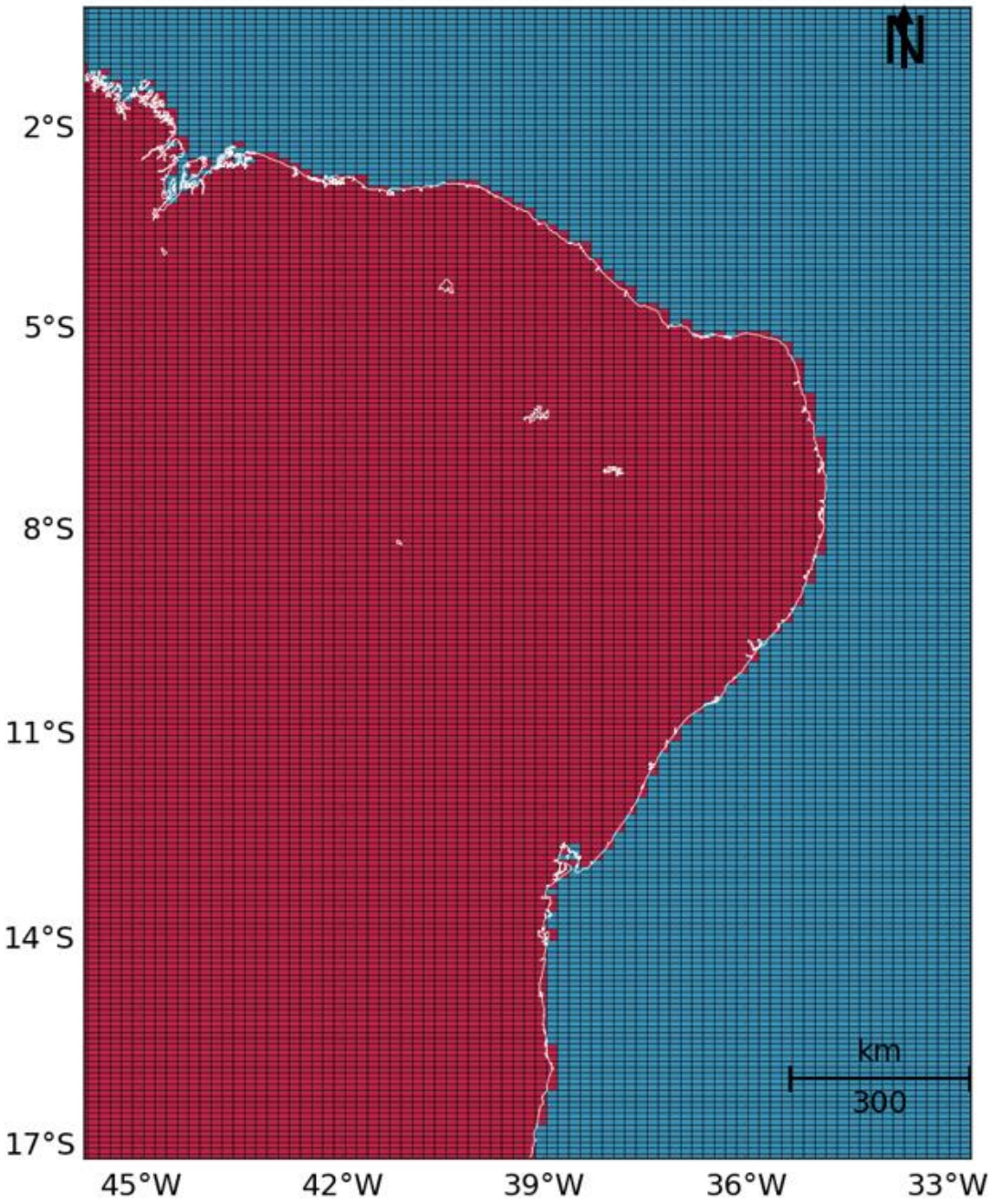


Figura 2: Detalhamento da representação da linha de costa pela grade do modelo hidrodinâmico. Os retângulos em vermelho representam as células consideradas como terra pelo modelo e a linha branca mostra a linha de costa da região.

4. Condições Iniciais

A situação ideal para se inicializar um modelo seria obter, *in situ*, dados de temperatura, salinidade e correntes em cada ponto de grade (nas três dimensões), observados simultaneamente, o que é inviável. Desta forma, deve-se procurar uma alternativa, como a obtenção de informações de bancos de dados que contenham o máximo de observações simultâneas com a resolução mais próxima à grade do modelo em questão.

Como condição inicial e de contorno para o sistema de previsão oceânica referente a região de estudo foram utilizados os dados de temperatura, salinidade, altura da superfície do mar e de correntes da Análise Global do Projeto Copernicus (antigo projeto MyOcean). Este projeto disponibiliza, semanalmente, os resultados da análise e previsão oceânica global por um período de 14 dias, com resolução espacial de 1/12° e temporal de 24 h. O modelo oceânico global utilizado no Copernicus é o NEMO (*Nucleus for European Models of the Ocean*), forçado pelos campos atmosféricos obtidos da Análise do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)*. O NEMO assimila dados de correntes, altura da superfície e TSM obtidos de satélites, além de dados de temperatura e salinidade obtidos *in situ*, que passam por um criterioso controle de qualidade (LARNICOL *et al*., 2006).

O modelo foi inicializado com os resultados da simulação do Copernicus, interpolados para a resolução espacial (vertical e horizontal) da grade usada no ROMS, o que é considerado um aninhamento de modelos. Nesse caso, se está aninhando o modelo regional para a região simulada (ROMS) em um modelo global (Copernicus) em modo *offline*, ou seja, as condições de contorno usadas no modelo de menor área e maior resolução foram extraídas de um modelo de maior área e menor resolução rodado previamente. Exemplos dos campos iniciais com dados do Copernicus fornecidos ao modelo são apresentados da Figura 3 à Figura 6.

O modelo foi configurado para simular as correntes da região durante todo o ano de 2013. Devido às condições oceanográficas locais, as correntes na região dos blocos podem ser dominadas por regimes distintos. Um sob domínio da Corrente do Brasil (CB) fluindo pra sul, e outro da Subcorrente Norte do Brasil (SCNB) fluindo para norte.

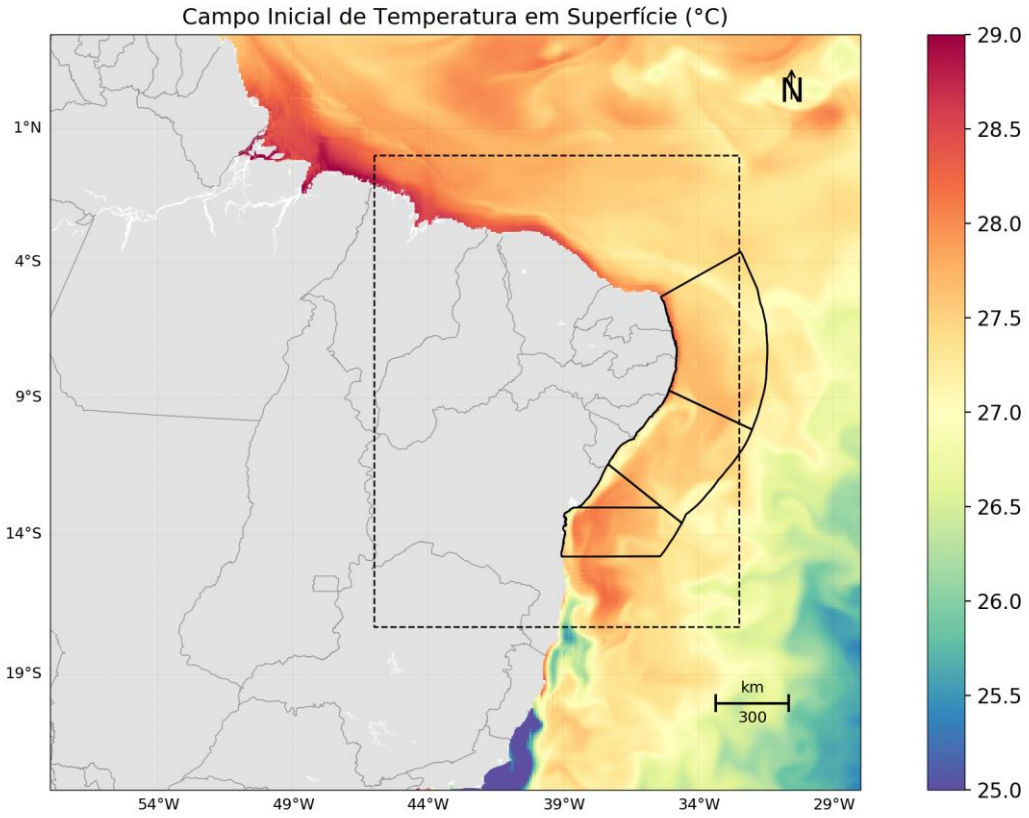


Figura 3: Campo de temperatura superficial do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados.

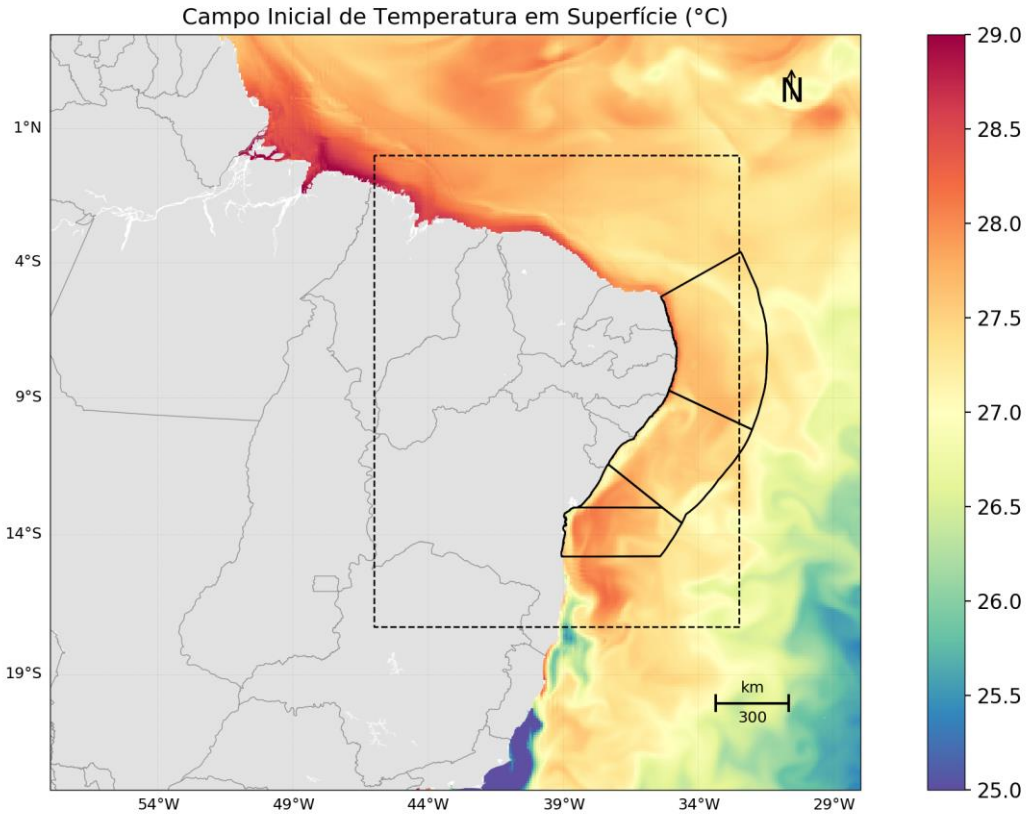


Figura 4: Campo de salinidade superficial do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados.

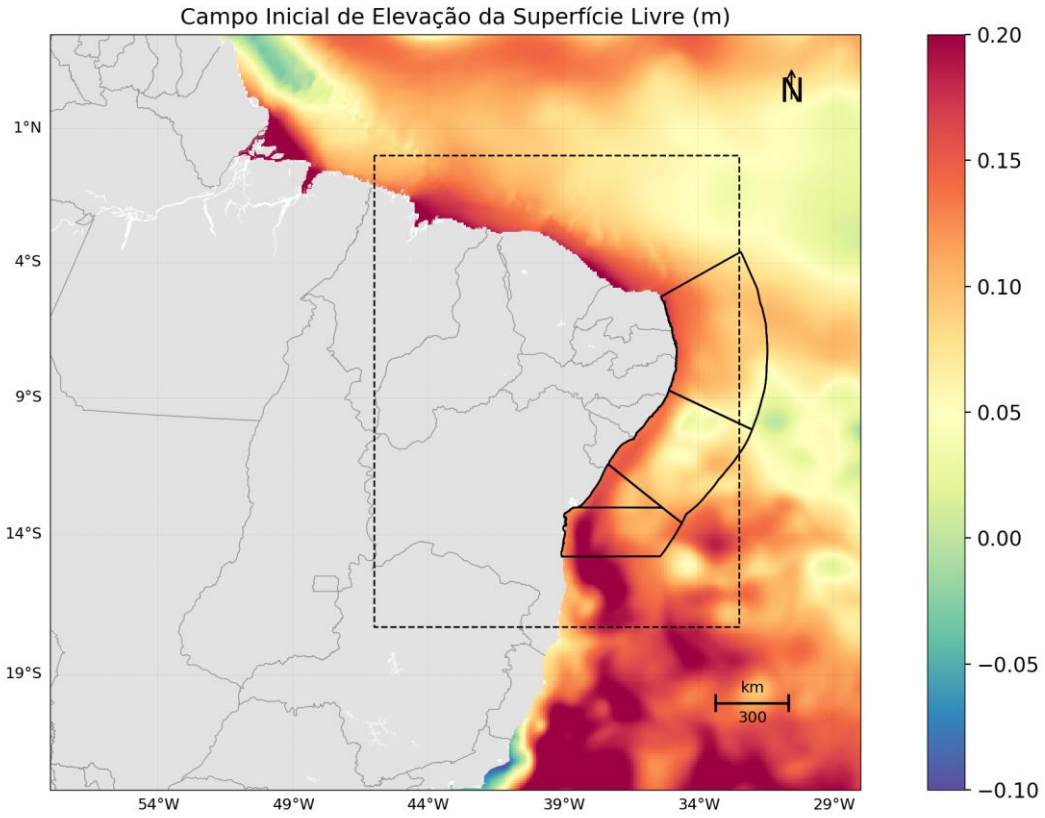


Figura 5: Campo de Elevação da Superfície Livre (m) do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados.

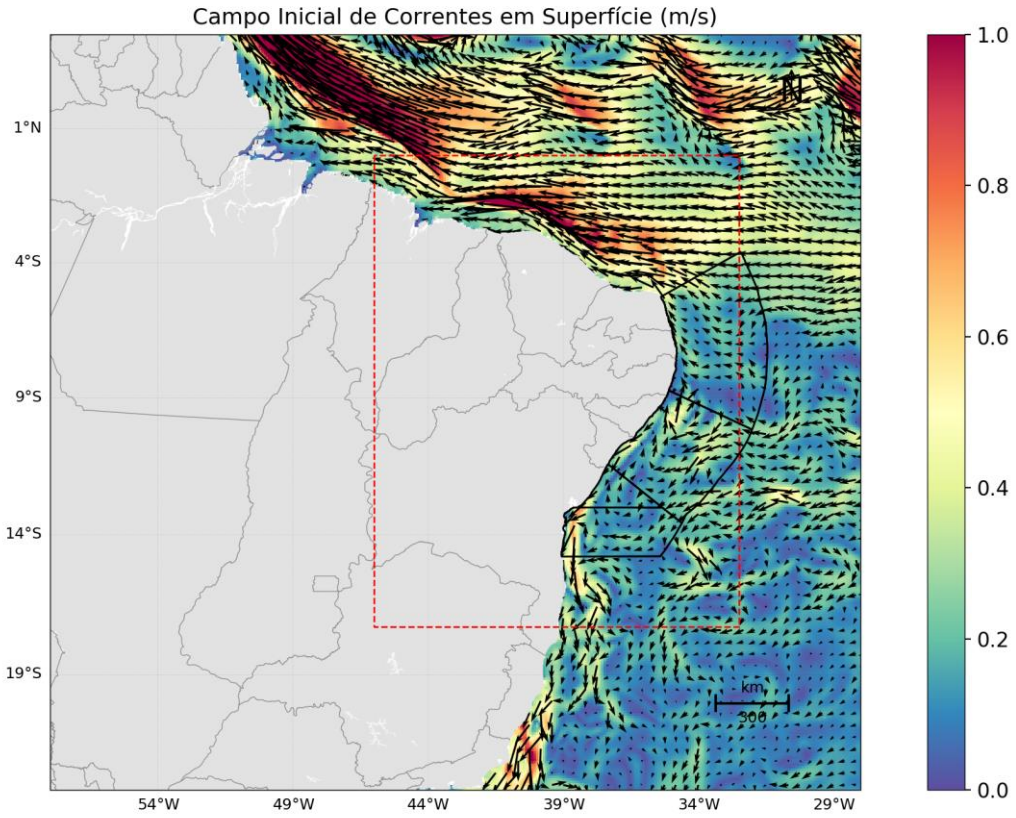


Figura 6: Campo de Correntes superficiais (m/s) do Copernicus (°C) no dia 1º de janeiro de 2013. A área em destaque representa o domínio do ROMS, no qual os dados foram interpolados.

5. Condições de Contorno

Quando se utiliza um modelo de área limitada, como é o caso do ROMS, um dos fatores primordiais é uma escolha adequada das condições de contorno do modelo (Figura 7). Tal escolha deve ser realizada com bastante critério, uma vez que os resultados serão consequência das condições escolhidas.

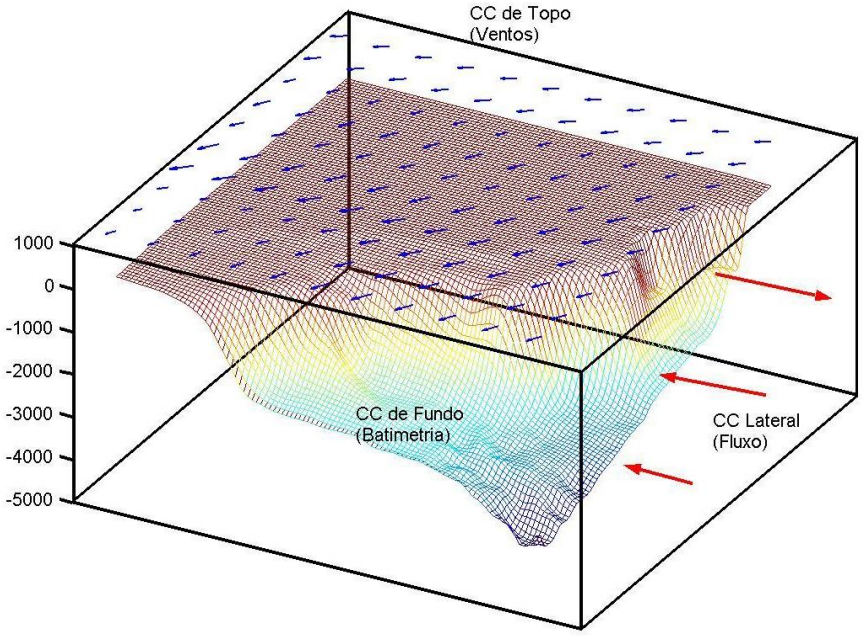


Figura 7: Representação esquemática das condições de contorno a serem definidas em um modelo de área limitada.

5.1. Condição de Contorno de Fundo

Para a confecção da matriz de batimetria do modelo da grade-filha, foram utilizados os dados da base global ETOPO1 (AMANTE; EAKINS, 2009). O ETOPO1 é um modelo global do relevo da superfície terrestre, com resolução espacial de 1 minuto de arco, que integra topografia e batimetria do oceano. Após interpolação cúbica, obteve-se a matriz de topografia do fundo para a grade utilizada no modelo hidrodinâmico (Figura 8).

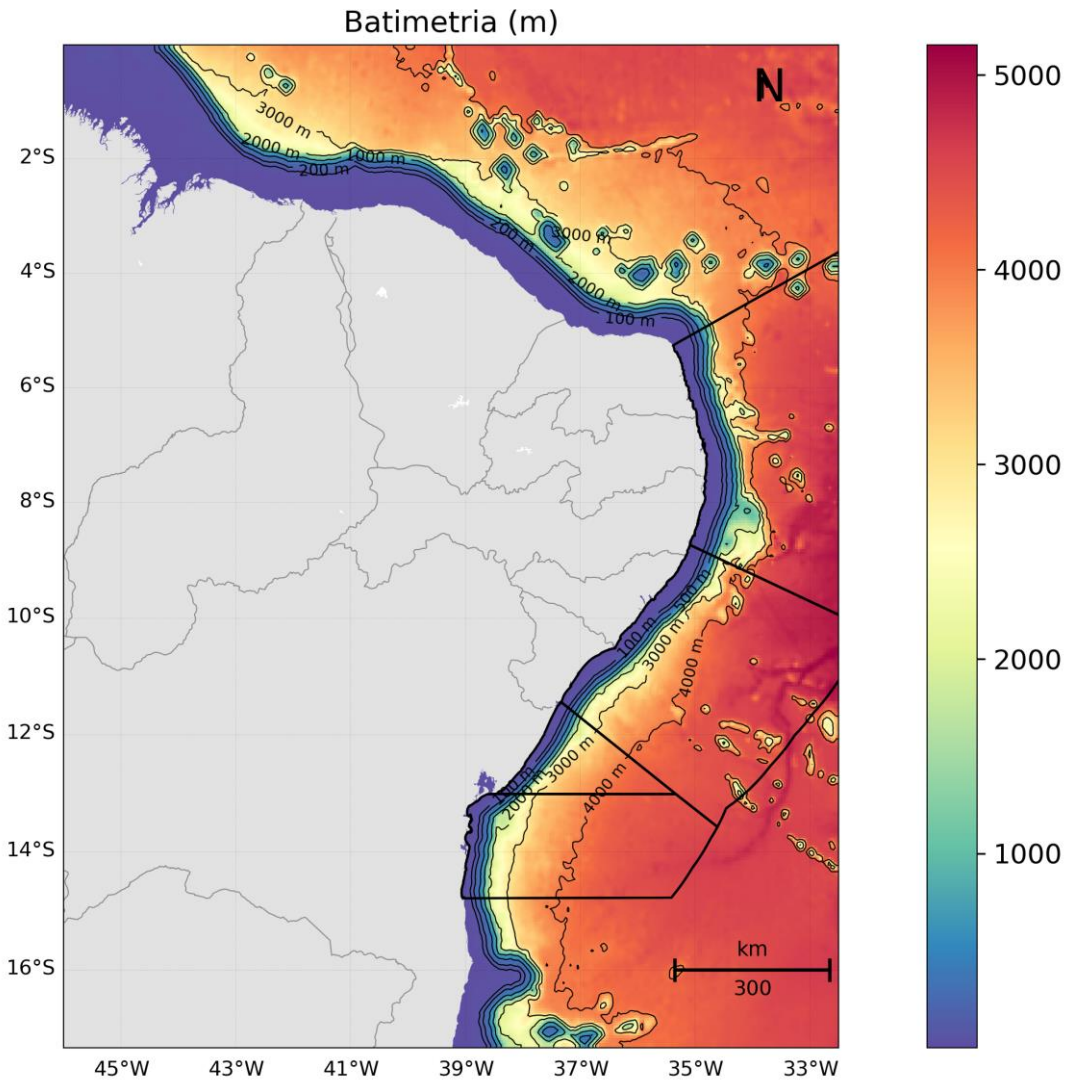


Figura 8: Batimetria da grade do modelo numérico ROMS.

5.2. Condição de Contorno de Superfície

No ROMS, os fluxos na interface oceano/atmosfera necessários para forçar o modelo podem ser inseridos de duas formas. O usuário pode fornecer dados com o fluxo total de calor, ou ativar a camada limite (oceano/atmosfera) do modelo para calcular tanto o fluxo total de calor quanto o atrito do vento através dos campos atmosféricos. Essa camada limite é baseada na parametrização das trocas ar/mar descrita por Liu *et al*. (1979) e calculada pela rotina bulk_flux.F, que foi adaptada do código do COARE, descrito em Fairall *et al*. (1996). Os fluxos turbulentos de vento, calor e mistura são calculados usando a teoria de similaridade Monin-Obukhov (LIU *et al*., 1979).

Se a camada limite oceano/atmosfera é ativada, como neste caso, o usuário necessita informar os seguintes campos atmosféricos superficiais:

- Componente zonal do vento;
- Componente meridional do vento;
- Temperatura do ar;
- Pressão atmosférica;
- Umidade relativa do ar;
- Taxa de precipitação;
- Radiação de onda curta;
- Radiação de onda longa.

Estes campos foram obtidos através da Reanálise II do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*), com resolução espacial de 1,8º e temporal de 6 horas, para todo período de modelagem (janeiro a dezembro de 2013).

A base de dados conhecida como “Reanálises do NCEP” foi originada a partir de uma cooperação entre o NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e o NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), com intuito de produzir inicialmente uma rede de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (KALNAY *et al.*, 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (KISTLER *et al.*, 2001), e atualmente, estão disponíveis mais de 60 anos (1948-atual) de dados. A Reanálise II do NCEP trata-se de uma atualização da Reanálise, incluindo algumas correções (KANAMITSU *et al*, 2002).

Esta base de dados foi utilizada por se tratar de uma reanálise que assimila dados meteoceanográficos de diversas fontes, apresenta resolução espacial e temporal compatíveis

com a natureza do estudo, e disponibiliza informações de todas as oito variáveis meteorológicas necessárias para forçar o ROMS.

Como exemplo**,** nos campos atmosféricos utilizados como condição de contorno de topo do modelo, na Figura 9 à Figura 15, são apresentados os campos médios de cada variável, calculados para o período sazonais identificados para a região: Período 1, de novembro a abril, e Período 2, maio a outubro. Essa divisão em dois cenários foi feita a partir da observação das informações de ventos e correntes da região das bacias.

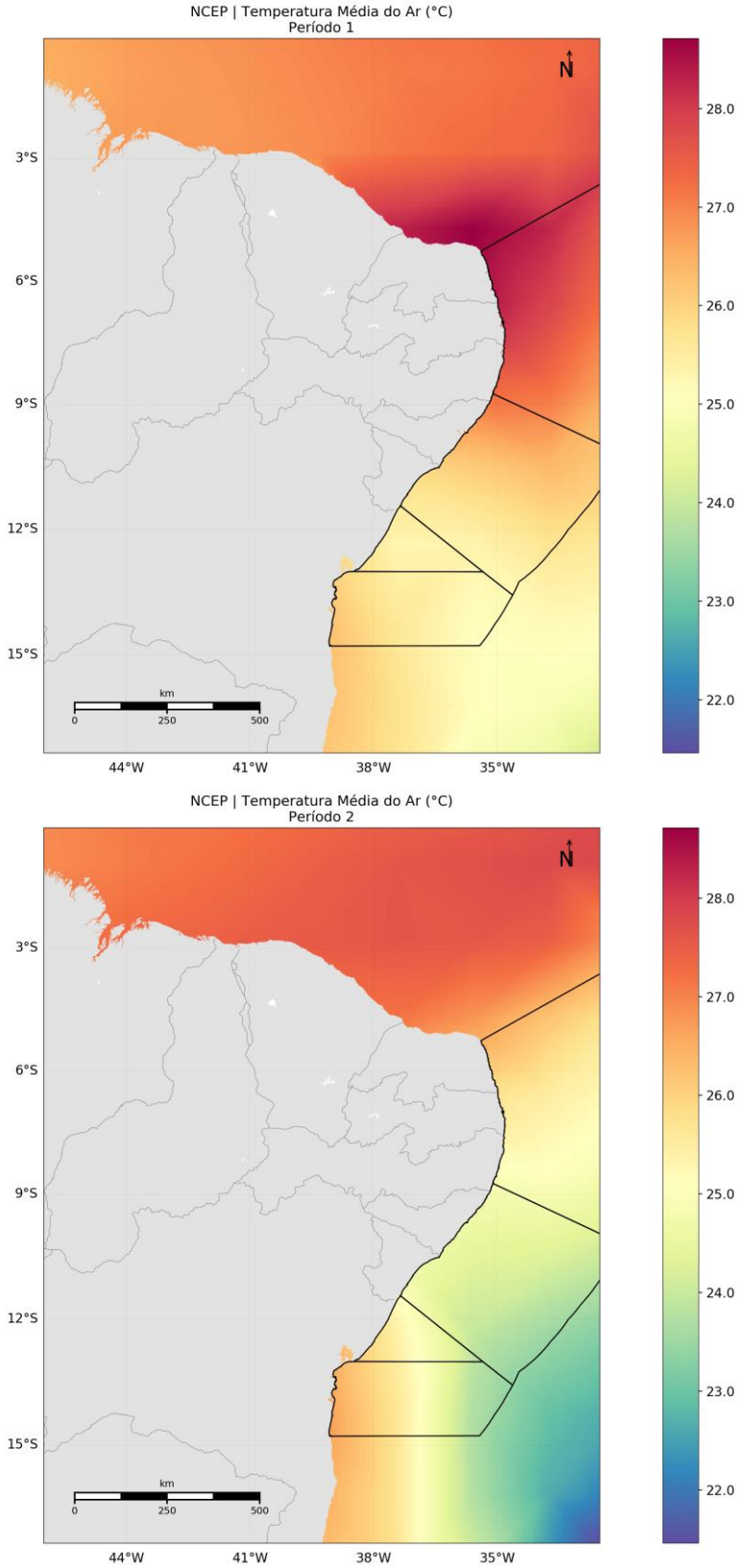


Figura 9: Campo médio dos dados de temperatura do ar a 2 m da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

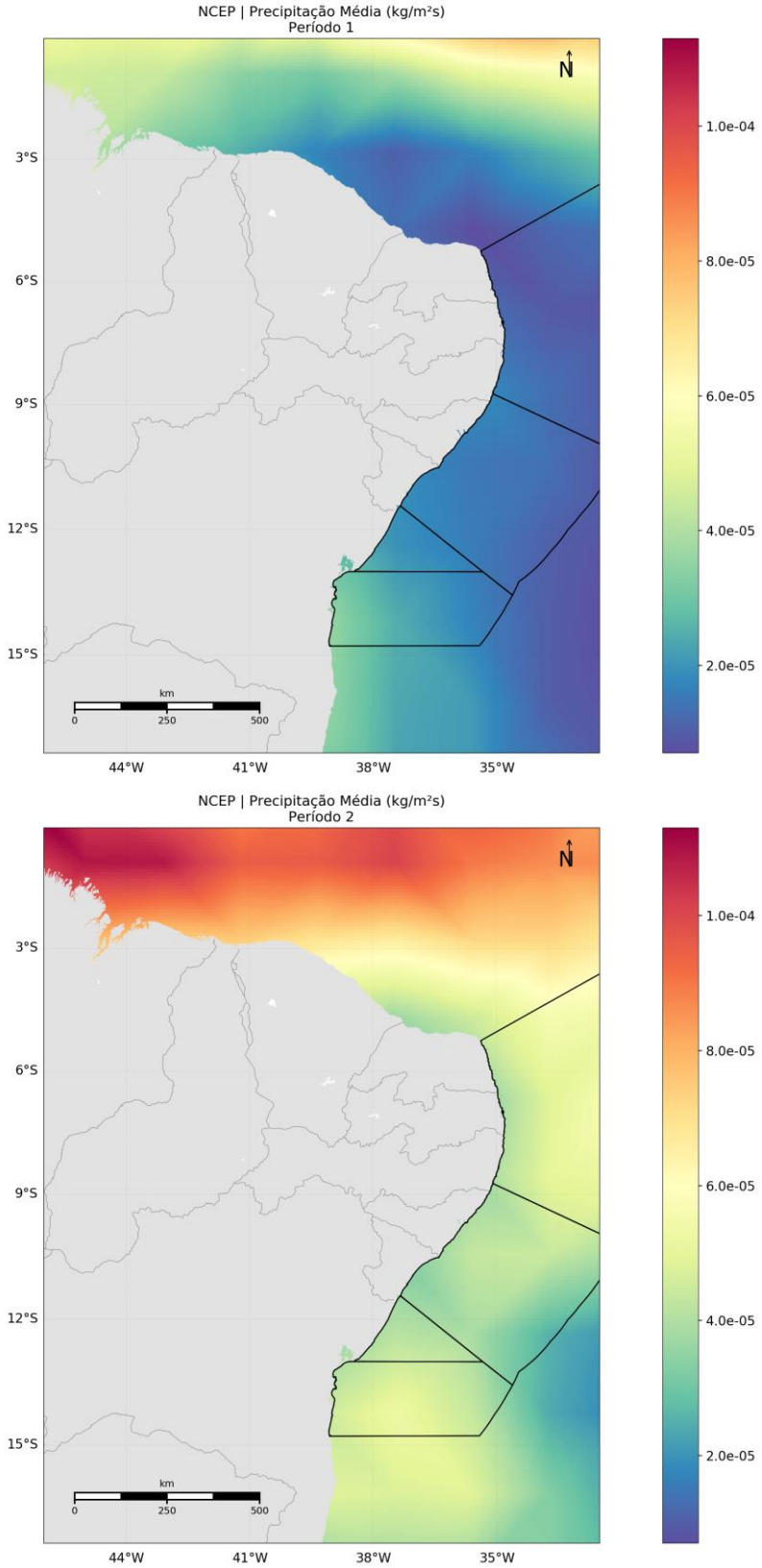


Figura 10: Campo médio dos dados de precipitação da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

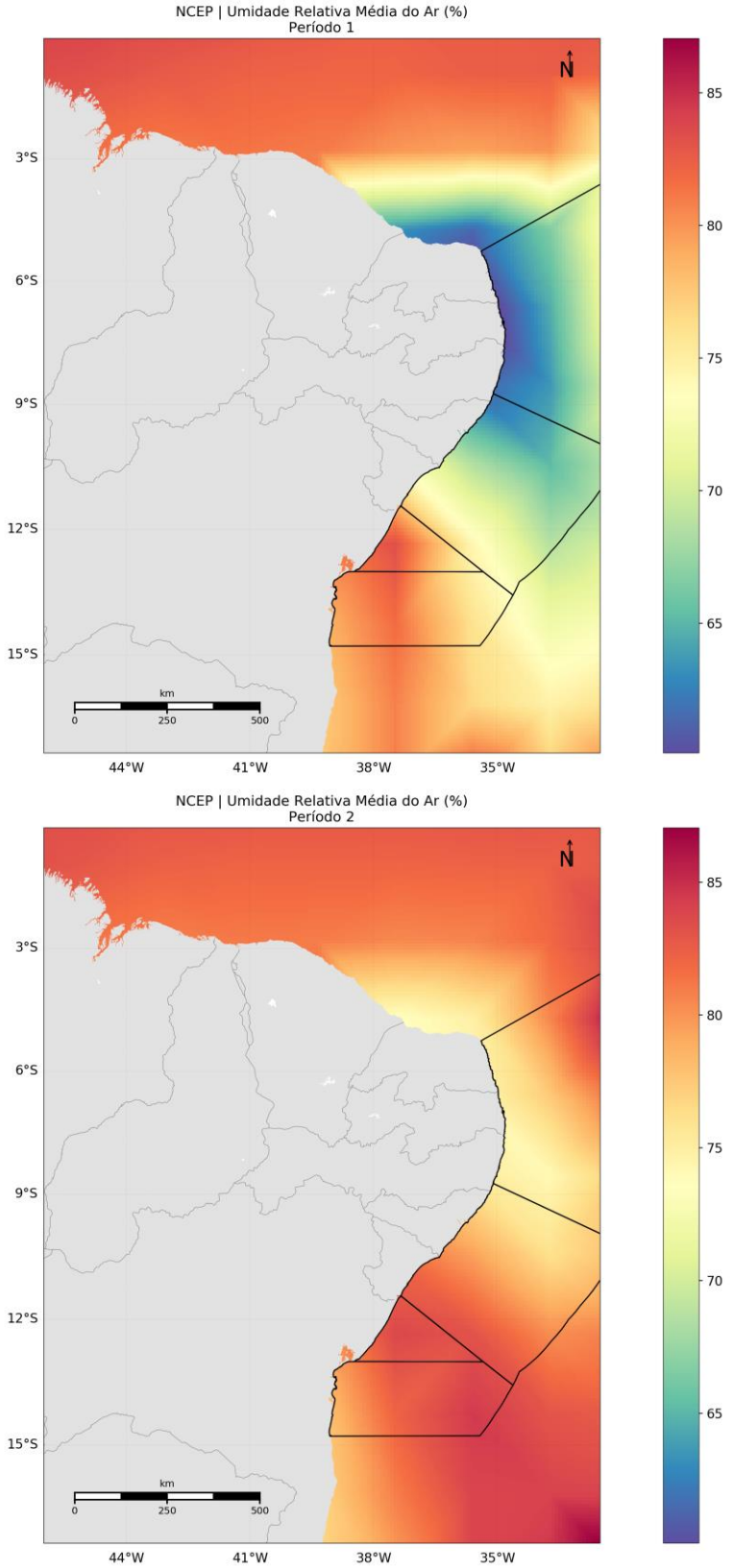


Figura 11: Campo médio dos dados de umidade relativa do ar da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

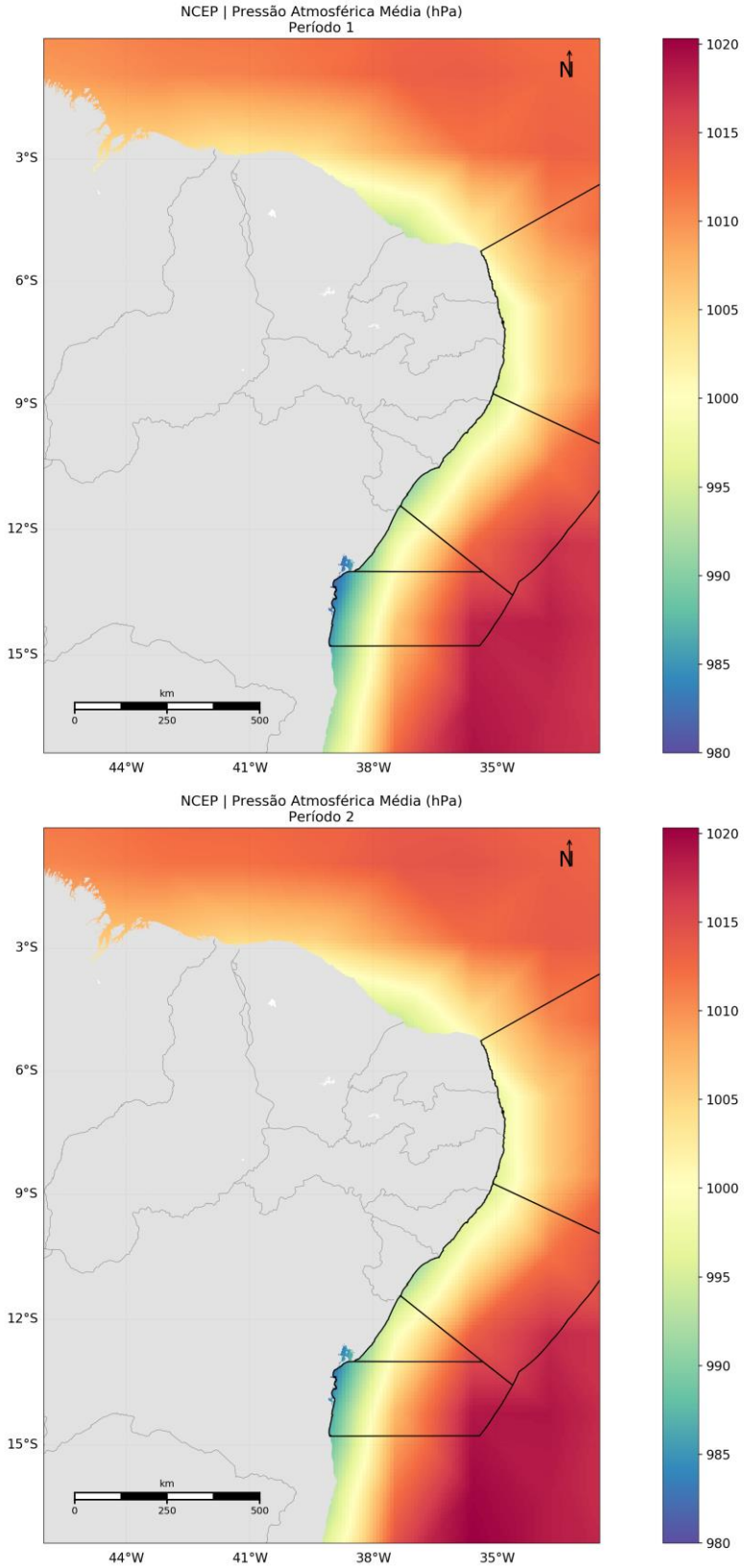


Figura 12: Campo médio dos dados de pressão atmosférica da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

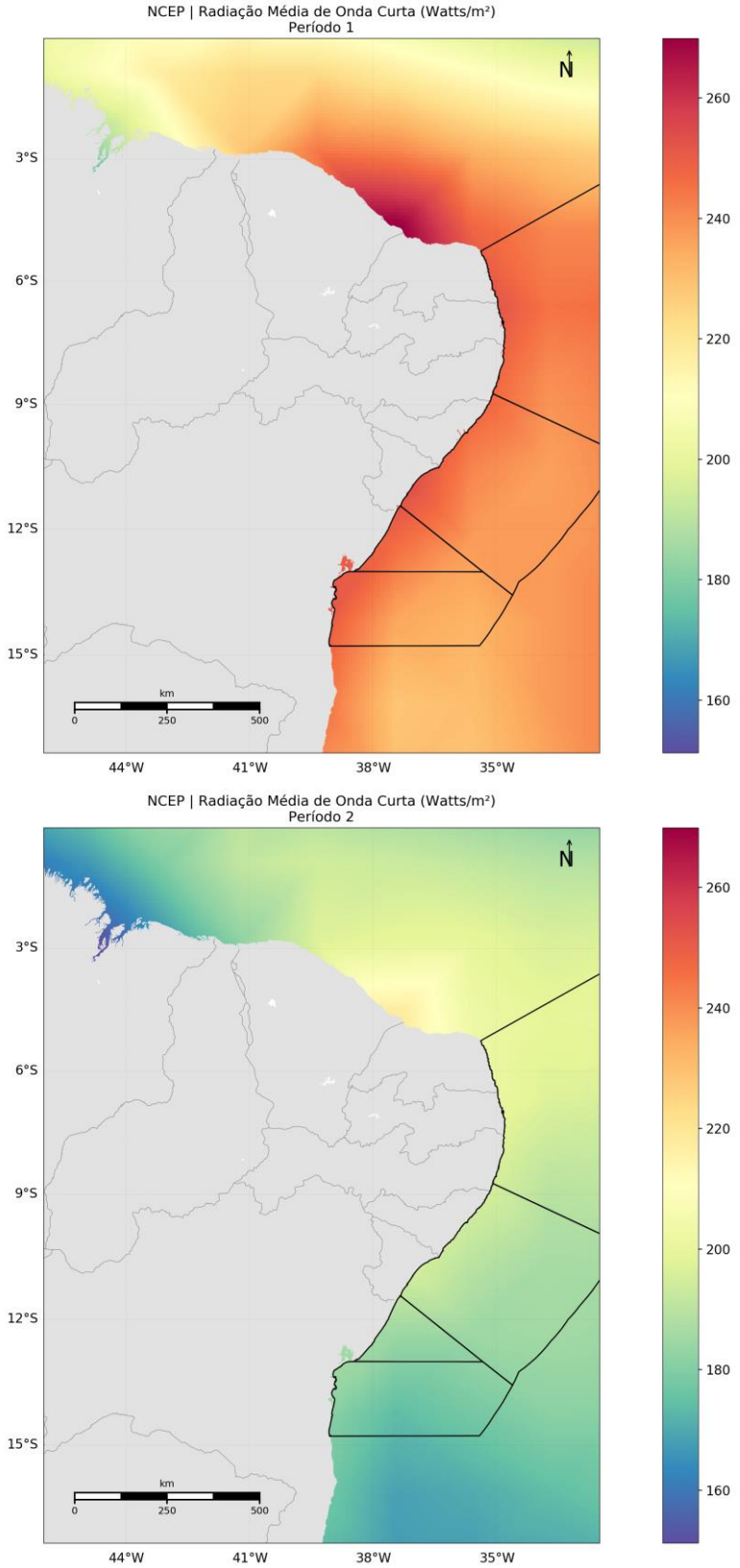


Figura 13: Campo médio dos dados de radiação de onda curta da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

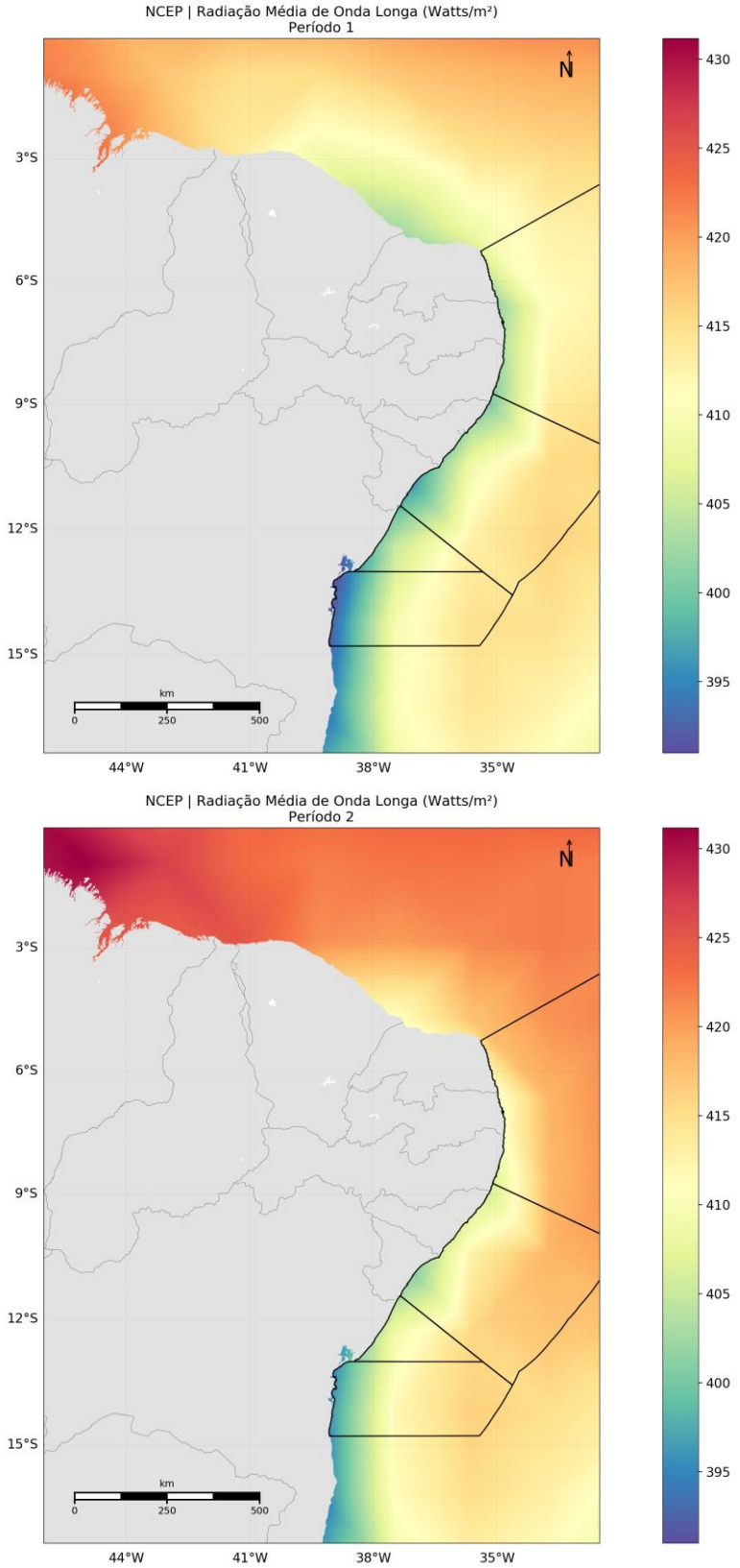


Figura 14: Campo médio dos dados de radiação de onda longa da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

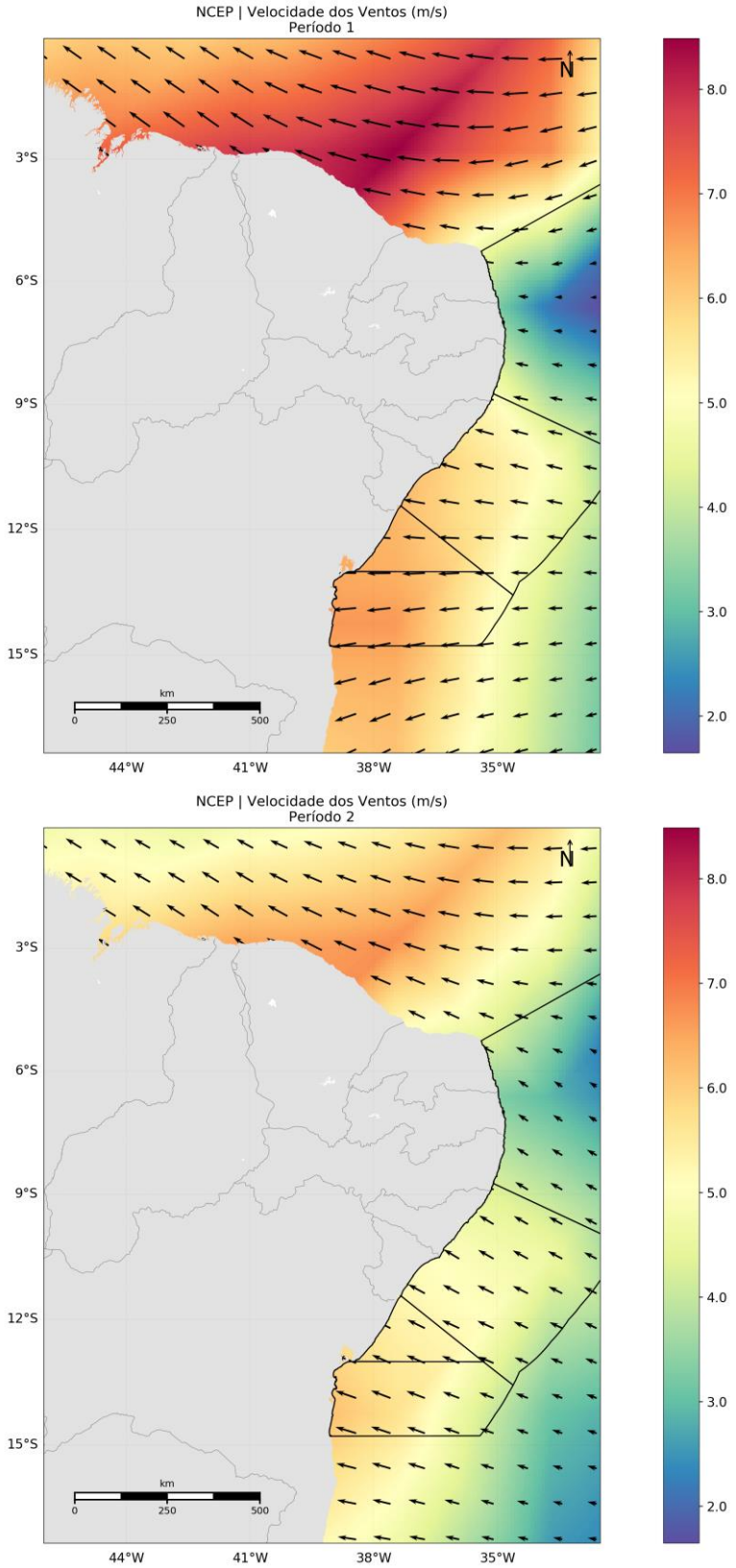


Figura 15: Campo médio dos dados de vento da Reanálise II do NCEP utilizados como forçante para o período 1 (superior) e para o período 2 (inferior).

5.3. Condição de Contorno Laterais

O modelo possui três fronteiras abertas (norte, leste e sul) e uma fechada (oeste). Na fronteira fechada foram utilizadas as condições de contorno, com velocidades normais ao contorno nulas e *free-slip*, ou seja, velocidades tangenciais ao contorno podendo ser diferentes de zero.

Por se tratar de um modelo regional, para as fronteiras abertas há a necessidade de se obter informações de regiões exteriores ao domínio do modelo. Nesse caso, foram utilizados os resultados do Copernicus (temperatura, salinidade, altura da superfície do mar e correntes) com resolução espacial de 1/12º e temporal de 1 dia. Para passar estas informações ao ROMS, os resultados do Copernicus foram interpolados em seções verticais localizadas nas bordas do modelo. Assim, a cada dia simulado, o modelo faz a leitura destas informações no contorno, propagando-as para o interior do domínio.

5.4. Maré

Para simular o efeito da elevação do nível do mar no domínio de modelagem, foram utilizadas as constantes harmônicas do modelo global de marés TPX07 (EGBERT; EROFEEVA, 2002). Este modelo possui resolução de 1/4º e utiliza dados do satélite altimétrico TOPEX/POSEIDON como fonte primária para assimilação.

A seguir, da Figura 16 à Figura 23, são apresentados os campos de amplitude e fase das oit) primeiras constantes harmônicas do TPX07 fornecidas ao modelo para o cálculo da elevação de maré, ressaltando que o ROMS utiliza apenas os dados nos contornos como forçante.

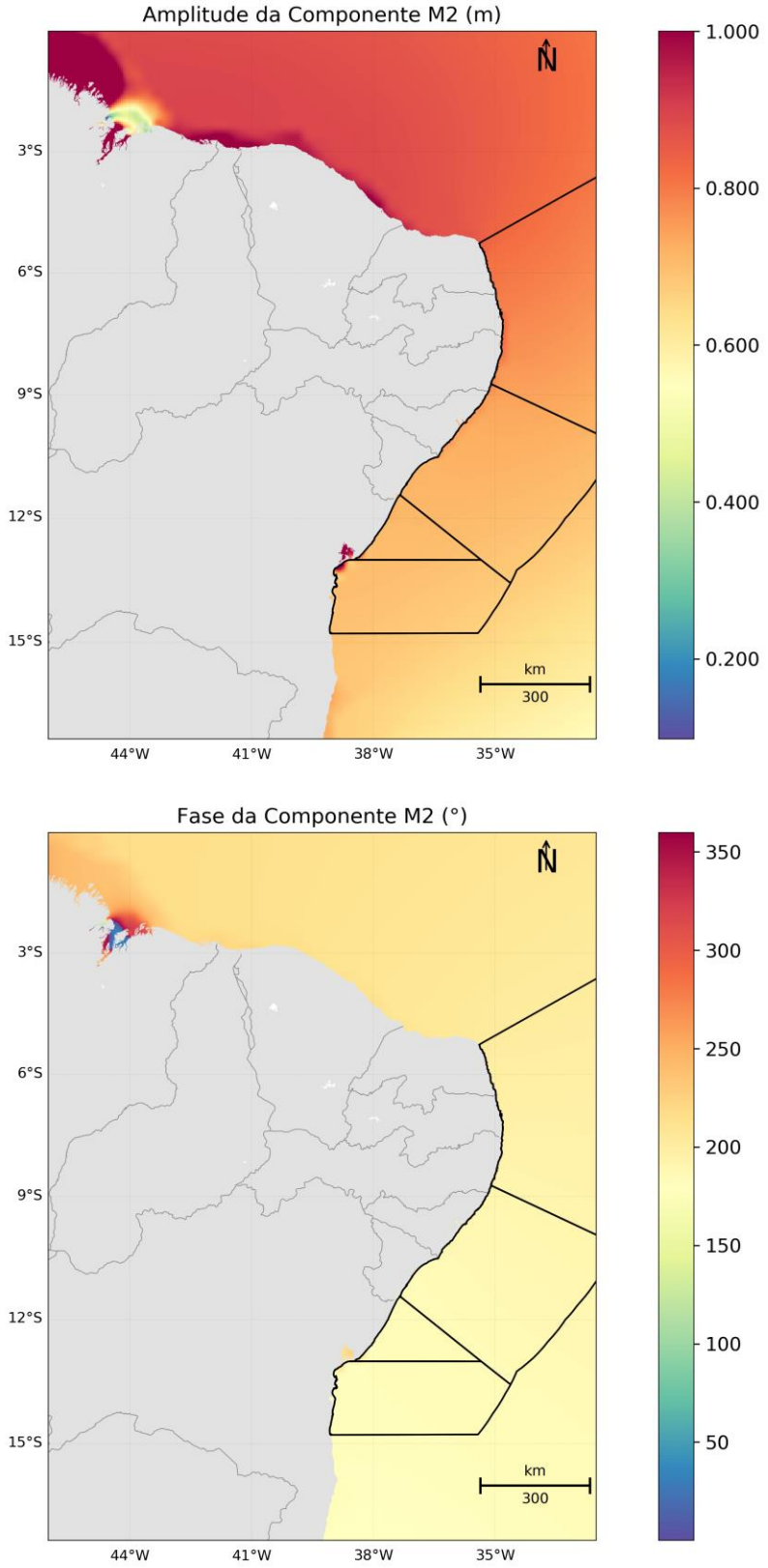


Figura 16: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente M2.

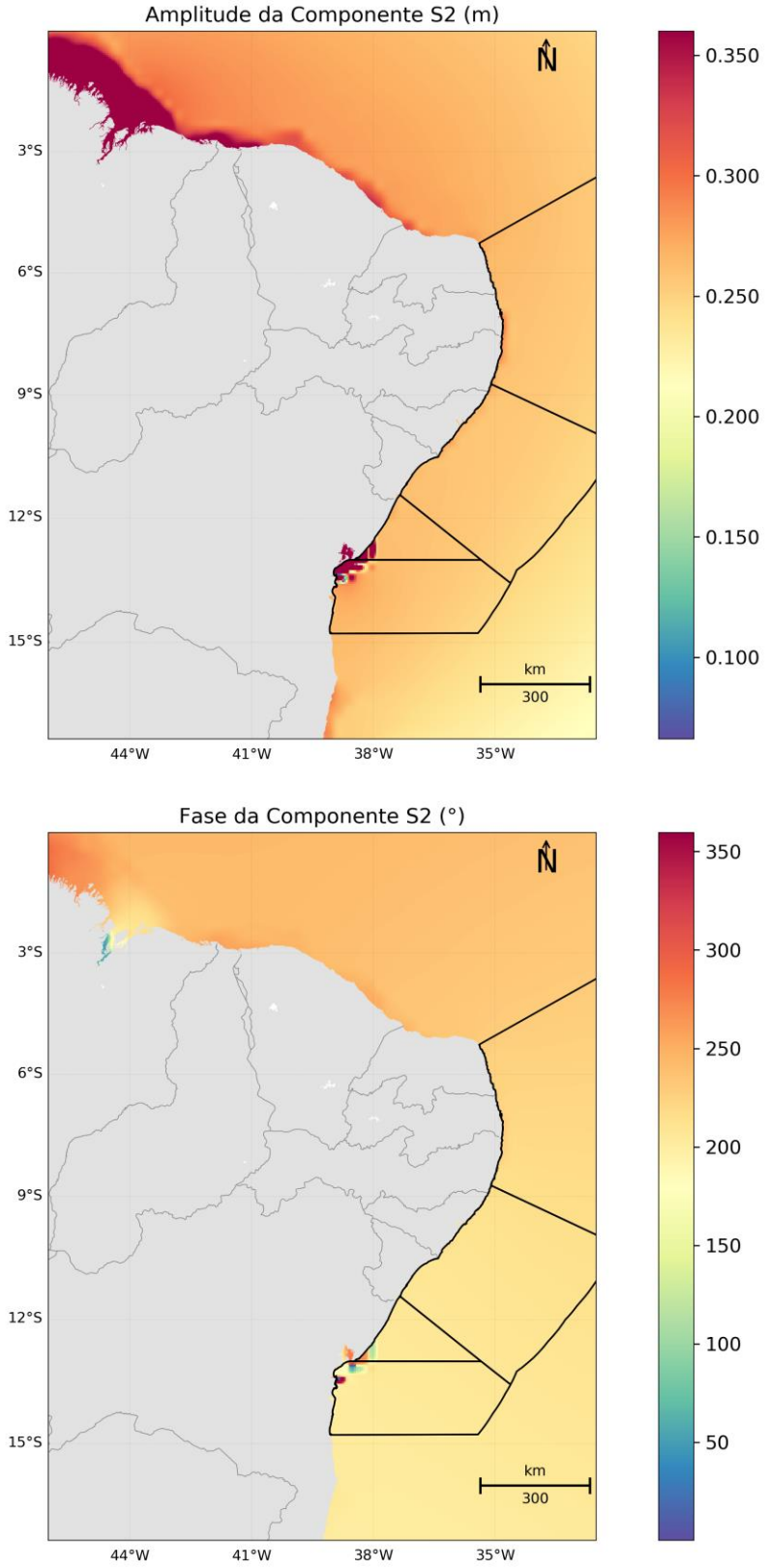


Figura 17: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente S2.

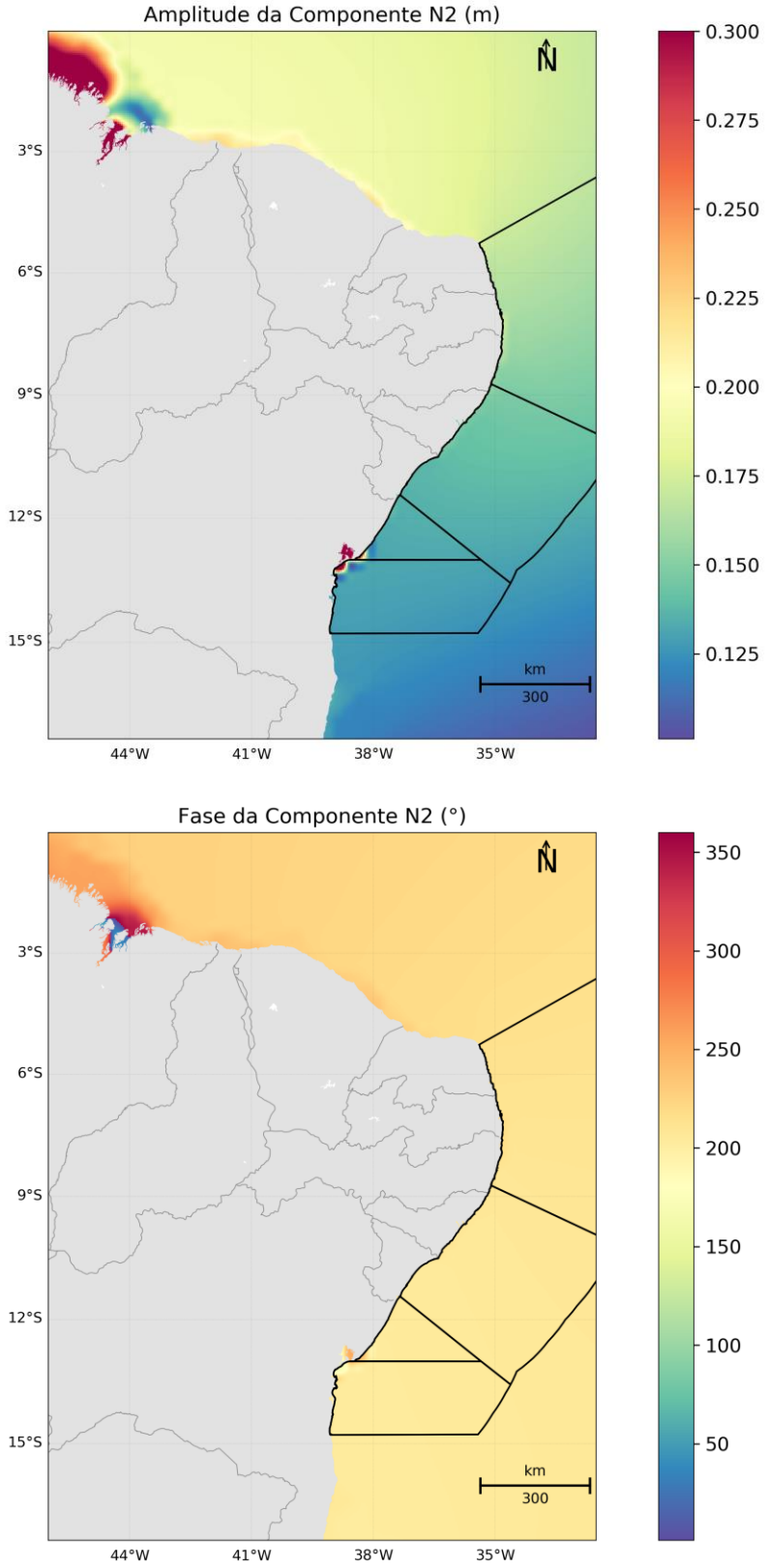


Figura 18: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente N2.

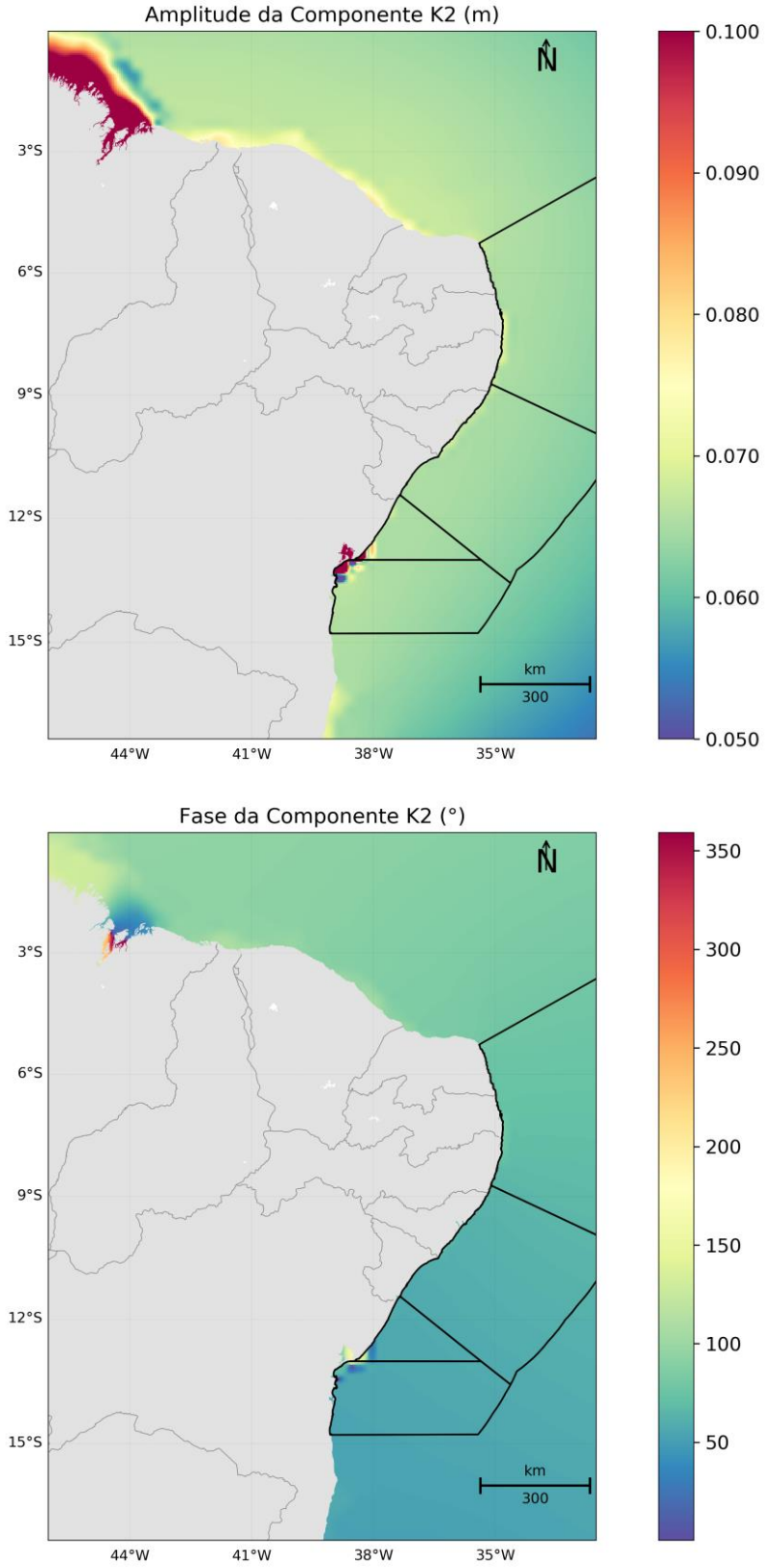


Figura 19: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente K2.

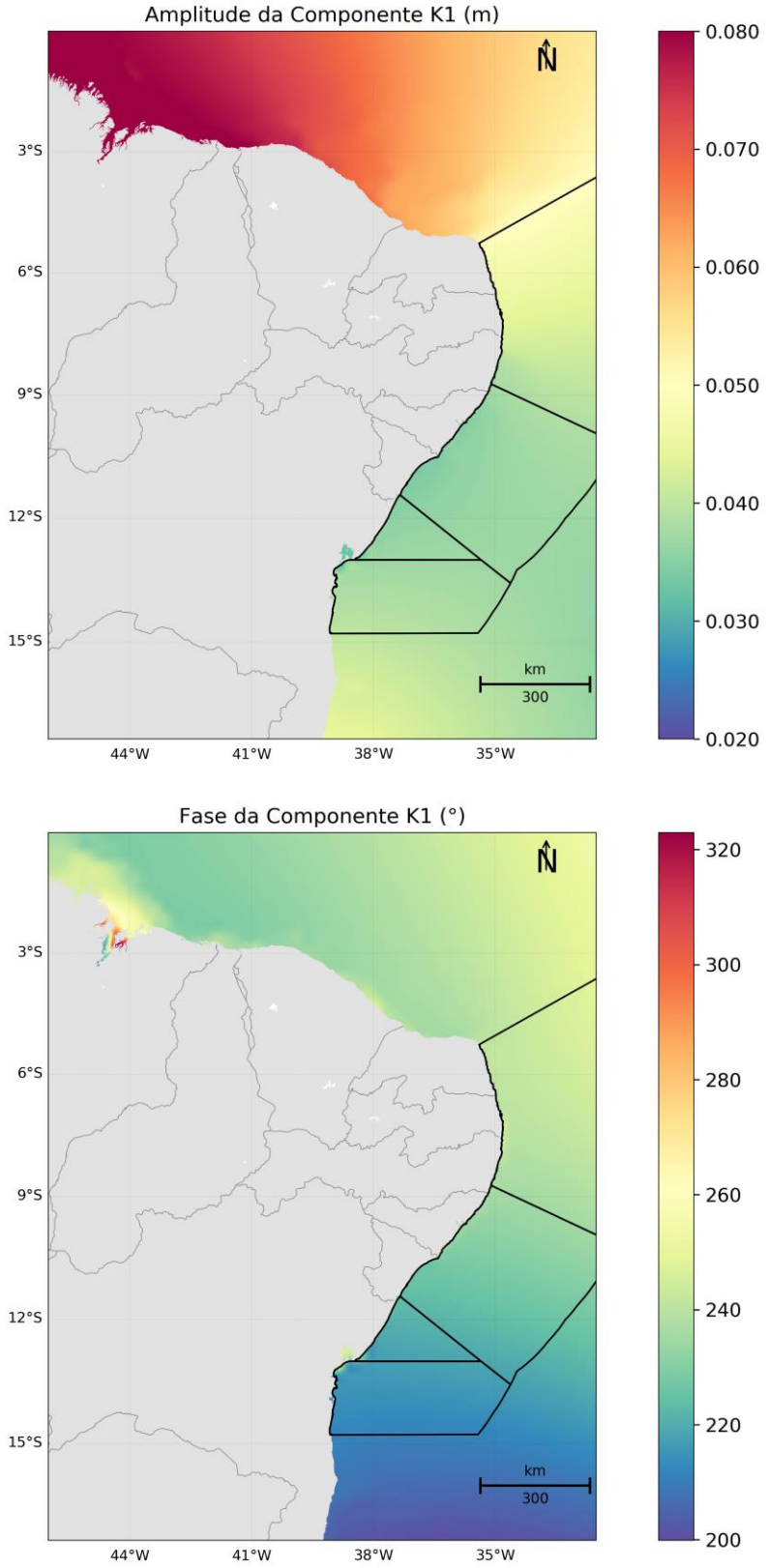


Figura 20: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente K1.

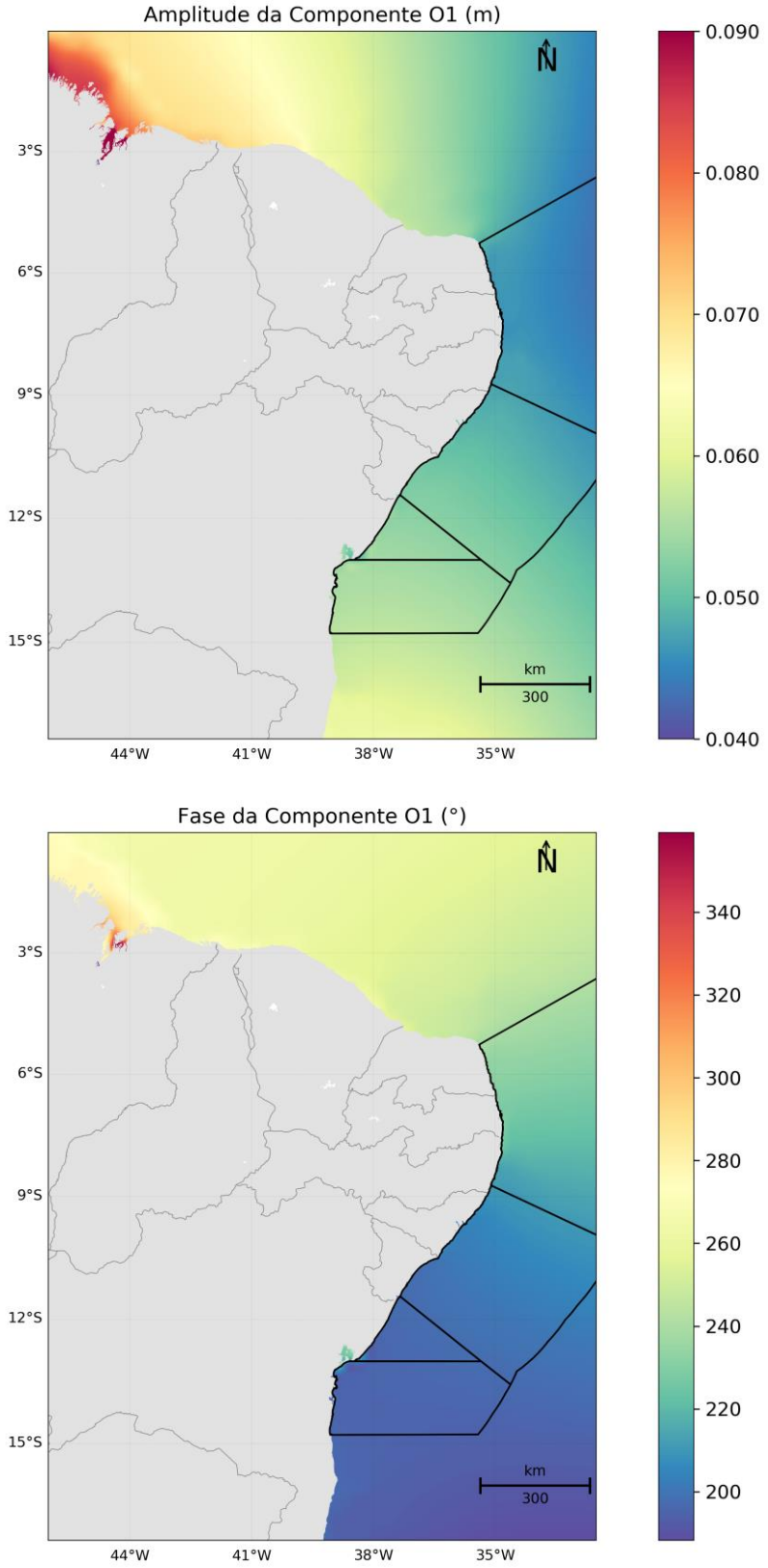


Figura 21: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente O1.

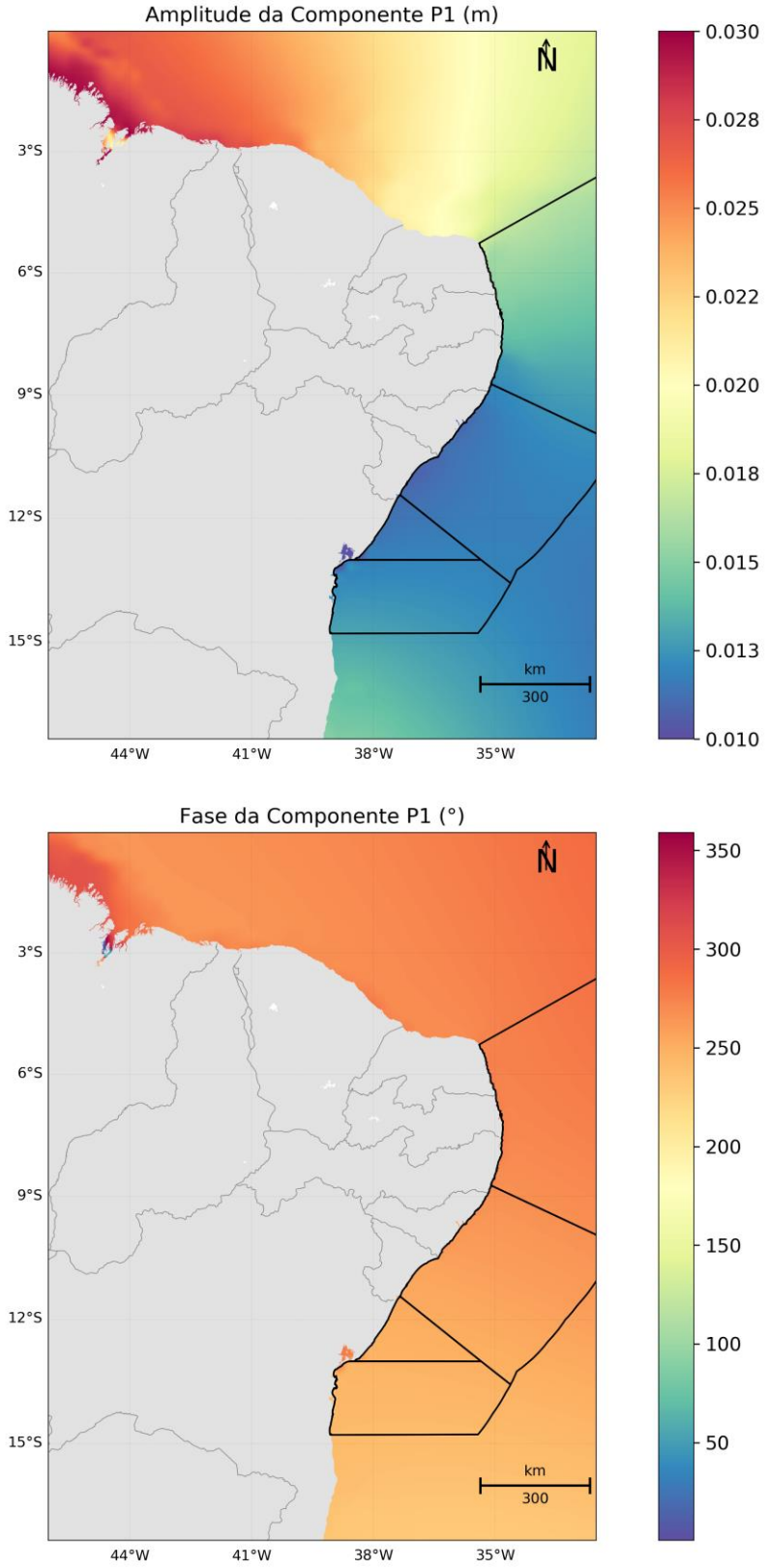


Figura 22: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente P1.

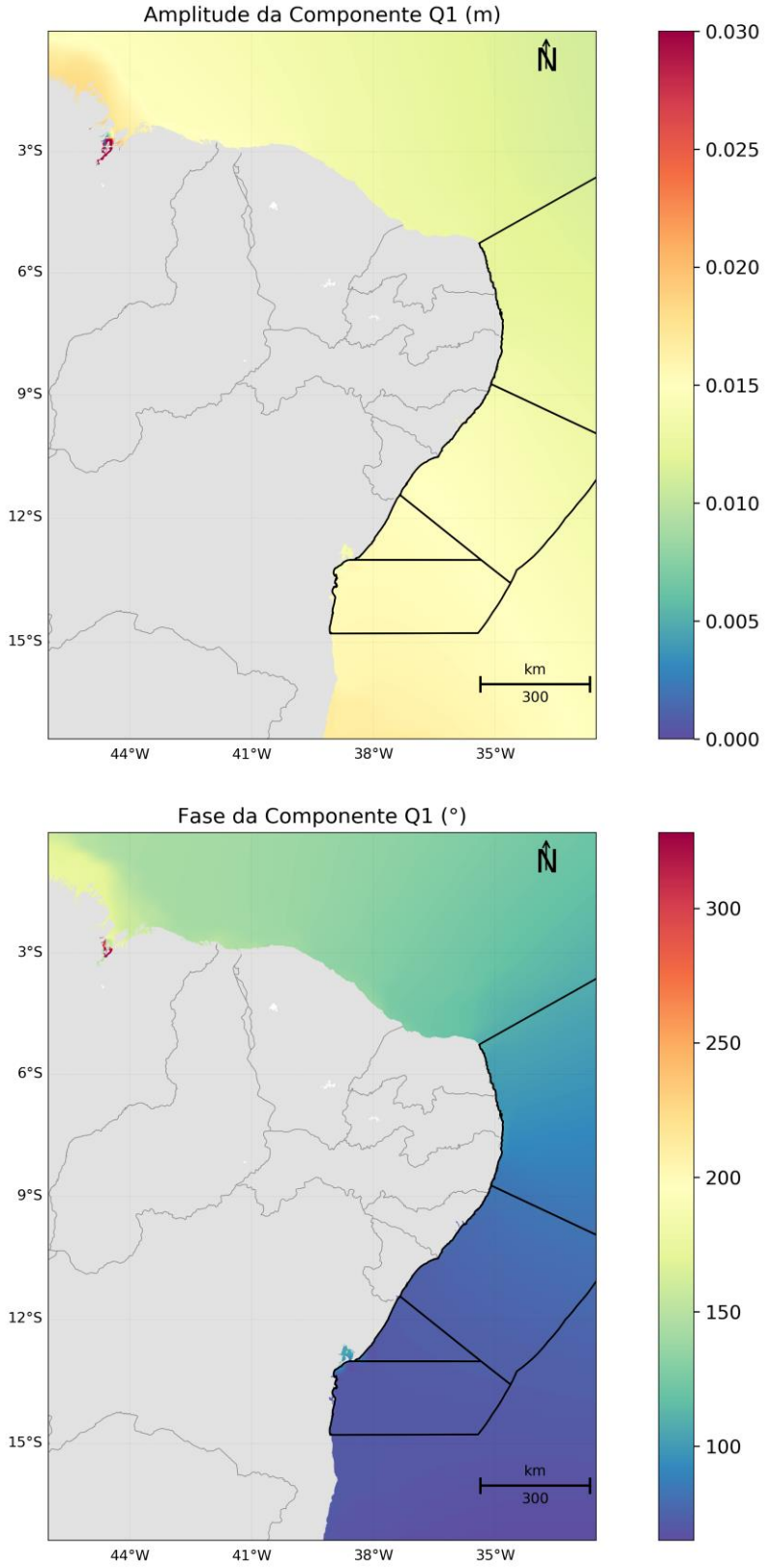


Figura 23: Mapa de amplitudes da elevação e fases da componente Q1.

A propagação da elevação de maré foi gerada utilizando-se a combinação de condições de contorno do tipo Flather, para as velocidades barotrópicas, e Chapman, para a elevação.

A condição de contorno proposta por Flather (1976) combina a equação de Summerfeld com uma versão unidimensional da equação da continuidade aplicada à direção normal ao contorno aberto e pode ser representada por:

$$\overline{u_n} = \overline{u_n^{ext}} - \sqrt{\frac{g}{h}}\left(n - n^{ext}\right) \tag{8}$$

onde $\overline{u}_n^{ext}$ representa os dados externos, h a profundidade local, g a aceleração da gravidade e η a elevação do nível do mar. Esta condição de contorno é apropriada para fluxos barotrópicos, porém potencialmente instável quando a condição CFL não é respeitada.

Já a condição de contorno Chapman (CHAPMAN, 1985) considera a propagação de ondas de gravidade e pode ser representada por:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \sqrt{g\left(n + h_0\right)}\frac{\partial n}{\partial x} = 0 \tag{9}$$

onde h_0 é a profundidade local.

5.5. Descarga Fluvial

A descarga do Rio São Francisco é outro fator considerado. Para tanto, foram utilizadas as médias mensais de vazão (Figura 24), obtidas do site da Agência Nacional de Águas – ANA (http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/), para o período entre 1977 e 2016. Sendo assim, a vazão imposta para cada mês de simulação foi a vazão correspondente à média para o mesmo mês. As médias mensais de vazão foram impostas no ponto de grade mais próximo à foz do rio São Francisco.

A sazonalidade da descarga fluvial é bem marcada. O rio São Francisco apresenta vazão média de aproximadamente 2.200 m³/s, com máxima vazão no mês de fevereiro (~3.000 m³/s) e mínima entre junho e agosto (~1.800 m³/s).

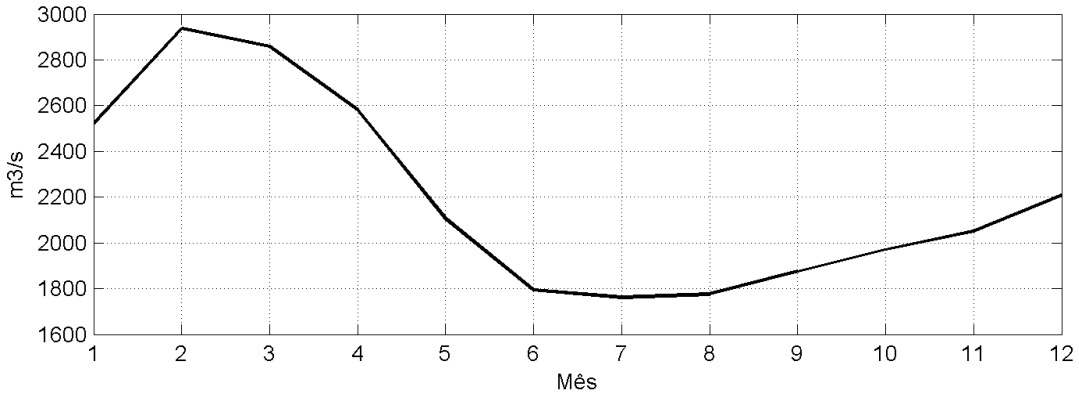


Figura 24: Médias mensais da vazão do rio São Francisco.

6. Estabilização da Energia Cinética

O modelo ROMS, além de usar os resultados do Copernicus como condição inicial e de contorno, foi configurado para ler os resultados do Copernicus em todo o seu domínio (X, Y e Z), inserindo um termo de tendência (*Nudging*), que faz com que os resultados do ROMS se aproximem aos do Copernicus.

O termo de tendência (*Nudging*) nos resultados do ROMS é inserido da seguinte forma: o usuário deve fornecer a escala de tempo relativa ao *nudging* (nesse caso 1 dia) e então os resultados, em cada ponto de grade do ROMS são alterados em direção ao valor do resultado do Copernicus através da seguinte equação:

$$\Delta \emptyset = \frac{Dt}{T}(\emptyset - \emptyset^{ext}) \qquad (10)$$

Onde ø representa uma variável do modelo (ROMS), $ø^{ext}$ representa um dado externo (Copernicus), *Dt* é o passo de tempo do modelo ROMS, Δø é o incremento imposto à variável e T é a escala de tempo para o *nudging*.

O emprego desta técnica tem o objetivo de aproveitar as vantagens do modelo Copernicus (modelo global com sistema robusto de assimilação de dados) e conseguir uma representação das escalas temporais e espaciais adequadas para o problema proposto com o modelo ROMS (resultados de 2 em 2 horas, resolução de 1/24º). Com isso consegue-se a representação de processos físicos não representados no modelo Copernicus, como a maré.

Consequentemente, não é necessário que o modelo seja integrado por certo período para atingir a estabilidade (*spin-up*), como demonstrado pelo gráfico da variação da energia cinética média do modelo ao longo da simulação (Figura 25).

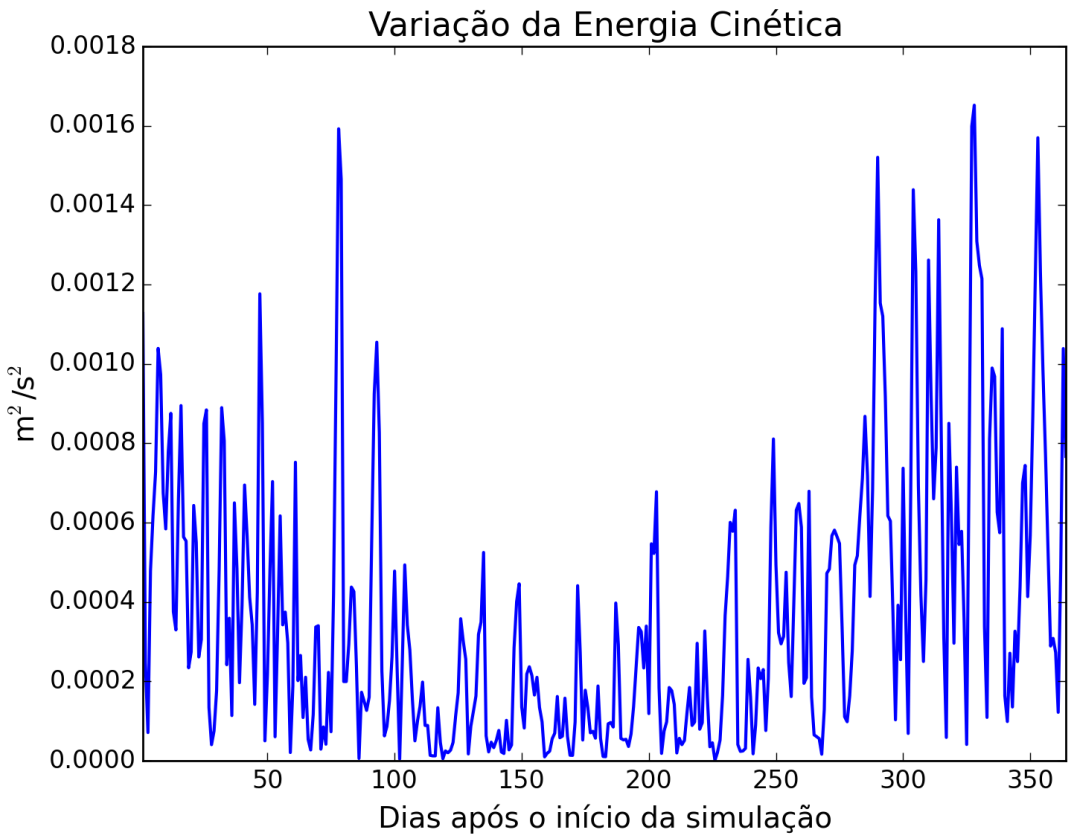


Figura 25: Variação da energia cinética média em superfície ao longo da simulação.

7. Resultados

Neste capítulo serão apresentados campos médios mensais obtidos a partir dos resultados do modelo. Objetiva-se apresentar os resultados da modelagem, assim como verificar se sua variabilidade sazonal está de acordo com o descrito na literatura especializada, constituindo assim mais uma forma de avaliação do modelo.

A região das bacias encontra-se na área adjacente à Plataforma Leste Brasileira. Conforme descrito por Castro & Miranda (1998) a Plataforma Leste Brasileira é a região menos estudada da costa brasileira.

Recentemente, estudos sobre a circulação oceânica da região vêm sendo publicados (SOUTELINO *et al.,* 2011; REZENDE *et al.,* 2011; AMORIM *et al.,* 2011; REZENDE, 2010; MARIN, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2006) visando suprir a lacuna de conhecimento a cerca da circulação nesta região da costa brasileira.

Em síntese, a circulação oceânica da região apresenta marcante variação sazonal devido à variação latitudinal da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE-ramo sul), dando origem a Corrente do Brasil (CB), que flui para sul e a Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), fluindo para norte. Tal bifurcação ocorre entre 10º S e 20º S, atingindo sua posição mais ao norte no verão e mais ao sul no inverno, com fortes indicações de alta correlação com a sazonalidade do ZCIT e, consequentemente, com o padrão de ventos local, dominados pelo ASAS (verão) e pelos Alísios (inverno). Porém, destaca-se que ainda existem muitas incertezas quanto à hidrodinâmica da região, com indicações de que a circulação oceânica possa ser dominada por vórtices (SOUTELINO *et al.*, 2011), hipótese que complexifica o entendimento dos padrões locais de circulação.

Ao sul desta faixa onde ocorre a bifurcação da CSE há predomínio do fluxo da CB ao longo de todo o ano, e ao norte, predomina a SCNB. Ao norte de 5,5º S, quando há uma inflexão da costa a partir do Cabo de São Roque-RN, o fluxo da SCNB se une ao ramo norte e central da CSE, originando a Corrente Norte do Brasil (CNB). A CNB flui para oeste ao longo da Margem Equatorial brasileira, com intensidades médias de até 1,5 m/s.

Os padrões descritos acima para a região oceânica e para a circulação sobre a plataforma podem ser bem observados nos campos médios mensais apresentados da Figura 26 a Figura 37, indicando que o modelo representou de forma adequada os padrões de circulação esperados para a área de estudo.

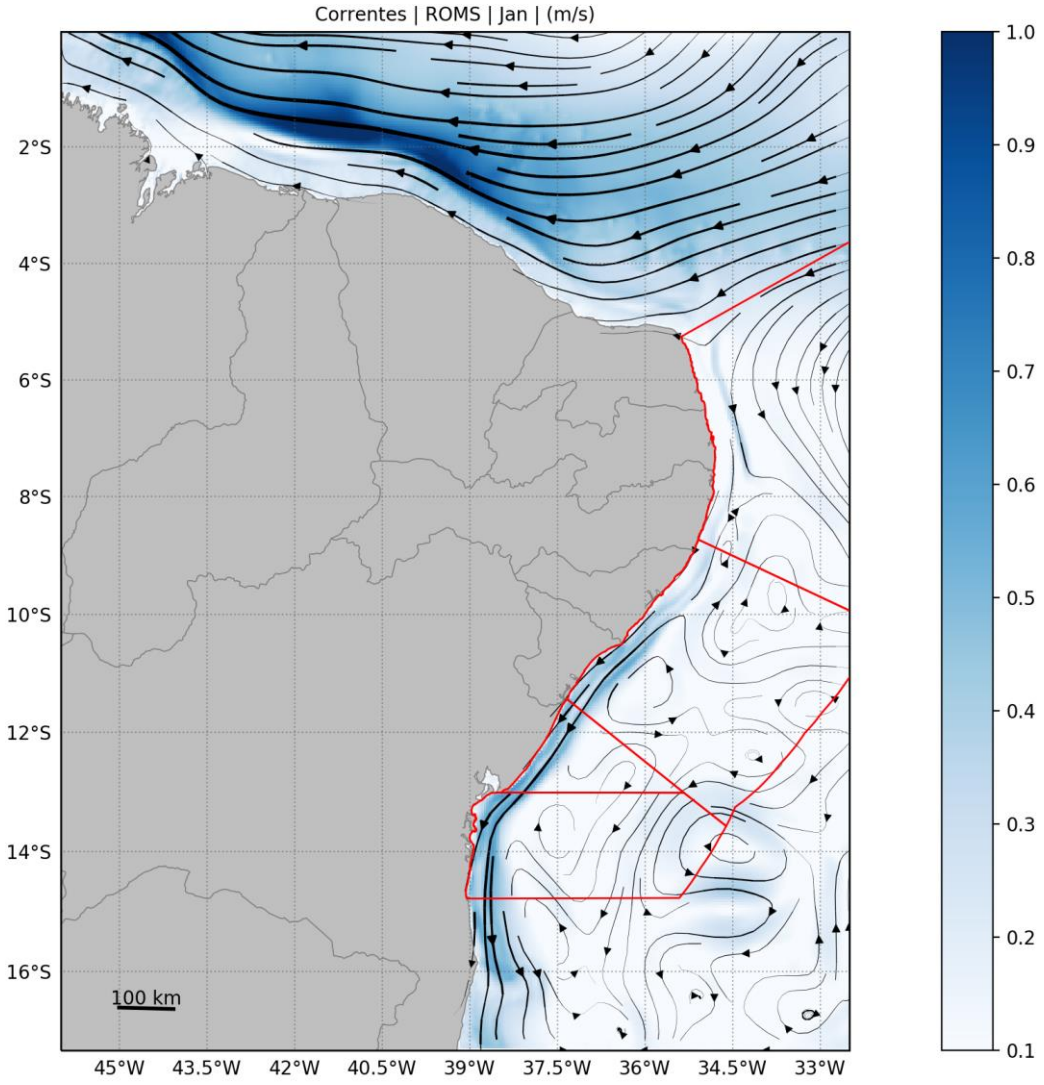


Figura 26: Campo médio de circulação oceânica para o mês de janeiro.

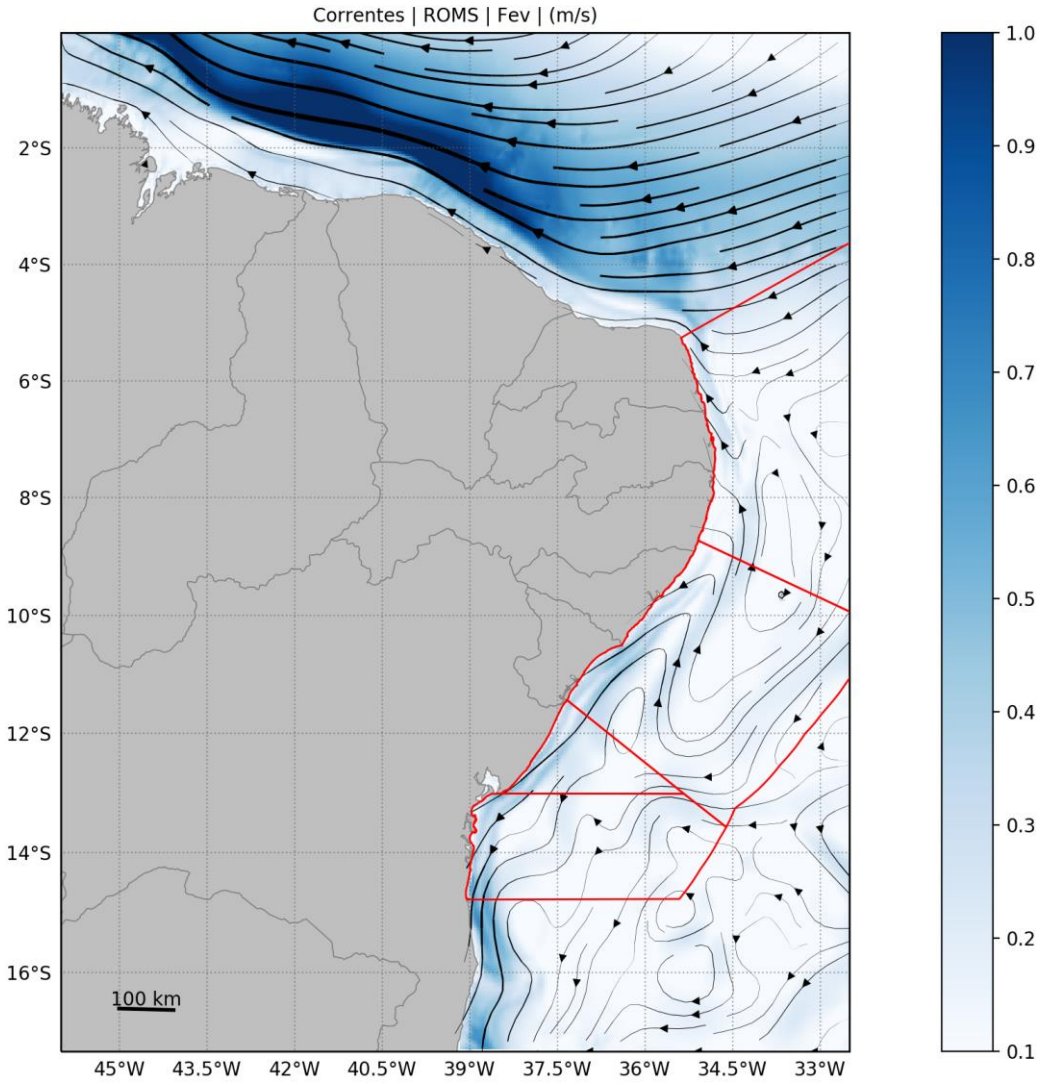


Figura 27: Campo médio de circulação oceânica para o mês de fevereiro.

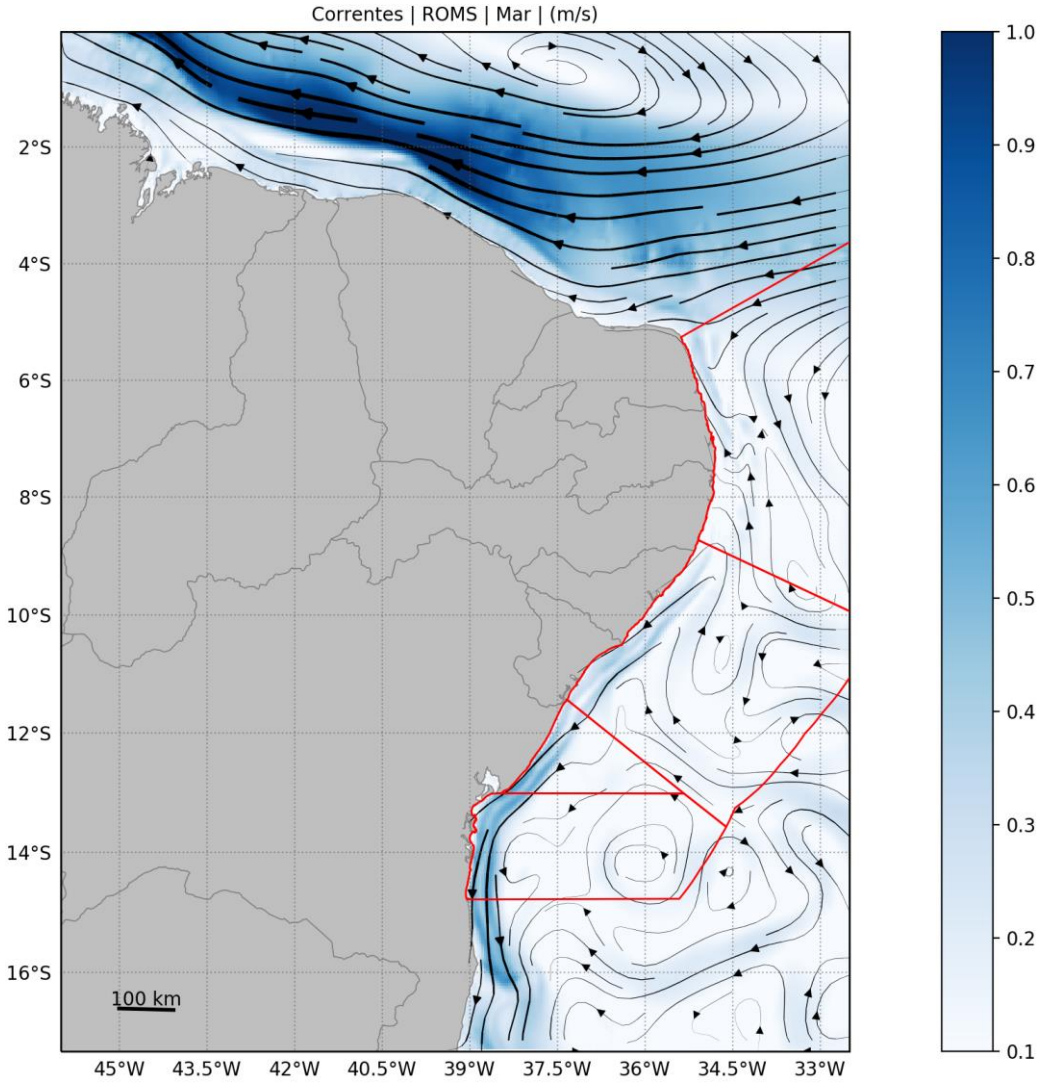


Figura 28: Campo médio de circulação oceânica para o mês de março.

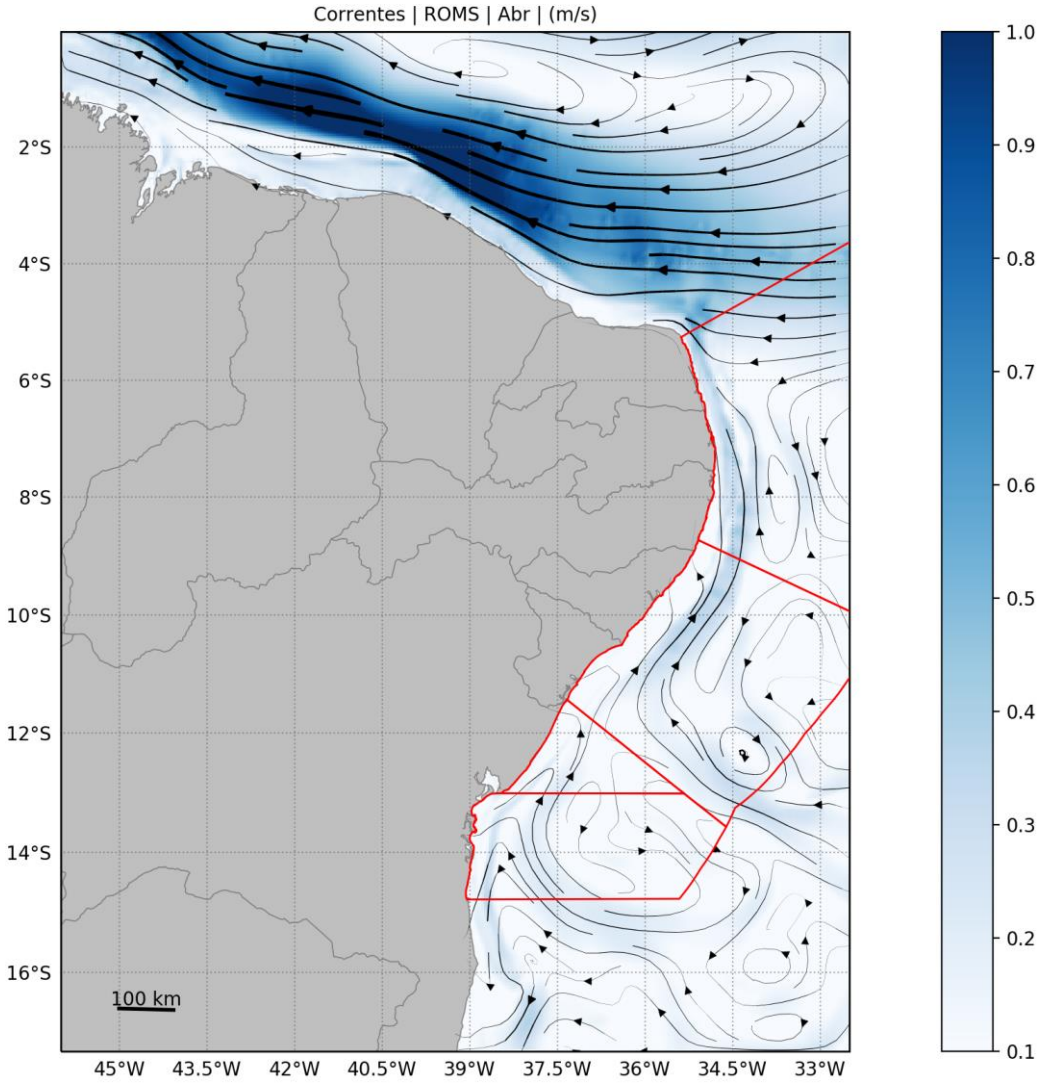


Figura 29: Campo médio de circulação oceânica para o mês de abril.

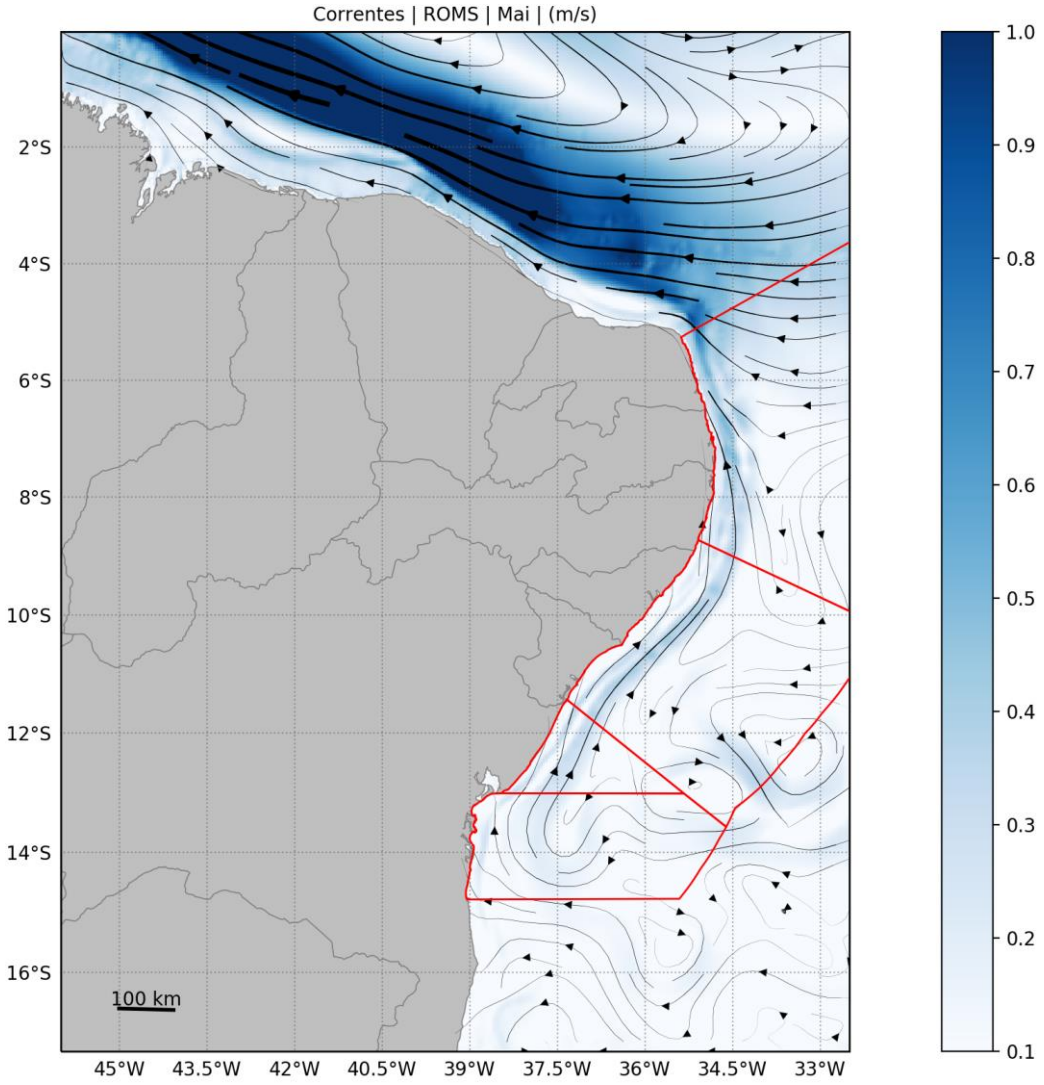


Figura 30: Campo médio de circulação oceânica para o mês de maio.

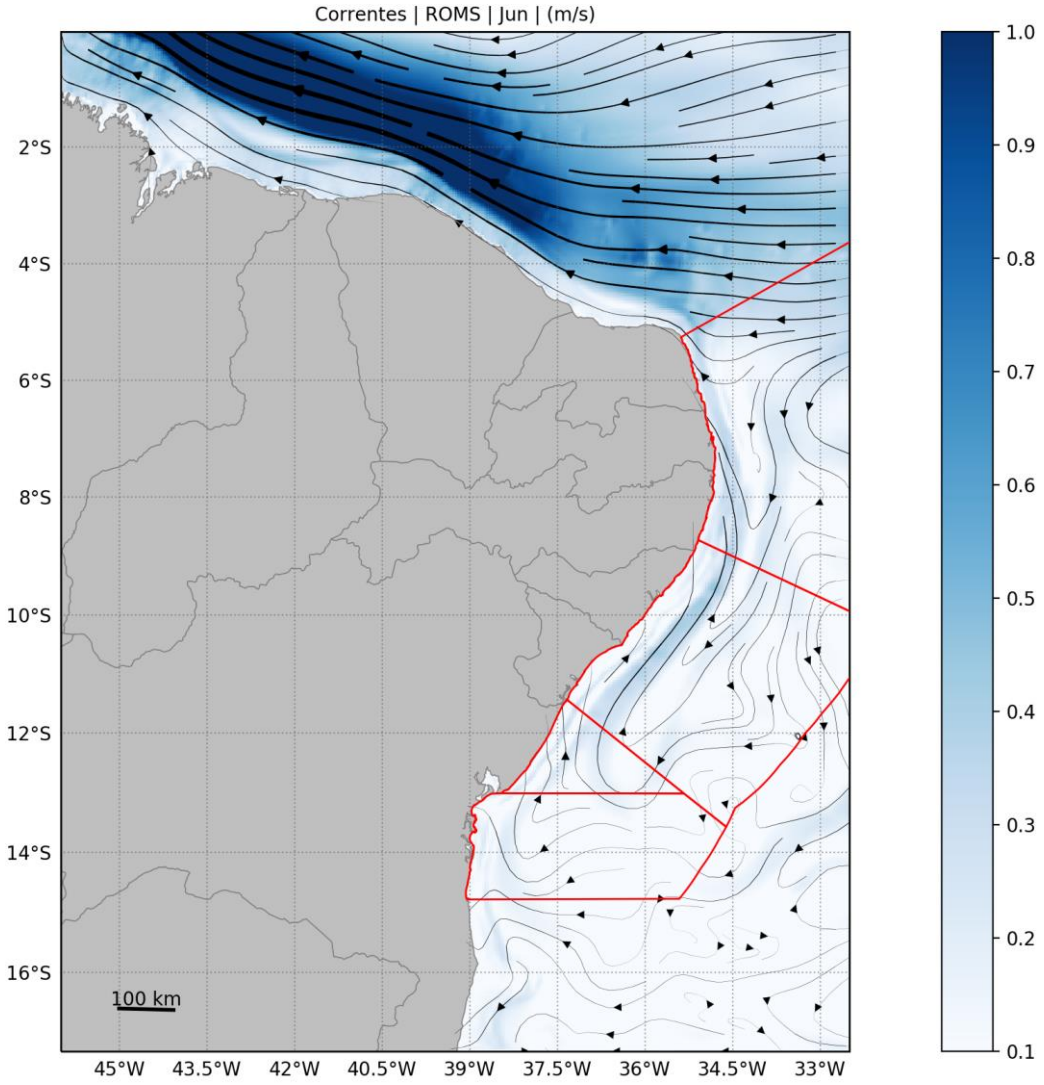


Figura 31: Campo médio de circulação oceânica para o mês de junho.

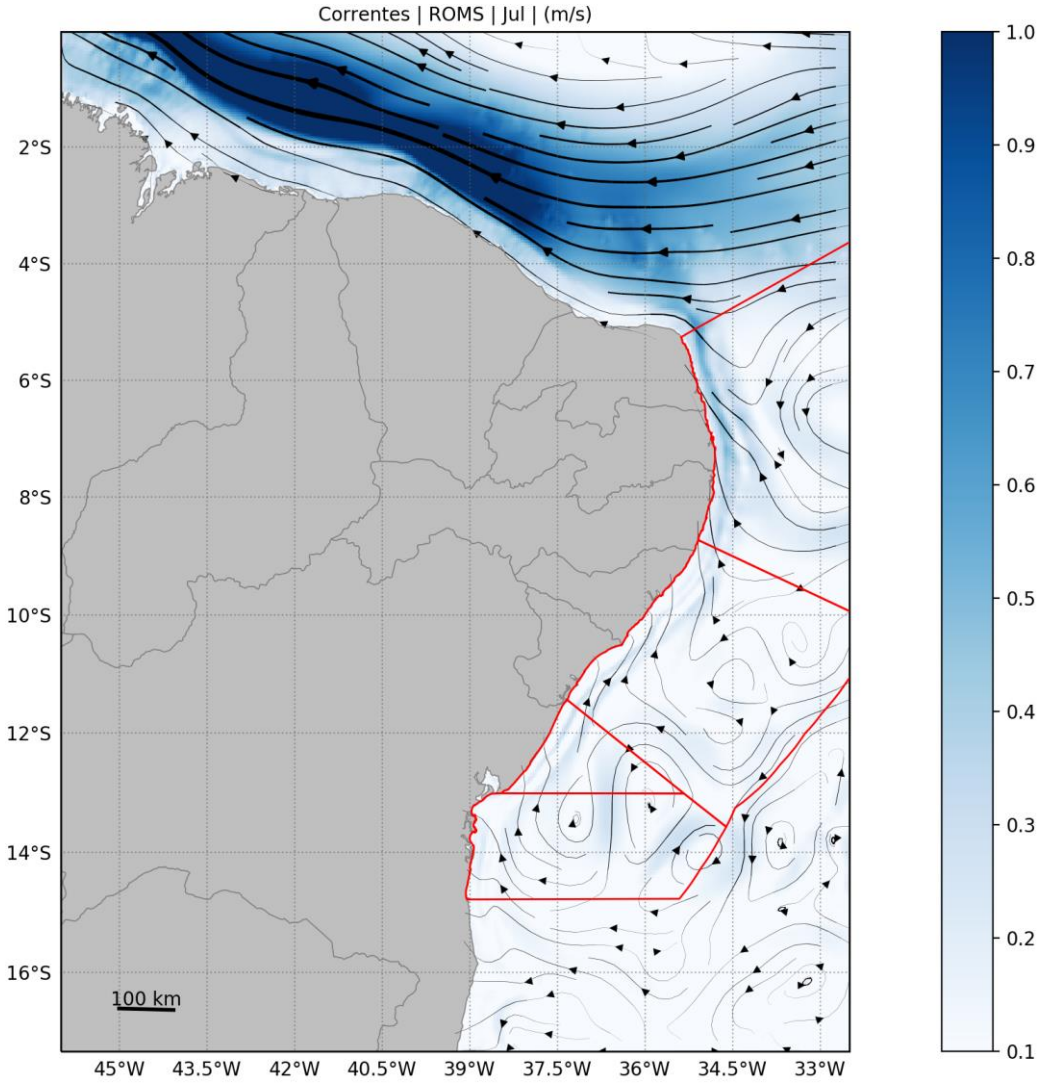


Figura 32: Campo médio de circulação oceânica para o mês de julho.

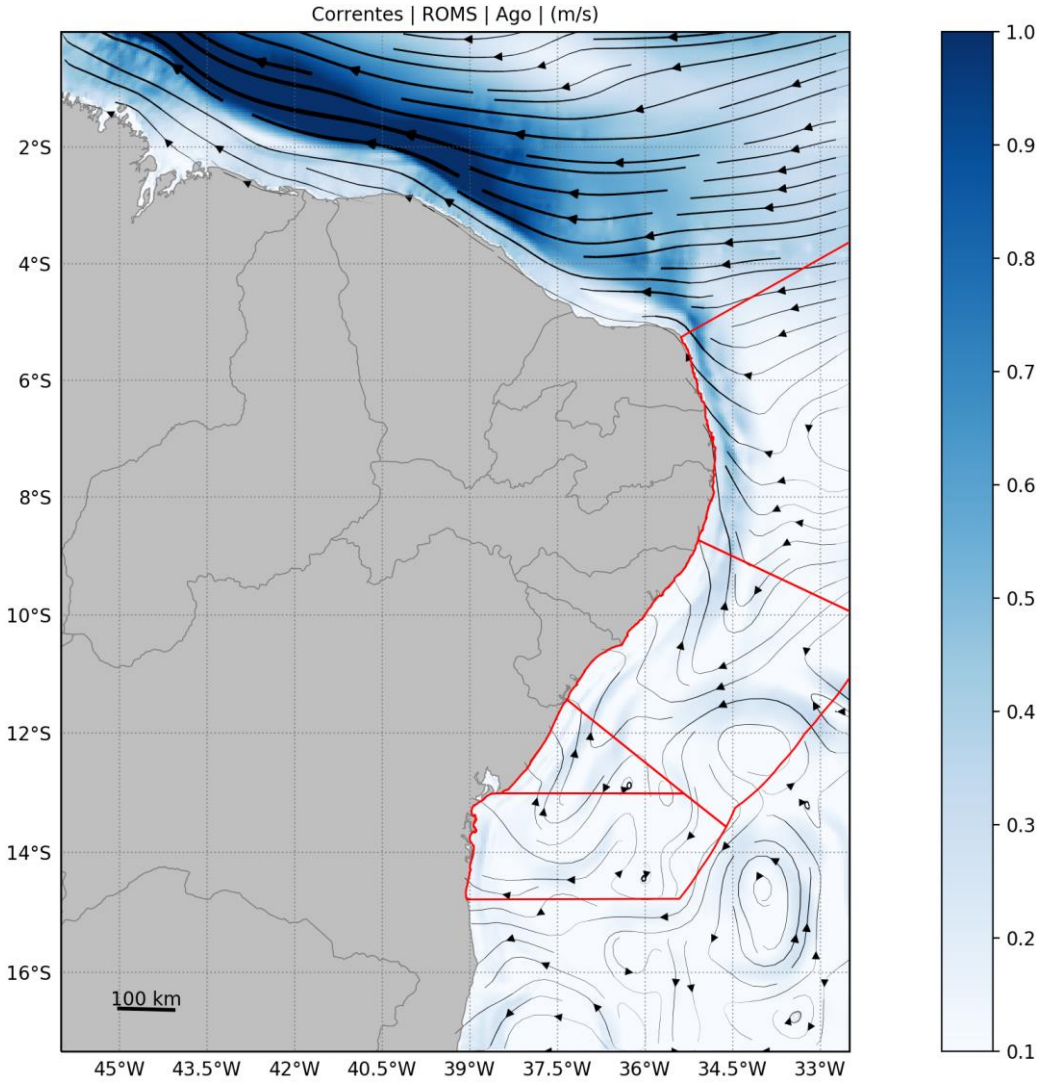


Figura 33: Campo médio de circulação oceânica para o mês de agosto.

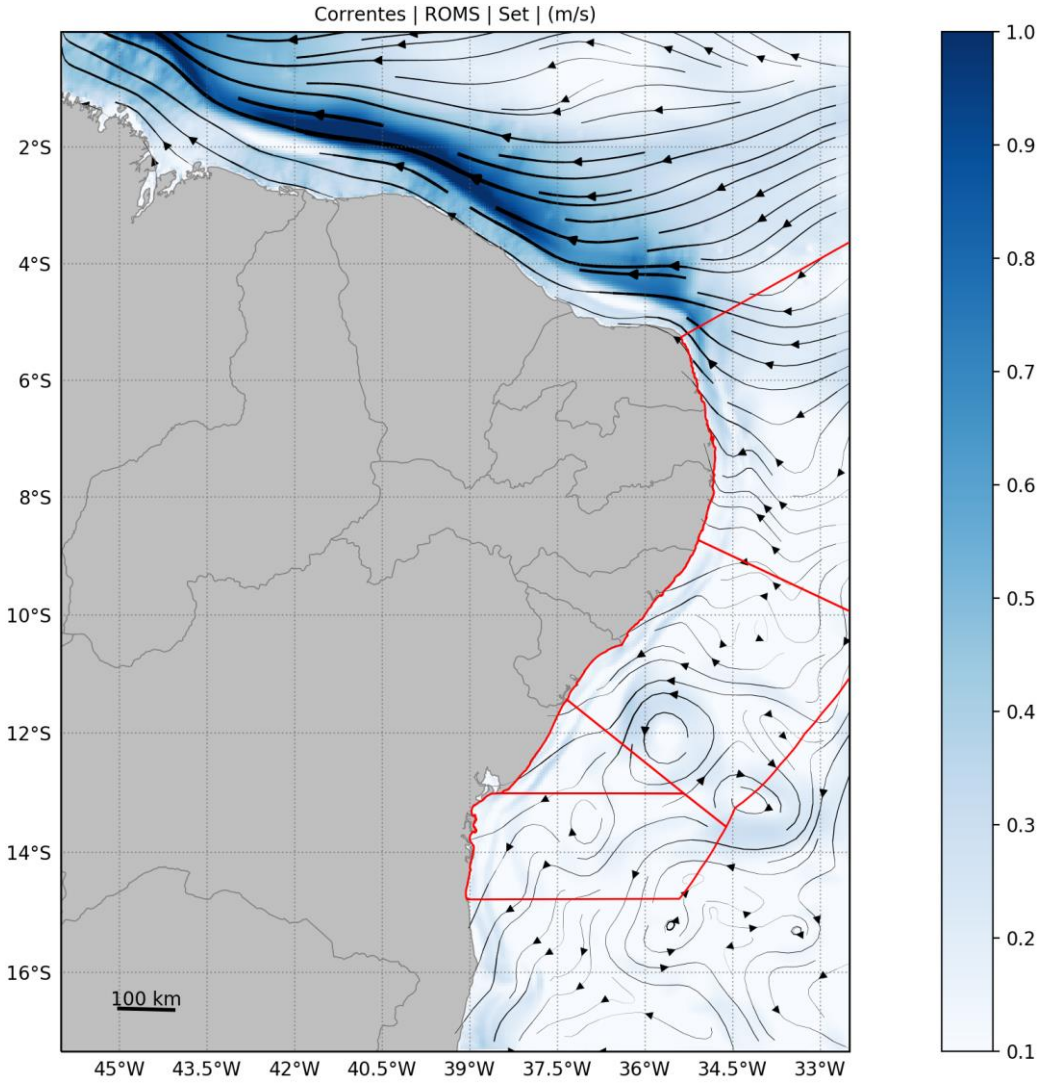


Figura 34: Campo médio de circulação oceânica para o mês de setembro.

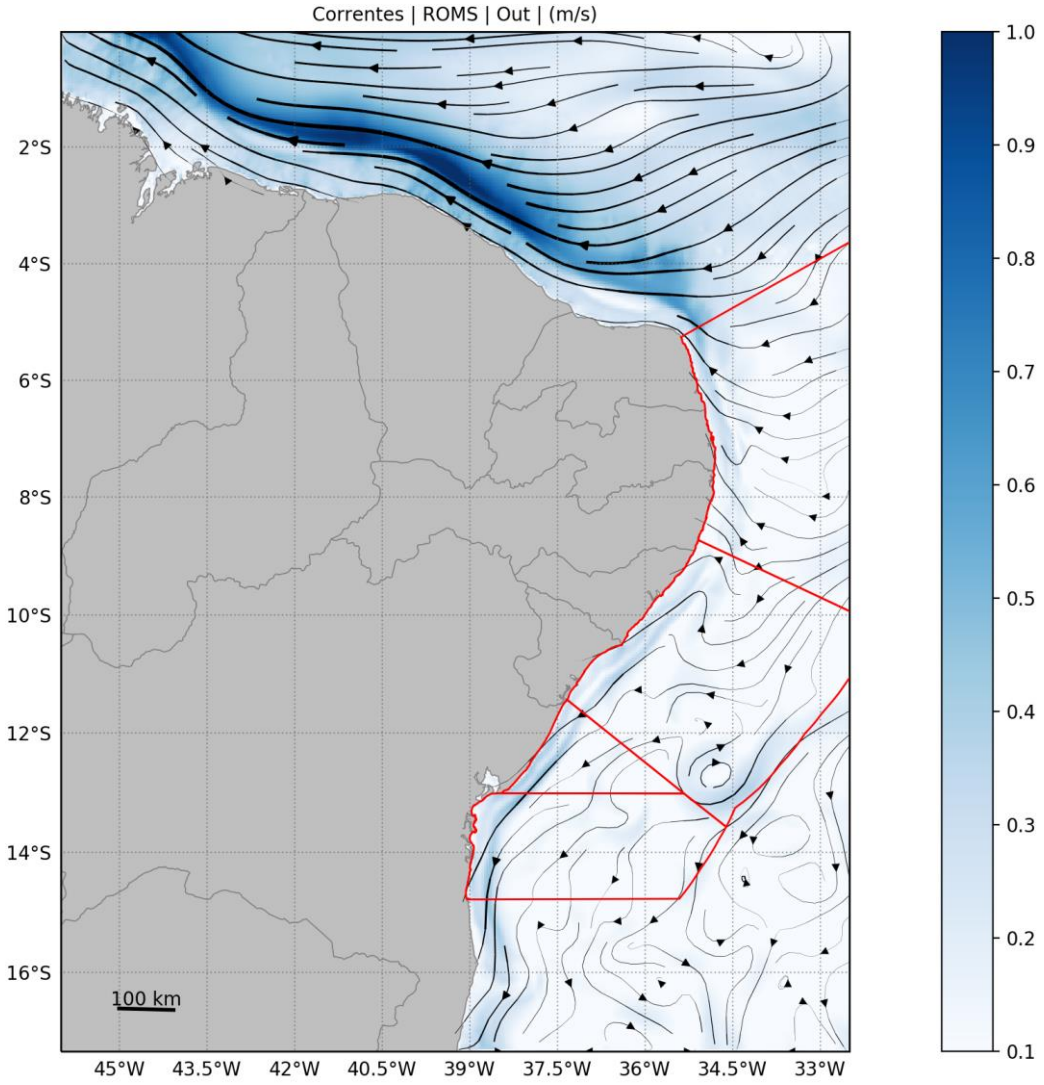


Figura 35: Campo médio de circulação oceânica para o mês de outubro.

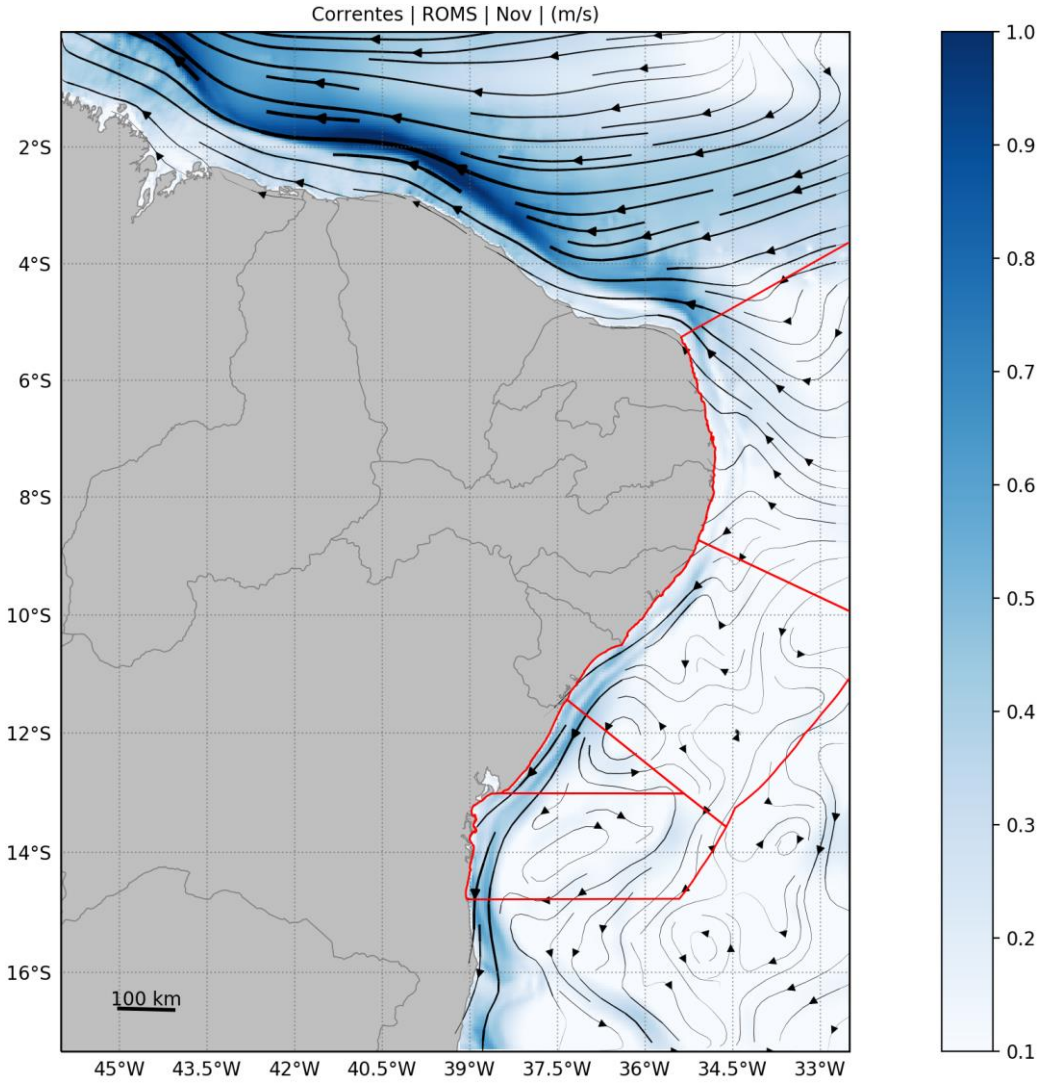


Figura 36: Campo médio de circulação oceânica para o mês de novembro.

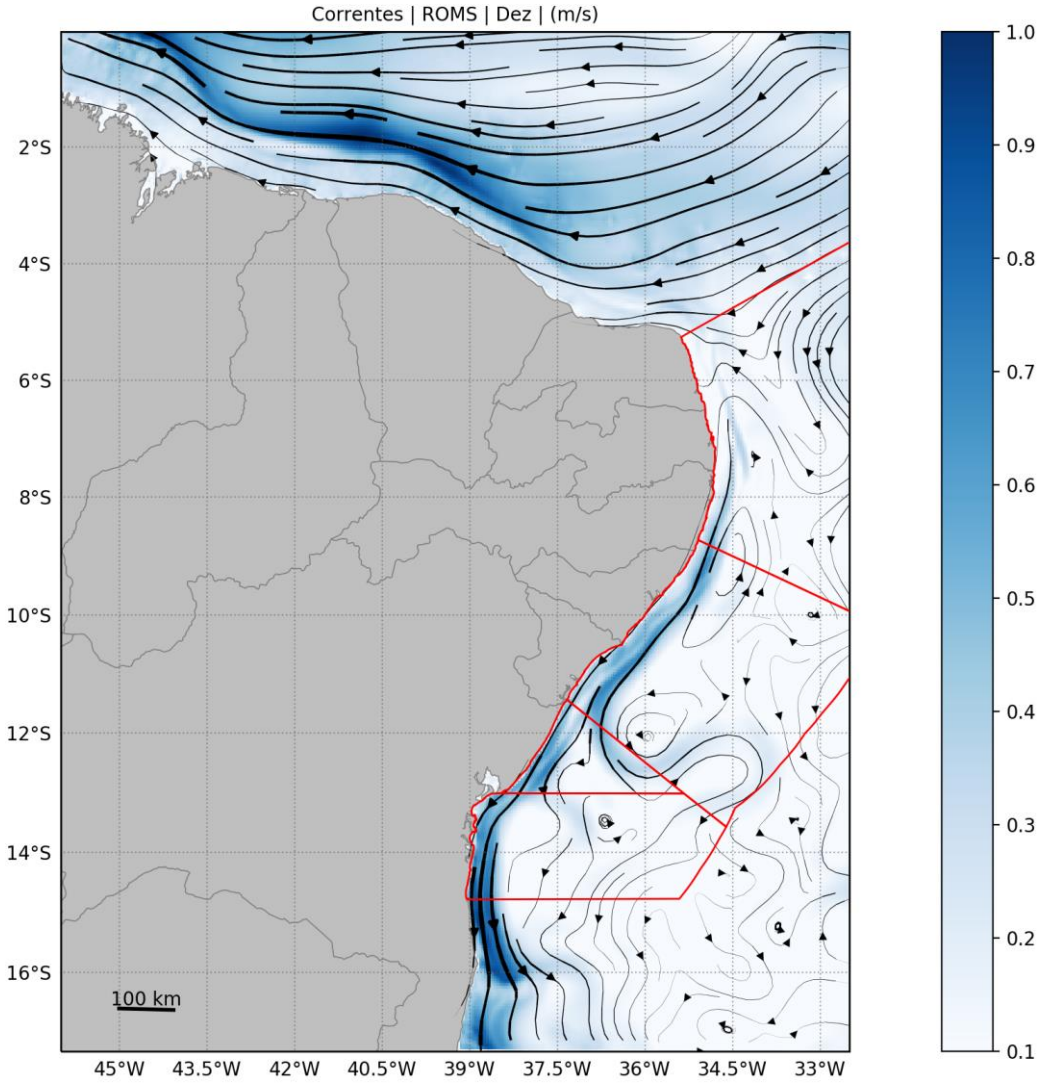


Figura 37: Campo médio de circulação oceânica para o mês de dezembro.

8. Avaliação do Modelo

Para que se possa saber se o comportamento de um modelo numérico é suficientemente compatível com o "sistema real" é necessário realizar uma comparação entre os resultados obtidos nos dois mundos; o "real" e o simulado.

A nomenclatura contemporânea para tal estudo é "avaliação". Embora possa parecer um rótulo de pouca importância, os termos anteriormente utilizados para tal fim sempre foram controversos. A primeira nomenclatura "validação" foi substituída por "comparação histórica", a qual foi complementada com o termo "garantia de qualidade". A dificuldade em se definir um termo reside no fato de que as palavras "validação" e "garantia" trazem em si uma expectativa de positivo e negativo em relação aos resultados. O modelo poderia ser somente válido ou não válido, garantido ou não garantido. Nesse sentido, o termo "avaliação" torna-se mais adequado, uma vez que é neutro e pode abarcar uma gama maior de definições em termos de qualificação do modelo ou sistema (BECK, 2002).

Em essência, são duas as principais perguntas que devem ser respondidas quando se avalia um modelo ou sistema:

1. O modelo foi construído com materiais aprovados, *i.e.* as hipóteses constituintes são consagradas e adequadas?

2. O seu comportamento se aproxima bem do observado com respeito ao "mundo real"?

A primeira pergunta pode ser respondida com o grande número de artigos publicados em revistas internacionais utilizando o ROMS para estudos de circulação oceânica em diversas escalas, nos mais variados corpos d´água.

Para responder a segunda pergunta, foram realizadas diversas comparações entre dados medidos e os resultados obtidos pelo modelo, as quais são apresentadas a seguir.

8.1. Maré

Para comparar a elevação de maré calculada pelo modelo numérico com dados da região modelada foram escolhidas seis estações maregráficas (Porto Seguro-BA, Plataforma PCM-1-SE, Barra do Rio São Francisco-AL, Itapessoca-PE, Paracuru-CE e Luiz Correia-PI) da FEMAR (Figura 38) situadas ao longo do domínio de modelagem. Estas estações foram escolhidas por estarem em regiões bem distintas entre si e no interior do domínio de modelagem, tanto em regiões oceânicas, quanto em regiões costeiras e compreendendo os diferentes estados do Brasil.

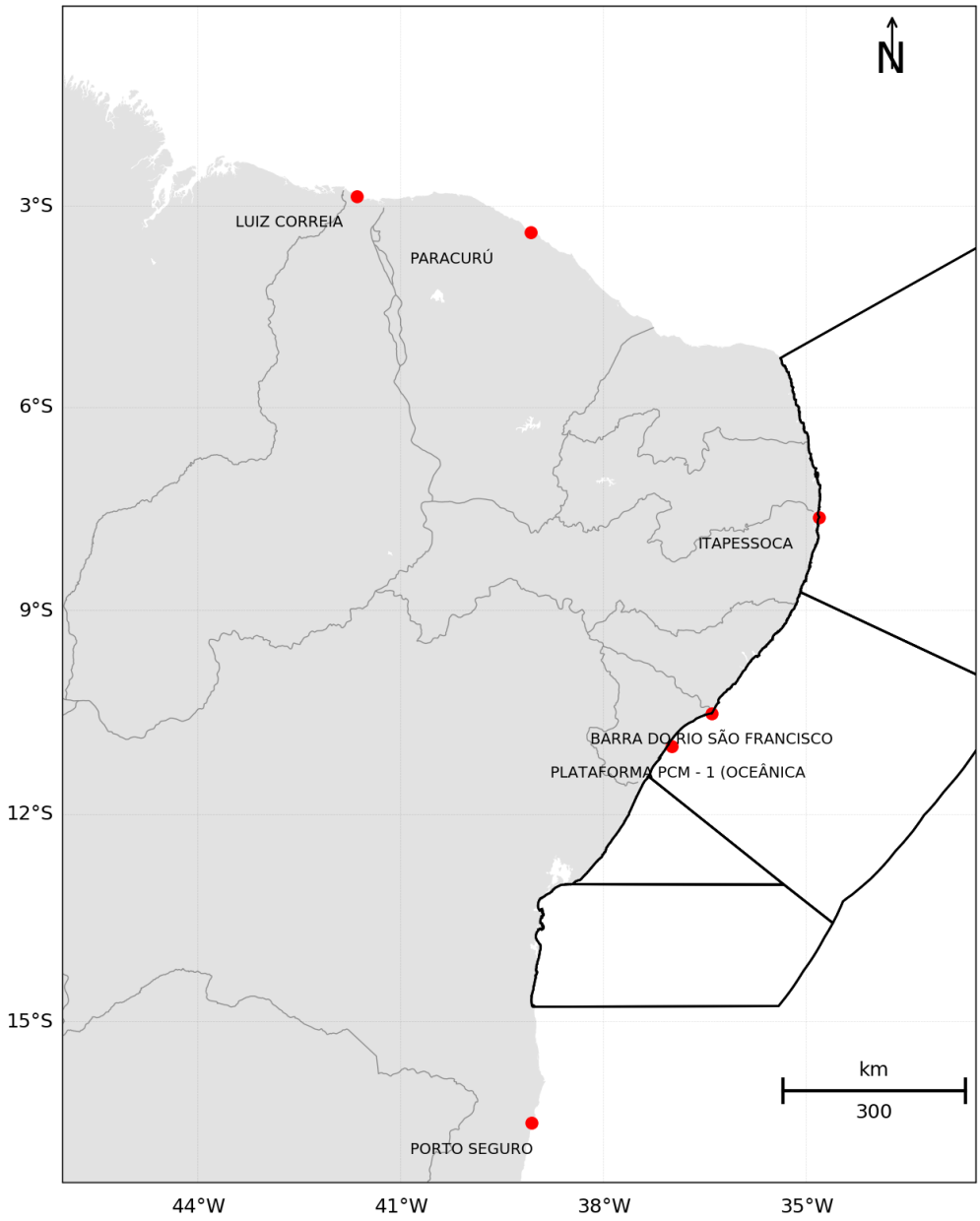


Figura 38: Localização das estações maregráficas da FEMAR, utilizadas na avaliação da representação da maré no modelo.

A partir das constantes harmônicas dessas estações foram realizadas previsões da elevação de maré para o período de simulação (janeiro a dezembro de 2013). Séries de elevação do nível do mar nos pontos de grade mais próximos das estações foram obtidas e, a partir destas, foi realizada uma análise para se obter as mesmas constantes harmônicas utilizadas na reconstrução das séries da FEMAR e em seguida foram realizadas previsões da elevação da maré para o mesmo período. Da Figura 39 a Figura 50 as comparações são apresentadas para todo o período de modelagem.

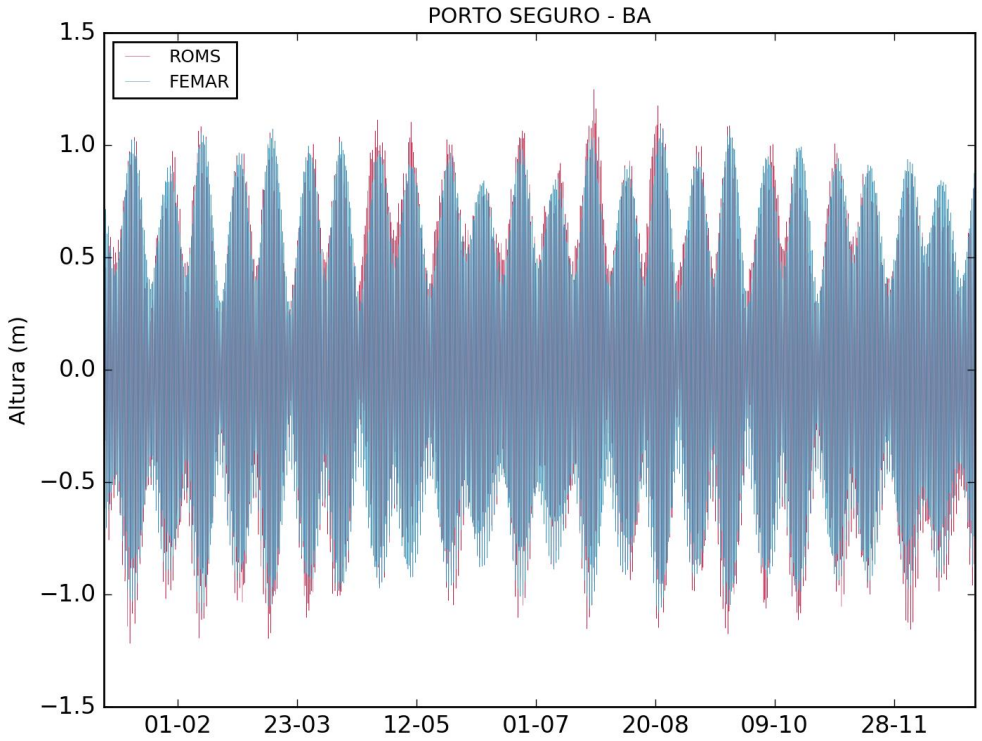


Figura 39: Comparação entre a série maregráfica da estação de Porto Seguro - BA (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

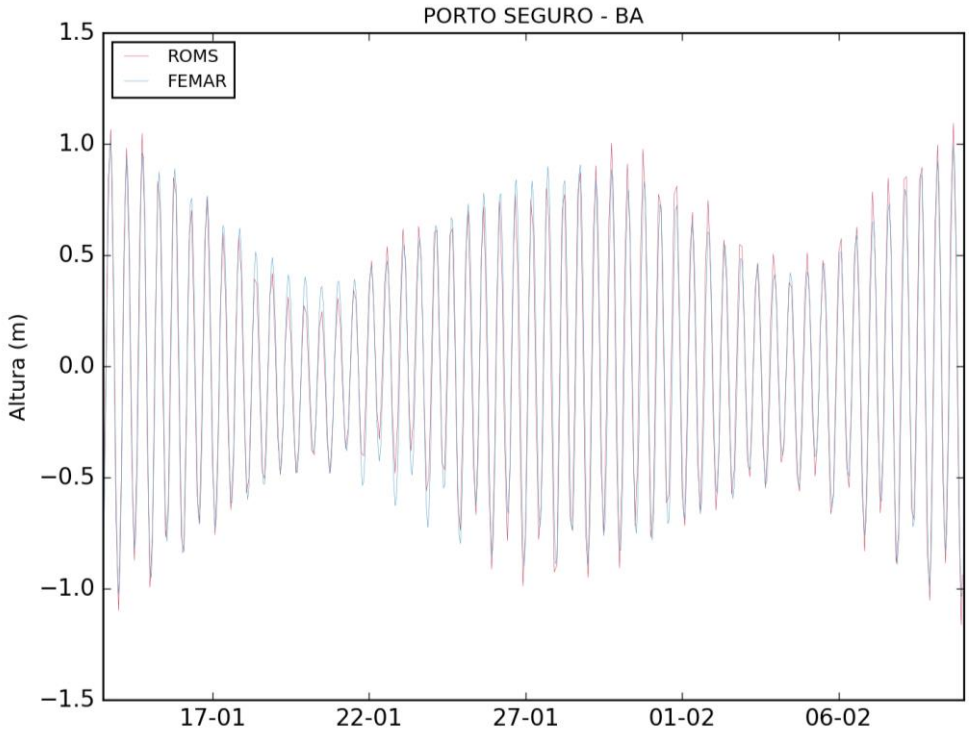


Figura 40: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Porto Seguro - BA (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

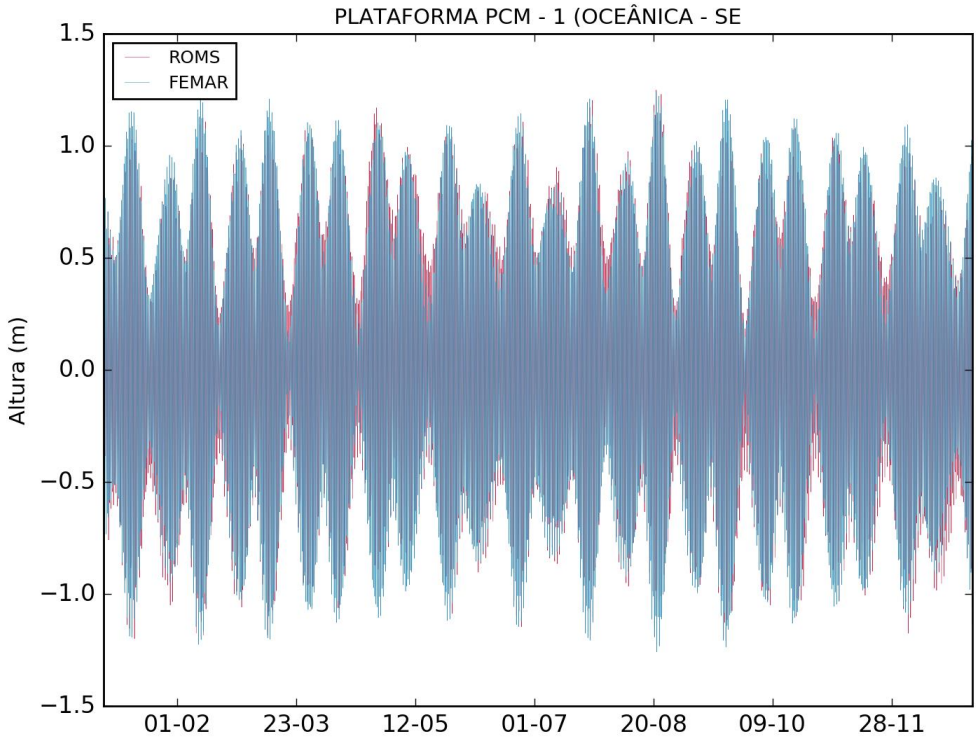


Figura 41: Comparação entre a série maregráfica da estação de Plataforma PCM-1 - SE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

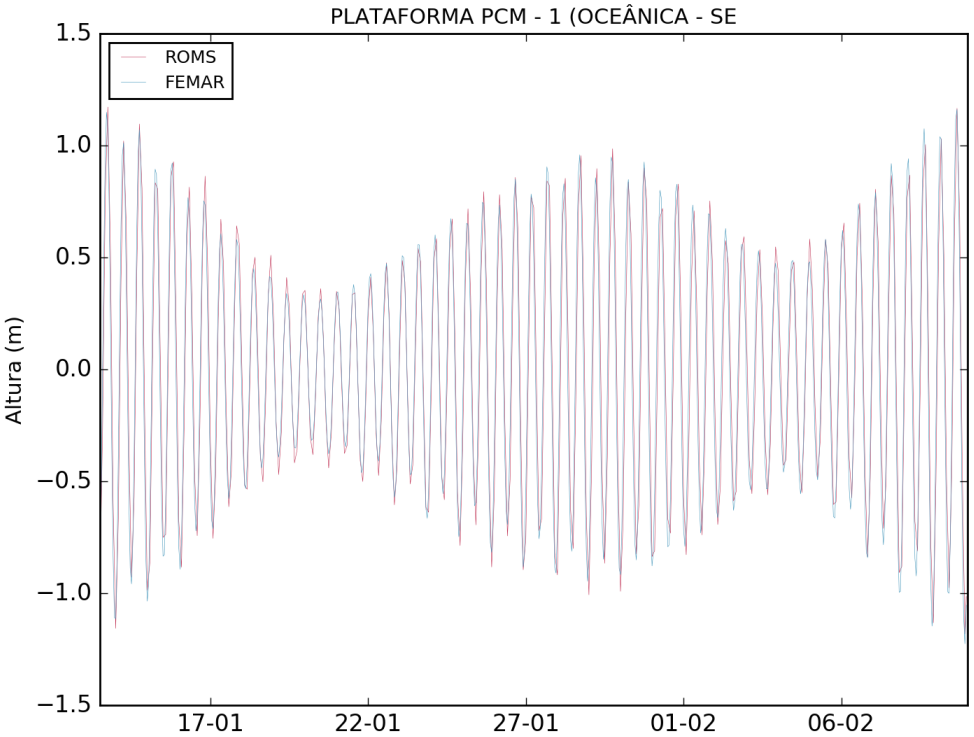


Figura 42: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação Plataforma PCM-1 - SE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

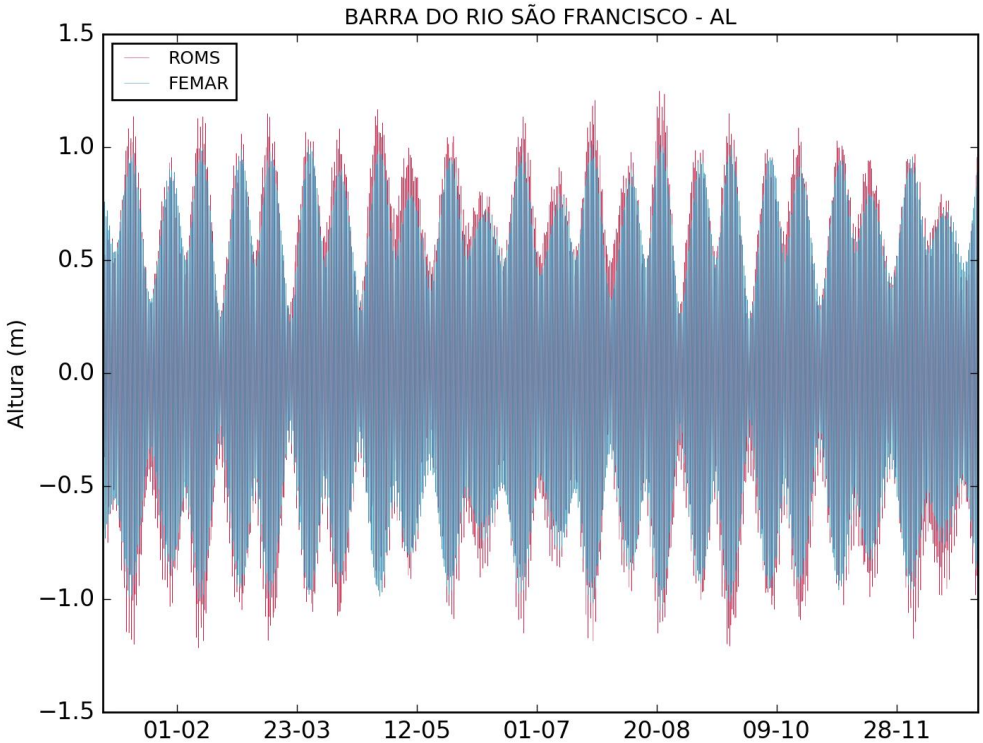


Figura 43: Comparação entre a série maregráfica da estação de Barra do São Francisco -AL (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

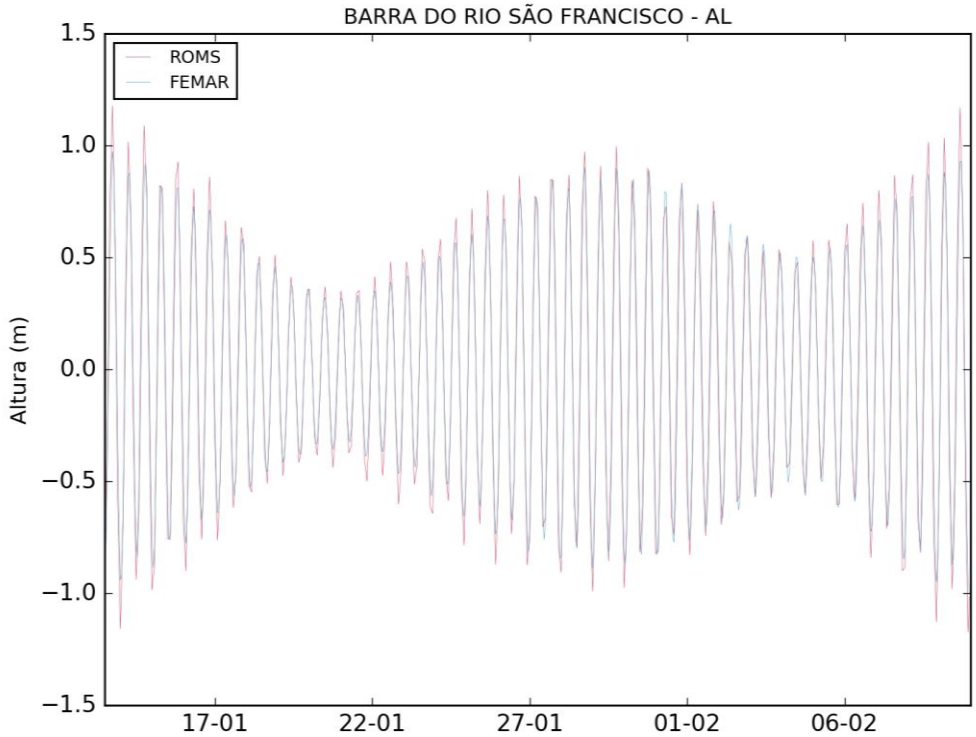


Figura 44: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Barra do São Francisco - AL (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

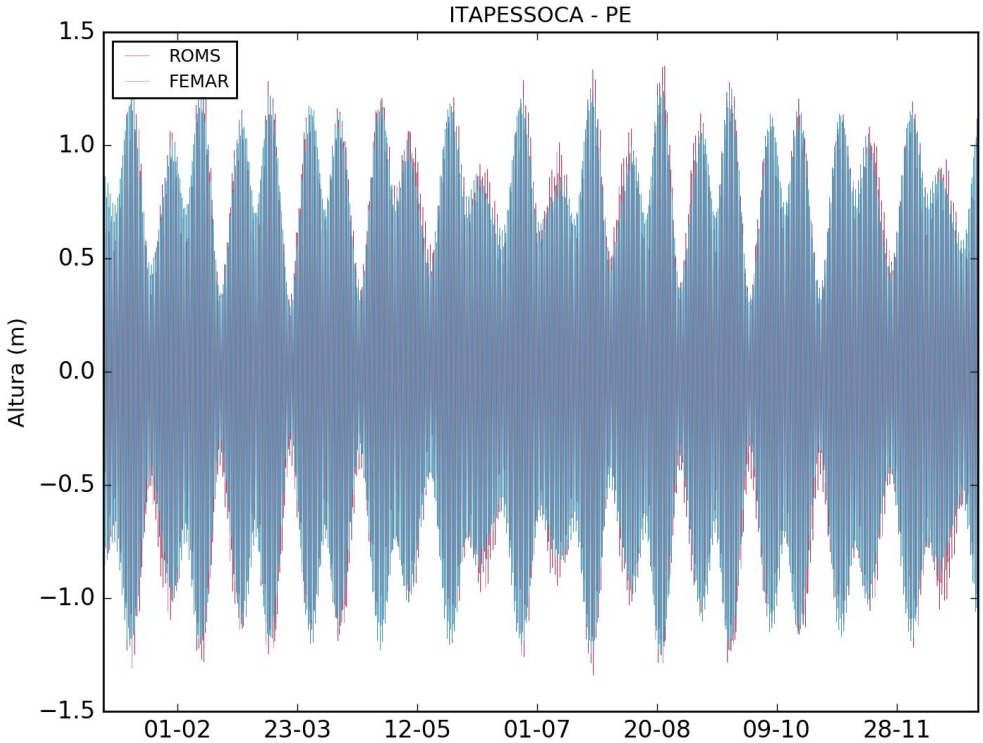


Figura 45: Comparação entre a série maregráfica da estação de Itapessoca - PE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

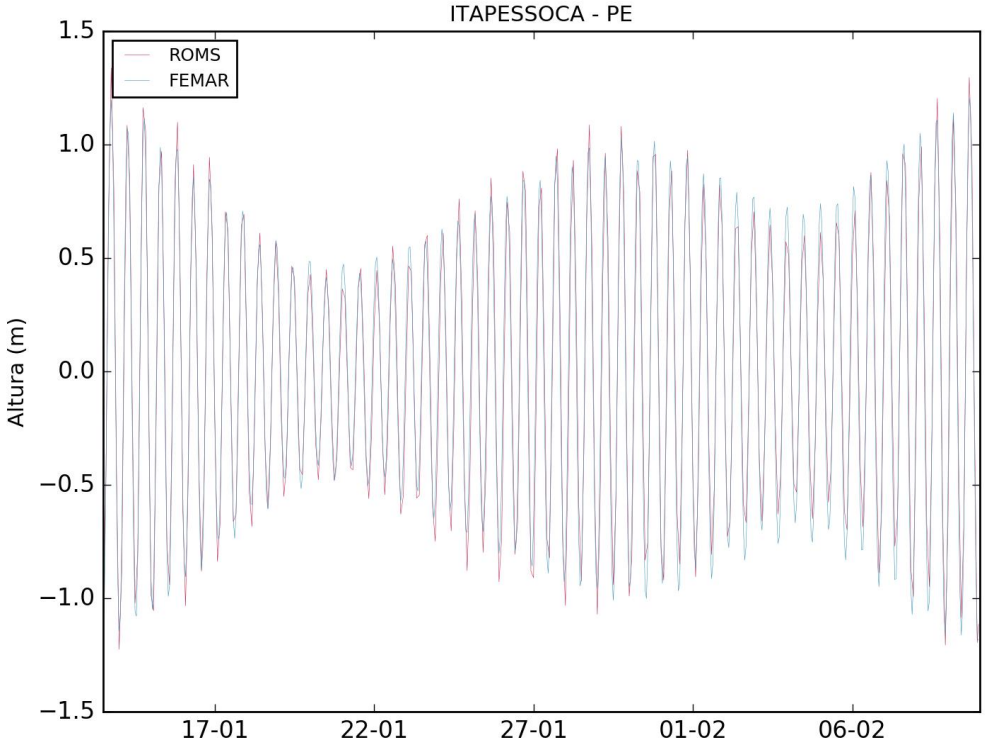


Figura 46: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Itapessoca - PE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

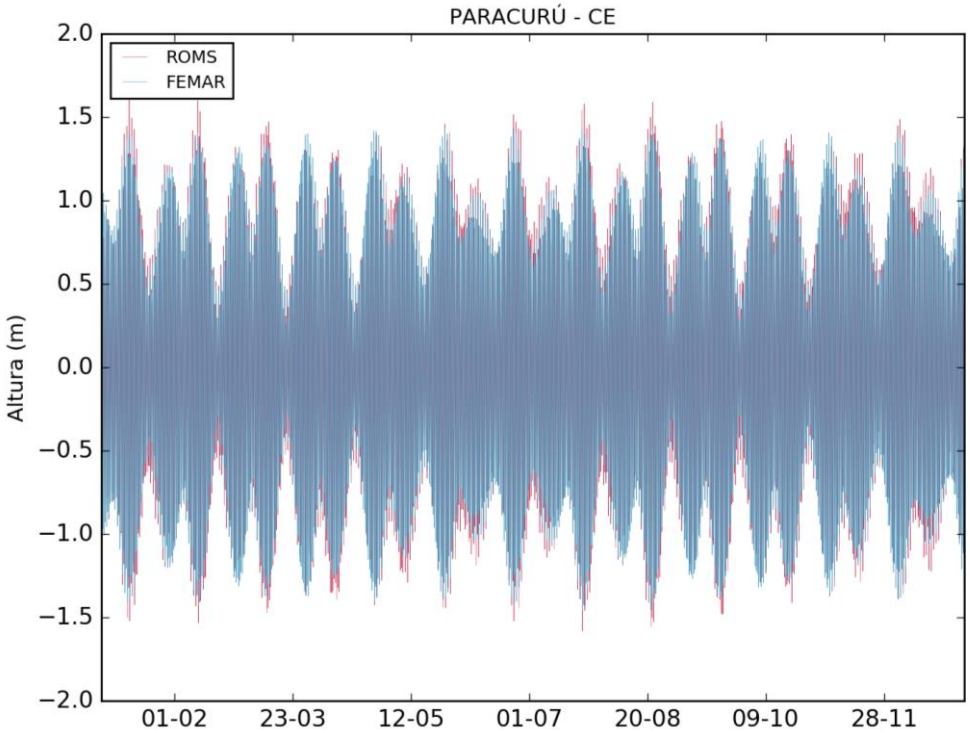


Figura 47: Comparação entre a série maregráfica da estação de Paracuru - CE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

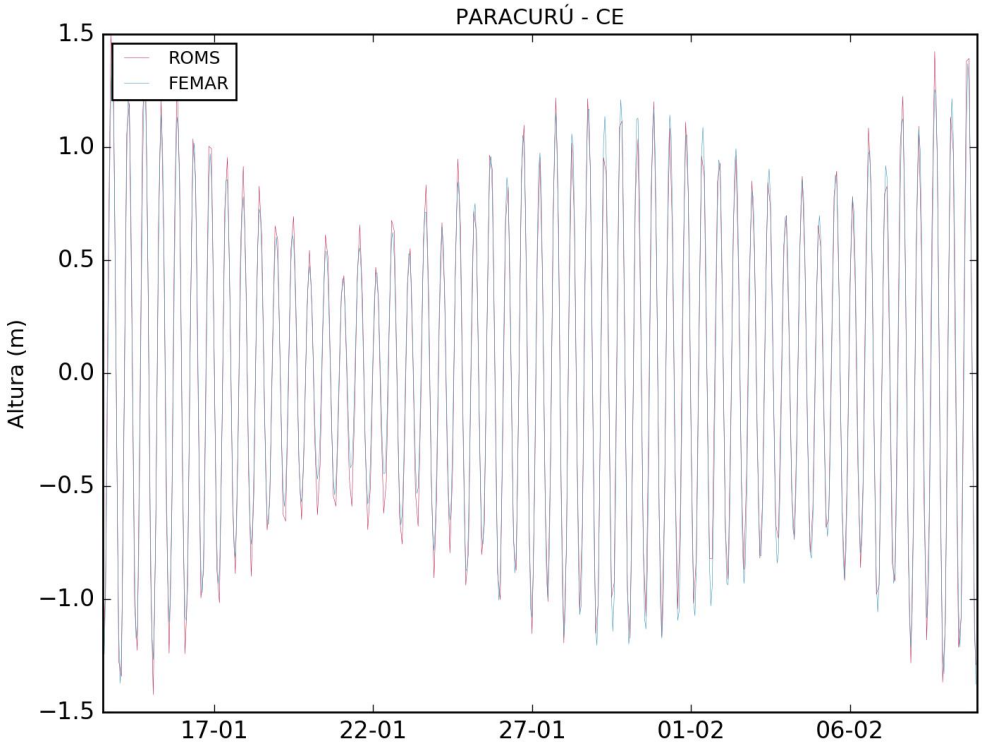


Figura 48: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Paracuru - CE (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

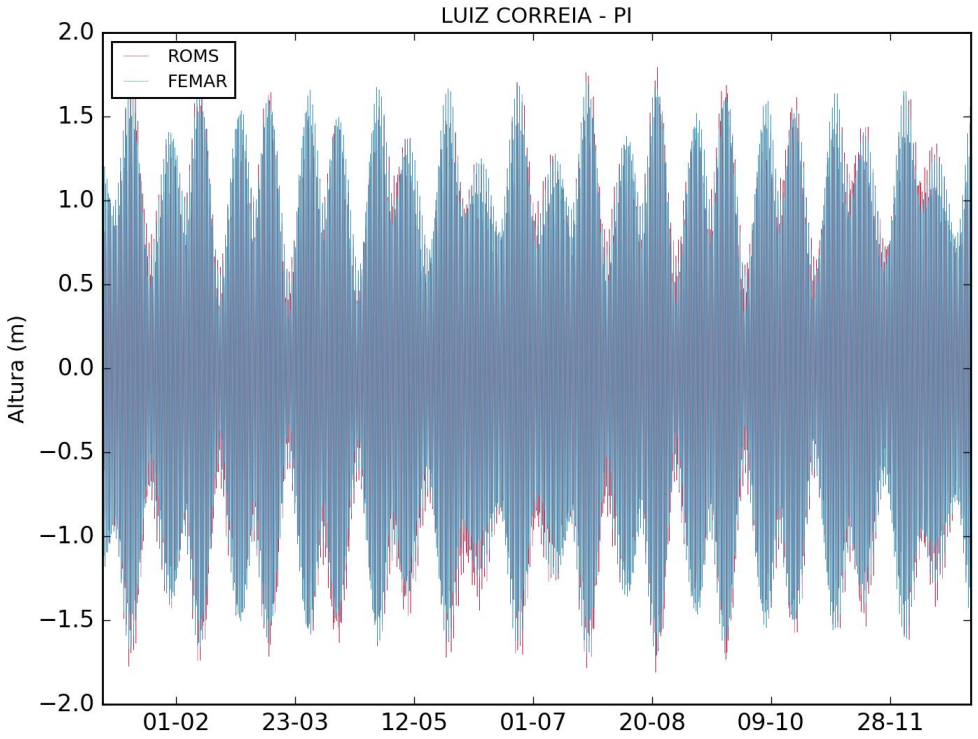


Figura 49: Comparação entre a série maregráfica da estação de Luiz Correia – PI (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para todo o período.

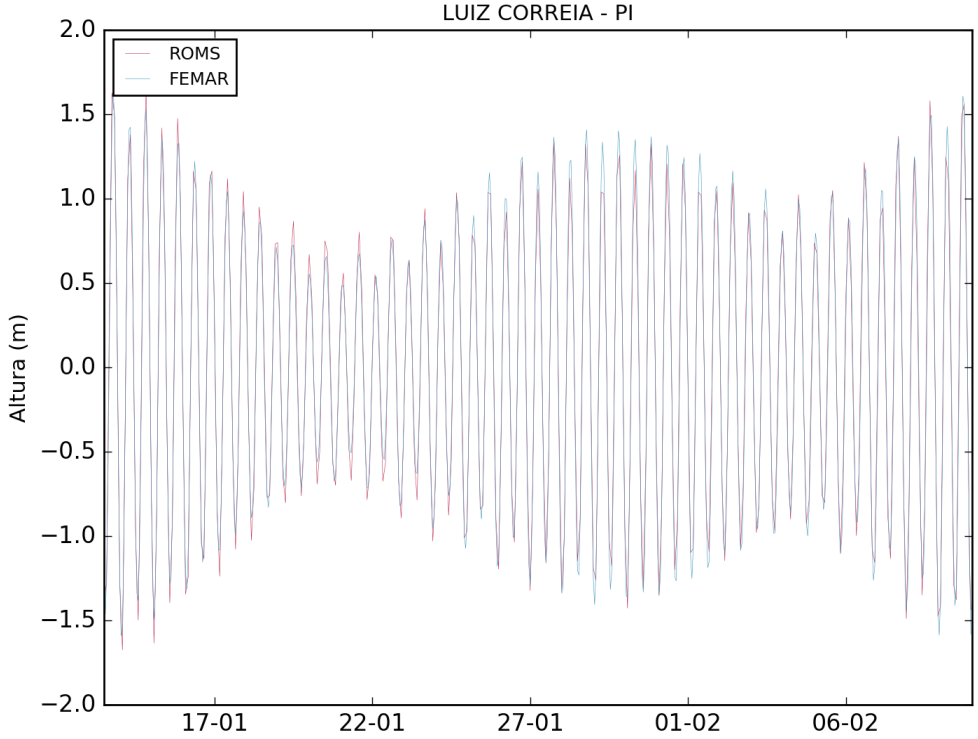


Figura 50: Detalhamento da comparação entre a série maregráfica da estação de Luiz Correia – PI (azul) e calculada pelo modelo ROMS (vermelha), para o ponto mais próximo, para um período de 30 dias.

O método estatístico utilizado para a comparação foi o índice de concordância proposto por Wilmot (1982), que pode ser expresso por:

$$d = 1 - \left[\sum_{i=1}^{N} \left(P_i - O_i\right)^2 / \sum_{i=1}^{N} \left(|P'_i| + |O'_i|\right)^2 \right], 0 \le d \le 1, \qquad (11)$$

Onde N é o número de observações, P é o resultado da simulação, O os dados observados, e P' representa a diferença entre os dados previstos e a média dos dados observados, e O' a diferença entre os dados observados e a sua média.

Esse índice estatístico reflete o quão acuradamente o parâmetro observado está sendo estimado pela variável simulada. O índice de concordância não é uma medida da correlação ou associação no sentido formal, mas uma medida do grau que o modelo é livre de erros. Ao mesmo tempo d é uma medida padronizada de modo que: (1) pode ser facilmente interpretada e (2) comparações cruzadas de suas magnitudes podem ser realizadas independentemente das unidades e variáveis. Varia de 0 a 1 e quando este índice é igual a 1 significa que a concordância entre as séries é máxima e 0 indica completa discordância (WILMOT, 1982).

Adicionalmente, para avaliar a capacidade de representação da amplitude e da fase da onda de maré pelo modelo são calculados o erro médio absoluto, "EMA", (Eq. 1) e o coeficiente de correlação linear "p" (Eq.2), entre as séries modeladas e calculadas com os harmônicos das estações.

(Eq. 1)

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |xi - yi|$$

(Eq.2)

$$p = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{var(x) * var(y)}}$$

Onde "x" é a série maregráfica do modelo do modelo e "y" é a série da FEMAR. O erro médio (EMA) e o coeficiente de correlação linear (p) aplicados à série de maré indicam o desvio da amplitude e o desvio de fase, respectivamente, entre a onda de maré modelada e a reconstituída.

Os índices calculados são apresentados na Tabela 2 para cada estação utilizada. Os índices de concordância estiveram sempre maiores que 0,97, o EMA máximo foi de 0,14m e a correlação mínima de 0,95 indicando que a maré foi muito bem representada pelo ROMS.

Tabela 2: Comparação estatística entre os dados de elevação do ROMS e os dados medidos.

Local	D	EMA (m)	P
Porto Seguro	0,98	0,11	0,97
PCM-1	0,97	0,14	0,95
Barra do São Francisco	0,99	0,08	0,98
Itapessoca	0,99	0,09	0,98
Paracuru	0,99	0,07	0,99
Luiz Correia	0,99	0,09	0,99

8.2. Temperatura da Superfície do Mar

Da Figura 51 à Figura 62 são apresentadas as médias mensais da temperatura da superfície do mar (TSM) obtidas do ROMS para o período de janeiro a dezembro de 2013, e as médias mensais da TSM obtida de dados satelitais disponibilizados pelo NCOF (*National Center for Ocean Forecast*) através do produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*) para o mesmo período. Este produto abrange todo o globo e possui alta resolução (~6 km). O produto é oferecido diariamente, sendo resultado da combinação de diversos sensores infravermelhos e micro-ondas, além de dados *in situ* por meio de processo de Análise Objetiva. Este produto tem oferecido dados acurados de TSM, com um erro médio quadrático menor que 0,6°C, em alta resolução e disponibilizados em tempo quase real (STARK *et al*. 2007).

Para a comparação, os dados do OSTIA foram interpolados para a mesma grade do ROMS, como apresentado nas figuras a seguir.

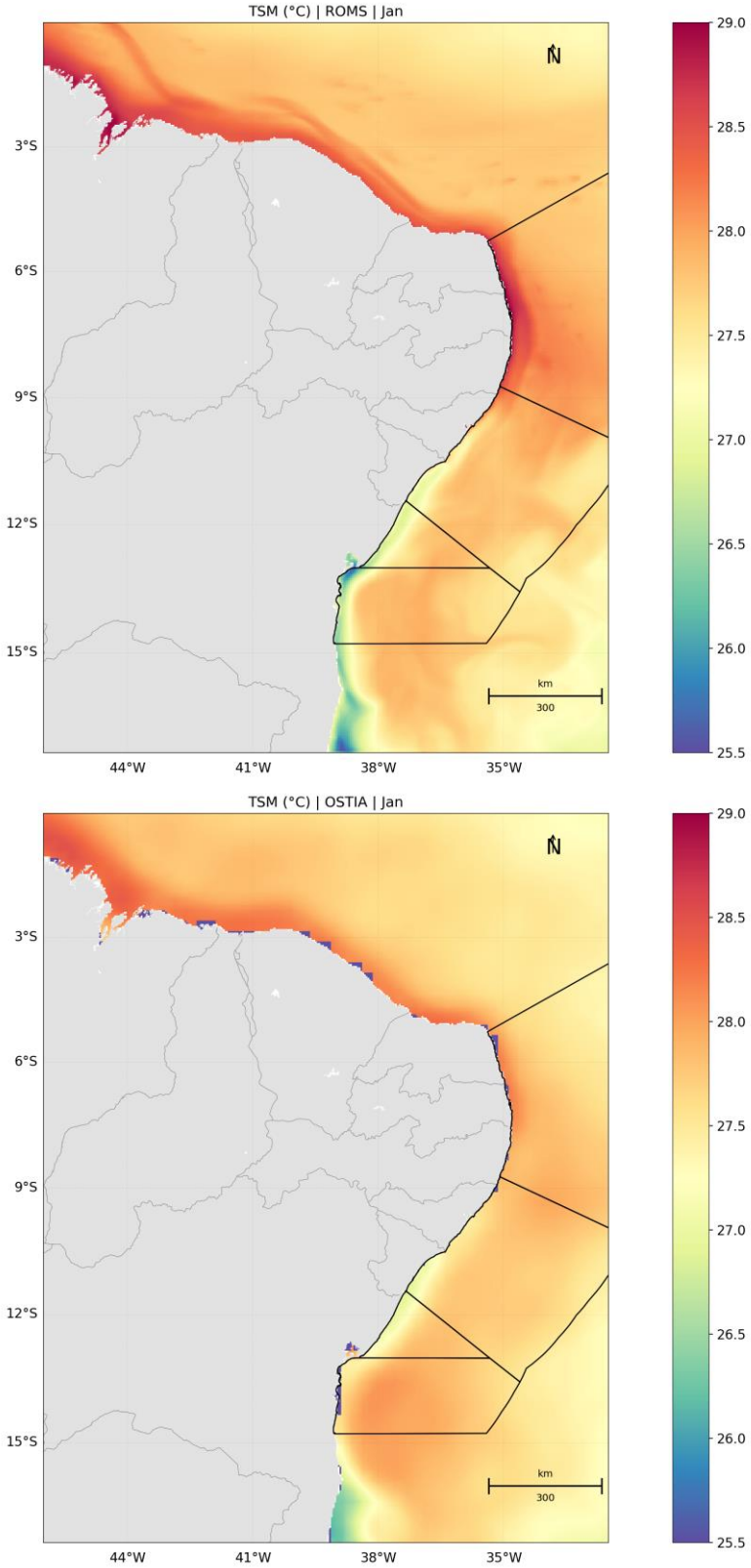


Figura 51: TSM média para janeiro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

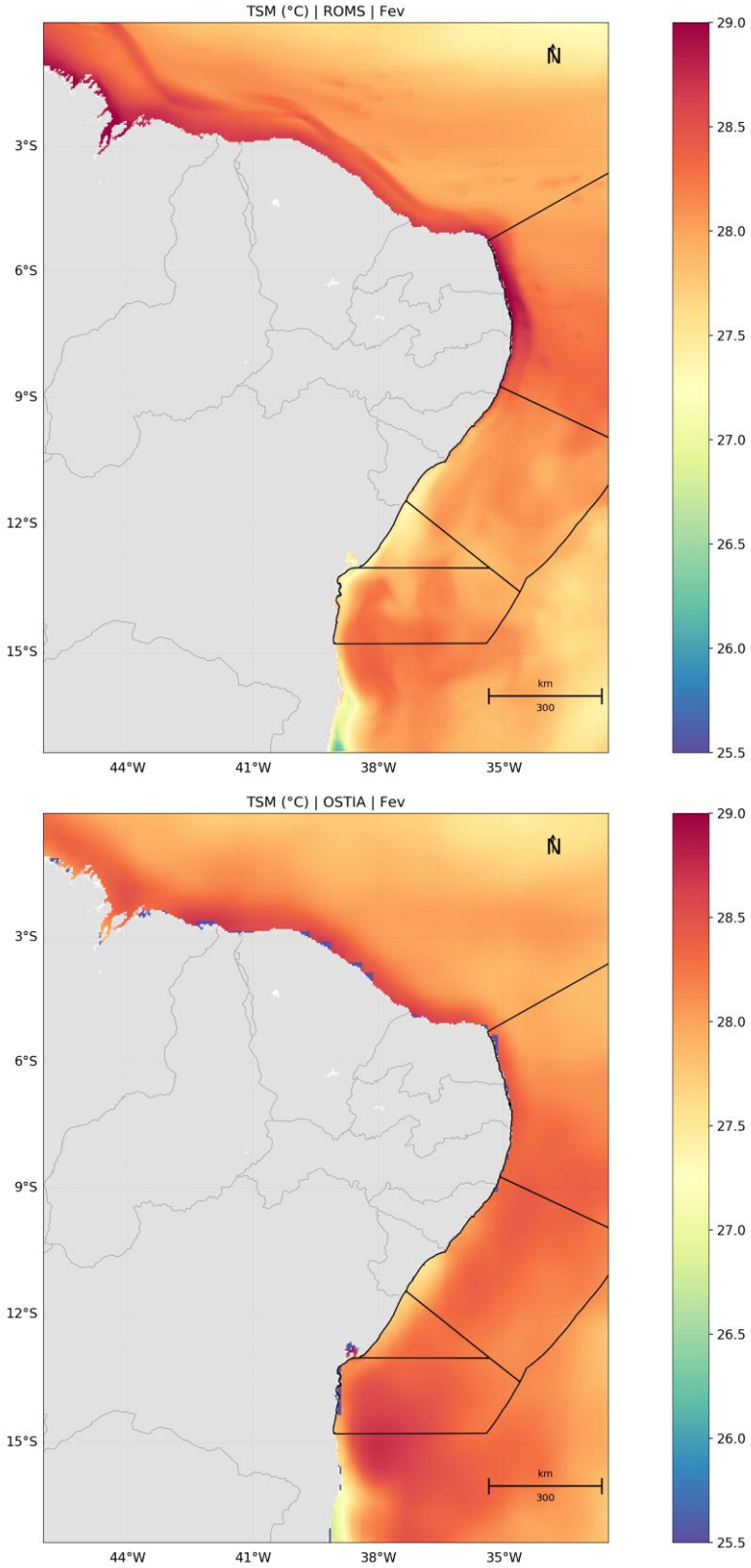


Figura 52: TSM média para fevereiro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

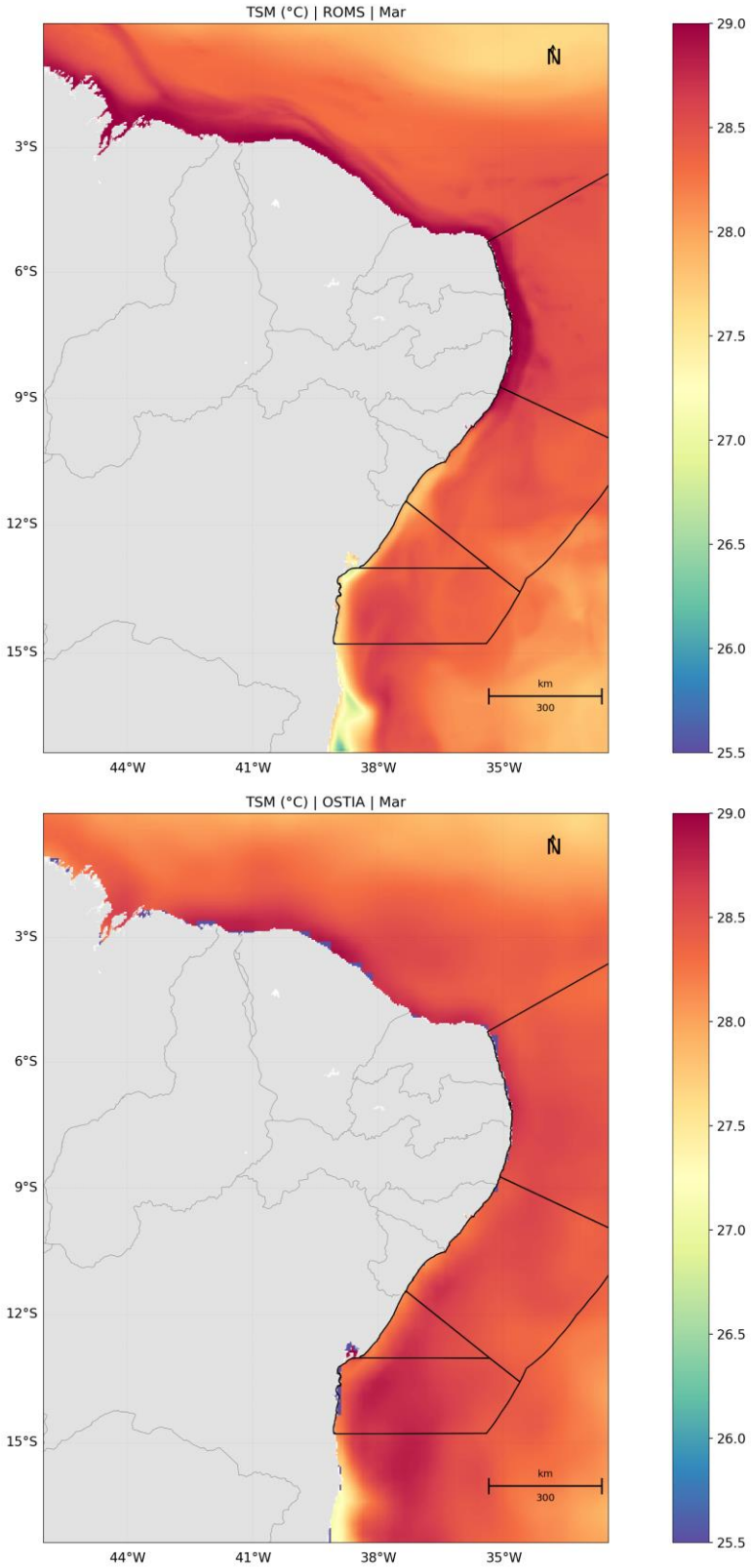


Figura 53: TSM média para março de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

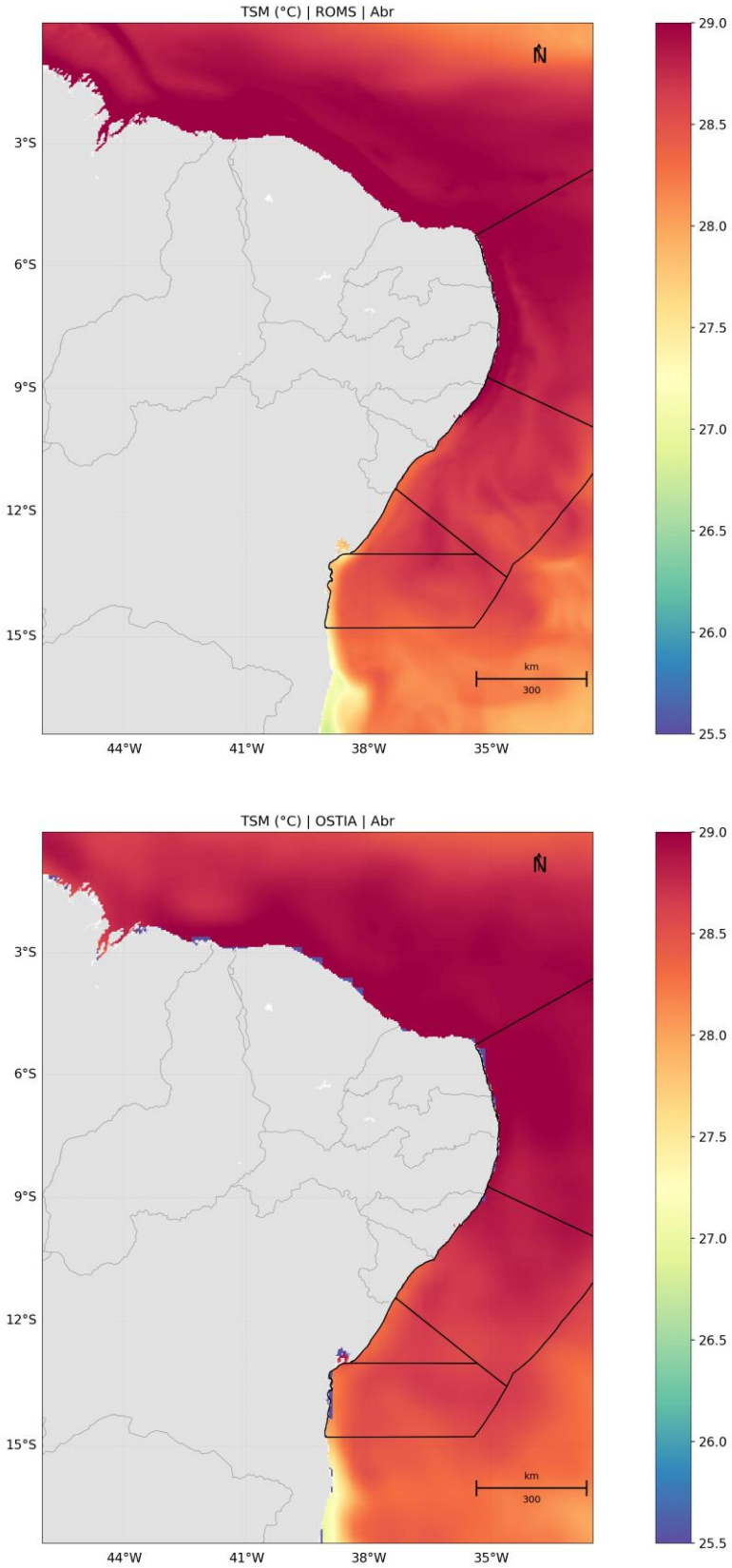


Figura 54: TSM média para abril de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

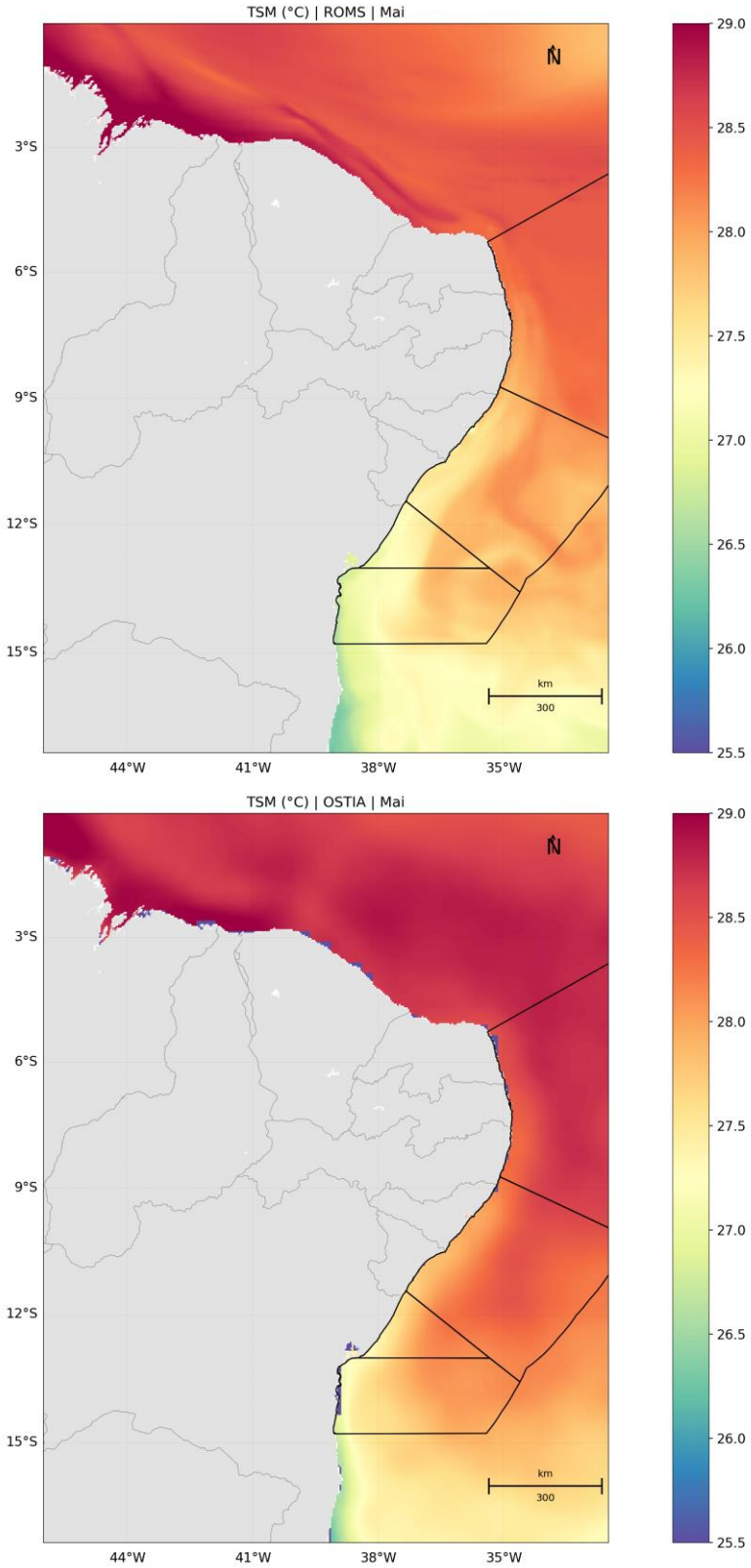


Figura 55: TSM média para maio de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

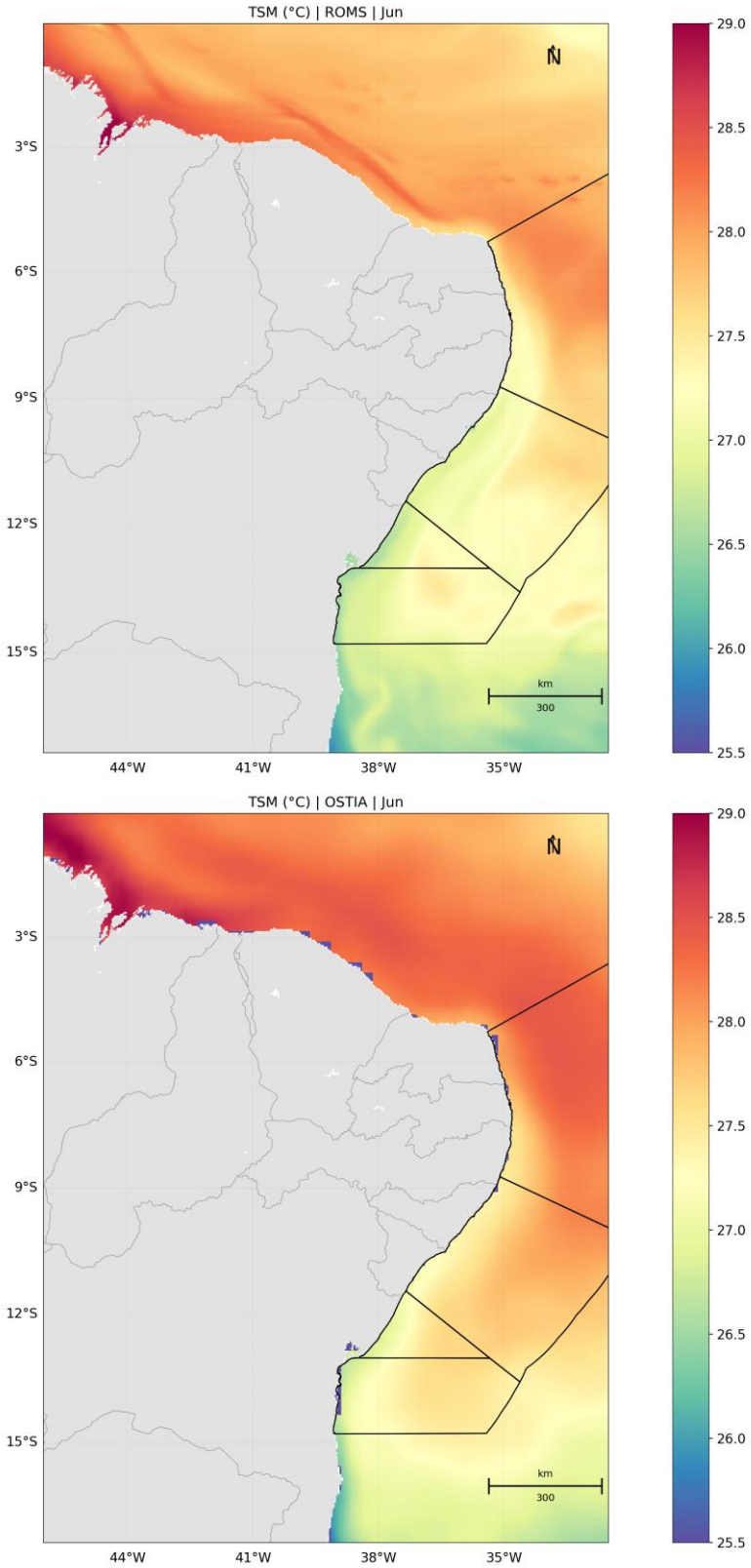


Figura 56: TSM média para junho de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

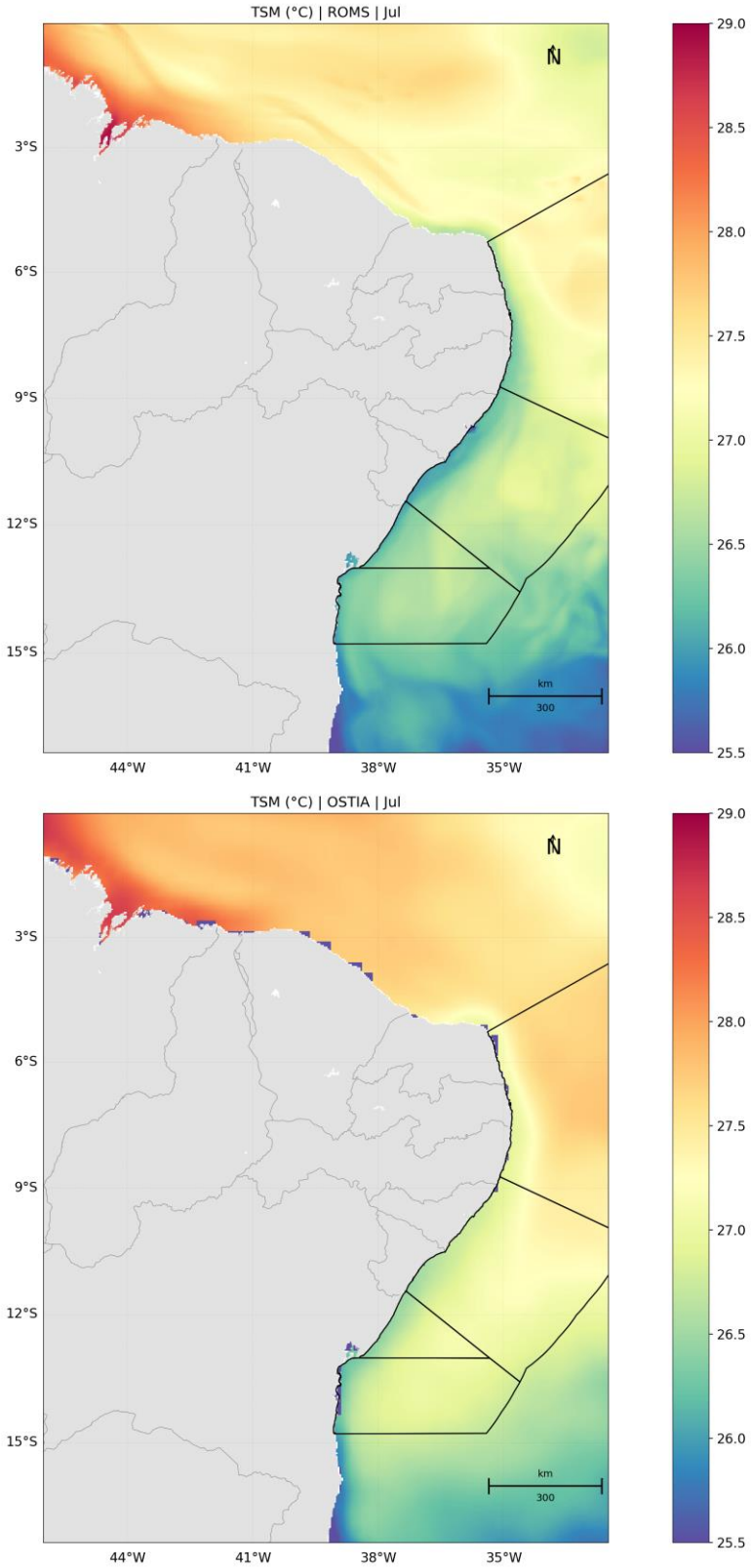


Figura 57: TSM média para julho de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

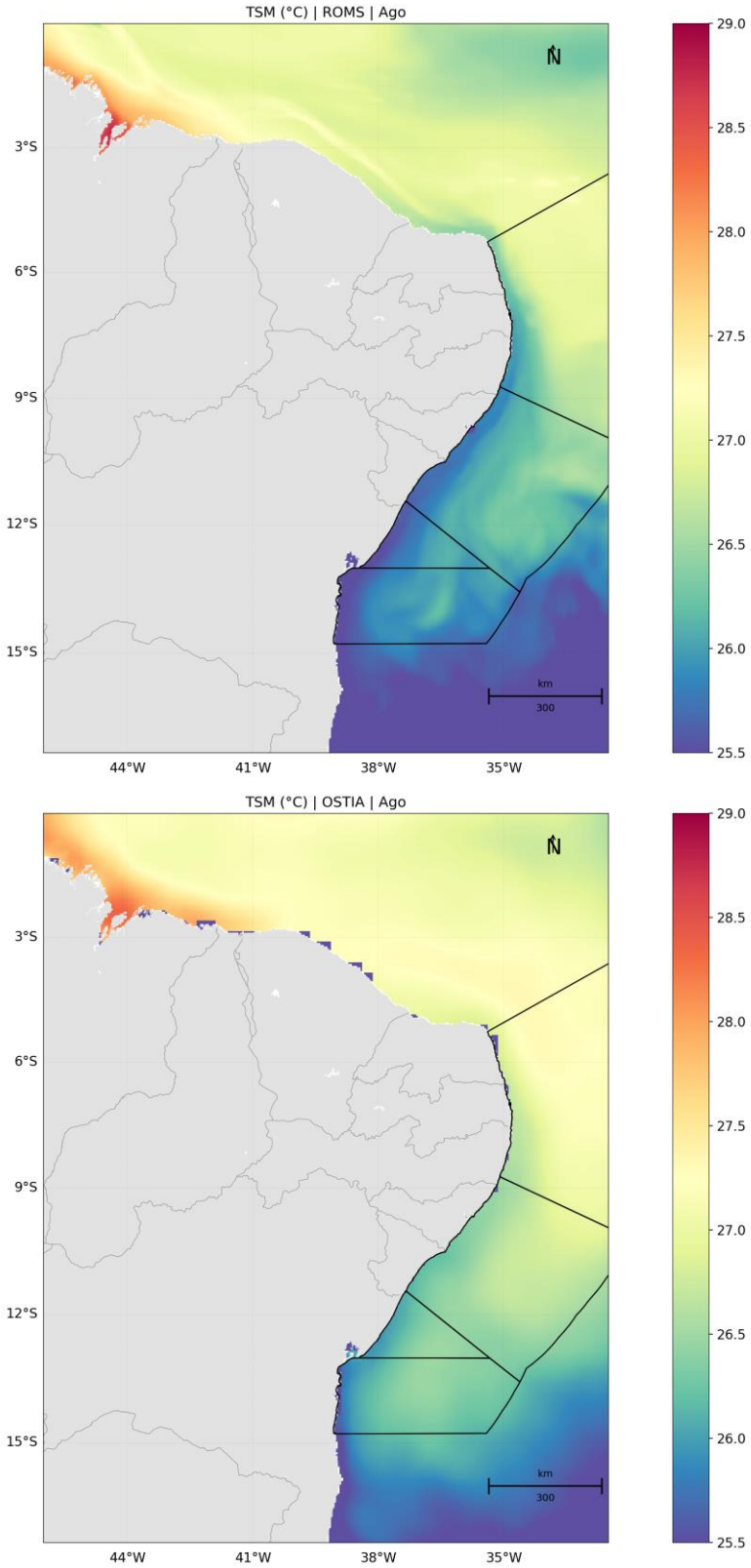


Figura 58: TSM média para agosto de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

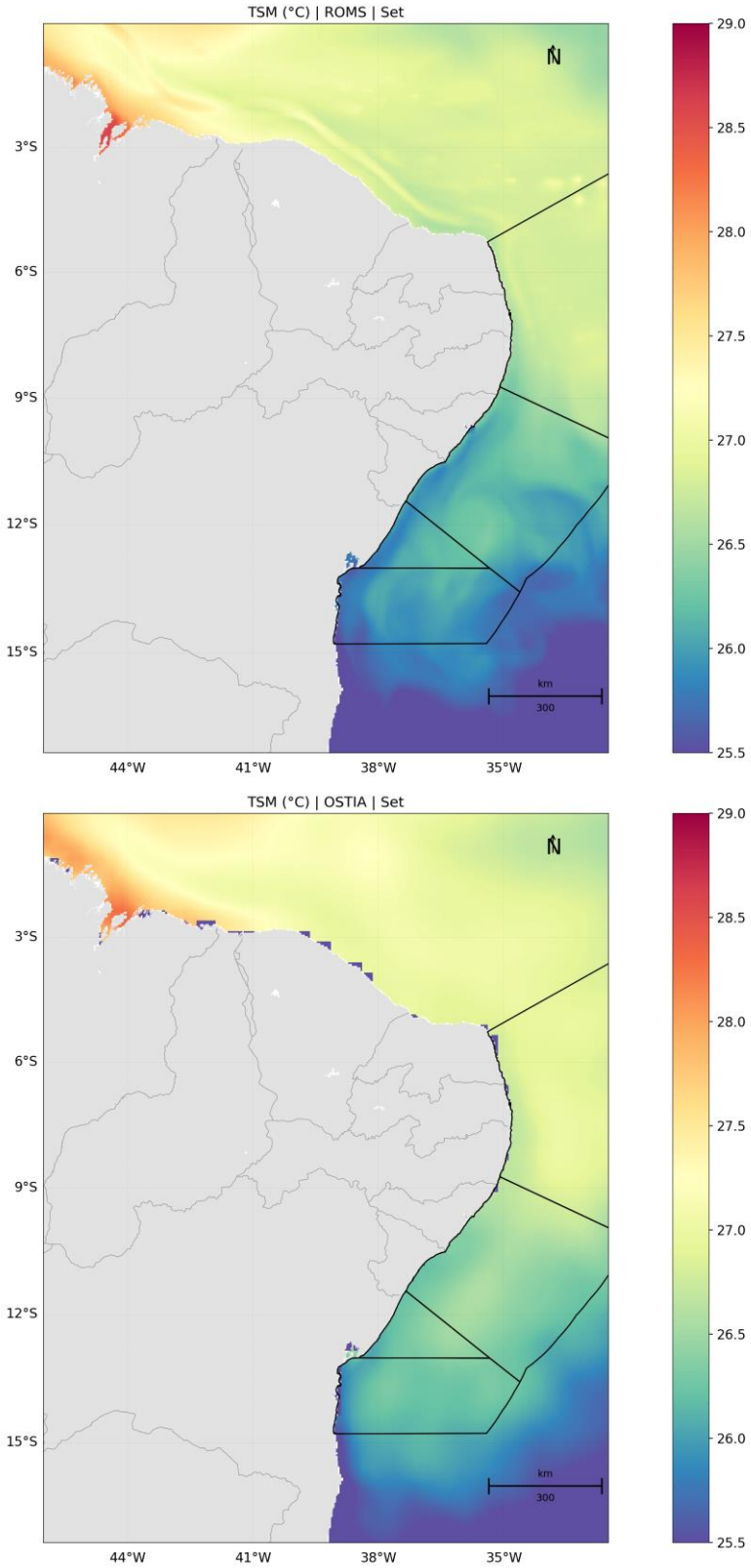


Figura 59: TSM média para setembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

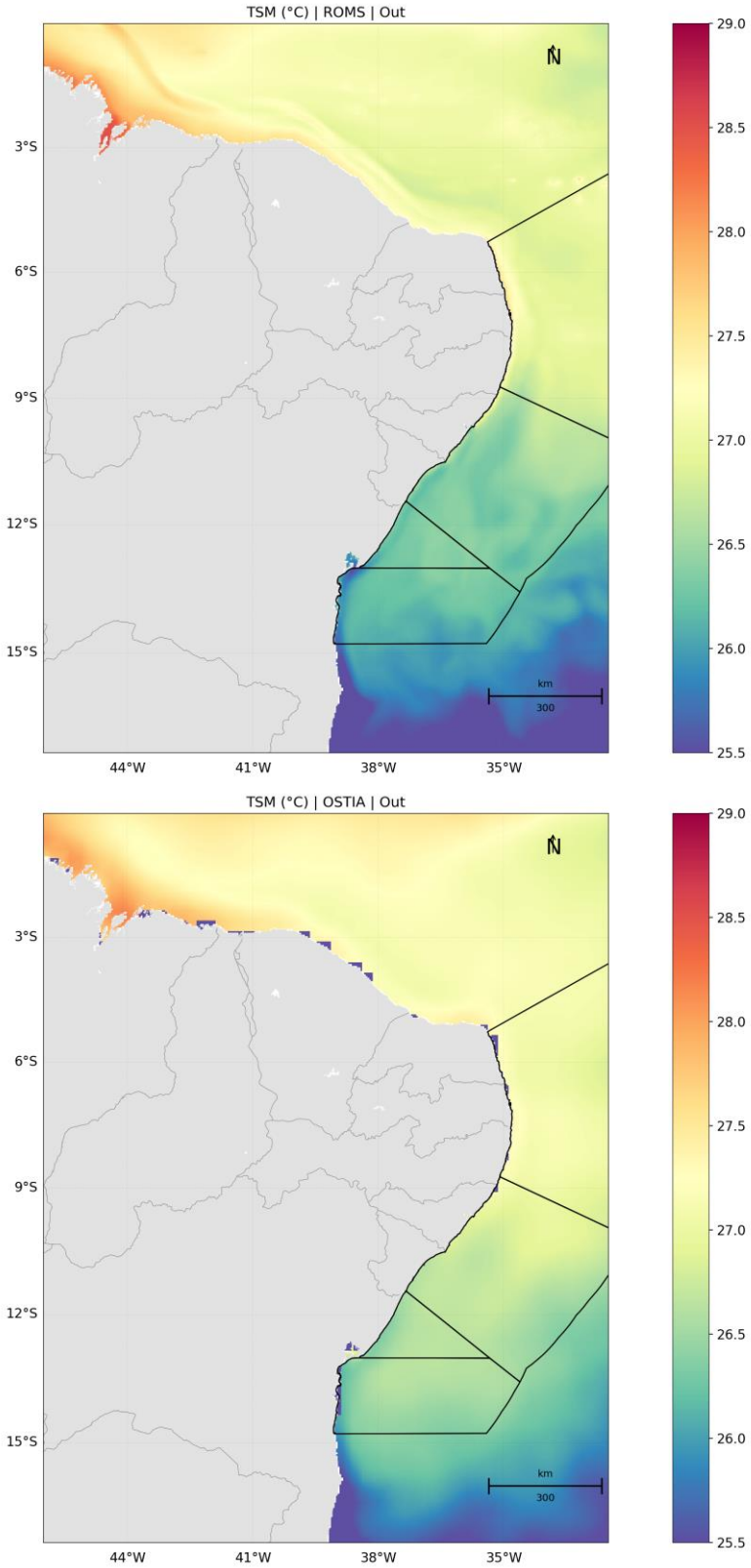


Figura 60: TSM média para outubro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

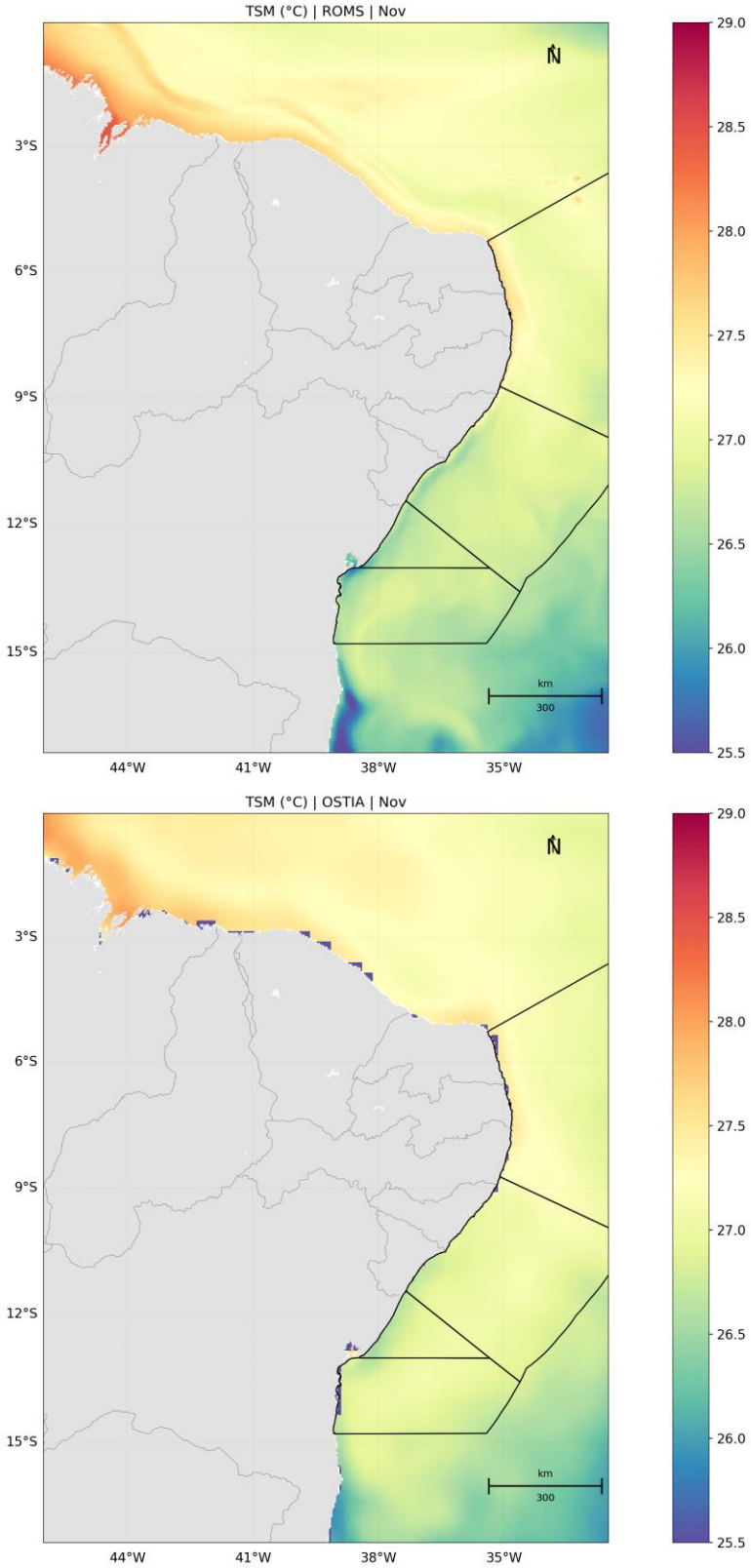


Figura 61: TSM média para novembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

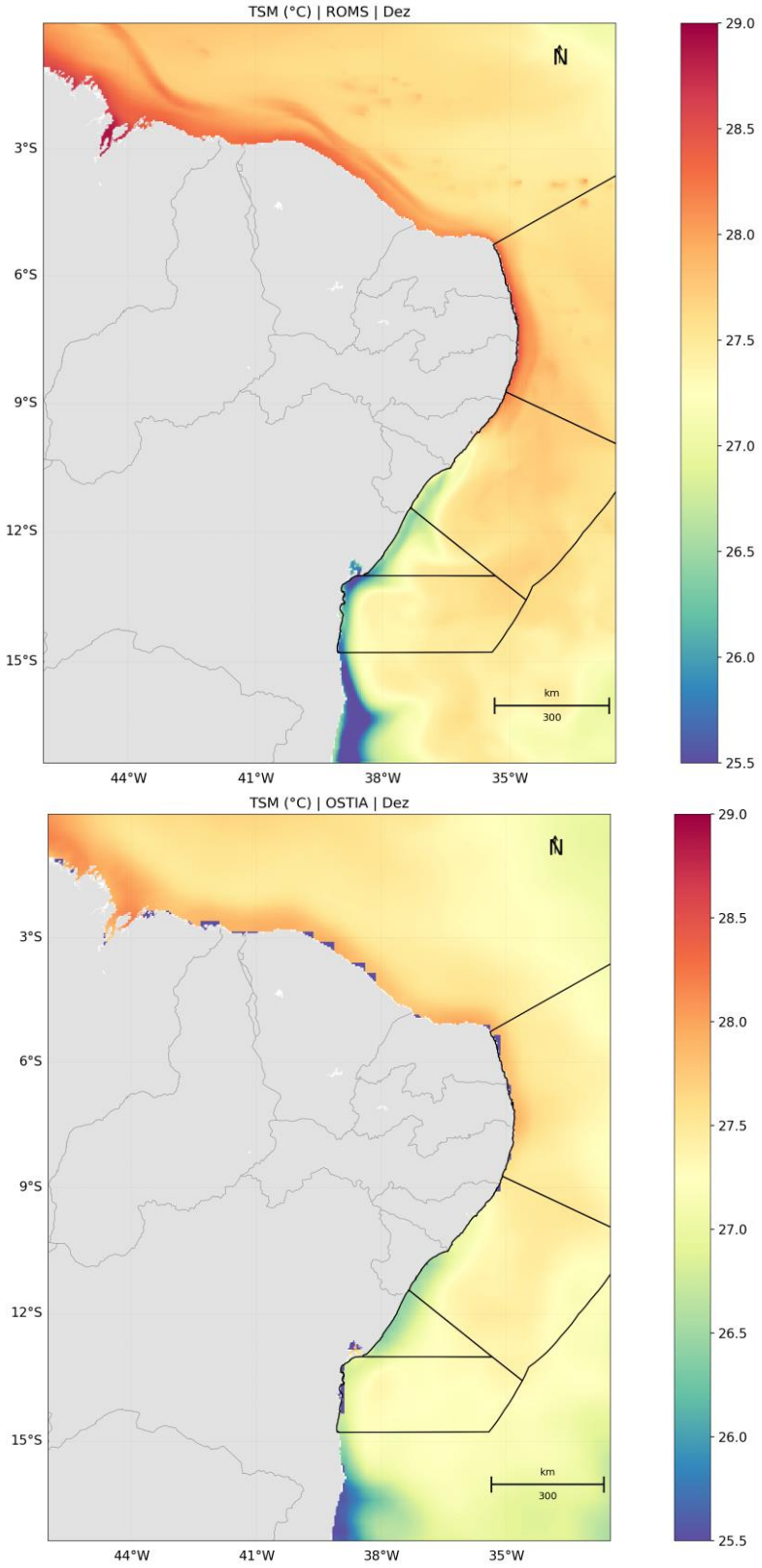


Figura 62: TSM média para dezembro de 2013. Dados obtidos do ROMS (superior) e do OSTIA (inferior).

Em geral, verifica-se que os padrões da TSM foram bem representados pelo ROMS. A boa representação do campo de temperatura superficial do modelo é um excelente indicador da capacidade do modelo em representar a dinâmica da região, visto que a distribuição espacial da temperatura é influenciada fortemente pela advecção das correntes.

8.3. Estrutura Termohalina

Para avaliar a representação da estrutura vertical de temperatura e salinidade, na região de interesse, foram utilizados os dados da climatologia WOA13 V2 (*World Ocean Atlas 13 version 2*) do *National Oceanographic Data Center* (NODC).

Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA13 consistem da análise objetiva dos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos, em navios de pesquisa e de oportunidade. Esta análise objetiva utiliza dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global regularmente espaçada, disponível em 5°, 1° e 0,25°. Estes campos são tridimensionais e os dados são interpolados em 102 profundidades padrão, desde a superfície até 5.500 m de profundidade. Temporalmente, esta climatologia consiste na média realizada para o período compreendido entre os anos de 1773 e 2013, mas principalmente a partir de 1955. Os dados da climatologia WOA13 podem ser obtidos através da sua página na internet (http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/). Maiores informações sobre a bases climatológicas do WOA13 podem ser obtidas em Locarnini *et al.* (2013) e Zweng *et al.* (2013).

Os dados utilizados foram extraídos para 12 pontos distribuídos ao longo das bacias de Camamu-Almada, Jacuípe, Sergipe – Alagoas e Pernambuco-Paraíba, conforme apresentado na Figura 63. Os 12 pontos foram distribuídos de forma a cobrir a plataforma continental, talude e bacia oceânica de cada uma das bacias sedimentares. A grade de 1° do WOA13-V2 foi escolhida para que a quantidade de observações utilizada na geração da média climatológica fosse mais significativa, aumentando a confiabilidade da faixa de variabilidade das variáveis analisadas.

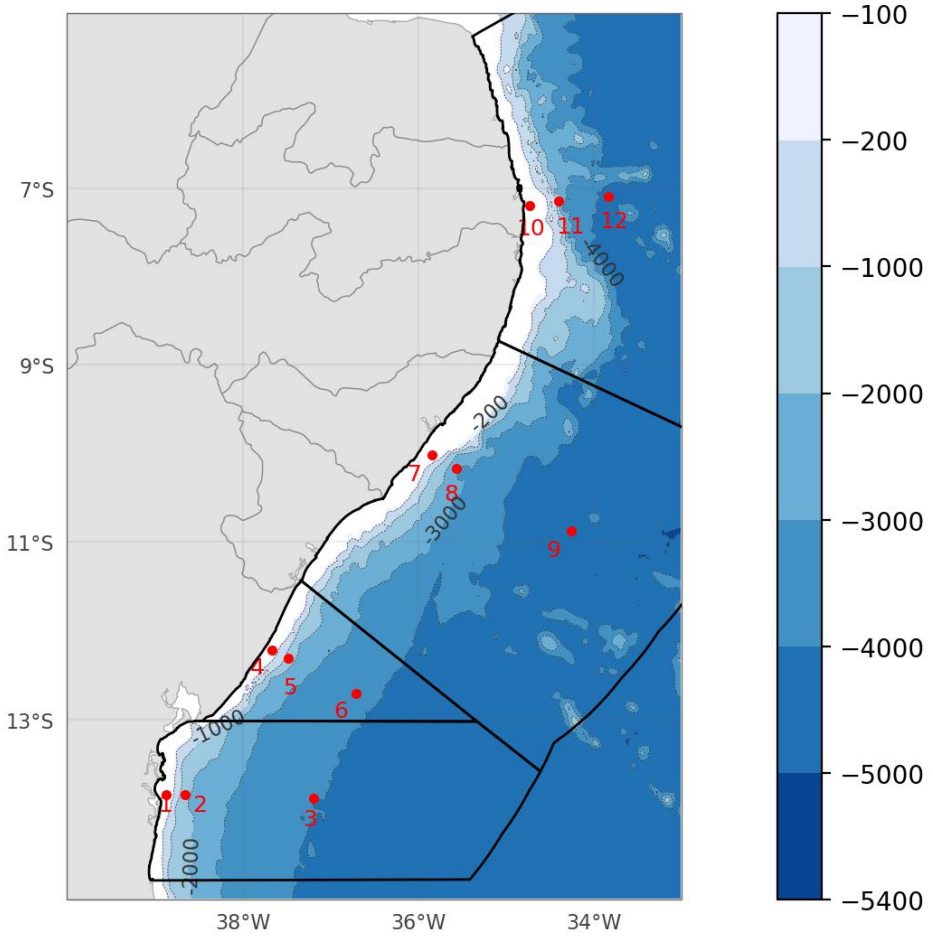


Figura 63: Localização dos pontos de grade do ROMS utilizados para as comparações com o WOA.

Abaixo, da Figura 64 a Figura 87, apresenta-se o número de observações para cada um dos pontos de grade do WOA13 V2 ao longo da coluna d'água, e as faixas de ocorrência[1] das observações de temperatura e salinidade obtidas no modelo (vermelho) e no WOA13-V2 (cinza). Pode-se observar que o modelo representou muito bem a estrutura vertical termohalina ao longo de todo domínio e sua variabilidade, pois ao longo de toda a coluna d'água as faixas de ocorrência são muito similares. Além disso, essa compatibilidade dos valores é um indicativo de que houve uma boa representação da posição média das massas d'água no domínio de modelagem.

Ressalta-se que diferenças observadas são esperadas, uma vez que os dados do WOA representam uma climatologia obtida para áreas com 1º de resolução, sendo muito maior que a área representada pelos dados do ROMS, com resolução de 1/24º.

[1] *Considerando que estas variáveis seguem uma distribuição normal, esta faixa é calculada para abranger 99,7% das ocorrências, e, portanto, seus limites representam 3 vezes o desvio padrão ao redor da média.*

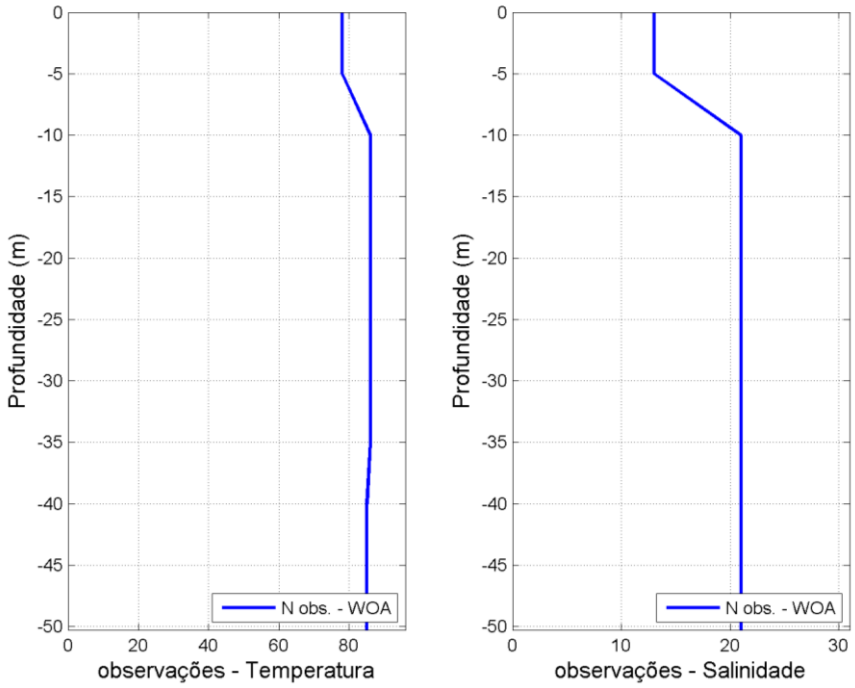


Figura 64: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 1.

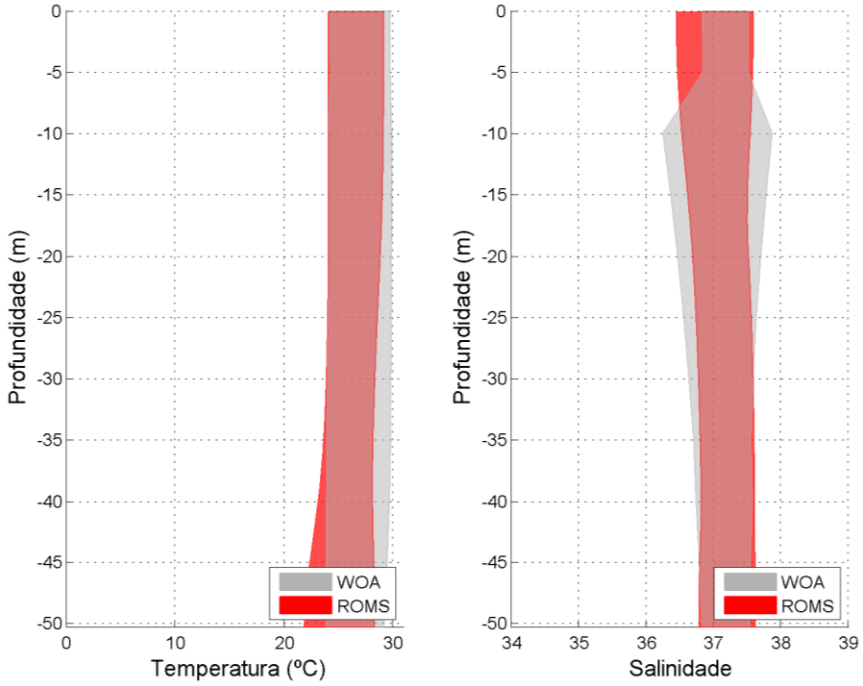


Figura 65: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 1.

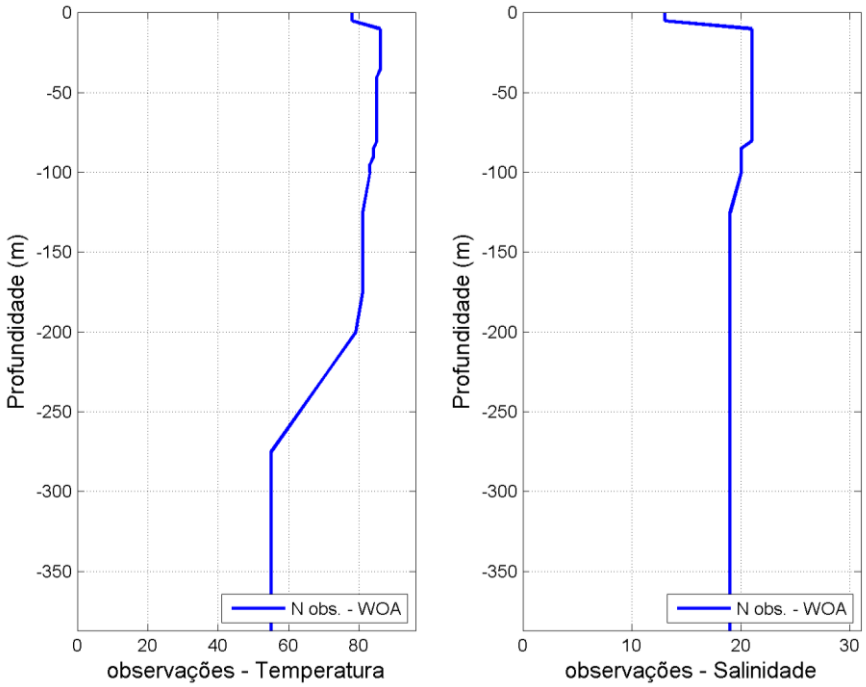


Figura 66: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 2.

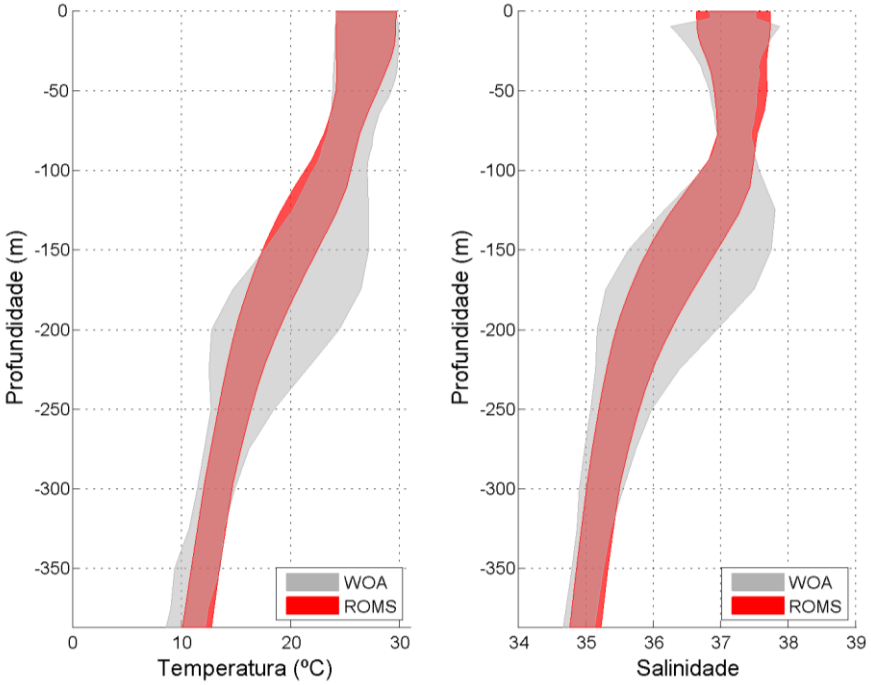


Figura 67: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 2.

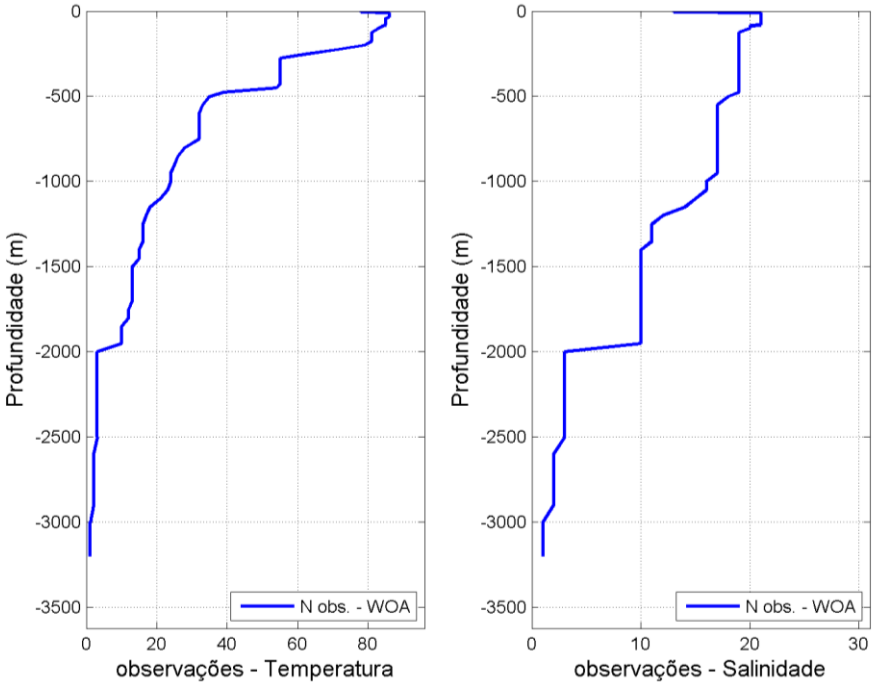


Figura 68: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 3.

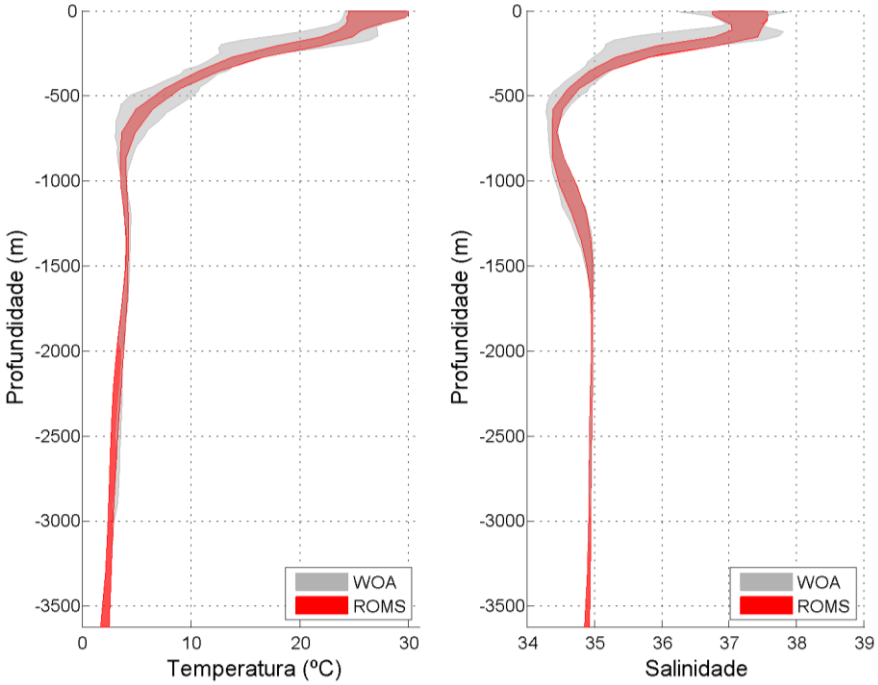


Figura 69: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 3.

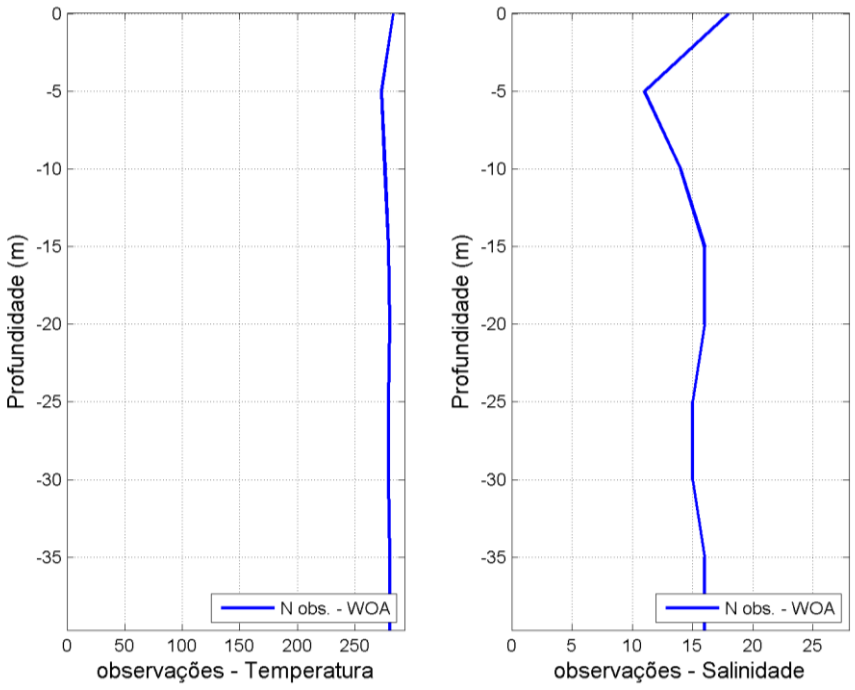


Figura 70: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 4.

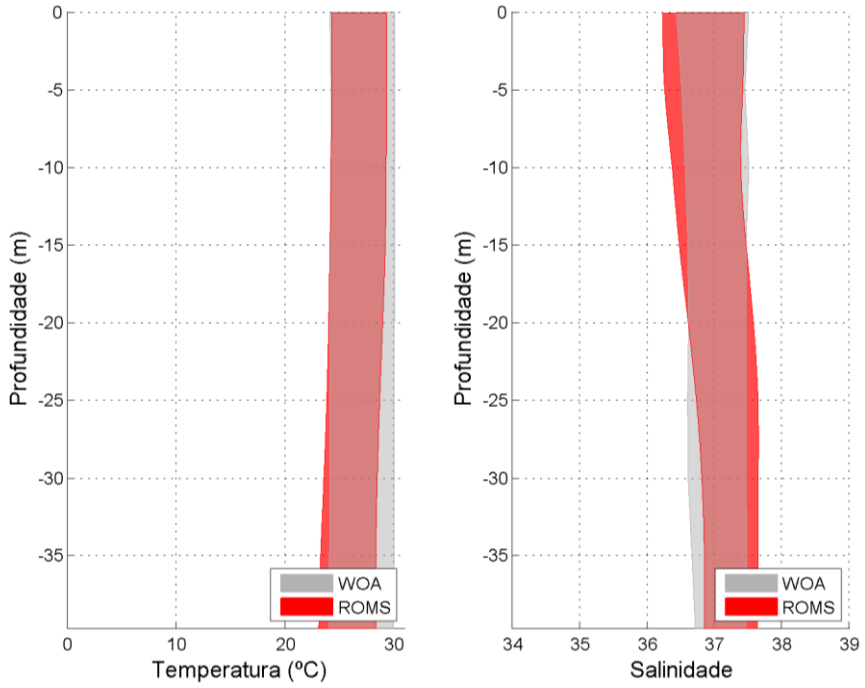


Figura 71: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 4.

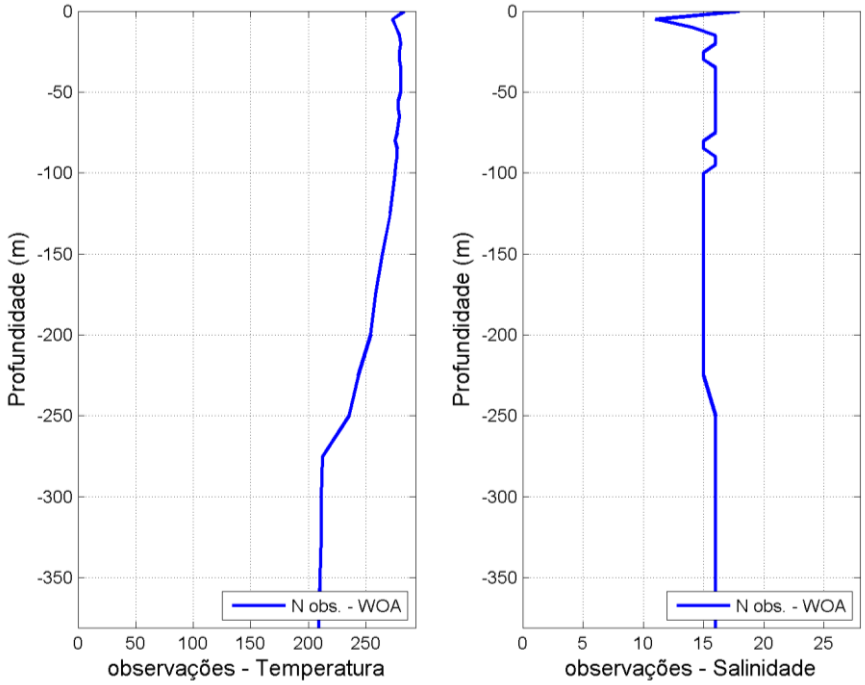


Figura 72: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 5.

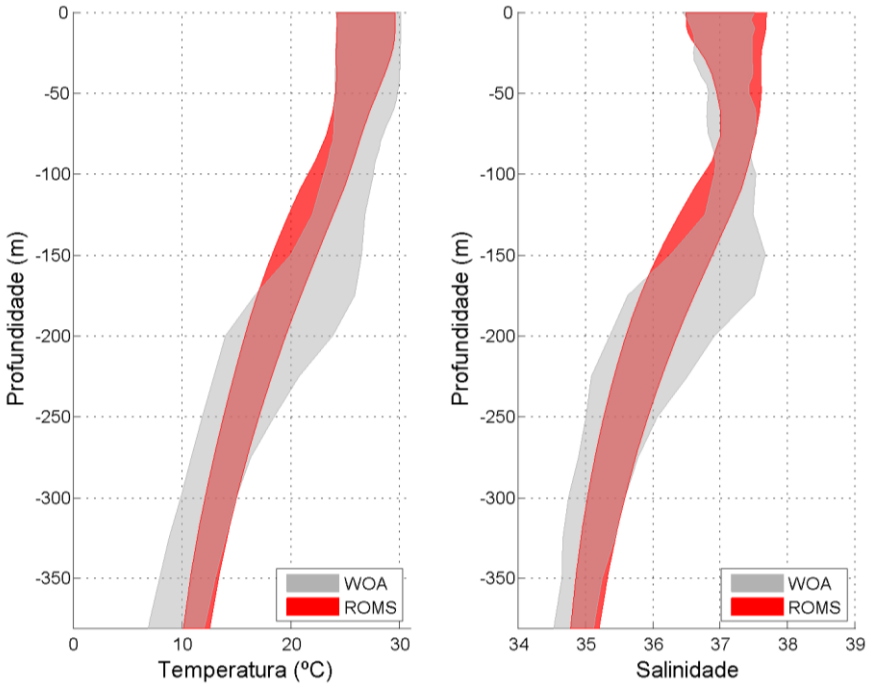


Figura 73: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 5.

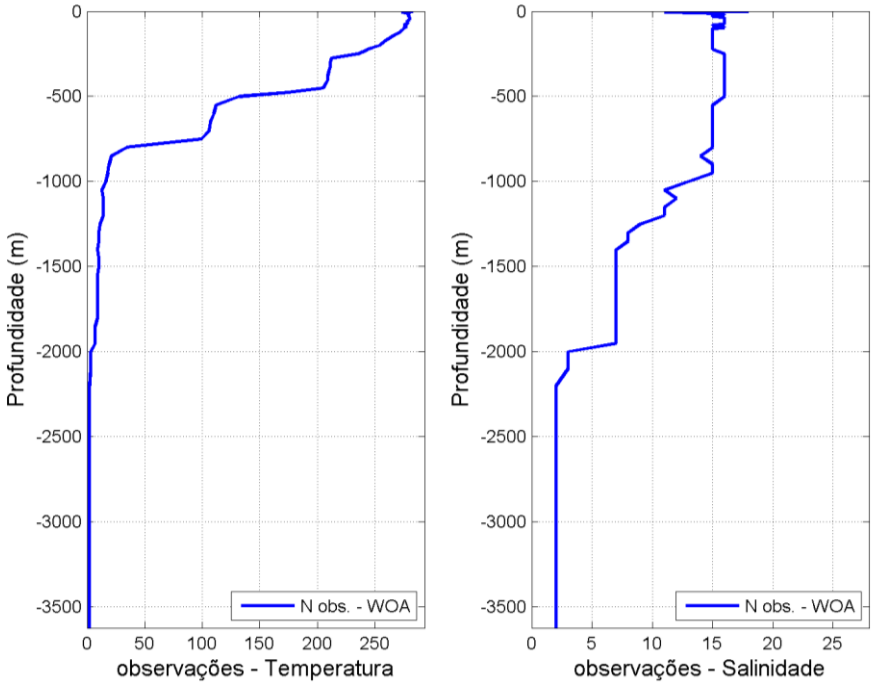


Figura 74: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 6.

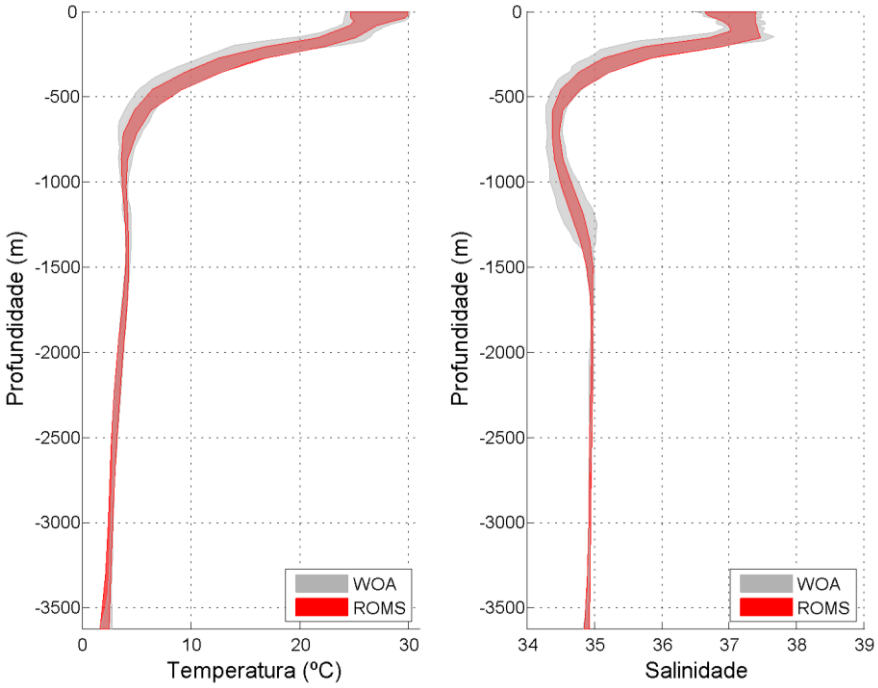


Figura 75: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 6.

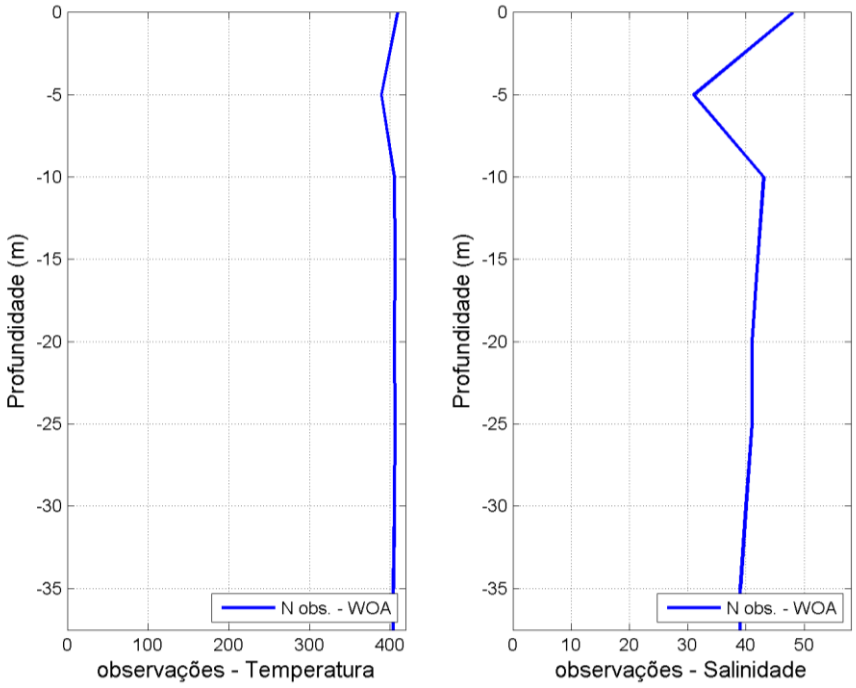


Figura 76: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 7.

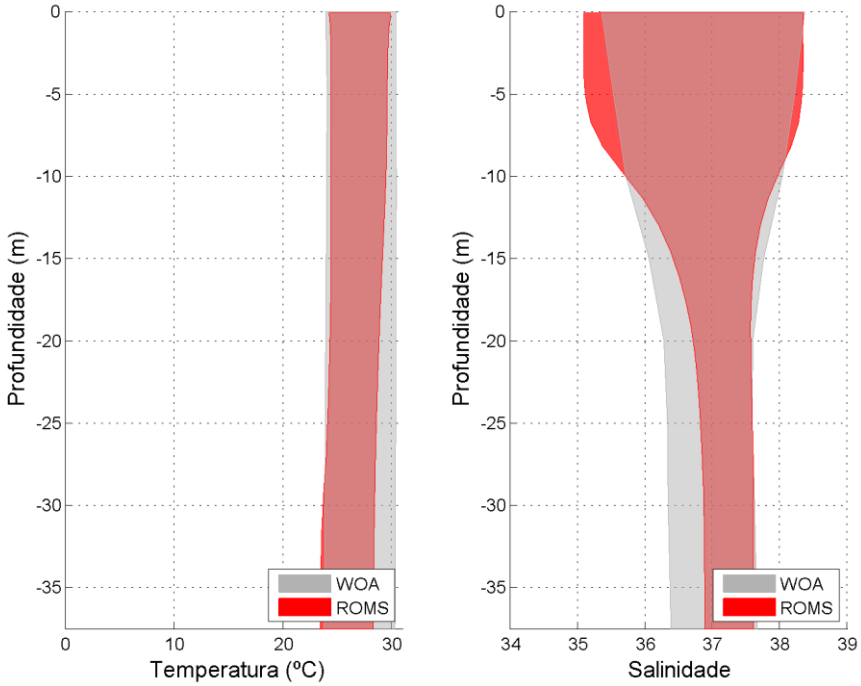


Figura 77: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 7.

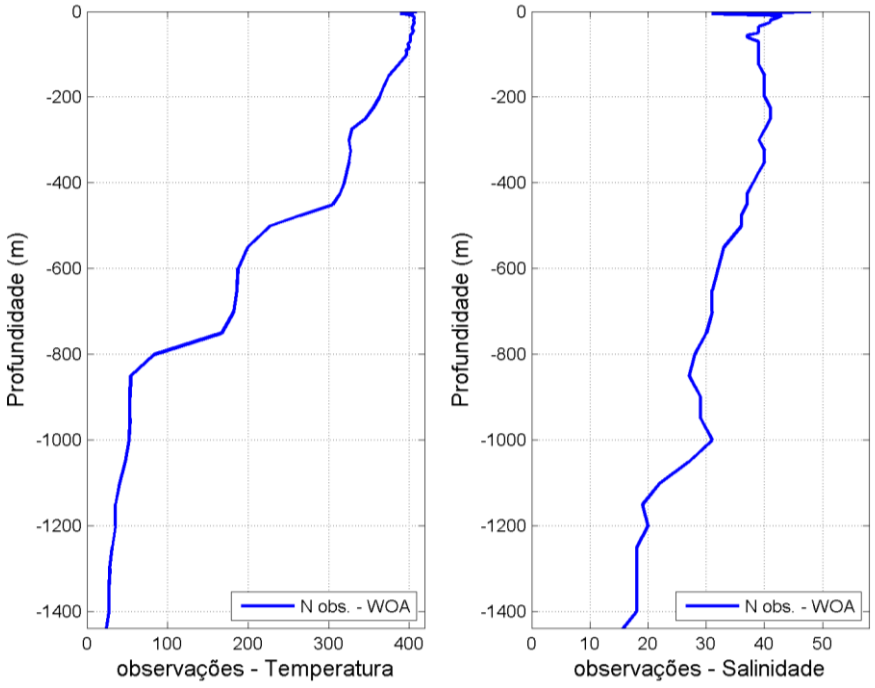


Figura 78: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 8.

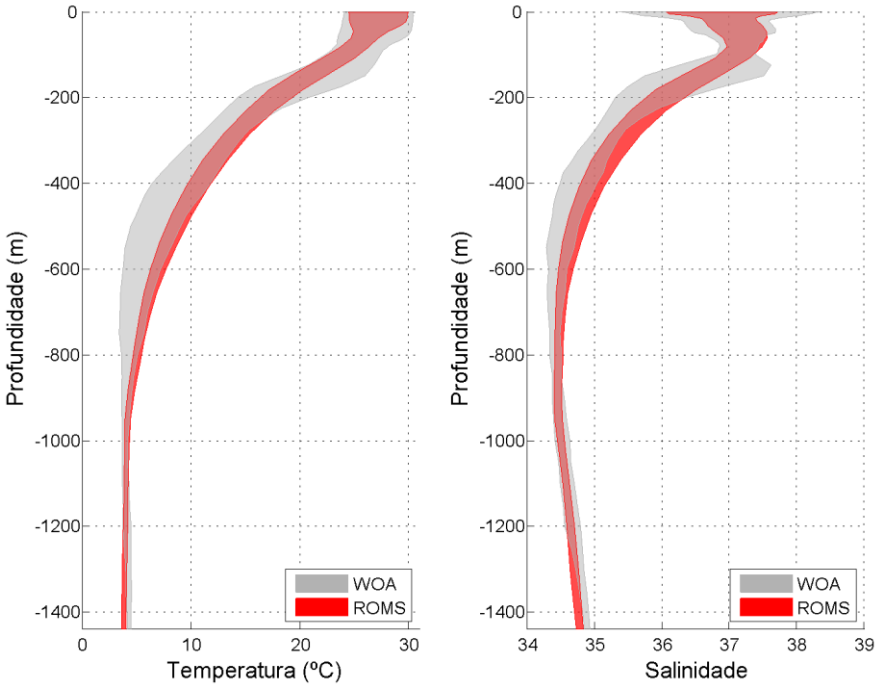


Figura 79: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 8.

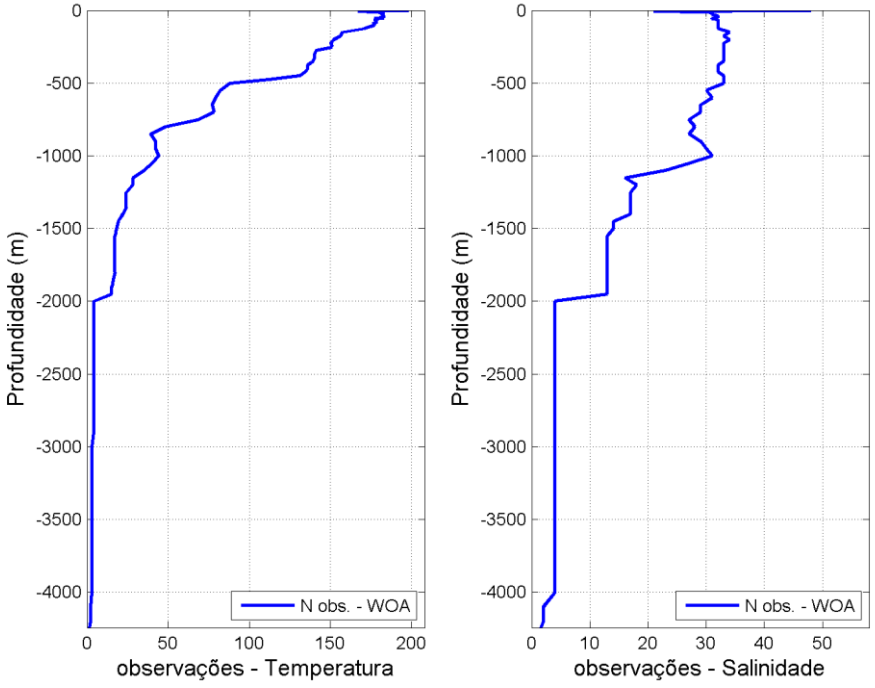


Figura 80: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 9.

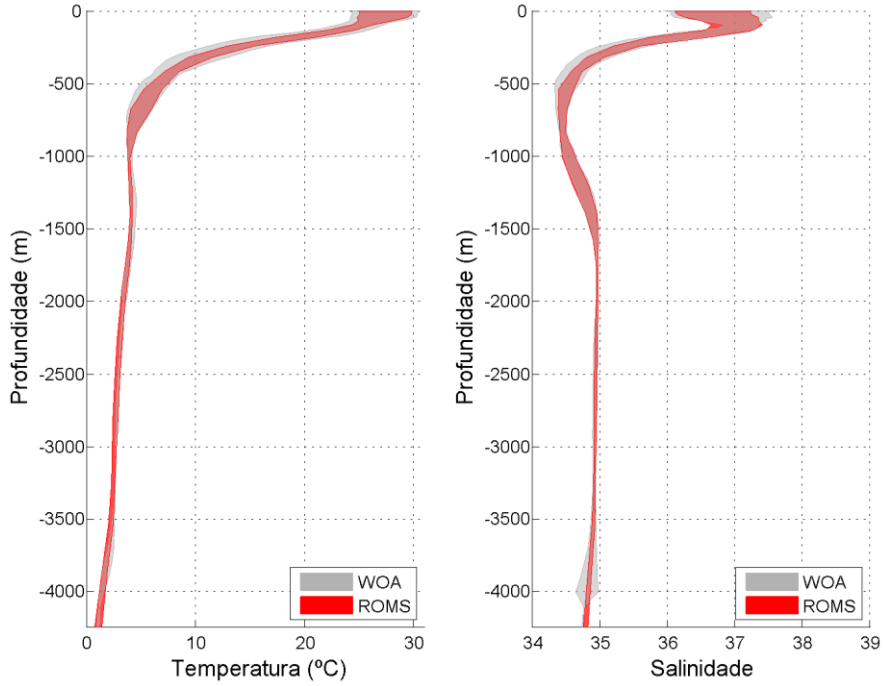


Figura 81: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 9.

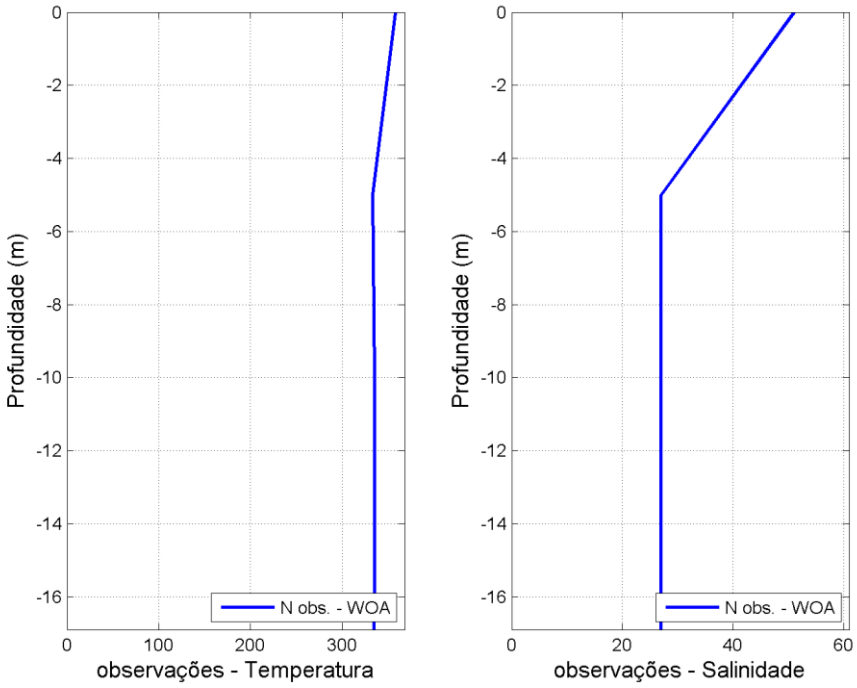


Figura 82: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 10.

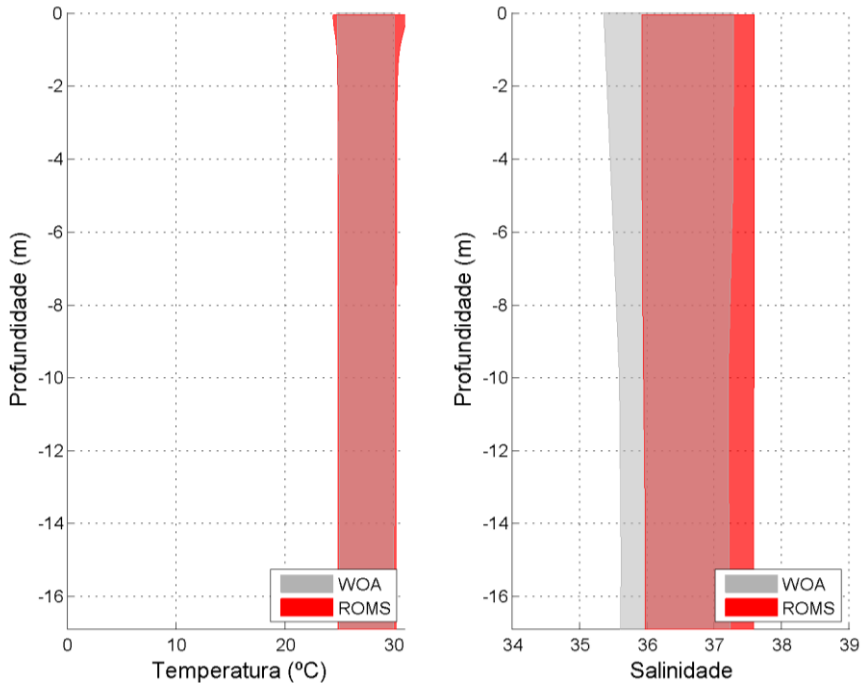


Figura 83: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 10.

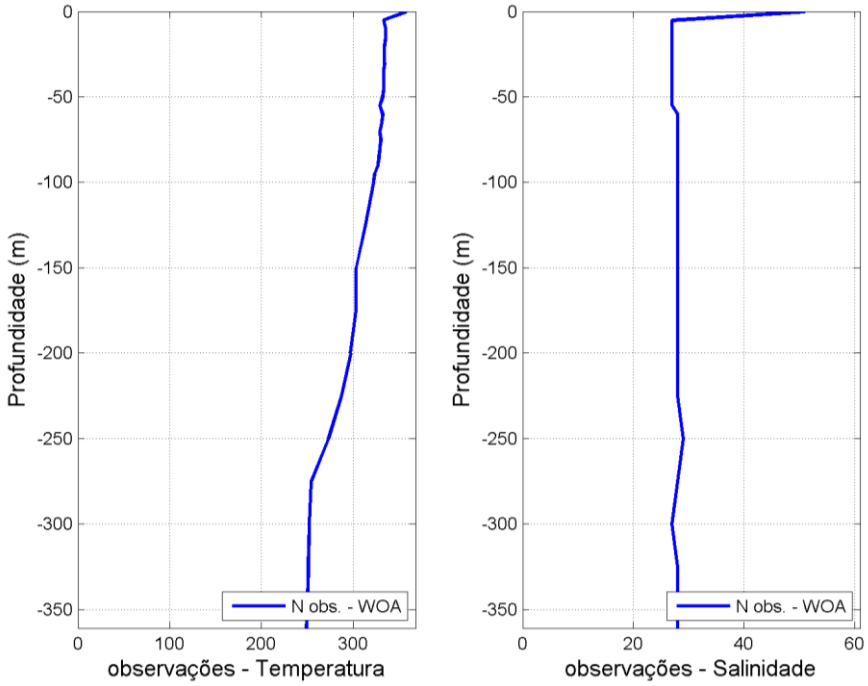


Figura 84: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 11.

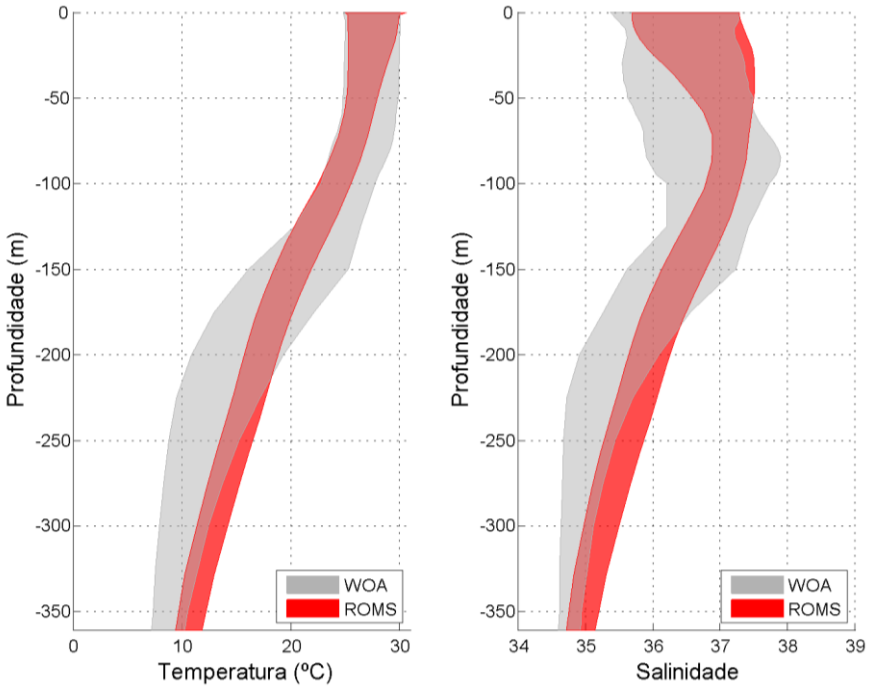


Figura 85: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 11.

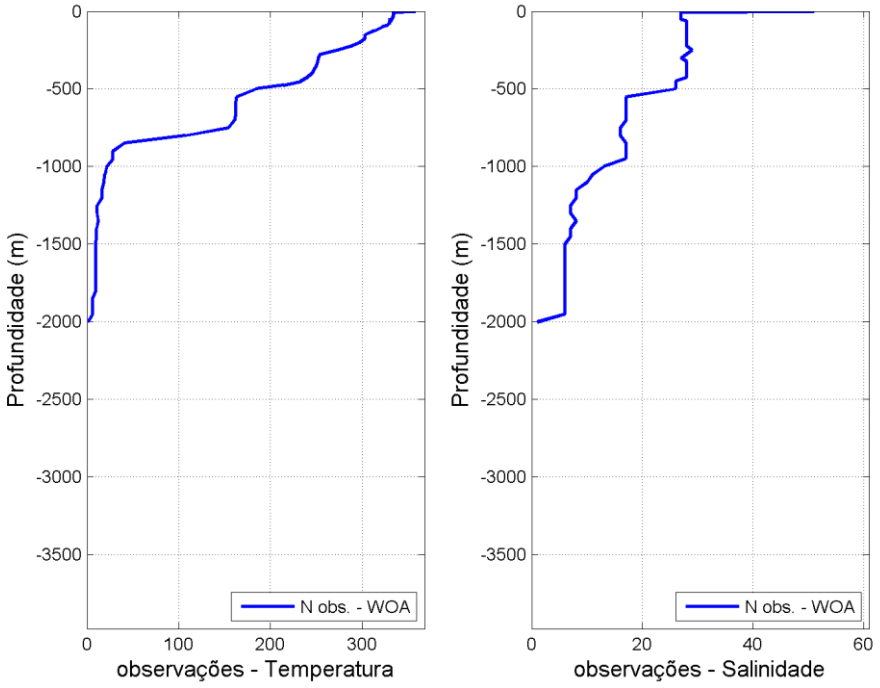


Figura 86: Número de observações utilizadas na média climatológica do WOA13 V2 ao longo das profundidades, para o ponto 12.

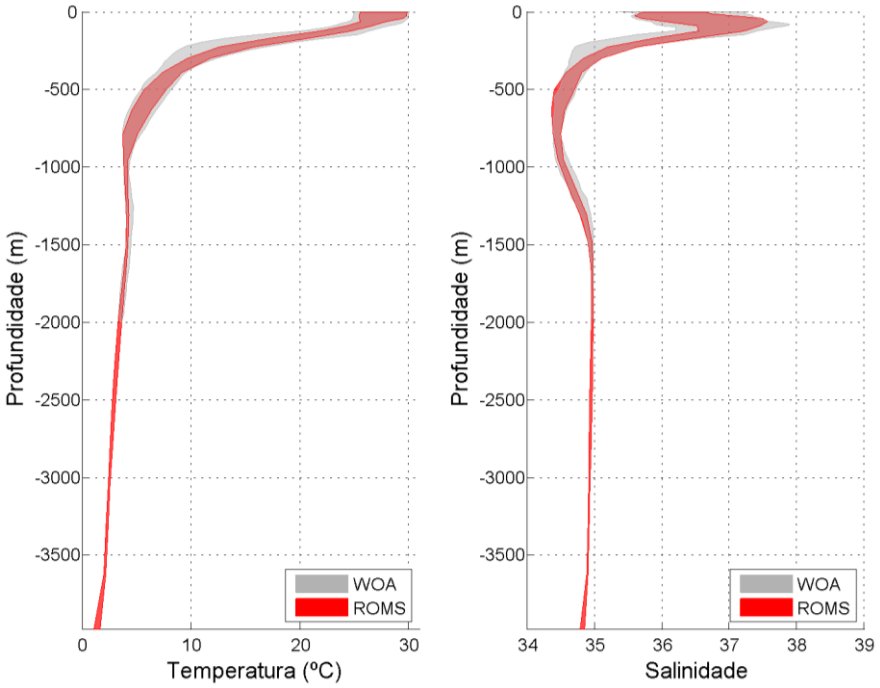


Figura 87: Faixa de ocorrência de 97,5% das observações de temperatura e salinidade obtidos do WOA13 (faixa cinza) e pelo modelo ROMS (faixa vermelha) para o ponto 12.

8.4. Correntes

Para avaliar o regime de correntes foram utilizados dados de derivadores lagrangianos de superfície do *Global Drifter Program* (GDP). Foram considerados os dados dos derivadores cuja trajetória está contida no domínio desse estudo durante o período de janeiro a dezembro de 2013. Ao todo, 20 derivadores passaram pelo domínio de modelagem durante esse período.

Os dados transmitidos pelos derivadores passaram por um controle de qualidade baseado na técnica *forward & backward* (HANSEN; POULAIN, 1996) visando eliminar transmissões espúrias. O critério de corte foram velocidades superiores a 2,5 m/s, sendo identificados e removidos os dados de posição transmitidos que levassem a valores de velocidade superiores a este limiar.

Para fins de comparação foram usados os dados de velocidade dos derivadores espaçados de 6 horas, no período em que estes permaneceram no domínio de modelagem, e a velocidade das correntes nos pontos de grade mais próximos da posição do derivador e no mesmo instante temporal.

A seguir, da Figura 88 a Figura 108 são apresentadas as trajetórias descritas pelos 21 derivadores durante o período no qual estes permaneceram dentro do domínio de modelagem (Tabela 3) e as comparações entre as componentes zonais e meridionais das correntes medidas pelos derivadores e calculadas pelo ROMS.

Tabela 3: Posição e datas iniciais e finais de cada derivador ao longo do período de comparação.

Derivador	Data inicial	Ponto Inicial (Lon/Lat)	Data final	Ponto Final (Lon/Lat)
01	30/05/2013	33,01°W/11,97° S	11/07/2013	34,84°W/6,64° S
02	20/04/2013	33,00°W/14,30° S	13/10/2013	38,06°W/12,70° S
03	04/09/2013	33,09ºW/13,41º S	11/10/2013	38,85º W/13,24º S
04	26/04/2013	33,01°W/14,16° S	13/06/2013	35,00°W/13,37° S
05	04/02/2013	33,01°W/2,79° S	02/06/2013	44,23°W/0,18° S
06	04/02/2013	33,01°W/2,79° S	02/06/2013	44,23°W/0,18° S
07	08/07/2013	32,80º W/9,49º S	30/08/2013	34,91º W/6,62º S
08	03/01/2013	33,01°W/4,64° S	26/02/2013	44,17°W/0,23° S
09	11/06/2013	35,35º W/10,05º S	25/07/2013	38,02º W/3,58º S
10	16/12/2013	33,18º W/12,80º S	30/12/2013	34,14º W/13,82º S
11	27/05/2013	33,01°W/2,79° S	17/06/2013	44,23°W/0,18° S
12	27/05/2013	33,01°W/2,79° S	17/06/2013	44,23°W/0,18° S
13	14/10/2013	38,39º W/2,97º S	18/11/2013	44,54º W/0,00º
14	02/01/2013	33,25º W/13,11º S	26/01/2013	37,98º W/16,11º S
15	05/10/2013	33,10ºW/3,87º S	08/12/2013	46,00º W/0,48º S
16	16/11/2013	33,01º W/9,57º S	13/12/2013	36,37º W/10,55º S
17	21/08/2013	33,10ºW/3,87º S	02/09/2013	43,31º W/0,00º

18	14/10/2013	32,94º W/12,20º S	18/11/2013	36,25º W/10,39º S
19	29/08/2013	33,10ºW/3,87º S	01/10/2013	44,98º W/0,00º
20	22/04/2013	32,85º W/12,48º S	18/05/2013	38,93º W/13,40º S
21	08/08/2013	33,16º W/6,49º S	10/10/2013	37,90º W/3,65º S

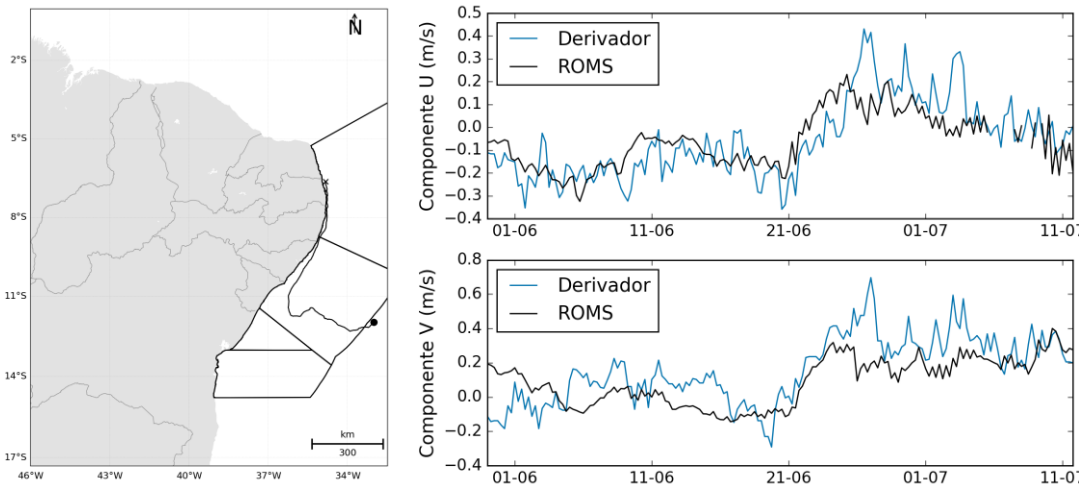


Figura 88: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita).

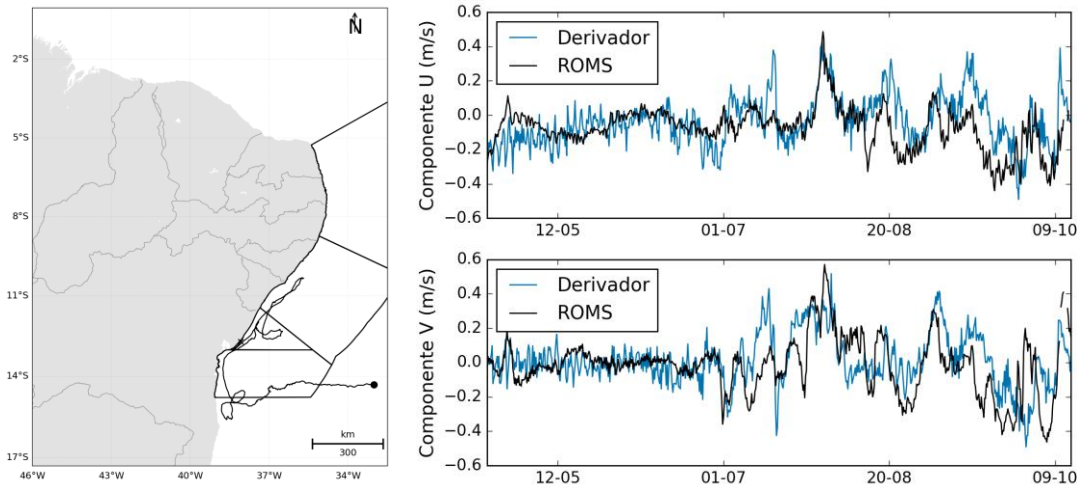


Figura 89: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita).

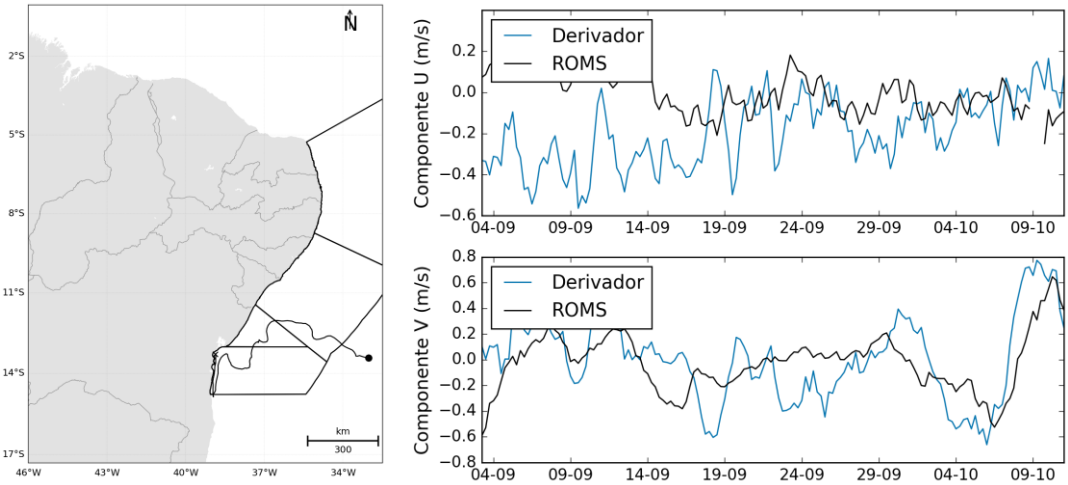


Figura 90: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita).

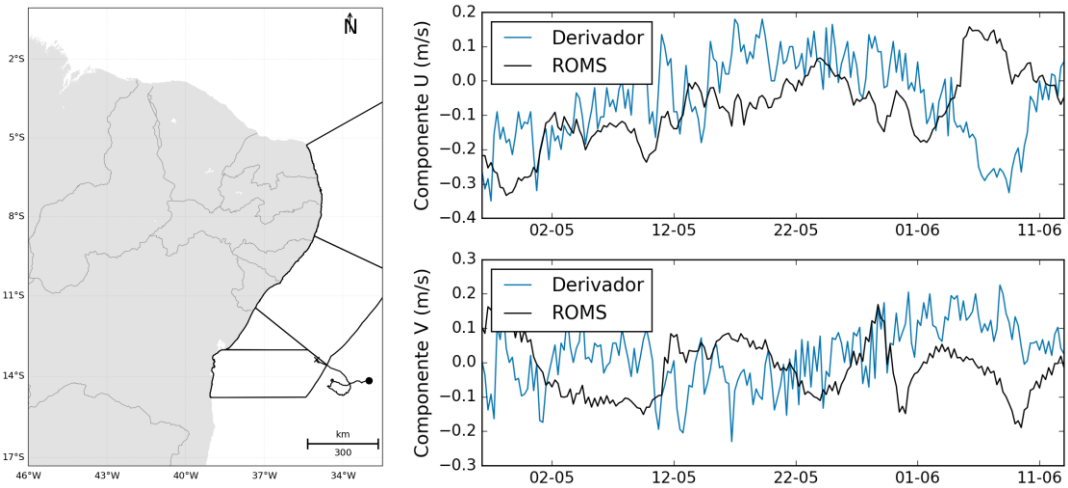


Figura 91: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita).

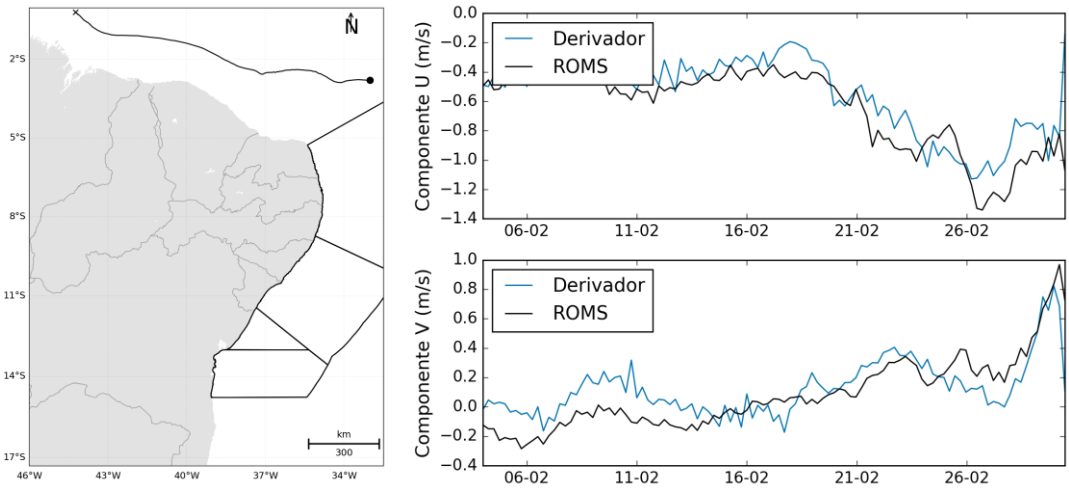


Figura 92: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita).

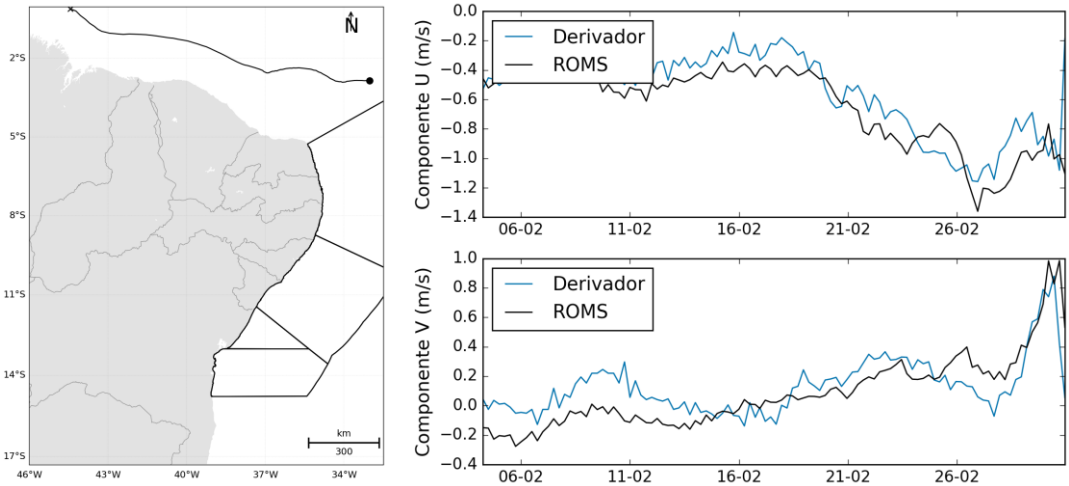


Figura 93: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita).

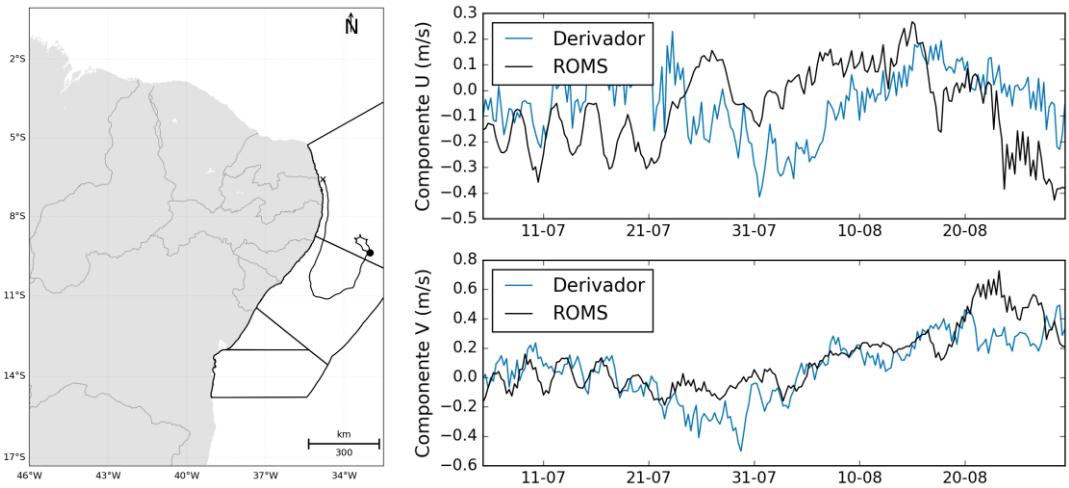


Figura 94: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita).

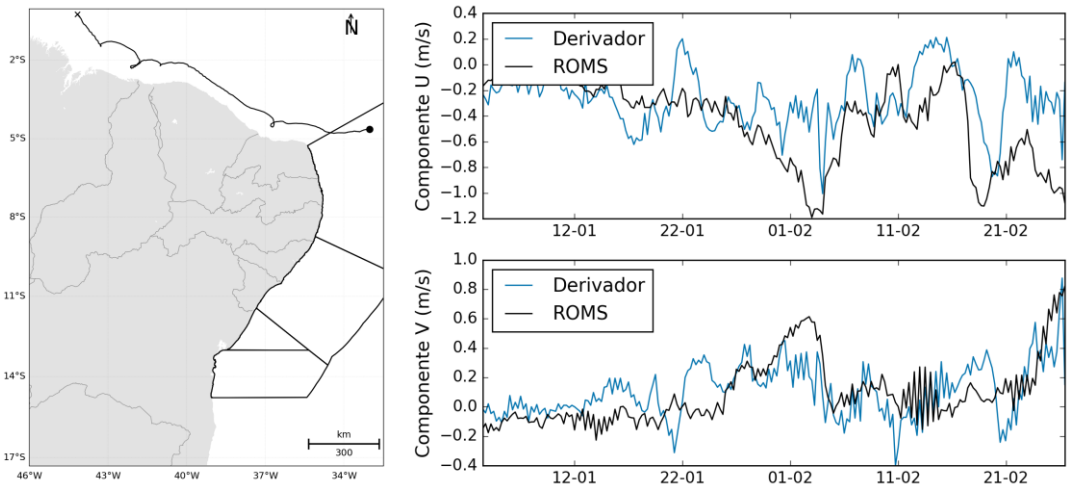


Figura 95: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita).

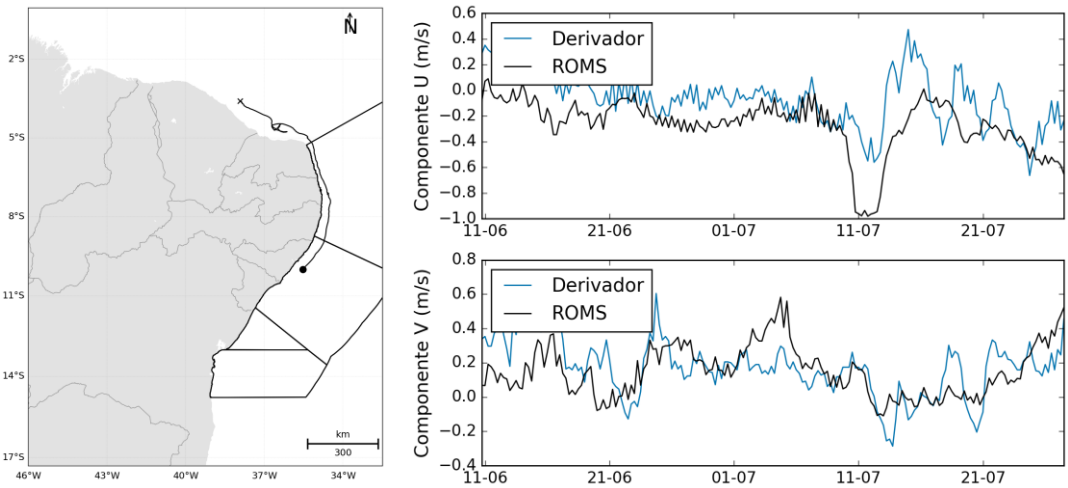


Figura 96: Trajetória descrita pelo derivador 09 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 09 e os resultados do ROMS (direita).

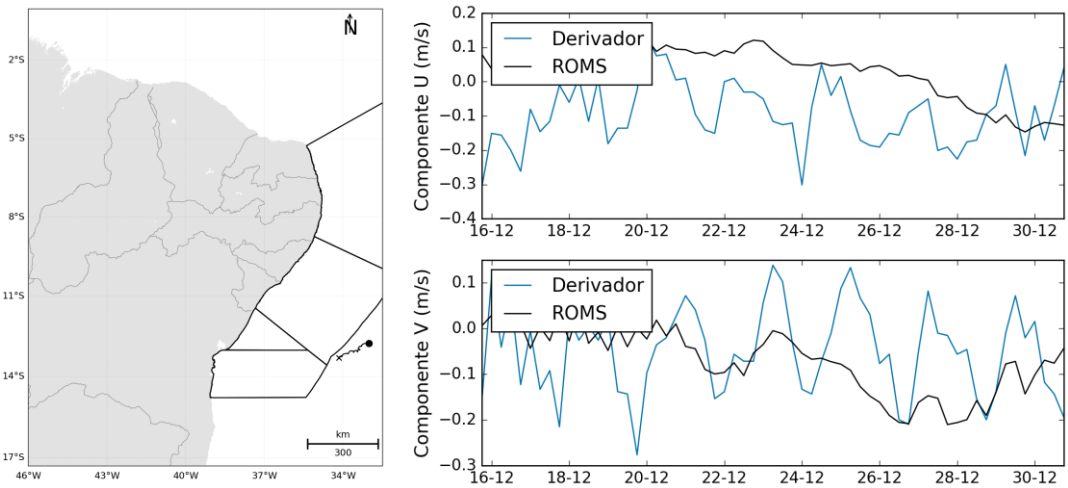


Figura 97: Trajetória descrita pelo derivador 10 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 10 e os resultados do ROMS (direita).

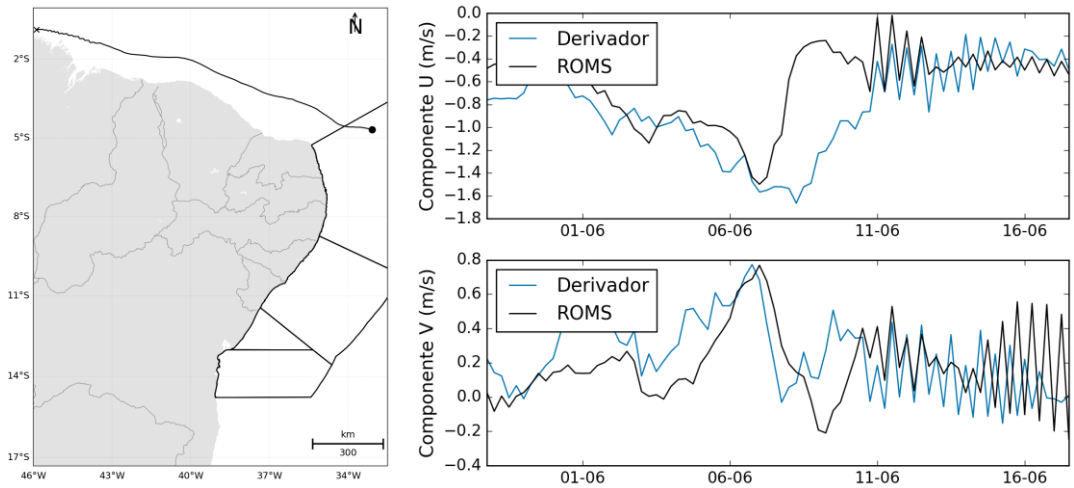


Figura 98: Trajetória descrita pelo derivador 11 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 11 e os resultados do ROMS (direita).

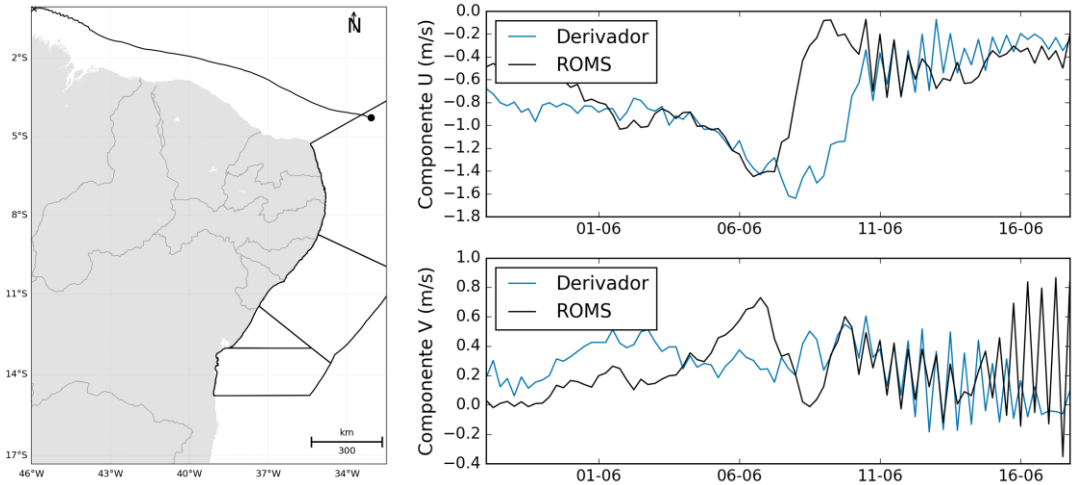


Figura 99: Trajetória descrita pelo derivador 12 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 12 e os resultados do ROMS (direita).

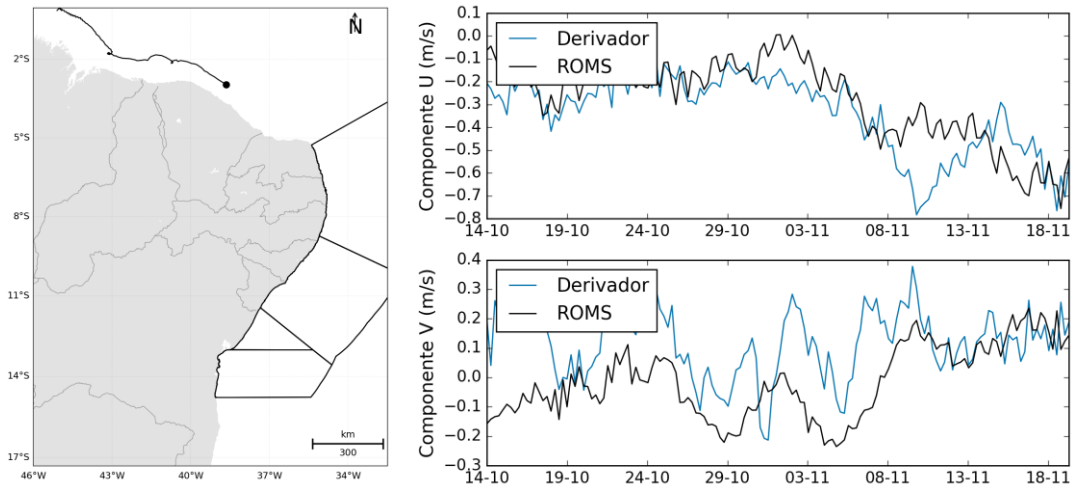


Figura 100: Trajetória descrita pelo derivador 13 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 13 e os resultados do ROMS (direita).

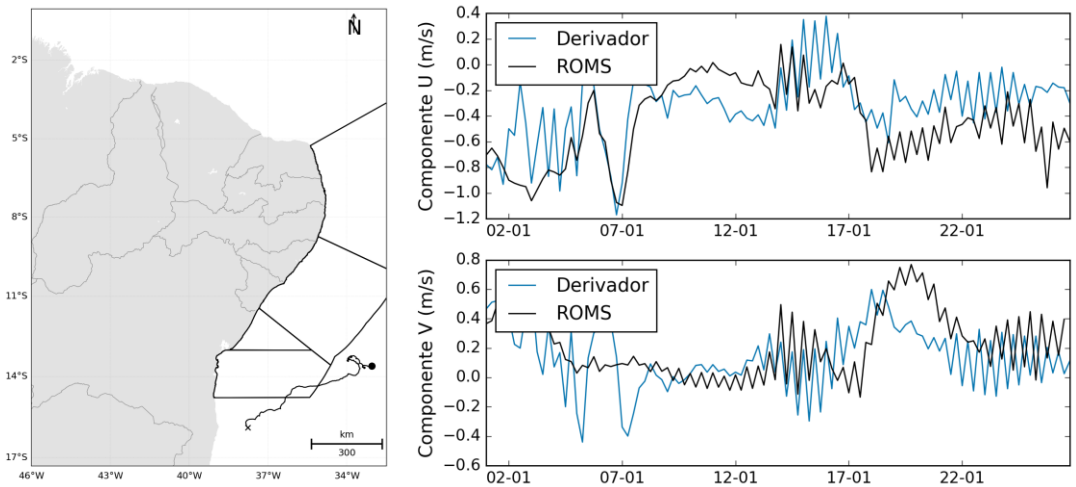


Figura 101: Trajetória descrita pelo derivador 14 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 14 e os resultados do ROMS (direita).

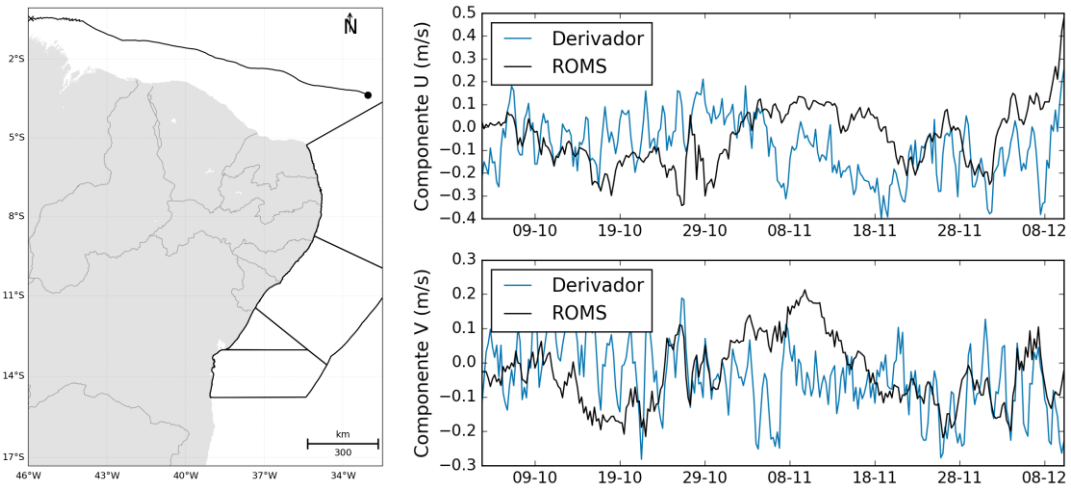


Figura 102: Trajetória descrita pelo derivador 15 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 15 e os resultados do ROMS (direita).

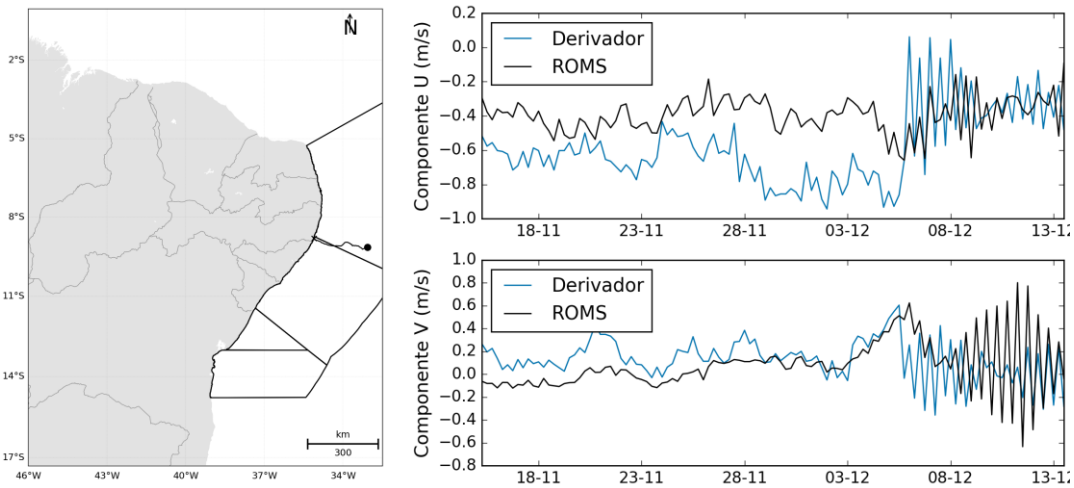


Figura 103: Trajetória descrita pelo derivador 16 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 16 e os resultados do ROMS (direita).

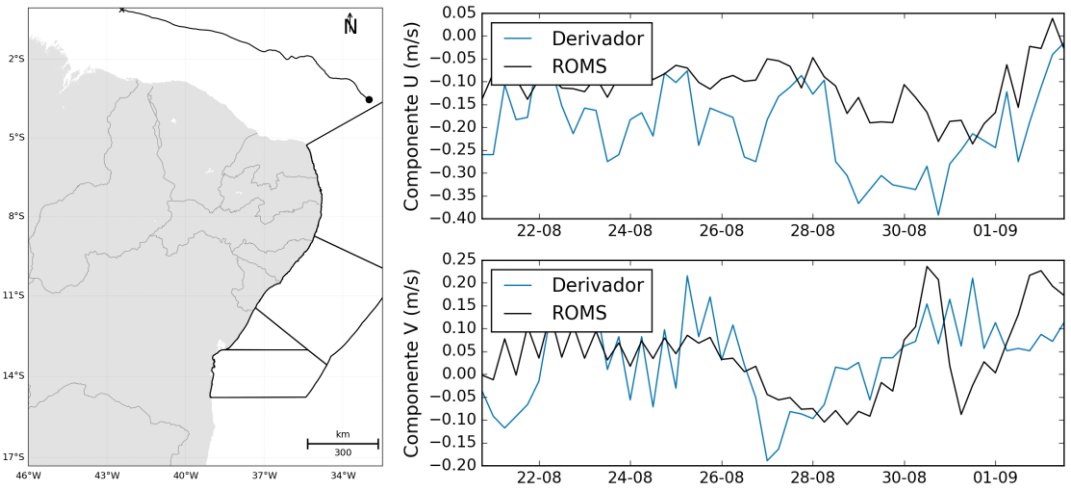


Figura 104: Trajetória descrita pelo derivador 17 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 17 e os resultados do ROMS (direita).

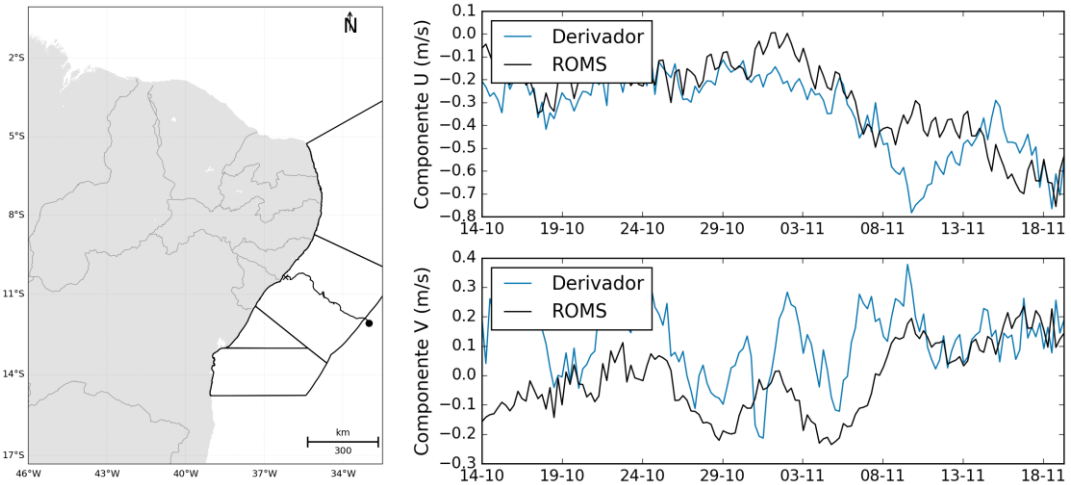


Figura 105: Trajetória descrita pelo derivador 18 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 18 e os resultados do ROMS (direita).

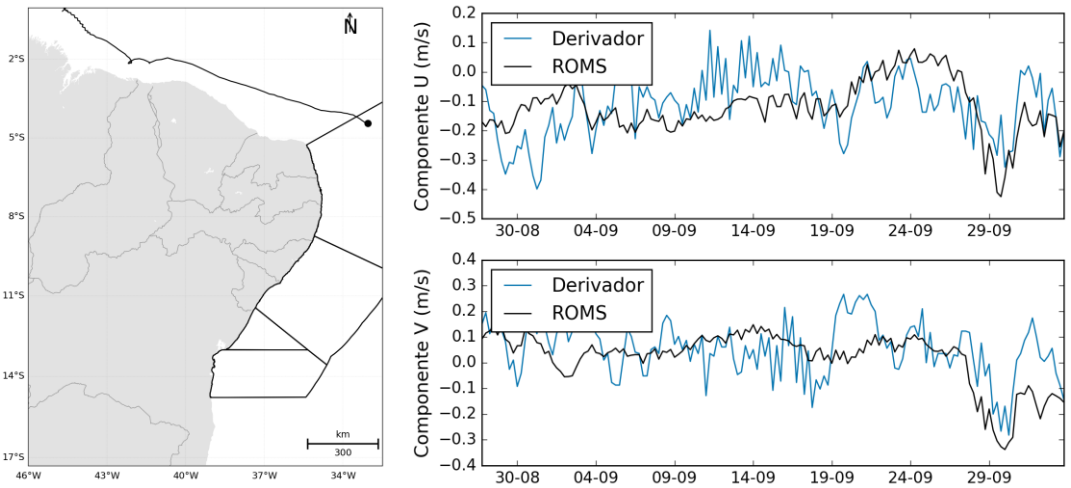


Figura 106: Trajetória descrita pelo derivador 19 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 19 e os resultados do ROMS (direita).

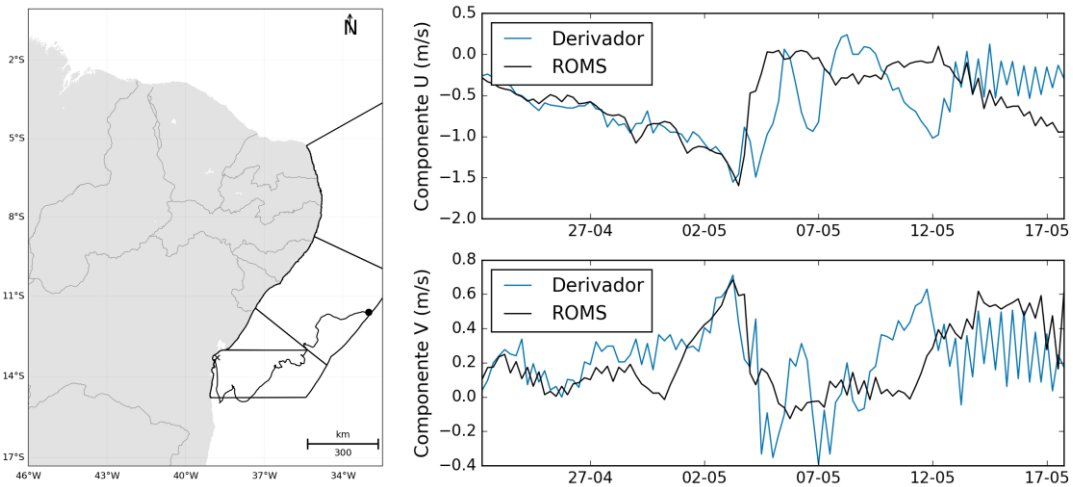


Figura 107: Trajetória descrita pelo derivador 20 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 20 e os resultados do ROMS (direita).

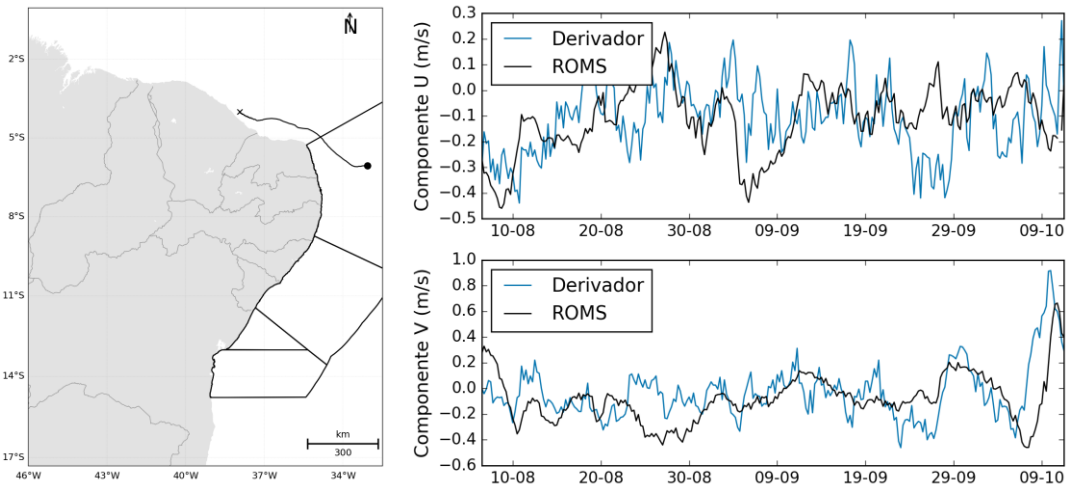


Figura 108: Trajetória descrita pelo derivador 21 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 21 e os resultados do ROMS (direita).

Através dos gráficos comparativos pode-se observar que os resultados do ROMS apresentaram uma boa aproximação com os dados medidos pelos derivadores, tanto nas amplitudes das oscilações quanto na fase. A fim de quantificar as comparações apresentadas, foi feita uma análise estatística calculando o índice de Wilmot. O valor médio do índice de Wilmot (1982) para cada componente das correntes é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Índice de Wilmot das comparações modelo/derivadores.

Parâmetro	Média
D componente zonal	0,84
D componente meridional	0,87

Esta comparação com os derivadores é um bom indicativo de que o modelo é capaz de representar os principais fenômenos da região, tanto no espaço quanto no tempo, uma vez que os derivadores se deslocaram ao longo do domínio de modelagem.

9. Bibliografia

AMANTE, C., and B.W. EAKINS. 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 pp, Whole-world gridas available on-line at [http://ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html] from the NOAA, NESDIS, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado U.S.A.

AMORIM, F.N. CIRANO, M. SOARES, I. D. LENTINI, C. A. D. 2011. Coastal and Shelf circulation in the vicinity of Camamu Bay (14º S), Eastern Brazilian Shelf. Continental Shelf Research, Vol. 31, pp108-119.

ANDRADE, R.C., 2006 Uma Nova Abordagem para a Solução Numérica de Problemas de Advecção e Difusão Multidimensional, em Corpos de Água Naturais. Tese de doutorado do Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.

BECK, B., 2002: Model evaluation and performance. In Encyclopedia of Environmetrics, Eds. A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.

BOWDEN, K.F. 1983. Physical oceanography of coastal waters. John Wiley, NY, 302 p.

CHAPMAN, D. C., 1985: Numerical treatment of cross-shelf open boundaries in a barotropic coastal ocean model, J. Phys. Oceanogr., 15, 1060--1075.

EGBERT, G.D., EROFEEVA, S. Y, 2002: Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, J. Atmos. Oceanic Technol., 19(2), 183-204.

FAIRALL, C.W., E.F. BRADLEY, D.P. ROGERS, J.B. EDSON and G.S. YOUNG, 1996: Bulk parameterization of air-sea fluxes for tropical ocean-global atmosphere Coupled-Ocean Atmosphere Response Experiment, J. Geophys. Res., 101, 3747-3764.

FISCHER ET AL,1979. Mixing in Inland and Coastal Waters., Academic Press, New York,1979.

FLATHER, R.A., 1976. A tidal model of the North-West European continental shelf. M´em. Soc. R. Soc. Liège 9, 141–164.

HAIDVOGEL, D. B. and A. BECKMANN, 1999: Numerical Ocean Circulation Modeling. Imperial College Press.

HAIDVOGEL, D. B., H. G. ARANGO, K. HEDSTRON, A. BECKMAN, P. MALANOTTE-RIZZOLI, and A. F. SCHEPETK (2000), Model evaluation experiments in the North Atlantic Basin: Simulations in nonlinear terrain-following coordinates, Dyn. Atmos. Oceans, 32, 239-281.

HAIDVOGEL, D. B., H. ARANGO, W. P. BUDGELL, B. D. CORNUELLE, E. CURCHISTER, E. DI LORENZO, K. FENNEL, W. R. GEYER, A. J. HERMANN, L. LANEROLLE, J. LEVIN, J. C. McWILLIANS, A. J. MILLER, A. M. MOORE, T. M. POWELL, A. F. SHCHEPETKIN, C. R. SHERWOOD, R. P. SIGNELL, J. C. WARNER, and J. WILKIN, 2008. Ocean forecasting in terrain-following coordinates: Formulation and skill assessment of the Regional Ocean Modeling System. Journal of Computational Physics, 227, 3595-3624.

HANSEN, D. V.; POULAIN, P. M. Quality control and interpolations of WOCE-TOGA drifter data. Journal of atmospheric and oceanic technology, v. 13, n. 4, p. 900–910, 1996.

JONG, K, 2004. A Comparison of Four Particle Models. A Comparison of DemWaq, DREAM, GNOME, and SIMPAR. Ministeriere Van Verkeer en Waterstraat.

KALNAY, E, M. KANAMITSU, R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLLEN, Y. ZHU, M. CHELLIAH, W. EBISUZAK, W. HIGGINS, J. JANOWIAK, K.C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A.LEETMAA, R. REYNOLDS, R. JENNE, D. JOSEPH, 1996: "The NCEP /NCAR 40-Year Reanalysis Project", Bulletin of the American Meteorological Society, 437-470.

KANAMITSU, M.; EBISUZAKI, W.; WOOLLEN, J.; YANG, S.; HNILO, J.J.; FIORINO, M. & POTTER, G.L., 2002. “The NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2)”. Bulletin of the American Meteorological Society, 1631-1643.

KISTLER, R.; KALNAY, E; COLLINS, W.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; KANAMITSU, M.; KOUSKY, V.; DOOL, H.; JENNE, R. & FIORINO, 2001. “The NCEP-NCAR 50 Year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation.” Bulletin of the American Meteorological Society, 82, 247-267.

LARGE, W. G., J. C. McWILLIANS, and S. C. DONEY, 1994: Oceanic vertical mixing: a review and a model with a nonlocal boundary layer parameterization. Rev. Geophys., 32, 363-403.

LARNICOL, G., GUINEHUT S., RIO M.H., DREVILLON M., FAUGÈRE Y., HERNANDEZ F. (2006). The global observed ocean products of the French Mercator project. 15 years of radar altimetry symposium, Venise.

LOCARNINI, R. A., A. V. MISHONOV, J. I. ANTONOV, T. P. BOYER, H. E. GARCIA, O. K. BARANOVA, M. M. ZWENG, AND D. R. JOHNSON, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.

LIU, W. T., K.B. KATSAROS, and J.A. BUSINGER, 1979: Bulk parameterization of the air-sea exchange of heat and water vapor including the molecular constraints at the interface, J. Atmos. Sci., 36, 1722-1735.

MARCHESIELLO, P., J.C. McWILLIANS, and A. SHCHEPETKIN, 2003: Equilibrium structure and dynamics of the California Current System, J. Phys. Oceanogr., 33, 753-783.

MARIN, F. O. 2009. A Subcorrente Norte do Brasil ao Largo da Costa do Nordeste. Dissertação (Mestrado), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (SP).

MELLOR, G. L.; YAMADA, T., 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. Rev. Geophys. Space Phys., 20, 851-875.

georreferenciados. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

PELIZ, A., J. DUBERTt, D. B. HAIDVOGEL, 2003: Subinertial Response of a Density-Driven Eastern Boundary Poleward Current to Wind Forcing, J. Phys. Oceanogr., 33, 1633-1650.

REZENDE, L. F. SILVA, P. A. CIRANO, M. PELIZ, A. DUBERT, J. 2011. Mean Circulation, Seazonal Cycle, and Eddy Interactions in the Eastern Brazilian Margin, a Nested ROMS Model. Journal of Coastal Research, Vol. 27, pp. 329-347.

REZENDE, L. F. 2010. Dinâmica em múltiplas escalas na Margem Continental Leste Brasileira. Tese (Doutorado), Departamento de Física da Universidade de Aveiro (Portugal).

RODRIGUES, R. R. ROTHSTEIN, L. M. WIMBUSH, M. 2006. Seasonal Variability of the South Equatorial Current Bifurcation in the Atlantic Ocean: A Numerical Study. Journal of Physical Oceanography, Vol. 37.

SCHEPETKIN, A. F., and J. C. McWILLIANS (1998), Quasi-monotone advection schemes based on explicit locally adaptive dissipation, Monthly Weather Review, 126, 1541-1580.

SHCHEPETKIN, A. F., and J. C. McWILLIANS (2003), A method for computing horizontal pressure-gradient force in an oceanic model with a nonaligned vertical coordinate, J. Geophys. Res., 108(C3), 3090, doi:10.1029/2001JC001047.

SHCHEPETKIN, A. F., and J. C. McWILLIANS (2005), The Regional Ocean Modeling System: A split-explicit, free-surface, topography following coordinates ocean model, Ocean Modelling, 9, 347-404.

SONG, Y. and D. B. HAIDVOGEL, 1994: A semi-implicit ocean circulation model using a generalized topography-following coordinate system. J. Comp. Phys., 115(1), 228-244.

SOUTELINO, R.G. SILVEIRA, I. C. A. GANGOPADHYAY, A. MIRANDA, J.A. 2011. Is the Brazil Current eddy-dominated to the north of 20°S?. Geophysical research letter, vol 38.

STARK, J. D. CRAIG J. DONLON, MATTHEW J. MARTIN and McCULLOCH, 2007, OSTIA : An operational, high resolution, real time, global sea surface temperature analysis system., Oceans '07 IEEE Aberdeen, conference proceedings. Marine challenges: coastline to deep sea. Aberdeen, Scotland.IEEE.

STYLES, R. and S.M. GLENN, 2000: Modeling stratified wave and current bottom boundary layers in the continental shelf. J. of Geophys. Res., 105, 24119-24139.

UMLAUF, L., H. BUCHARD, 2003: A generic length-scale equation for geophysical turbulence models. J. MArine Res., 61, 235-265.

WARNER, J.C., C.R. SHERWOOD, H.G. ARANGO, and R.P. SIGNELL, 2005a: Performance of four Turbulence Closure Methods Implemented using a Generic Length Scale Method. Ocean Modelling, 8, 81-113.

WILMOT, C. J., 1982. Some Comments on the Evaluation of Model Performance. Bulletin American Meteorological Society. Vol. 63, No. 11, *pp*. 1309-1313.

ZWENG, M.M., J.R. REAGAN, J.I. ANTONOV, R.A. LOCARNINI, A.V. MISHONOV, T.P. BOYER, H.E. GARCIA, O.K. BARANOVA, D.R. JOHNSON, D. SEIDOV, M.M. BIDDLE, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed., A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 74, 39 pp.

ANEXO II – Descrição dos Modelos Hidrodinâmicos dos rios Sergipe e São Francisco

Relatório Técnico [rev.00]

Modelagem Hidrodinâmica Estuarina

Rio São Francisco e Rio Sergipe

Preparado por: Prooceano

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2020

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução 11

2. Modelo Numérico 12

3. Domínio do Modelo 13

3.1. Rio São Francisco 13

3.2. Rio Sergipe 15

4. Forçantes 18

4.1. Elevação da superfície livre 18

4.2. Aporte Fluvial 19

4.3. Vento 22

5. Estratégia de Modelagem 25

6. Resultados 26

6.1. Rio São Francisco 26

6.2. Rio Sergipe 27

7. Avaliação do Modelo 30

7.1. Representação das velocidades 31

7.2. Representação da Maré Astronômica 32

7.3. Sumário dos Resultados 37

8. Bibliografia 39

Índice das imagens

Figura 1: Domínio do modelo, contorno de terra e batimetria utilizada para todo o domínio de modelagem. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000. 14

Figura 2: Domínio de modelagem discretizado por malha de elementos finitos quadrangulares bi quadráticos. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000. 15

Figura 3: Domínio do modelo, contorno de terra e batimetria utilizada para todo o domínio de modelagem. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000. 16

Figura 4: Domínio de modelagem discretizado por malha de elementos finitos quadrangulares bi quadráticos. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000. 17

Figura 5: Local na grade do modelo estuarino onde foi imposta a vazão fluvial obtida na estação da Agência Nacional de Águas n° 49705000 (Propriá). Projeção UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 20

Figura 6: Local na grade do modelo estuarino do Rio Sergipe onde foi imposta a vazão fluvial obtida na estação da Agência Nacional de Águas n° 50080000 (Santa Rosa de Lima). Projeção UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 22

Figura 7: Localização do ponto do NCEP R2 utilizado como forçante dos modelos estuarinos do Rio de São Francisco e Rio Sergipe. 23

Figura 8: Rosa dos ventos para os meses do ano de 2013. Fonte: NCEP R2. 24

Figura 9: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré vazante (12/Jan/2013 21h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio São Francisco. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 26

Figura 10: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré enchente (13/Jan/2013 07h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio São Francisco. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 27

Figura 11: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré vazante (11/Jan/2013 as 23h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio Sergipe. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 28

Figura 12: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré enchente (12/Jan/2013 05h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio Sergipe. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000. 29

Figura 13: Ponto na região estuarina do Rio São Francisco onde as medições foram realizadas. 31

Figura 14: Séries temporais dos dados de velocidade medidos (azul) e do Modelo Estuarino do Rio São Francisco (amarelo). O eixo x está em horas a partir do início da medição, o eixo y representa a magnitude das correntes (m/s) onde valores positivos representam maré vazante e valores negativos representam maré enchente. 32

Figura 15: Localização das estações da FEMAR de Barra de São Francisco (AL) e Piaçabuçu (AL), utilizadas na avaliação da representação da maré astronômica do modelo estuarino do Rio de São Francisco..... 34

Figura 16: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Piaçabuçu e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos)..... 34

Figura 17: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Barra do Rio São Francisco e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos)..... 35

Figura 18: Localização da estação da FEMAR de Tanques (SE), utilizada na avaliação da representação da maré astronômica do modelo estuarino do Rio Sergipe..... 36

Figura 19: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Piaçabuçu e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos)..... 37

Índice das tabelas

Tabela 1: Média mensal das vazões mínimas diárias da estação de Propriá considerada na modelagem do estuário do Rio de São Francisco. Fonte: ANA. 19

Tabela 2: Média mensal das vazões mínimas diárias da estação de Santa Rosa de Lima (SE), considerada na modelagem do estuário do Rio Sergipe. Fonte: ANA. 21

Tabela 3: Erro médio absoluto (Em) e Coeficiente de Correlação Linear (p) entre a série de superfície livre modelada e a série maregráfica reconstituída para as estações de Piaçabuçu e Barra do Rio São Francisco. 35

Tabela 4: Erro médio absoluto (Ema) e Coeficiente de Correlação Linear (p) entre a série de superfície livre modelada e a série maregráfica reconstituída para a estação de Tanque.37

Equipe técnica

Nome: Felipe Lobo Mendes Soares

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3811578

Assinatura: F. L. M. Soares

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Assinatura: Henery Garção

Nome: Gabriel Vieira de Carvalho

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5416625

Assinatura: Gabriel Vieira de Carvalho

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Assinatura: Marcelo Montenegro Cabral

1. Introdução

Para simular o transporte de qualquer material em ambiente aquático é necessário conhecer o comportamento das correntes da região em questão. Para tal, pode-se recorrer à técnica conhecida como fluidodinâmica computacional, que consiste em reproduzir o comportamento de fluidos em resposta às forçantes atuantes no meio, através da solução numérica das equações que governam os processos envolvidos. Com isso, podem ser obtidos resultados sinóticos e sob diferentes condições de contorno e iniciais, como por exemplo, condições chuvosas e secas, de maré de sizígia e quadratura etc.

A capacidade de simular diferentes condições, aliada à obtenção de resultados sinóticos em quatro dimensões (as três do espaço e o tempo), faz da fluidodinâmica computacional uma opção interessante, e em determinados casos, como em regiões com pouca ou nenhuma medição, a única para obter os resultados necessários à modelagem de transporte de materiais no ambiente aquático. É imprescindível, no entanto, a avaliação dos resultados obtidos pelo modelo hidrodinâmico com dados observados na região, para se obter uma medida da representatividade do modelo.

O objetivo específico deste trabalho é produzir modelos hidrodinâmicos para os estuários do Rio de São Francisco (entre SE e AL) e Rio Sergipe (SE), com o objetivo final de subsidiar um estudo de modelagem de dispersão de óleo. Nos próximos capítulos, as etapas deste trabalho serão descritas. Para simular a hidrodinâmica na região de estudo foi utilizado o modelo hidrodinâmico do **Sis**tema **BA**se de **HI**drodinâmica **A**mbiental (SisBAHIA®). Será apresentada a descrição do modelo computacional utilizado, a implementação dos modelos, dividido em Modelo Numérico e Domínio do Modelo, e uma avaliação dos resultados obtidos.

2. Modelo Numérico

O SisBAHIA® é um sistema da Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa da Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Este tem sido amplamente utilizado em vários estudos e projetos de modelagem de corpos de água naturais, sob diferentes cenários meteorológicos, oceanográficos, fluviais e lacustres. Informações completas sobre o SisBAHIA podem ser consultadas na Referência Técnica do próprio modelo (ROSMAN, 2019).

O SisBAHiA® possui um modelo hidrodinâmico de linhagem FIST (*Filtered in Space and Time*) – o FIST3D, cuja a discretização espacial otimizada permite uma ótima representação de contornos recortados e batimetrias complexas. A discretização espacial pode ser realizada via elementos finitos quadrangulares biquadráticos, triangulares quadráticos ou a combinação de ambos, todos de quarta ordem.

A discretização vertical da coluna de água usa diferenças finitas com transformação sigma, já a discretização temporal é realizada através de um esquema implícito de diferenças finitas, com erro de truncamento de segunda ordem.

O SisBAHIA® possui vários modelos integrados, são eles: modelo hidrodinâmico, de transporte euleriano, de qualidade de água e eutrofização, de transporte de sedimentos e evolução morfológica de fundo, de transporte lagrangiano (determinístico e probabilístico), de campo próximo para emissários e fontes pontuais, de geração de ondas, de propagação de ondas e de análise e previsão de marés.

Neste trabalho foi utilizado o módulo 2D do modelo hidrodinâmico FIST3D.

3. Domínio do Modelo

Neste item serão descritos os domínios dos modelos hidrodinâmicos desenvolvidos para o Rio Sergipe e o Rio São Francisco, assim como a grade utilizada e a confecção do modelo digital de terreno (MDT).

3.1. Rio São Francisco

O domínio de modelagem abrange desde o entorno da Foz do Rio São Francisco até aproximadamente 60 km à montante do rio. Para a confecção do modelo digital de terreno, foram utilizadas informações de batimetria de três fontes:

- Projeto Batimetria (LADEIRA NETO et *al.*, 2013). O produto consiste em uma combinação de dados obtidos do SRTM 30 Plus, com resolução de 30 arcos de segundo, com dados digitalizados de Cartas Náuticas da Marinha do Brasil. O projeto é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica entre a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil) e a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis).

- Dominguez (1996). Digitalização de mapa batimétrico apresentado pelo autor cobrindo desde a foz do rio São Francisco até aproximadamente a entrada do canal de Piaçabuçu.

- Santana (2017). Digitalização de mapa batimétrico apresentado pela autora cobrindo desde a foz do rio São Francisco até aproximadamente o município de Propriá. Segundo Santana (2017), o mapa foi obtido pela digitalização das cartas Náuticas DHN (n°1002 e 22300), levantamentos batimétricos pelo departamento de pesquisa GeoRioMar e dados fornecidos por comandantes de embarcações de nativos da região.

Depois de digitalizadas, as informações batimétricas foram interpoladas utilizando o método *Krigging* para obter o Modelo Digital de Terreno (MDT) para a modelagem hidrodinâmica (Figura 1).

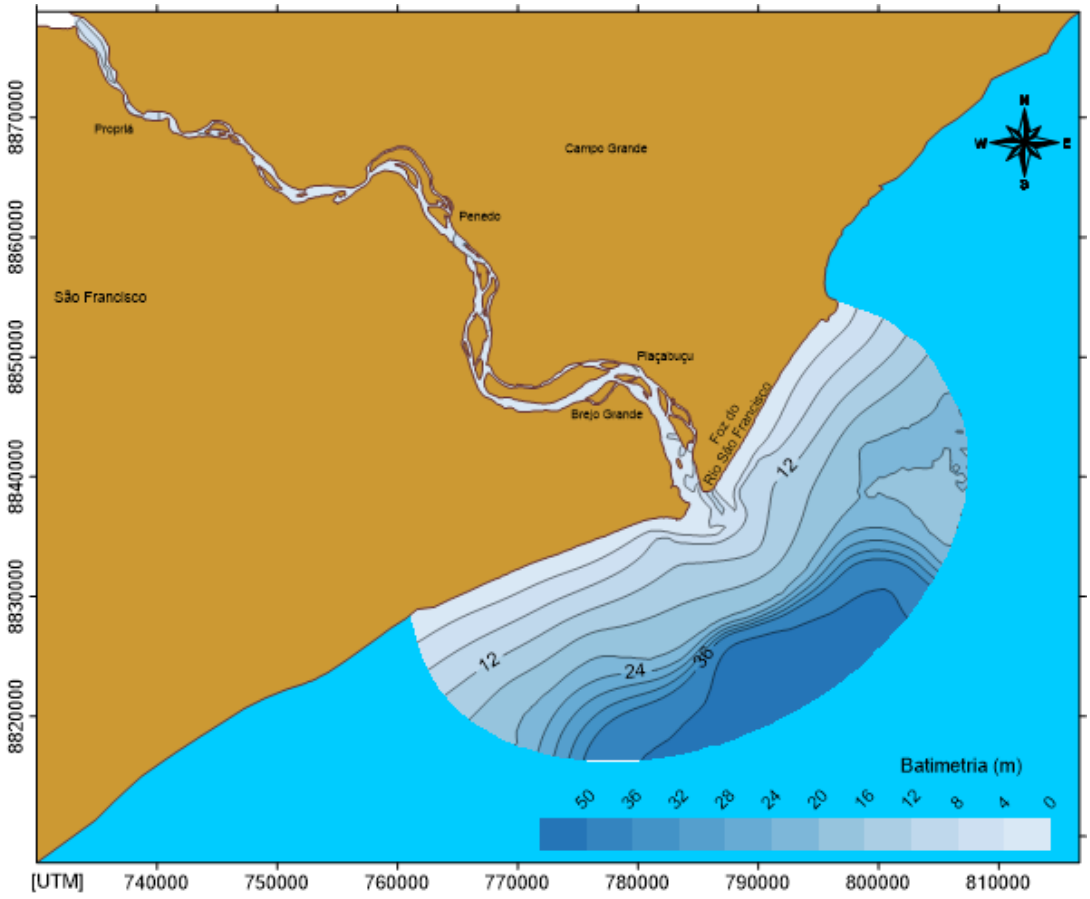


Figura 1: Domínio do modelo, contorno de terra e batimetria utilizada para todo o domínio de modelagem. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000.

A discretização espacial do modelo foi feita via elementos finitos quadrangulares biquadráticos. Pode-se notar a vantagem de utilizar este tipo de malha pela possibilidade de aumentar o detalhamento de regiões específicas do domínio (Figura 2). A malha utilizada apresenta 437 elementos e 2.055 nós, com a resolução da grade variando da ordem de 100 metros nos canais do Rio São Francisco, a 1 km, na região da plataforma continental em torno da Foz do Rio São Francisco.

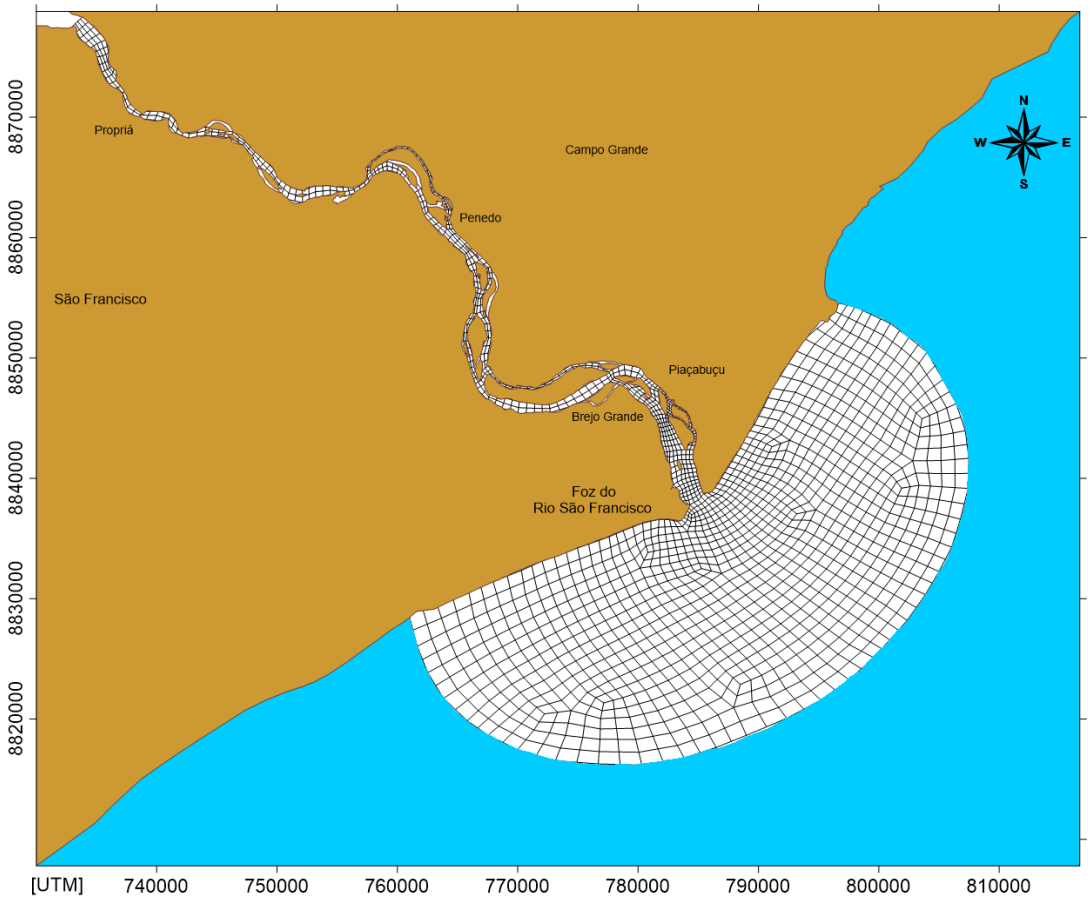


Figura 2: Domínio de modelagem discretizado por malha de elementos finitos quadrangulares bi quadráticos. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000.

3.2. Rio Sergipe

O domínio de modelagem abrange desde o entorno da Foz do Rio Sergipe até aproximadamente 15 km à montante do rio. Para a confecção do modelo digital de terreno, foram utilizadas informações de batimetria de duas fontes:

- Projeto Batimetria (LADEIRA NETO et *al.*, 2013). O produto consiste em uma combinação de dados obtidos do SRTM 30 Plus, com resolução de 30 arcos de segundo, com dados digitalizados de Cartas Náuticas da Marinha do Brasil. O projeto é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica entre a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil) e a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis).

- Digitalização da carta Náutica DHN n°B1003 – Porto de Aracajú.

Depois de digitalizadas, as informações batimétricas foram interpoladas utilizando o método *Krigging* para obter o MDT para a modelagem hidrodinâmica (Figura 3).

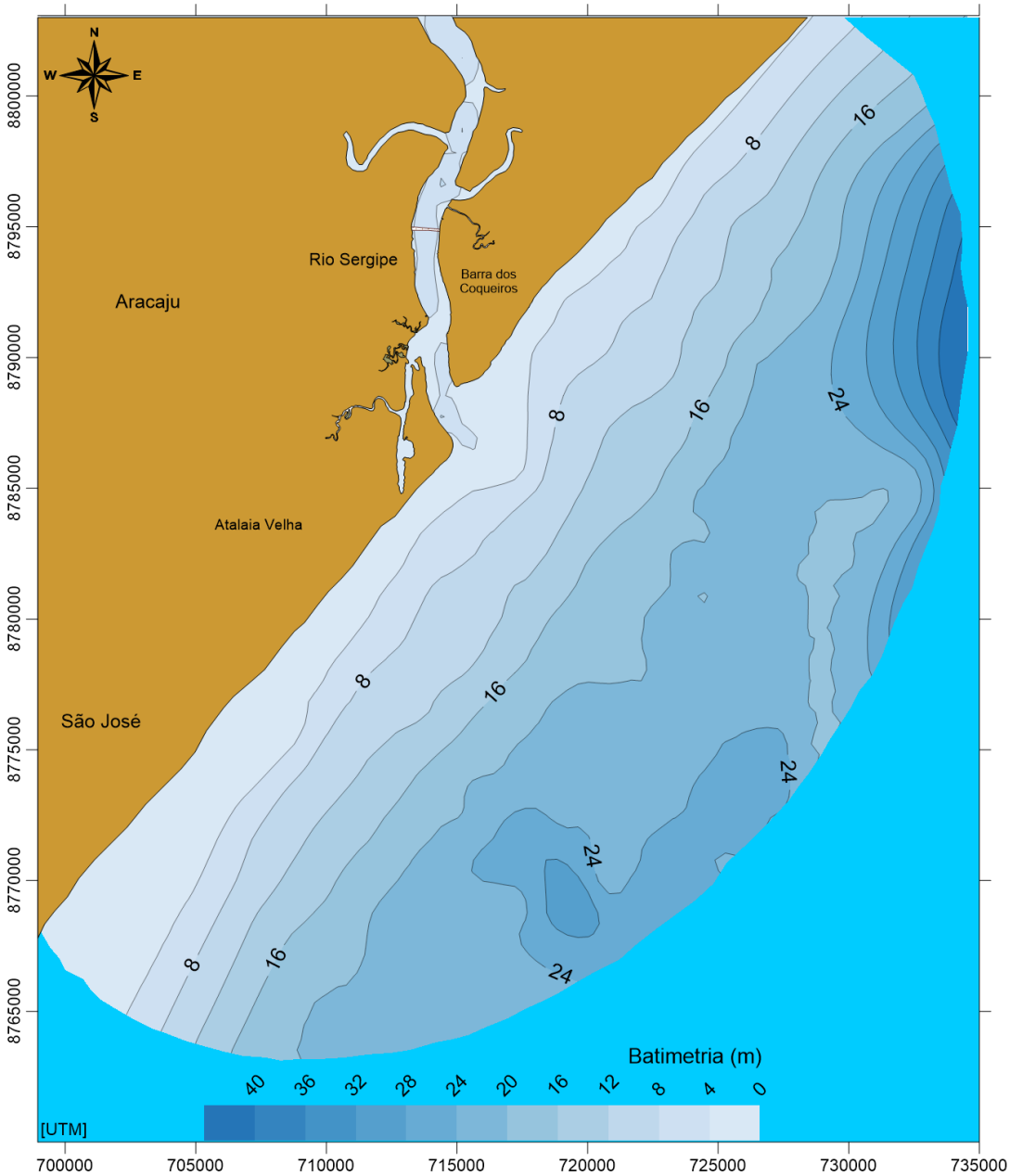


Figura 3: Domínio do modelo, contorno de terra e batimetria utilizada para todo o domínio de modelagem. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000.

A discretização espacial do modelo foi feita via elementos finitos quadrangulares bi quadráticos. A malha utilizada apresenta 509 elementos e 2.217 nós, com a resolução da grade variando da ordem de 100 metros nos canais internos, a 1 km, na região da plataforma continental em torno da Foz do Rio Sergipe (Figura 4).

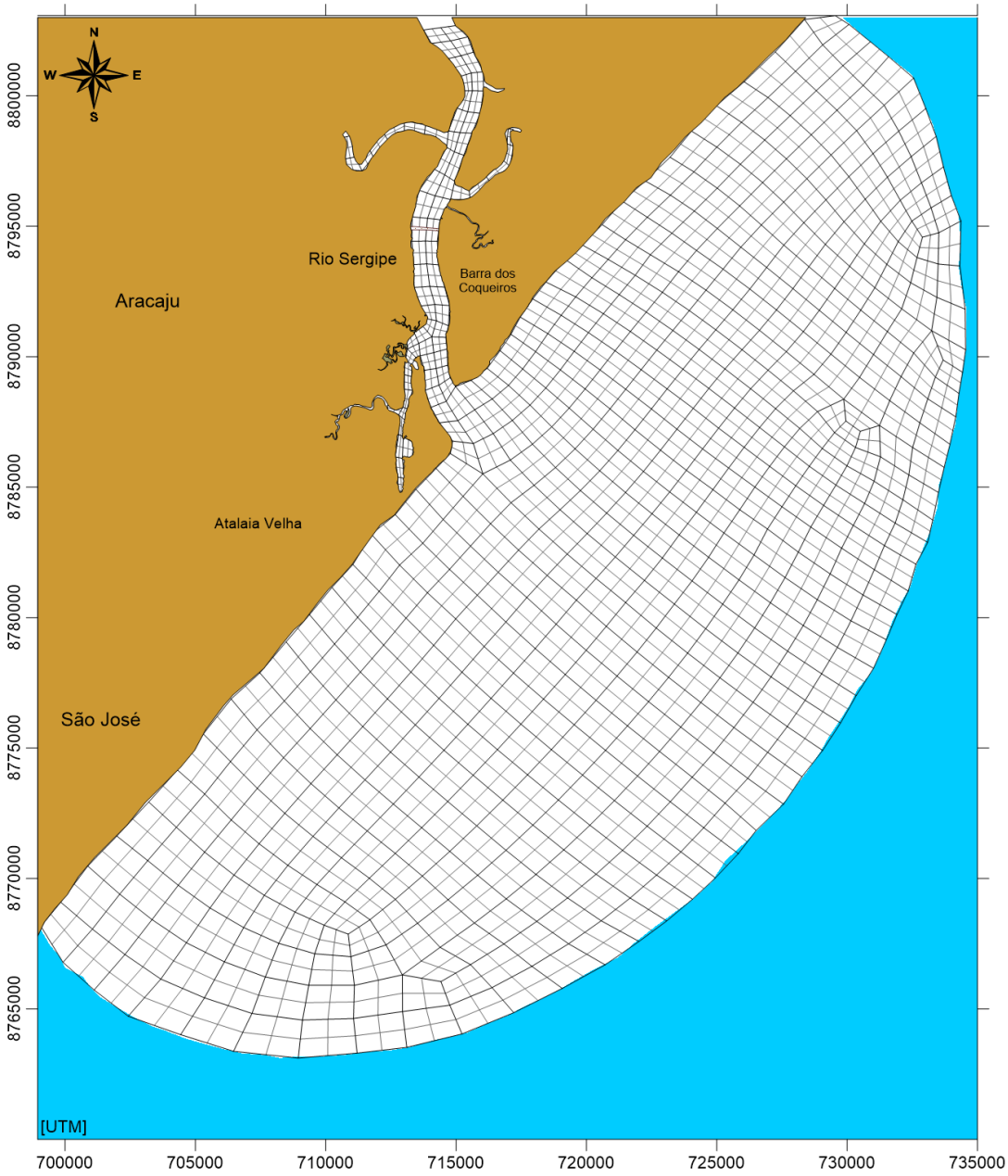


Figura 4: Domínio de modelagem discretizado por malha de elementos finitos quadrangulares bi quadráticos. Projeção UTM. *D*atum SIRGAS 2000.

4. Forçantes

Ambos os modelo tiveram como forçantes de movimento a elevação da superfície livre imposta nos nós do contorno aberto, aportes fluviais e o vento. Nos próximos tópicos será descrita a metodologia aplicada para a obtenção e imposição dos forçantes.

4.1. Elevação da superfície livre

A imposição de variação da superfície livre nos nós do contorno aberto permite a representação tanto da maré astronômica quanto de processos de baixa frequência de plataforma no campo de elevação e no campo de corrente. Para isso, foi utilizada a técnica de aninhamento de grades na qual as informações de um modelo com menor resolução e maior abrangência espacial (modelo fonte) são propagadas em um modelo com maior resolução e menor abrangência espacial.

O modelo fonte utilizado para ambas as grades (Rios São Francisco e Sergipe) foi obtido com o sistema de modelagem ROMS (*Regional Ocean Modeling System*). O domínio se estende de 0° a 17,3°S em latitude e de 32,5°W a 46°W em longitude e possui resolução de aproximadamente 4 km. Para simular o efeito da maré astronômica no modelo fonte, utiliza-se as constantes harmônicas do modelo global de marés TPX07 (EGBERT; EROFEEVA, 2002). Para obter informações de regiões exteriores ao domínio do modelo fonte são utilizados os resultados do modelo global Copernicus, e para simular o efeito dos forçantes atmosféricos no oceano são utilizados os dados da Reanálise 2 do NCEP.

O modelo fonte reproduz satisfatoriamente a maré astronômica em diversas estações de monitoramento da maré ao longo da costa, assim como as correntes superficiais e a estrutura termohalina. A apresentação completa deste modelo assim como das avaliações realizadas pode ser vista no ANEXO I – Relatório Técnico Modelagem Hidrodinâmica Bacias Camamu-Almada, Jacuípe, Sergipe – Alagoas e Pernambuco-Paraíba.

Os resultados de elevação do modelo fonte são interpolados para os pontos do contorno aberto dos modelos estuarinos. Desta forma, ao longo da integração dos modelos, em cada nó do contorno aberto é feita a imposição de valores de elevação a cada 2 horas, propagando assim todos os processos dinâmicos representados pelo modelo fonte – notadamente a maré astronômica e processos de frequência mais baixa que a maré como, por exemplo ondas de plataforma.

4.2. Aporte Fluvial

Neste item são apresentadas as informações referentes aos dados de vazão dos rios utilizados para cada modelo estuarino. Considerando a finalidade de forçar um modelo de dispersão de óleo e para manter uma postura conservadora, foram utilizadas médias mensais das vazões mínimas diárias para ambos os modelos estuarinos aqui apresentados.

4.2.1 Rio São Francisco

Para representar a vazão do Rio São Francisco sobre a hidrodinâmica estuarina foram utilizados dados de vazão da estação n° 49705000, obtidos no banco de dados da ANA (Agência Nacional de Aguas), localizada no município de Propriá (-10,2139°S e -36,8239°W). Os dados de vazão disponíveis nesta estação vão de 1977 a 2019, com dados diários de vazão mínima, média e máxima.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de vazão impostos nos pontos de grade mais à montante do modelo (Figura 5). É possível observar que os meses de Janeiro a Abril são os meses com as maiores vazões (vazão máxima em Março, de 2394,84 m^3/s), enquanto que os meses de Junho a Agosto são os meses com as menores vazões (vazão mínima de 1537,51 m^3/s, em Junho).

Tabela 1: Média mensal das vazões mínimas diárias da estação de Propriá considerada na modelagem do estuário do Rio de São Francisco. Fonte: ANA.

Meses	Rio São Francisco (Estação de Propriá)
Janeiro	1939,65 m^3/s
Fevereiro	2379,78 m^3/s
Março	2394,84 m^3/s
Abril	1963,04 m^3/s
Maio	1686,57 m^3/s
Junho	1537,51 m^3/s
Julho	1595,26 m^3/s
Agosto	1581,65 m^3/s
Setembro	1646,52 m^3/s
Outubro	1676,64 m^3/s
Novembro	1752,65 m^3/s
Dezembro	1781,53 m^3/s

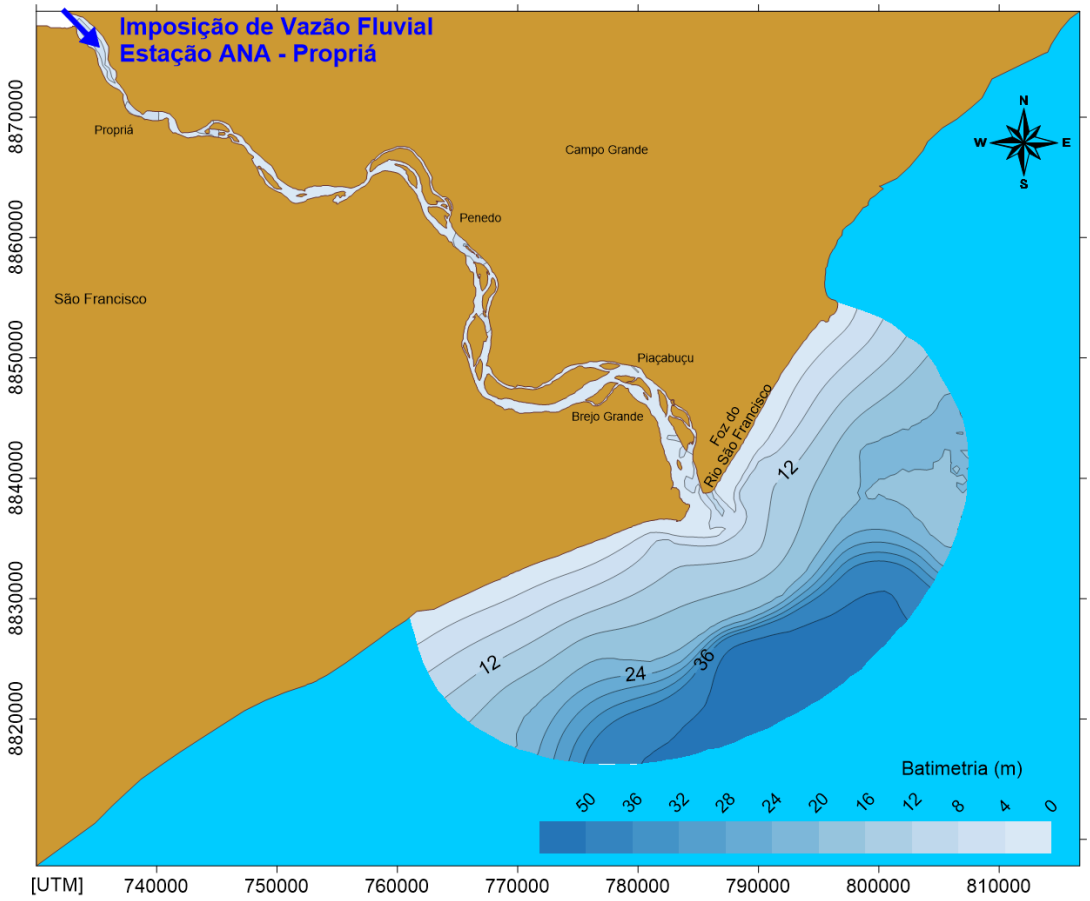


Figura 5: Local na grade do modelo estuarino onde foi imposta a vazão fluvial obtida na estação da Agência Nacional de Águas n° 49705000 (Propriá). Projeção UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

4.2.2 Rio Sergipe

Para representar a vazão do Rio Sergipe sobre a hidrodinâmica estuarina foi utilizada informação de vazão da estação de n°50080000, obtida no banco de dados da ANA (Agência Nacional de Aguas), localizada no município de Santa Rosa de Lima (-10,6642°S e -37,1903° W). Os dados de vazão disponíveis nesta estação vão de 1952 a 2019, com dados diários de vazão mínima, média e máxima.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de vazão impostos nos pontos de grade mais à montante do modelo (Figura 6). Ao contrário da vazão no Rio São Francisco, é possível observar que os meses de Janeiro a Abril são os meses com as menores vazões (vazão mínima em Março, de 0,57 m^3/s), enquanto que os meses de Junho a Agosto são os meses com as maiores vazões (vazão máxima de 2,11 m^3/s, em Julho).

Tabela 2: Média mensal das vazões mínimas diárias da estação de Santa Rosa de Lima (SE), considerada na modelagem do estuário do Rio Sergipe. Fonte: ANA.

Meses	Rio Sergipe (Estação de Santa Rosa de Lima)
Janeiro	0,68 m^3/s
Fevereiro	0,64 m^3/s
Março	0,57 m^3/s
Abril	0,74 m^3/s
Maio	1,28 m^3/s
Junho	1,47 m^3/s
Julho	2,11 m^3/s
Agosto	1,71 m^3/s
Setembro	1,31 m^3/s
Outubro	0,86 m^3/s
Novembro	0,75 m^3/s
Dezembro	0,69 m^3/s

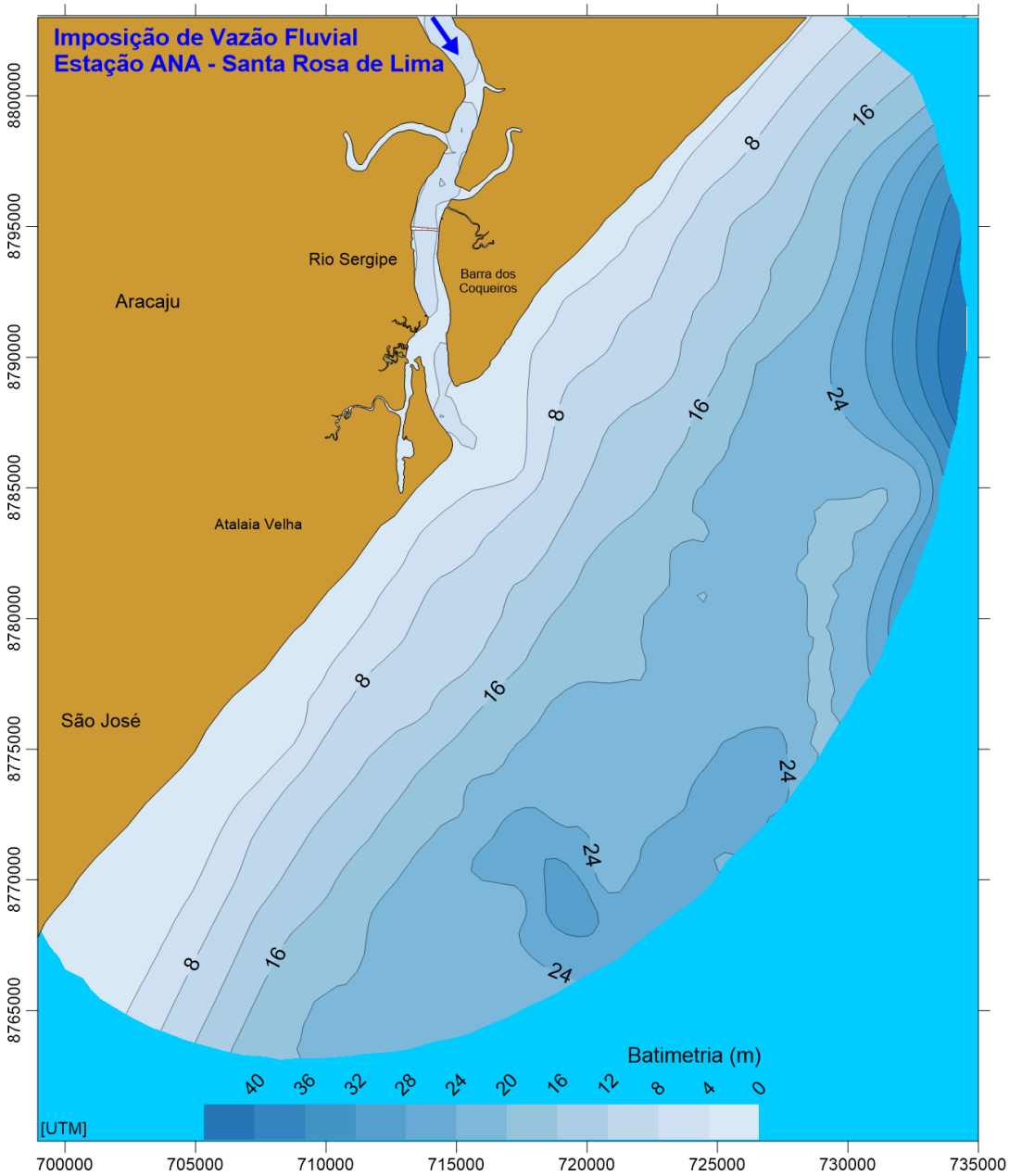


Figura 6: Local na grade do modelo estuarino do Rio Sergipe onde foi imposta a vazão fluvial obtida na estação da Agência Nacional de Águas n° 50080000 (Santa Rosa de Lima). Projeção UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

4.3. Vento

Para representar a forçante do vento no modelo hidrodinâmico foram utilizados os dados da reanálise 2 do NCEP, mesma fonte de dados de vento utilizado no modelo fonte (Anexo I – Modelagem Hidrodinâmica Regional), de forma a manter a coerência de forçantes entre as

grades aninhadas, visto que o objetivo final dos três modelos é de serem utilizados na modelagem da dispersão de óleo.

Na Figura 7 apresenta-se a localização do ponto de grade do NCEP R2 utilizado para extrair os dados de vento utilizados nas modelagens estuarinas.

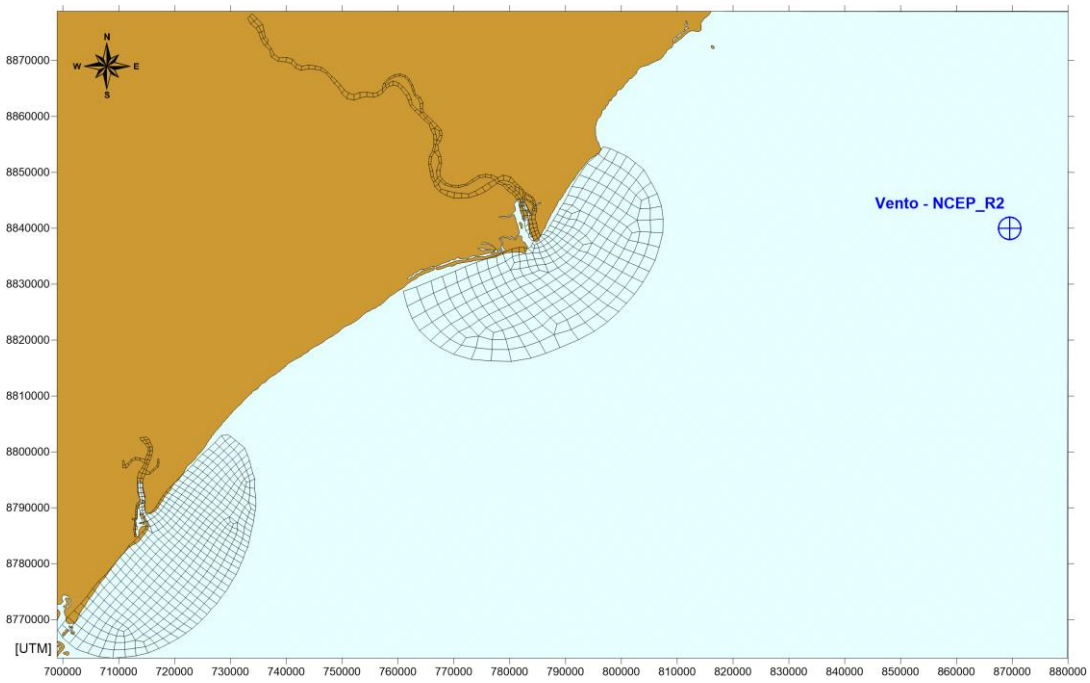


Figura 7: Localização do ponto do NCEP R2 utilizado como forçante dos modelos estuarinos do Rio de São Francisco e Rio Sergipe.

A seguir, são apresentadas as rosas dos ventos mensais (Figura 8), elaboradas para o período utilizado. Podem ser observados ventos predominantemente de sudeste, com intensidade maior nos meses entre outubro a janeiro.

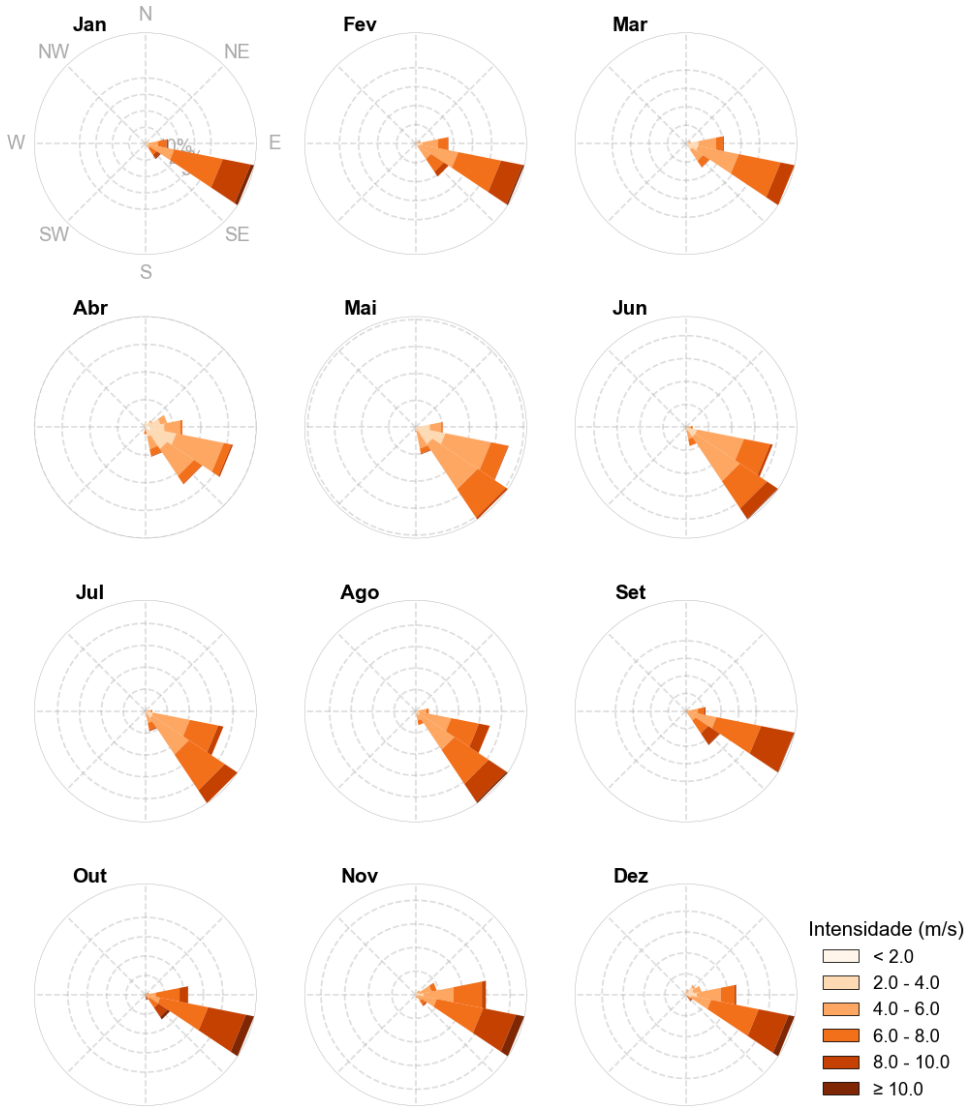


Figura 8: Rosa dos ventos para os meses do ano de 2013. Fonte: NCEP R2.

5. Estratégia de Modelagem

Levando-se em conta as forçantes utilizadas (elevação da superfície livre, aporte fluvial e vento), buscou-se uma janela de modelagem que contemplasse suas respectivas variabilidades, assim como uma frequência temporal de *input* no modelo capaz de representar os fenômenos nas diversas escalas. A seguir são listados os principais ciclos de cada forçante e seu período aproximado.

- Aporte Fluvial
    - Variação sazonal – período anual
- Vento
    - Ciclo de brisa terrestre/marinho – período: 24 horas.
    - Variação sazonal – período anual
- Elevação da superfície livre
    - Ciclo de maré - baixamar e preamar – período: 12 e 24 horas.
    - Ciclo lunar de maré de sizígia e quadratura – período: ~30 dias.
    - Maré equinocial – período anual
    - Processos costeiros e de plataforma – período de 3 a 15 dias

Desta forma, realizou-se um período de modelagem de 1 ano (2013) com *input* de dados de vento a cada 6 horas, dado de elevação da superfície livre a cada 2 horas e dado de aporte fluvial mensal, contemplando assim a variabilidade do vento, da elevação da superfície livre e do aporte fluvial. Devido à falta de dados para compor um mapa faciológico completo do domínio, foi utilizado um valor único de rugosidade de fundo, representativo para a classe de areia fina.

6. Resultados

A partir do *setup* do modelo, apresentado nos capítulos anteriores, realizou-se uma rodada com o modelo SisBAHIA de 1 ano, de janeiro de 2013 a janeiro de 2014, para ambas as grades estuarinas apresentadas. Neste capítulo são apresentados mapas de corrente em momentos de enchente e vazante para exemplificar os resultados.

6.1. Rio São Francisco

Nas Figura 9 e Figura 10, apresentam-se os campos de corrente em instantes de maré vazante – dia 12/jan/2013 - e enchente – dia 13/jan/2013 – respectivamente. Observa-se a intensificação das velocidades na região da entrada do rio São Francisco durante a vazante, alcançando aproximadamente 0,7 m/s. Durante a enchente, nota-se, para este instante, a inversão das correntes até aproximadamente Brejo Grande, com menores intensidades quando comparado ao momento de vazante.

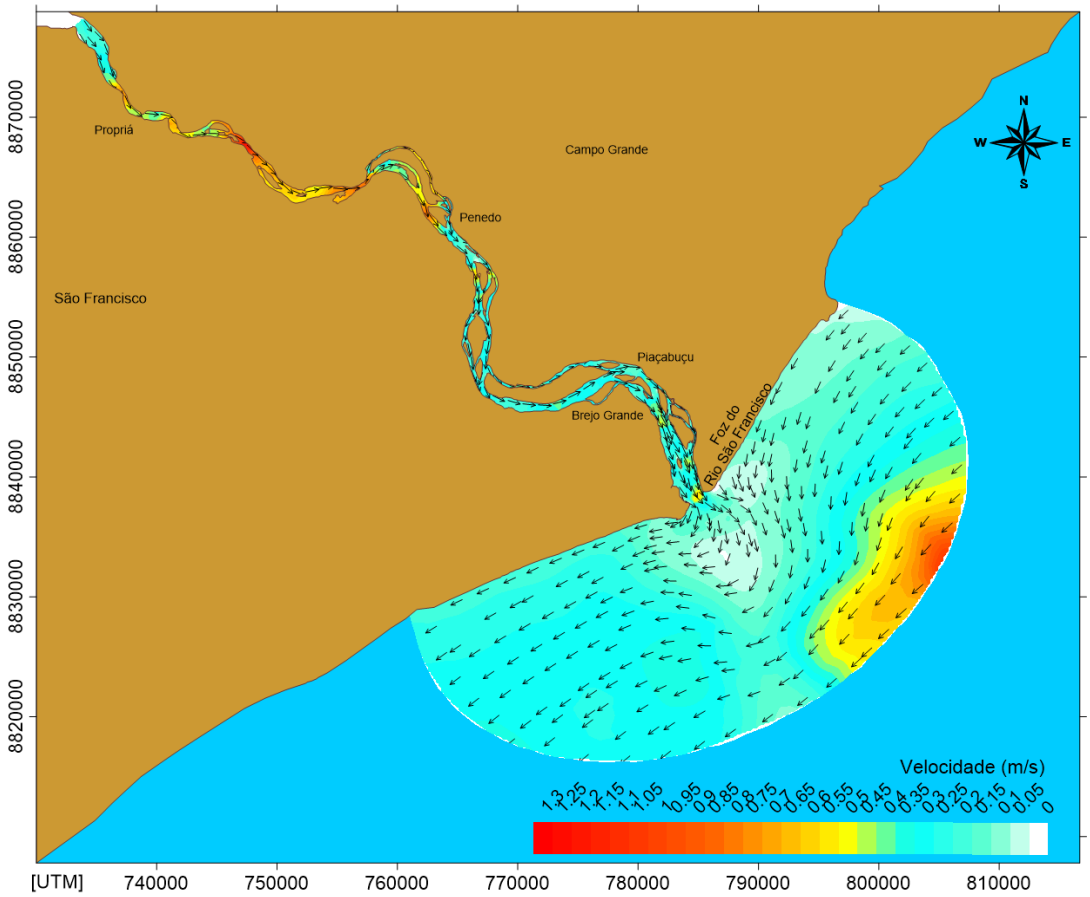


Figura 9: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré vazante (12/Jan/2013 21h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio São Francisco. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

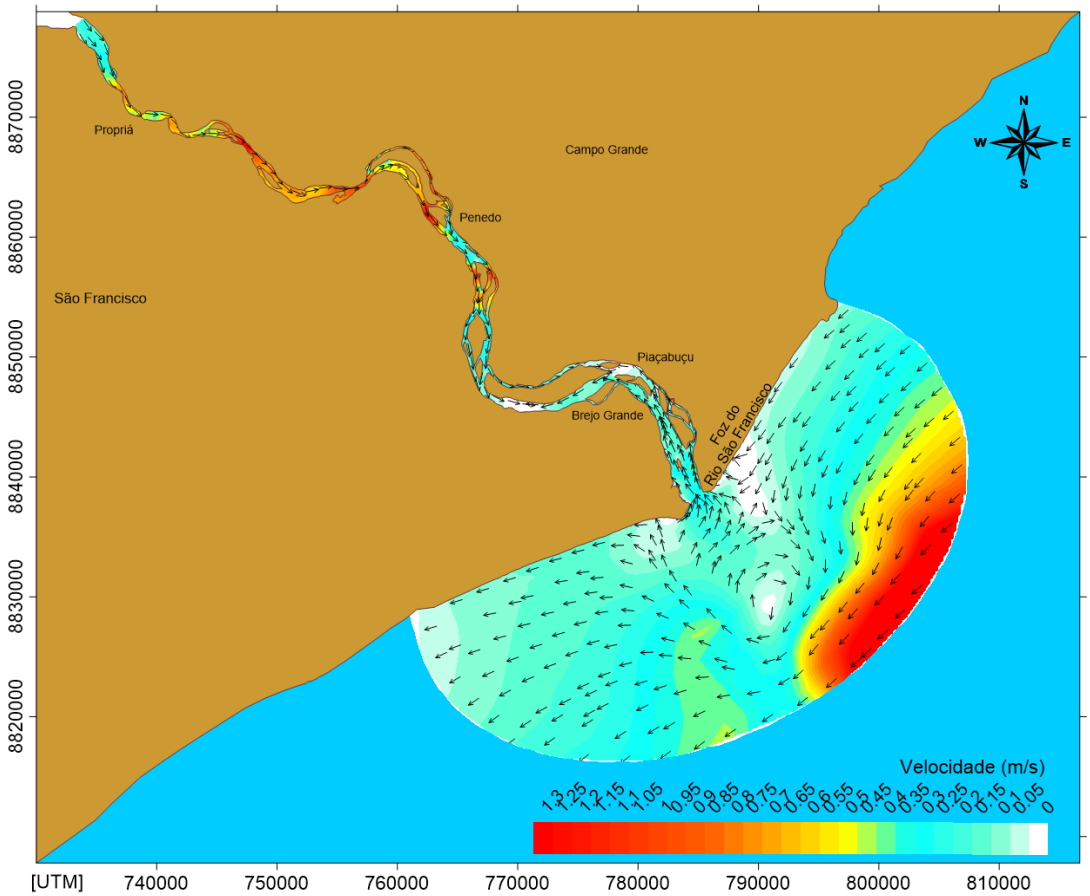


Figura 10: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré enchente (13/Jan/2013 07h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio São Francisco. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

6.2. Rio Sergipe

Nas Figura 11 e Figura 12, apresentam-se os campos de corrente em instantes de maré vazante – dia 11/jan/2013 - e enchente – dia 12/jan/2013 – respectivamente. Observa-se a intensificação das velocidades na região da entrada do Rio Sergipe, alcançando aproximadamente 1 m/s tanto na enchente quanto na vazante. Nota-se também a completa inversão das correntes durante momentos de enchente.

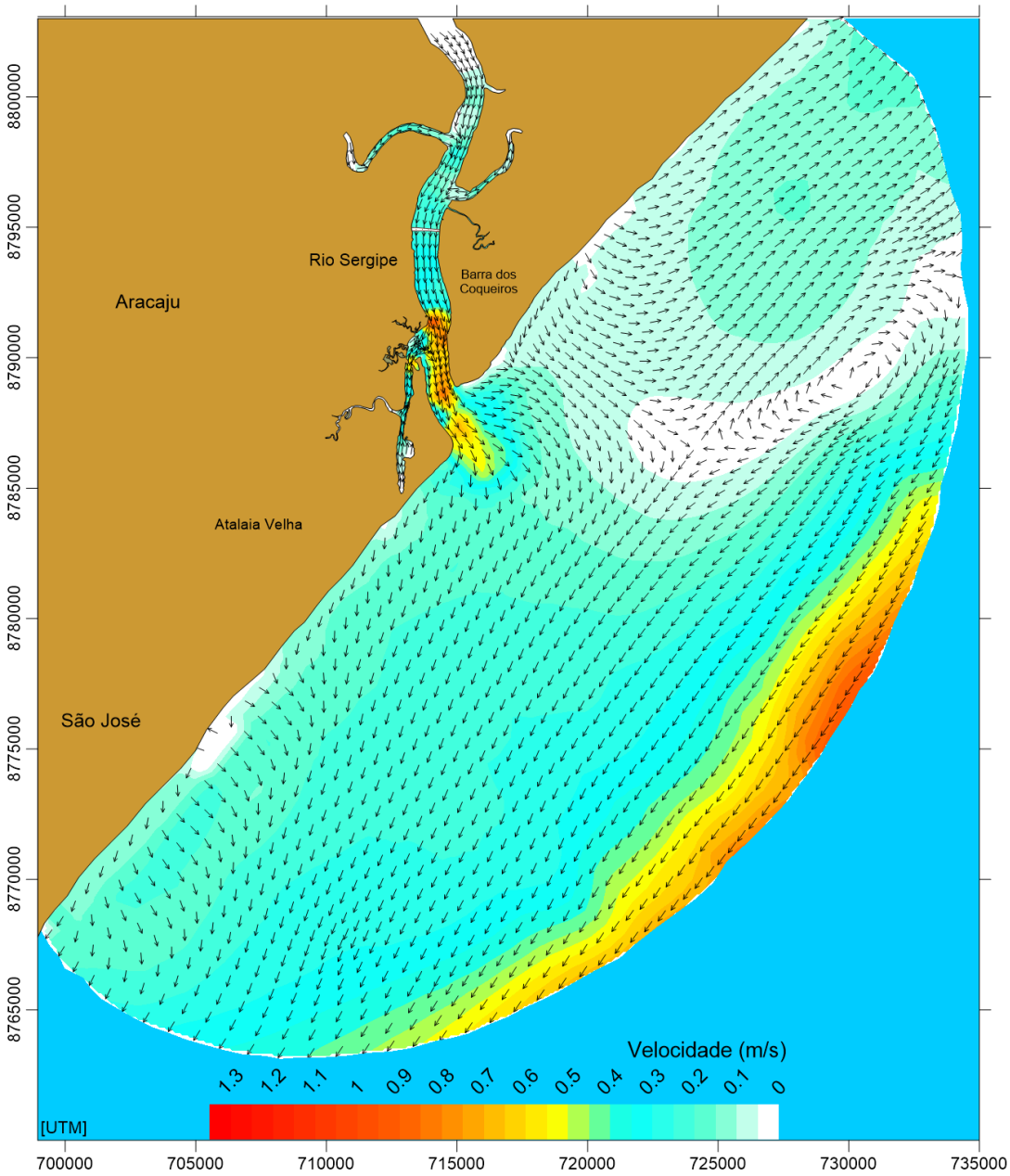


Figura 11: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré vazante (11/Jan/2013 as 23h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio Sergipe. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

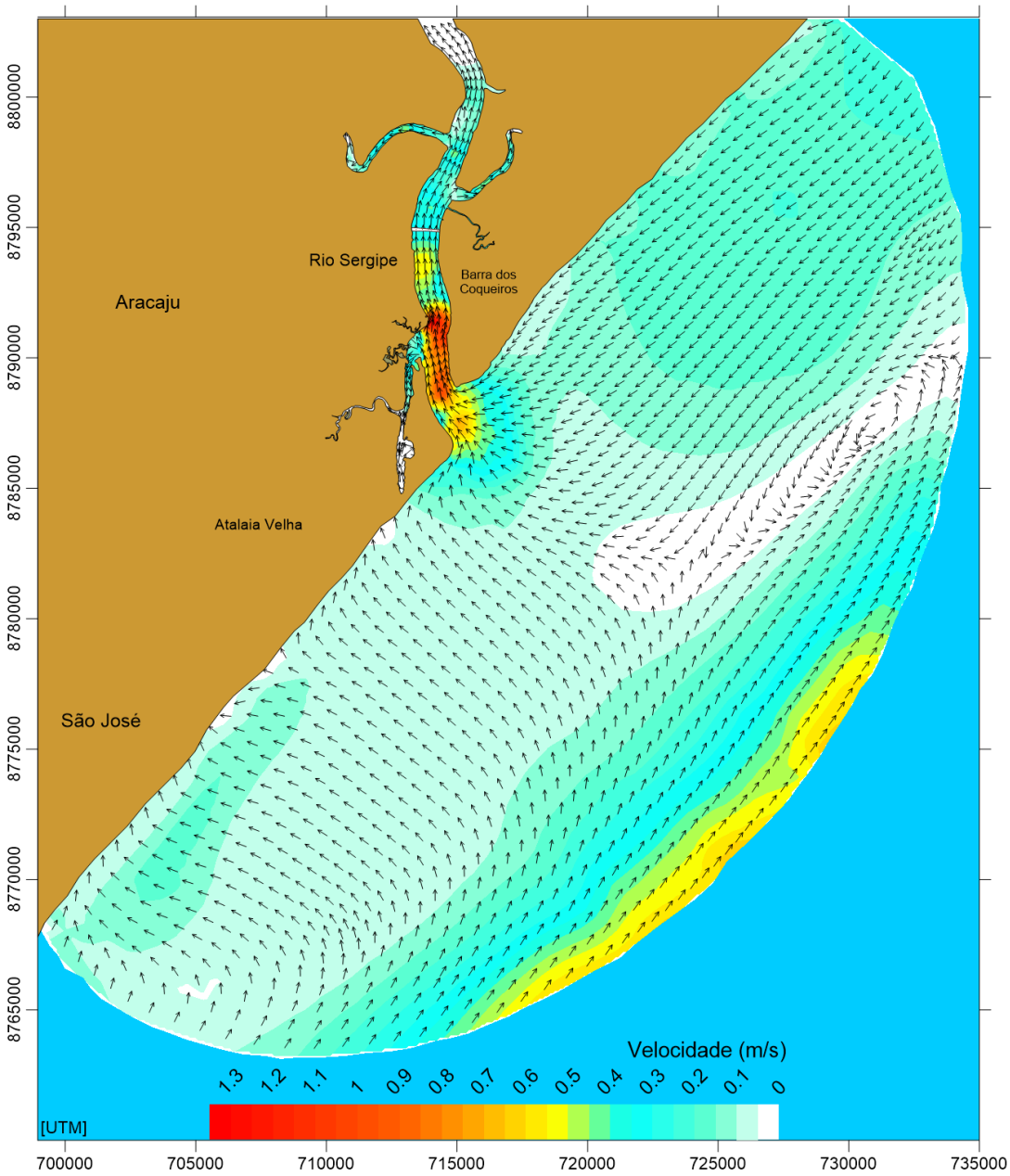


Figura 12: Campo de corrente instantâneo em um momento de maré enchente (12/Jan/2013 05h00min), para todo o domínio do modelo estuarino do Rio Sergipe. As cores representam a magnitude das correntes. Projeção: UTM. *Datum* SIRGAS 2000.

7. Avaliação do Modelo

Ainda que modelos sejam representações simplificadas da realidade e que inúmeras sejam suas limitações – por exemplo, o determinismo das equações de movimento e as imprecisões nas condições iniciais e de contornos – a evolução desta técnica ao longo do século XX nos permite obter resultados que se aproximam da realidade de forma a serem úteis para diversas atividades humanas.

Para que se possa saber se o comportamento de um modelo numérico é suficientemente compatível com o "sistema real" é necessário realizar uma comparação entre os resultados obtidos nos dois mundos; o "real" e o simulado.

A nomenclatura contemporânea para tal análise é "avaliação". Embora possa parecer um rótulo de pouca importância, os termos anteriormente utilizados para tal fim sempre foram controversos. A primeira nomenclatura "validação" foi substituída por "comparação histórica", a qual foi complementada com o termo "garantia de qualidade". A dificuldade em se definir um termo reside no fato de que as palavras "validação" e "garantia" trazem em si uma expectativa de positivo e negativo em relação aos resultados. O modelo poderia ser somente válido ou não válido, garantido ou não garantido. Nesse sentido, o termo "avaliação" torna-se mais adequado, uma vez que é neutro e pode abarcar uma gama maior de definições em termos de qualificação do modelo ou sistema (BECK, 2002).

Em essência, são duas as principais perguntas que devem ser respondidas quando se avalia um modelo ou sistema:

1. O modelo foi construído com materiais aprovados, *i.e.* as hipóteses constituintes são consagradas e adequadas?

2. O seu comportamento se aproxima bem do observado com respeito ao "mundo real"?

A primeira pergunta é satisfatoriamente respondida avaliando-se que:

- A modelagem conceitual dos estuários do Rio São Francisco e Rio Sergipe considerou os principais forçantes descritos na literatura (maré, vazão e vento) e fontes confiáveis foram utilizadas para obter essas forçantes (TPX07, ANA e NCEP R2, respectivamente).

- A condição de contorno de fundo foi obtida a partir das cartas náuticas da Marinha do Brasil e de referências bibliográficas, e o modelo digital de terreno obtido com a aplicação de técnica de interpolação adequada (*krigging)*.

- O modelo numérico utilizado é desenvolvido por um dos centros de pesquisa brasileiro de maior tradição na área (COPPE/UFRJ) e foi utilizado em diversos estudos com comprovada efetividade (ver lista de aplicações em *www.sisbahia.coppe.ufrj.br*).

- A técnica de discretização espacial utilizada – elementos finitos – é a mais adequada para regiões com geometria de costa complexa e diferentes resoluções requeridas no estudo.

Para responder a segunda pergunta, foram realizadas comparações entre dados medidos disponíveis e os resultados obtidos pelo modelo, as quais são apresentadas a seguir.

7.1. Representação das velocidades

Foi feita uma comparação entre os dados de velocidade extraídos do estudo de Santana (2017) e resultados do modelo estuarino do Rio São Francisco. Neste estudo há uma medição de corrente em um ponto localizado a 4 km da foz do rio (Figura 13). Com isso, foram extraídos os dados do modelo no ponto de grade mais próximos das coordenadas da medição. As séries comparadas foram coletadas em períodos distintos e, portanto, a comparação visa apenas a avaliação da representação das intensidades das correntes em momentos de enchente e vazante.

A partir da série temporal extraída do modelo, foi selecionado um trecho desta que pudesse representar o mesmo período lunar (maré de sizígia) e sazonal (Dezembro) do dado medido.

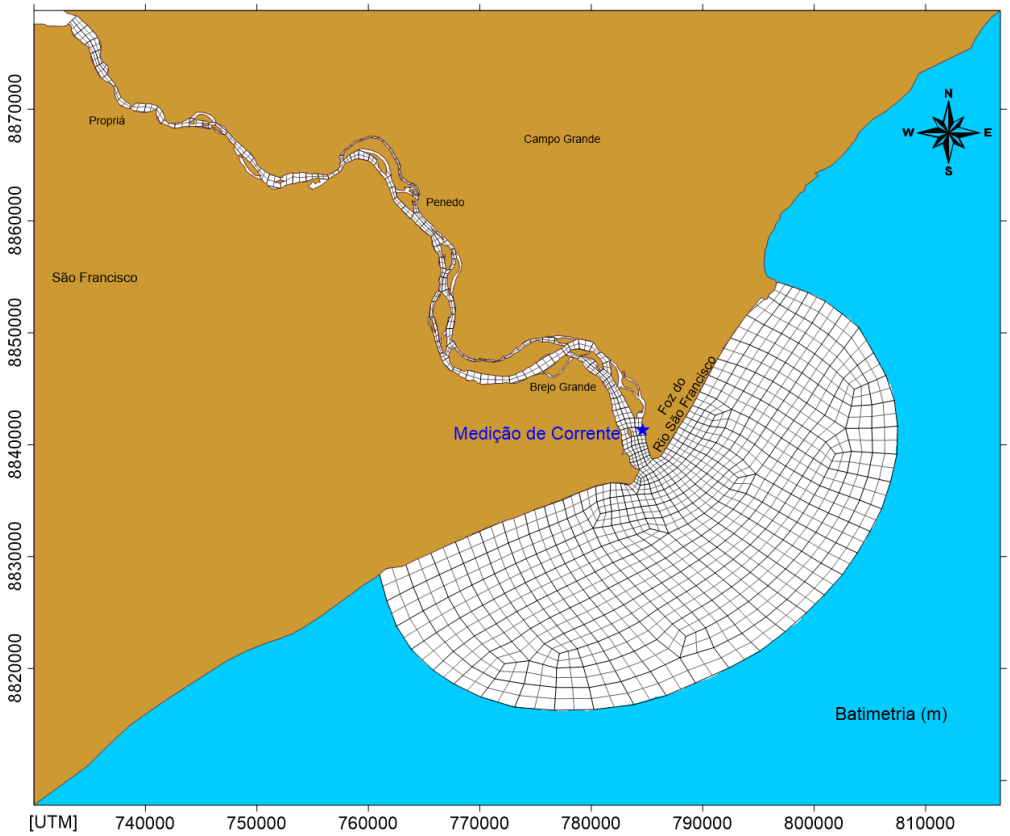


Figura 13: Ponto na região estuarina do Rio São Francisco onde as medições foram realizadas.

Como pode ser visto na Figura 14, as séries temporais apresentam valores negativos de velocidade nos momentos de maré enchente e valores positivos nos momentos de maré vazante. As velocidades nos momentos opostos (enchente e vazante) possuem magnitudes diferentes entre si e são bem representadas pelo modelo – observa-se correntes de até 1 m/s nos momentos de vazante e de até 0.5 m/s nos momentos de maré enchente. As séries temporais apresentam uma pequena diferença nos valores das velocidades quando no momento de maré enchente, contudo destaca-se que as séries apresentam momentos distintos, no entanto, se mostram coerentes entre si.

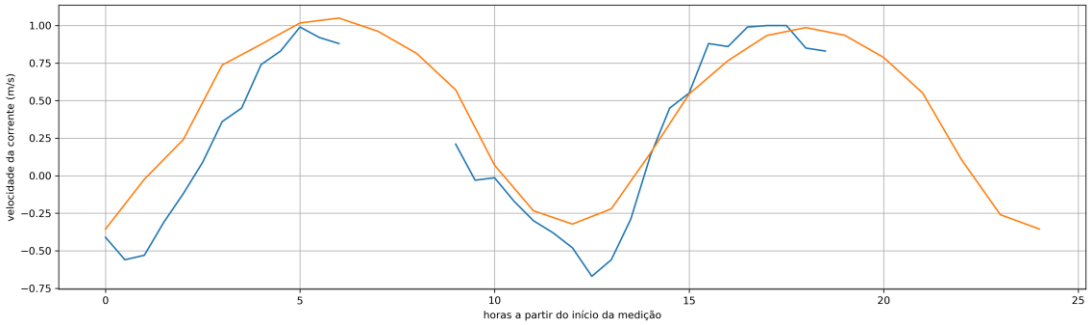


Figura 14: Séries temporais dos dados de velocidade medidos (azul) e do Modelo Estuarino do Rio São Francisco (laranja). O eixo x está em horas a partir do início da medição, o eixo y representa a magnitude das correntes (m/s) onde valores positivos representam maré vazante e valores negativos representam maré enchente.

7.2. Representação da Maré Astronômica

Para avaliar a capacidade do modelo de representar a amplitude e fase da onda de maré foram calculados o erro médio absoluto (“Ema” – Equação 1) e o coeficiente de correlação linear (“p” - Equação 2), entre as séries de elevação da superfície livre do modelo e séries maregráficas reconstituídas para estações da FEMAR (Fundação de Estudos do Mar). Foram utilizadas séries de 1 ano.

(Equação 1)

$$Ema = \frac{\sum_i^n |(xi - yi)|}{n}$$

(Equação 2)

$$p = COV(X,Y)/\sigma X \sigma Y$$

Onde “X” é a variável do modelo e “Y” é a variável da série reconstituída, “COV(X,Y)” é a covariância entre “X” e σX e σY são os desvios padrão de cada variável. O erro médio absoluto e o coeficiente de correlação linear aplicados à série de maré indicam o desvio da amplitude e o

desvio de fase, respectivamente, entre a onda de maré modelada e a reconstituída. Com relação ao erro médio absoluto (Ema), quanto mais próximo de zero, menor a defasagem na amplitude entre as duas séries. Com relação ao coeficiente de correlação linear, o valor 1 indica correlação perfeita entre as séries e o valor de -1 indica correlação inversa perfeita entre as duas séries.

7.2.1 Rio São Francisco

Para o Rio São Francisco, foram utilizadas as estações da FEMAR de Barra de São Francisco e Piaçabuçu. A localização destas estações pode ser observada na Figura 15.

Nas Figura 16 e Figura 17 apresentam-se as séries de maré reconstituídas a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) e os valores de elevação da superfície do mar obtidos a partir da simulação com o modelo hidrodinâmico no ponto mais próximo das estações utilizadas. Na Tabela 3, apresenta-se o erro médio absoluto (Ema – equação 1) e o coeficiente de correlação linear (p – equação 2), calculados entre as séries apresentadas nas Figura 16 e Figura 17.

Nota-se que tanto a fase quanto a amplitude são representados satisfatoriamente pelo modelo – índice de correlação acima de 90% e erro médio absoluto de aproximadamente 10 cm para ambas as estações utilizadas. Na estação de Piaçabuçu pode ser observado que o erro médio absoluto é devido a uma subestimação na amplitude da maré enquanto na estação de Barra de São Francisco a mesma magnitude do erro médio absoluto é devido a uma superestimação.

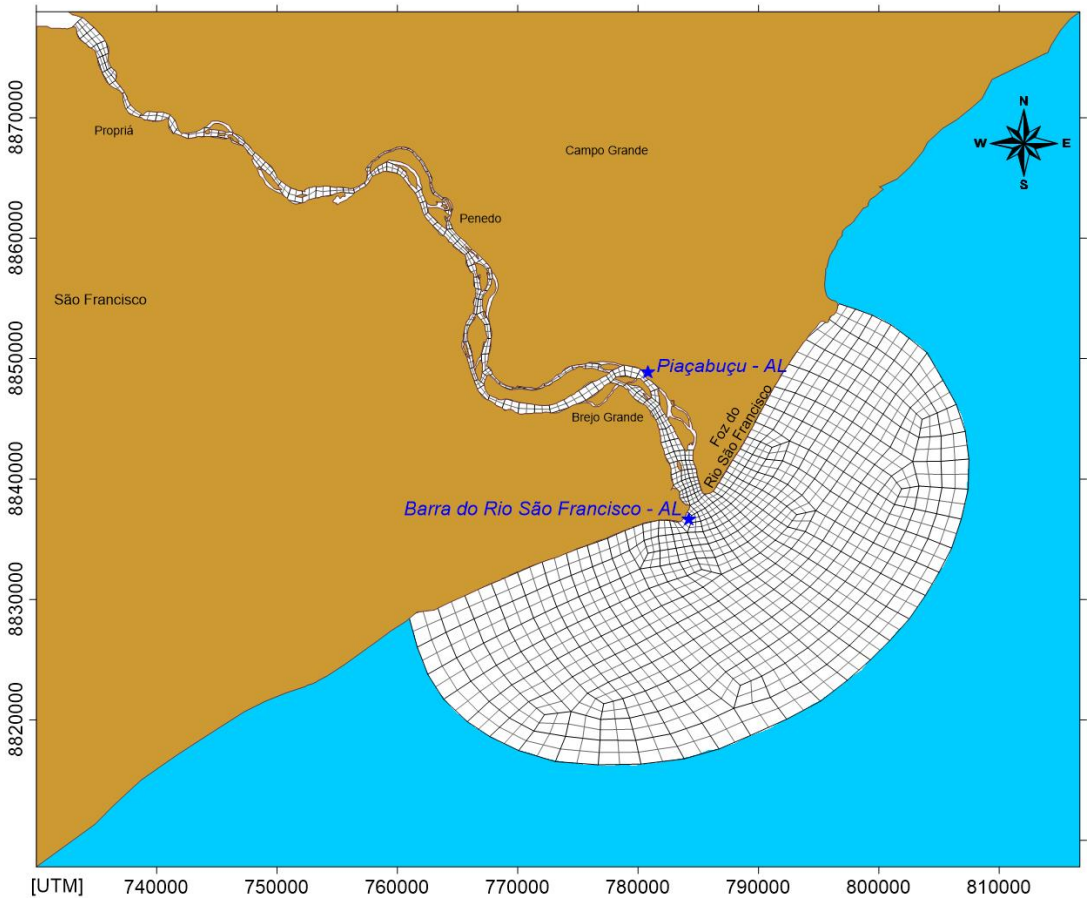


Figura 15: Localização das estações da FEMAR de Barra de São Francisco (AL) e Piaçabuçu (AL), utilizadas na avaliação da representação da maré astronômica do modelo estuarino do Rio de São Francisco.

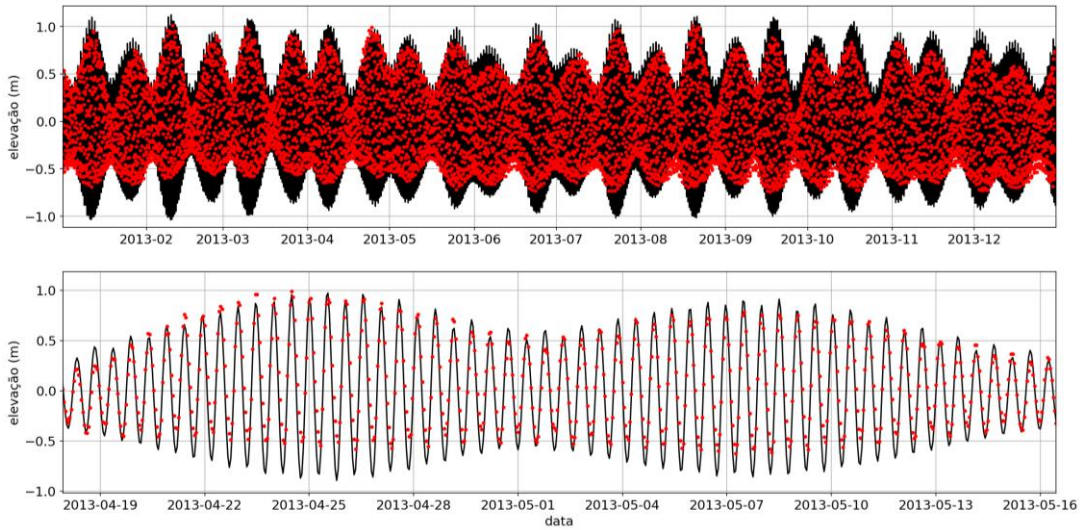


Figura 16: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Piaçabuçu e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos).

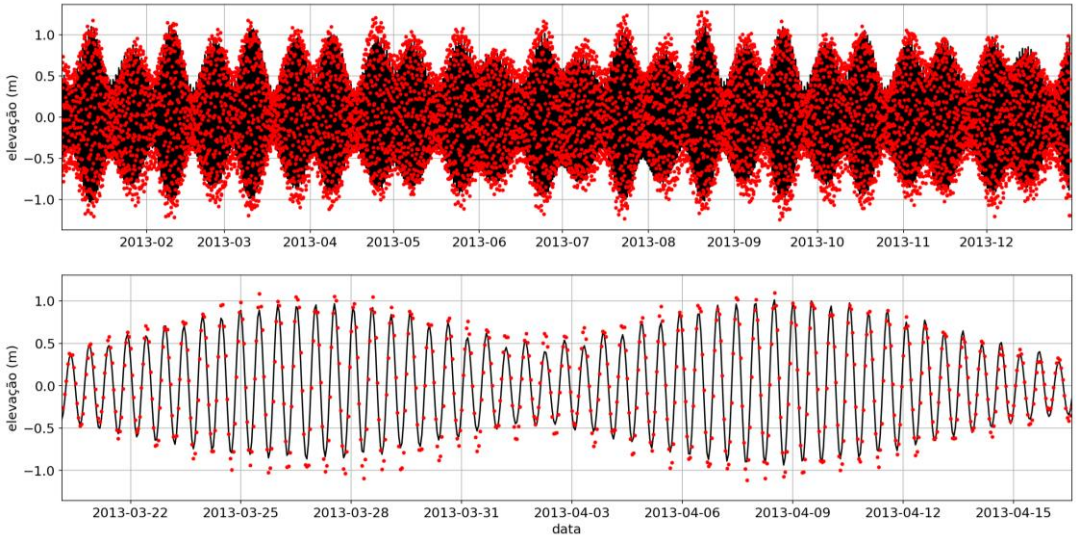


Figura 17: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Barra do Rio São Francisco e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos).

Tabela 3: Erro médio absoluto (Em) e Coeficiente de Correlação Linear (p) entre a série de superfície livre modelada e a série maregráfica reconstituída para as estações de Piaçabuçu e Barra do Rio São Francisco.

Parâmetro	Barra do Rio São Francisco	Piaçabuçu
Erro Médio Absoluto	0,11 m	0,13 m
Coeficiente de Correlação linear	0,97	0,96

7.2.2 Rio Sergipe

Para o Rio Sergipe, utilizou-se a estação da FEMAR de Tanques (SE). A localização da estação utilizada pode ser observada na Figura 18.

Na Figura 19 apresentam-se as séries de maré reconstituídas a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) e os valores de elevação da superfície do mar obtidos a partir da simulação com o modelo hidrodinâmico no ponto mais próximo da estação utilizada. Na Tabela 4, apresenta-se o erro médio absoluto (Ema – equação 1) e o coeficiente de correlação linear (p – equação 2), calculados entre as séries apresentadas na Figura 19.

Nota-se que tanto a fase quanto a amplitude são representados satisfatoriamente pelo modelo – índice de correlação acima de 90% e erro médio absoluto de aproximadamente 15 cm para ambas as estações utilizadas. Na estação de Tanques pode ser observado que o erro médio absoluto é devido a uma superestimação na amplitude da maré.

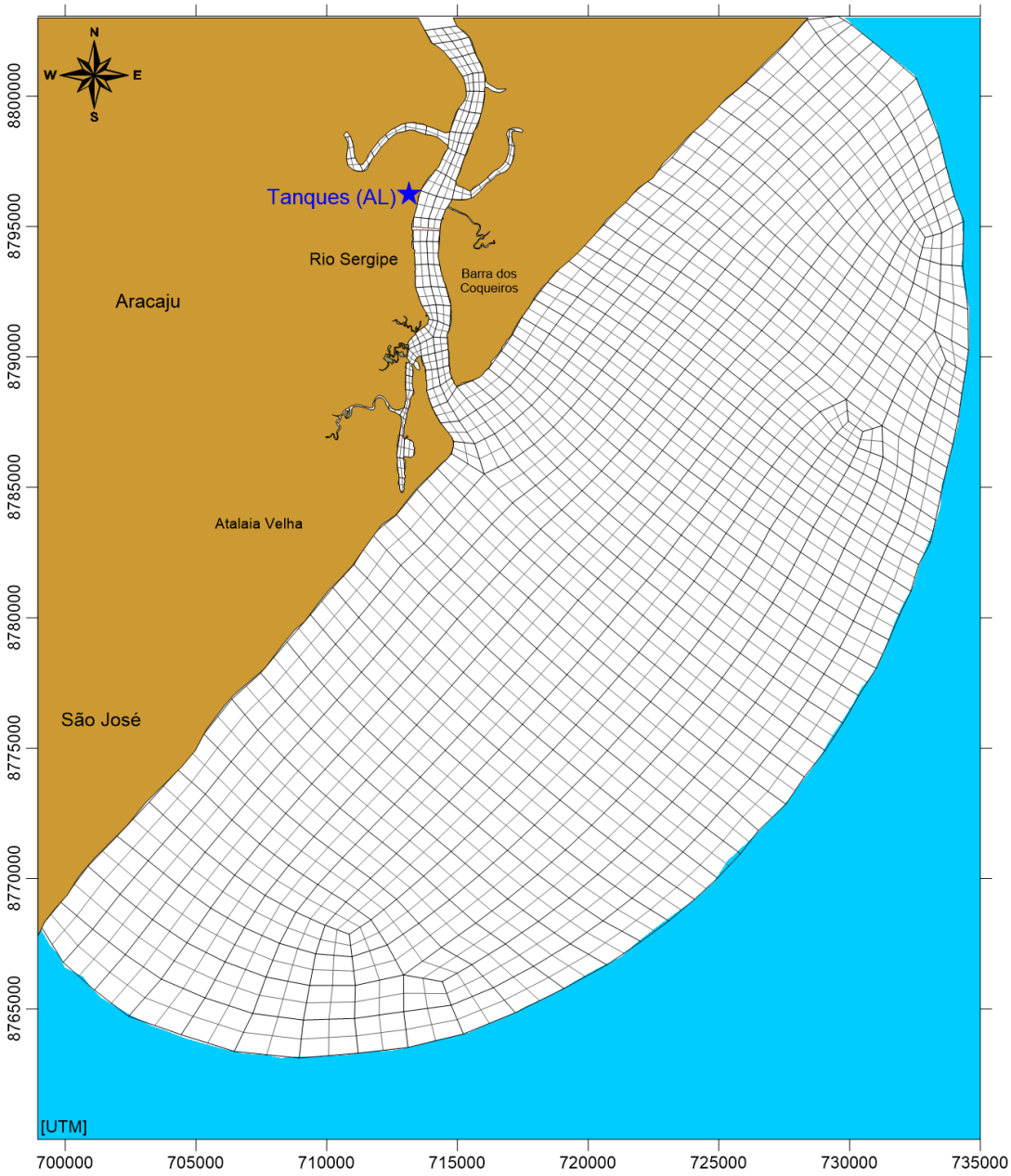


Figura 18: Localização da estação da FEMAR de Tanques (SE), utilizada na avaliação da representação da maré astronômica do modelo estuarino do Rio Sergipe.

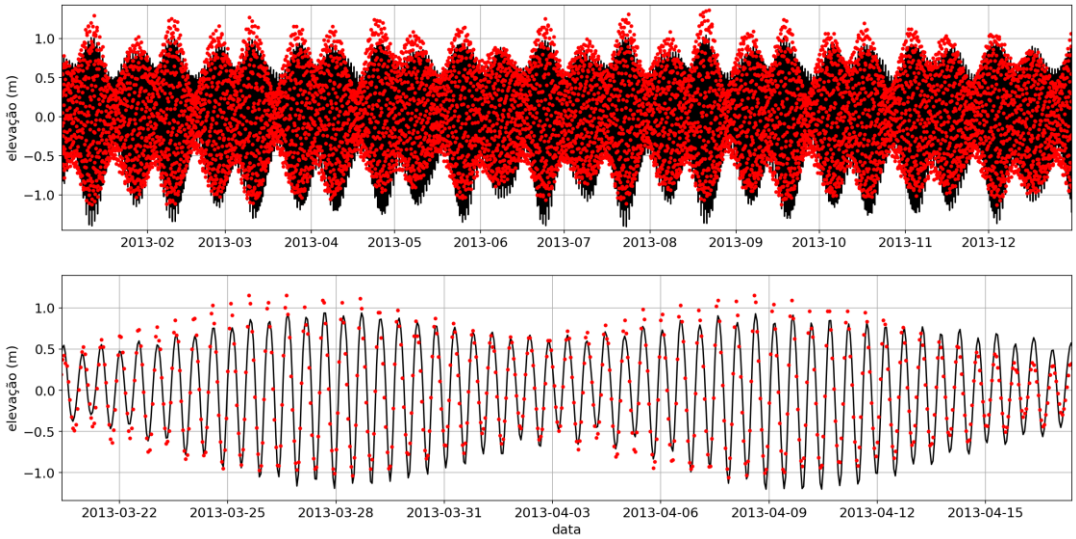


Figura 19: Comparação entre a série de maré reconstituída a partir das constantes harmônicas da FEMAR (linha preta) de Piaçabuçu e a série de elevação obtida no modelo para o ponto mais próximo (pontos vermelhos).

Tabela 4: Erro médio absoluto (Ema) e Coeficiente de Correlação Linear (p) entre a série de superfície livre modelada e a série maregráfica reconstituída para a estação de Tanque.

Parâmetro	Tanque
Erro Médio Absoluto	0,15 m
Coeficiente de Correlação linear	0,94

7.3. Sumário dos Resultados

A modelagem hidrodinâmica dos estuários do Rio Sergipe e do Rio São Francisco foram desenvolvidas com o modelo SisBAHIA. No intuito de representar detalhadamente a circulação na região de interesse, a grade numérica do SisBAHIA foi confeccionada para ter resolução ótima na região da foz dos rios e nos canais internos em direção à montante, onde a malha chega a uma resolução de ~100 m.

As simulações foram forçadas pelos resultados de superfície livre de um modelo fonte (ANEXO I), com maior abrangência e menor resolução espacial. Desta forma todos os processos que são representados pelo modelo fonte são propagados para os modelos estuarinos. Na superfície, o modelo foi forçado por ventos obtidos da reanálise 2 do NCEP, com resolução 6 horas. Foram ainda impostas as vazões – médias mensais dos mínimos diários - dos rios São Francisco e do Rio Sergipe, obtidas a partir dos dados da Agência Nacional de Aguas. Foi utilizado valor de rugosidade uniforme ao longo do estuário.

Os resultados obtidos foram comparados com dados de elevação do nível do mar (maré astronômica de estações da FEMAR). A comparação da maré no estuário do Rio de São Francisco (estações de Barra do Rio de São Francisco-AL e Piaçabuçu-AL) e no estuário do Rio Sergipe (estação de Tanques-SE) apresentou erro médio absoluto entre 10 e 15 cm e correlação acima de 90%, demonstrando satisfatória representação da propagação da onda de maré.

Considerando as técnicas e análises empregadas, pode-se concluir que o modelo foi capaz de capturar os principais fenômenos envolvidos na circulação local, podendo ser utilizado como forçante nas simulações de transporte de óleo estuarinas.

8. Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. 2013. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/HidroWeb.asp.

DOMINGUEZ, J.M.L., 1996. **The São Francisco strandplain: a paradigm for wavedominated deltas?** Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 117, 217e231.

FEMAR (FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR). **Catálogo de estações maregráficas brasileiras**. Rio de Janeiro, 2000.

KNOPPERS, B. A.; Medeiros, P.R.P; dos Santos Júnior, R.C. & de Souza,W.F.L 2007. **Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do Rio São Francisco (SE/AL).** Geochimica Brasiliensis, Rio de Janeiro.

LADEIRA NETO, F. J.; ROZA, J. B. 2013. **Relatório de conclusão do Projeto Batimetria:** Acordo de Cooperação Técnica entre a CPRM e ANP. Brasília: CPRM; ANP, 2013. Não paginado.

ROSMAN, P.C.C., 2019, Referência Técnica do SisBAHIA®, **Fundação Coppetec**.

SANTANA, N. R. F. (2017). **Hidrodinâmica ambiental no baixo São Francisco e suas relações antrópicas**. Tese de doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe – São Cristóvão/SE.

ANEXO III – Descrição do Modelo de Transporte de Óleo

Relatório Técnico [rev.00]

Modelo de Dispersão de Óleo

Descrição do modelo OSCAR

Preparado por: Prooceano

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2019

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução 9

2. Processos Físico-Químicos do Óleo 10

2.1. Advecção 10

2.2. Espalhamento 11

2.3. Evaporação 12

2.4. Dispersão natural 13

2.5. Emulsificação 14

2.6. Dissolução 15

2.7. Degradação 16

2.8. Sedimentação 18

3. Propriedades físicas do óleo 19

4. Concentração na coluna d'água 21

5. Óleo na costa 22

6. Massa Máxima de Óleo na Costa 23

7. *Blowout* submerso 23

8. Resumo dos parâmetros físicos e numéricos 27

9. Bibliografia 29

Índice das imagens

Figura 1: Esquema simplificado dos dados de entrada, processos e dados de saída (resultados) usados e obtidos pelo modelo OSCAR. Adaptado de Reed (2001). 9

Figura 2: Esquema da degradação dos principais componentes do óleo. Adaptado de Reed (2001)..... 17

Figura 3: Esquema geral de plumas de *blowout* de óleo em profundidade. Adaptado de Lindersen (2013)..... 24

Figura 4: Ilustração de uma simulação de *blowout* no fundo oceânico com o OSCAR. O mapa mostra a distribuição de partículas representando o óleo em superfície (círculos em cinza) e as partículas representando o óleo na coluna d'água (pontos pretos e marrons)..... 26

Índice das tabelas

Tabela 1: Equações de regressão para estimativa dos parâmetros Koc e Kow para diferentes componentes químicos. Fonte: Reed, 2001. 19

Tabela 2: Parâmetros físicos e químicos utilizados no modelo de óleo. 27

Tabela 3: Constantes físicas utilizadas no modelo de óleo. 28

Equipe técnica

Nome: Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 2473071

Assinatura: _____

Nome: Lívia Sant'Angelo Mariano

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 6005736

Assinatura: _____

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Assinatura: _____

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Assinatura: _____

1. Introdução

O presente relatório apresenta o modelo computacional OSCAR utilizado em estudos de dispersão de óleo tanto em regiões *offshore* como para corpos d'água interiores. O OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), modelo desenvolvido pela SINTEF, é capaz de avaliar a evolução de óleo na superfície da água, ao longo de costas, na coluna d'água e no sedimento. Os principais componentes do sistema OSCAR são um modelo de intemperismo, um modelo de trajetória em três dimensões e um modelo de combate a vazamentos acidentais (REED, 2001; REED *et al.,* 2004).

Na Figura 1 é apresentado um esquema ilustrativo das três principais etapas no processo da simulação: os dados de entrada (características do vazamento e condições ambientais), os processos realizados em diferentes intervalos de tempo (intemperismo atuante no óleo) e os resultados (balanço de massa do óleo, distribuição geográfica e propriedades).

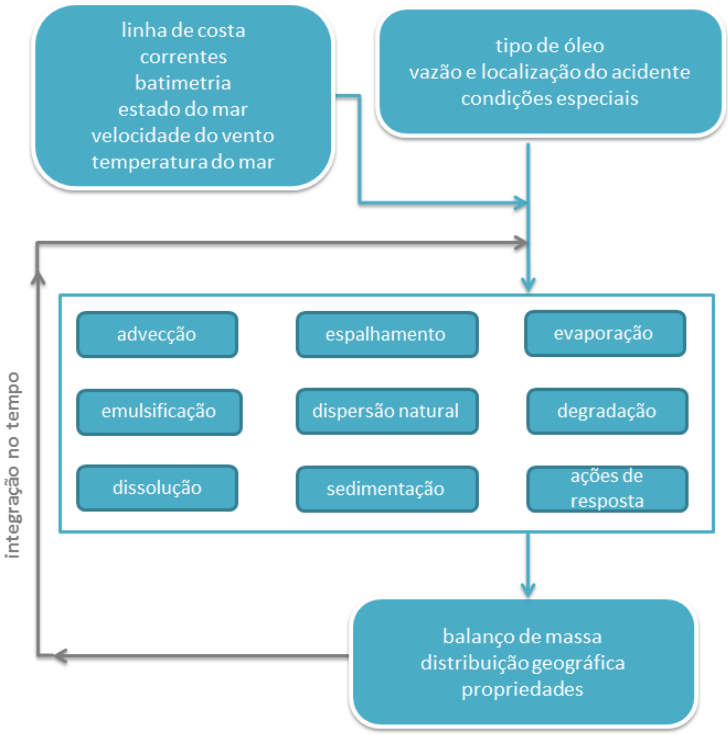


Figura 1: Esquema simplificado dos dados de entrada, processos e dados de saída (resultados) usados e obtidos pelo modelo OSCAR. Adaptado de Reed (2001).

Uma breve descrição dos processos físicos/químicos atuantes no óleo e de como eles são representados no modelo OSCAR, será apresentada a seguir, com base no relatório desenvolvido por Reed (2001).

2. Processos Físico-Químicos do Óleo

O modelo OSCAR utiliza a aproximação de multicomponentes. Tal metodologia consiste na especificação de um número de componentes individuais ou pseudo-componentes para representação da massa de óleo. Cada componente é associado com um conjunto de parâmetros que governam os processos de transformação do óleo.

Os processos de evaporação, dissolução e degradação estão diretamente relacionados com a massa de cada um dos componentes do óleo e são calculados dinamicamente a cada passo de tempo do modelo. Detalhes sobre a formação de multicomponentes do OSCAR podem ser vistos em Reed *et al*. (2000).

Outros processos como espalhamento, entranhamento e mistura vertical estão mais diretamente relacionados com “macro-caracterísiticas” do óleo, como densidade e viscosidade.

No entanto, como apresentado a seguir, existe uma inter-relação entre todos os processos de intemperismo.

2.1. Advecção

A advecção é calculada a partir da soma de uma velocidade local média e de uma componente turbulenta de base aleatória. A velocidade local média é a soma das velocidades de correntes, ventos e a componente governada pela onda (Stokes) e a componente turbulenta (*w'*) é expressa como:

$$w' = R\sqrt{6k/\Delta t} \qquad 1\text{-}1$$

onde *R* é um número aleatório entre -1 e 1, *K* é o coeficiente de dispersão turbulenta, estimado para as direções horizontais e verticais, e *t* o tempo.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser calculado a partir de dados aproximados de estudos de dispersão de traçadores (OKUBO (1971, 1974) *apud* REED, 2001; BOWDEN, 1983):

$$K_x = 0{,}0027t^{1{,}34} \qquad 1\text{-}2$$

para *K* em cm^2/s e *t* em segundos.

O coeficiente de difusão turbulenta acima da picnoclina relacionado às condições de onda, segundo Ichiye (1967, *apud* REED, 2001), é:

$$K_z = 0{,}0028\frac{H^2}{T}\exp(-2Kz) \qquad 1\text{-}3$$

sendo *H* a altura de onda, *T* o período de onda e *K* o número de onda. Abaixo da profundidade da picnoclina, K_z é assumido como uma constante igual a 10^{-4} m/s^2 (KULLENBERG, 1984 *apud* REED, 2001). Na ausência da picnoclina, a equação de Ichiye é aplicada da superfície ao fundo.

O deslocamento vertical das gotículas de óleo é calculado pela soma da velocidade turbulenta de base aleatória e uma velocidade vertical (subida ou descida). As velocidades verticais são calculadas usando a média harmônica de dois extremos, sendo o coeficiente de arrasto em função do número de Reynolds (JOHANSEN, 2000):

$$w_{ascendente} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1})$$

onde,

$w_1 = d^2 g'/18v$, (para número de Reynolds < 1000), e

$w_2 = \sqrt{3d/|g'|}$, (para número de Reynolds > 1000),

sendo $g' = g(\rho_\alpha - \rho_0)/\rho_\alpha$ onde *g* é a aceleração gravitacional e *v* a viscosidade cinemática da água (~1x10^{-6} m^2/s).

O **coeficiente de arrasto do vento** na deriva superficial do óleo utilizada neste estudo foi **3,5% da intensidade do vento**.

2.2. Espalhamento

O espalhamento do óleo na superfície do mar envolve diversas interações entre forças e processos, e alguns estudos (FAY, 1969 *apud* REED, 2001, HOULT, 1972; FANNELØP & WALDMAN, 1972 *apud* REED, 2001) já mostraram que o espalhamento passivo do óleo ocorre devido às forças da gravidade, momento e viscosidade. Para a representação do espalhamento transversal de uma mancha de vazamento contínuo, é utilizada neste modelo uma equação unidimensional:

$$x_{LE} = C_0 \left(\frac{g\Delta\rho}{\rho_w^{\ 2}} \right)^{1/4} \frac{m^{1/2}}{(\rho_w \mu_w)^{1/8}} t^{3/8} \qquad 1\text{-}4$$

onde x_{LE} é a largura da mancha de óleo (m), g é a aceleração da gravidade (m/s²), $\Delta\rho$ é a diferença entre as densidades da água e do óleo (kg/m³), ρ_w é a densidade dá água (kg/m³), μ_w é a viscosidade da água (cP), m é ½ da taxa de liberação de massa dividido pela corrente superficial (kg/m) e C_0 é a constante de espalhamento.

Esta equação representa o regime de gravidade-viscosidade no processo de espalhamento e somente é utilizado para a parte espessa da mancha de óleo.

2.3. Evaporação

A taxa de evaporação é controlada pela pressão de vapor dos componentes individuais do óleo as suas frações molares em qualquer localização da mancha superficial, e calculada como. (MACKAY *et al.*, 1980; SEBASTIÃO & SOARES, 1995; REED *et al.*, 1999):

$$dm_i / dt = K_e P_i A M_i F_i / (RT) \qquad 1\text{-}5$$

onde m_i é a massa associada ao *i*-ésimo componente do vazamento; t é o tempo (s); K_e é o coeficiente de transferência de massa evaporada (m/s); T é a temperatura (K); P_i é a pressão de vapor para o *i*-ésimo componente (atm); A é a área da mancha de óleo (m²); M_i é o peso molecular da *i*-ésimo componente (g/mol); F_i é a fração molar do *i*-ésimo componente remanescente na mancha; e R é a constante universal do gases, 8,206 x 10^{-5} atm-m³/mol-K.

O coeficiente de transferência de massa, K_e, depende do vento e é calculado por (AMOROCHO & DEVRIES, 1980 *apud* REED, 2001):

$$K_e = C_d U(t) \qquad 1\text{-}6$$

sendo C_d o coeficiente de atrito entre a atmosfera e o ar, e *U(t)* a velocidade do vento (m/s). O coeficiente de arrasto C_d é calculado em função da velocidade do vento:

$$C_d = \left(\frac{U^*}{U(t)} \right)^2 \qquad 1\text{-}7$$

em que

$U^* = CU(t)$, quando $U(t) < u_1$

$U^* = Cu_1 + (Du_2 - Cu_1)\dfrac{U(t) - u_1}{u_2 - u_1}$, quando $u_1 \le U(t) \le u_2$

$U^* = DU(t)$, quando $U(t) > u_2$

sendo *C*, *D*, u_1 e u_2 valores constantes (0,0323; 0,0474, 7 e 20, respectivamente).

2.4. Dispersão natural

A dispersão de óleo na superfície do mar é obtida por (DELVIGNE & SWEENEY, 1988):

$$Q_{di} = C^* D^{0,57} SFd_i^{\,0,7} \Delta d \qquad 1\text{-}8$$

onde Q_{di} é a taxa de dispersão por unidade de área das gotículas de óleo com diâmetros entre $(d_i - \Delta d)$ e $(d_i + \Delta d)$ (kg/m²s); C^* é um coeficiente de dispersão derivado empiricamente; D é a energia da onda dissipada por unidade de área (kg/s^2); S é a fração da superfície do oceano coberta por óleo; F é a fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo (1/s); d_i é o diâmetro médio das partículas na classe de tamanho *i* (m); e Δd é o intervalo do diâmetro das partículas (m).

O coeficiente empírico C^* é uma função da viscosidade do óleo:

$$C^* = 4450\nu^{-0,4} \qquad 1\text{-}9$$

onde ν é a viscosidade cinemática do óleo (m²/s). A energia dissipada da quebra da onda D, é aproximadamente:

$$D = 0{,}0034 \rho_w g H_b^2 \qquad 1\text{-}10$$

onde ρ_w é a densidade dá água do mar (kg/m³); *g* é a aceleração da gravidade (m/s²); e H_b é altura de quebra da onda (m). A fração F de superfície do oceano coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo é, aproximadamente:

$$F = 3 \cdot 10^{-6} U(t)^{3,5} \qquad 1\text{-}11$$

onde U(t) é a velocidade do vento (m/s). O tamanho das partículas é dado por:

$$d_0 = \frac{C_0 \nu^{0,34}}{\sqrt{e}} \qquad 1\text{-}12$$

sendo ν é a viscosidade cinemática do óleo (m²/s); e é a taxa de dissipação de energia (geralmente 1000 J/m³s); C_0 é, aproximadamente, 500 para o menor tamanho de partícula e 3400 para o maior tamanho de partícula. As gotículas são divididas em intervalos entre os tamanhos, mínimo e máximo, encontrados.

2.5. Emulsificação

A emulsificação $W(t)$ é calculada a partir de uma regressão exponencial:

$$W(t + \Delta t) = W_m(t) - [W_m(t) - W(t)] 0{,}5^{\frac{\Delta t}{t_{1/2}}} \qquad 1\text{-}13$$

onde $W_m(t)$ é o teor máximo de água (%); Δt é o passo de tempo (s); $t_{1/2}$ é o tempo de meia-vida dependente do vento para emulsificação (s).

O valor $t_{1/2}$ e a função $W_m(t)$ são derivados de dados de laboratório e, correlacionam a taxa de emulsificação e o teor máximo de água pela fração evaporada. A partir desses dados, a meia-vida de referência t_{ref} para um vento de 10 m/s de velocidade, é encontrada em:

$$t_{ref} = Ct_{lab} \qquad 1\text{-}14$$

onde, t_{lab} é a média de valores de meia-vida encontrados em laboratório para amostras de óleo artificialmente intemperizados (s), e C é uma constante empírica. Esses dados são baseados no estudo de Cormack (1983):

$$t_{1/2} = \left[\frac{1+U_{ref}}{1+U(t)}\right]^2 t_{ref} \qquad 1\text{-}15$$

onde U_{ref} , é de 10 (m/s), e $U(t)$ é a velocidade do vento (m/s). W_m como função da fração evaporada é obtida a partir de dados de laboratório, assumindo-se que a quantidade máxima de água é linearmente dependente da fração evaporada.

2.6. Dissolução

Como a evaporação, a dissolução, é dependente da fração molar de cada componente em uma mancha de óleo.

$$dm_i / dt = K_d A(F_i S_i - C_i) \qquad 1\text{-}16$$

onde K_d é o coeficiente de transferência de massa por difusão (m/s); A é a área superficial da mancha de óleo (m²); F_i é a fração molar do componente i remanescente na mancha; S_i é a solubilidade do componente i (g/m³, ppm); e C_i é a concentração ambiente do componente i (g/m³).

Para uma mancha de óleo, o coeficiente de transferência de massa K_d é calculado (THIBODEAUX, 1979 *apud* REED, 2001):

$$K_d = Sh_i D_i / L \qquad 1\text{-}17$$

Para manchas na superfície, é feita a correlação de superfície plana para o Número de Sherwood:

$$Sh_i = 0{,}578\,\mathrm{Re}^{0,5}\ Sc_i^{\ 0,33} \qquad 1\text{-}18$$

onde Re é o número de número de Reynolds; Sc_i é o número de Schmidt; U_{rel} é a velocidade relativa entre o óleo e a água (m/s); L é a extensão da mancha (m); v_w é a viscosidade cinemática da água (~ 8,9 x 10^{-7} m^2/s a 25°C) e D_i a difusividade molecular do componente i (m^2/s).

Para as partículas de óleo, a correlação da transferência de massa para esferas é usada para o número de Sherwood:

$$Sh = 2 + 0{,}347\,\mathrm{Re}^{0,62}\ Sc_i^{0,31i} \qquad 1\text{-}19$$

2.7. Degradação

O cálculo da degradação do óleo no modelo OSCAR é feita através da soma da transformação de cada componente do óleo por diferentes formas de degradação. A Figura 2 mostra o esquema de transformação dos componentes considerados no modelo OSCAR.

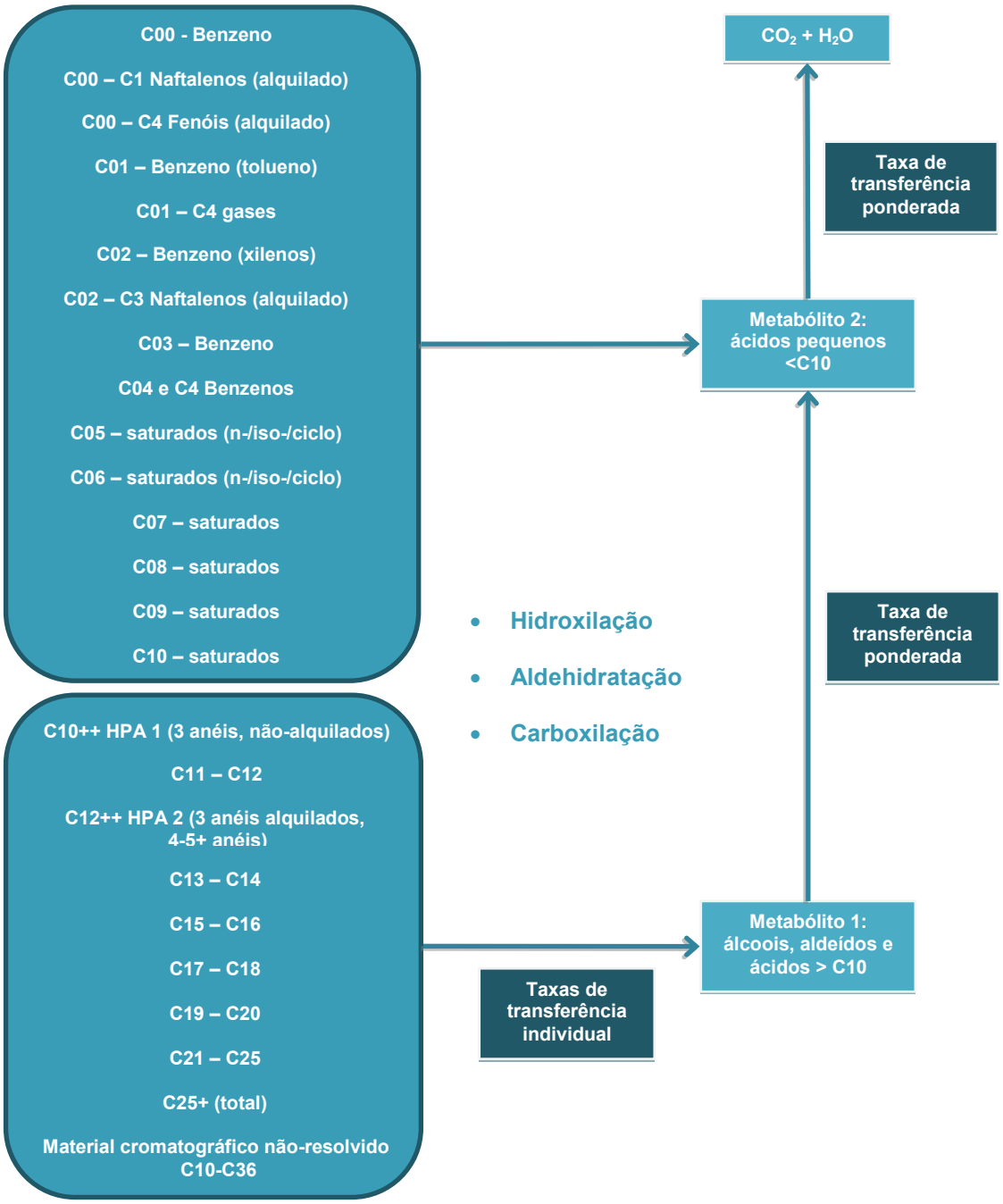


Figura 2: Esquema da degradação dos principais componentes do óleo. Adaptado de Reed (2001).

2.8. Sedimentação

No OSCAR a separação entre a fase dissolvida e particulada/adsorvida é calculada com base na teoria de equilíbrio linear. A fração de óleo particulada, ou adsorvida em material particulado, é passível de sedimentação no fundo, misturando-se aos sedimentos, e podendo ser dissolvida novamente para a coluna d'água (REED *et al*., 1996).

A relação entre a concentração de equilíbrio de um poluente na fase aquosa (C_w) e a concentração de equilíbrio na fase sólida (C_s) pode ser obtida a uma determinada temperatura. Existem várias teorias que descrevem as isotermas de adsorção, tais como as isotermas de Langmuir (Equação 1-20) e de Freundlich (Equação 1-21) (REED, 2001).

$$C_s = \frac{K_1 K_2 C_w}{1 + K_1 C_w} \qquad 1\text{-}20$$

$$C_S = K_f C_w^{1/n} \qquad 1\text{-}21$$

Segundo Reed (2001), em ambiente aquático, o valor da fase aquosa do poluente, C_w, é geralmente baixo, e em consequência, o termo n na equação 1-21 é geralmente igual a 1 e o termo $K_1\, C_w$ na equação 1-20 é muito menor do que 1. Dessa forma, as equações podem ser reduzidas a uma equação linear

$$C_S = K_p C_w C_{ss} \qquad 1\text{-}22$$

onde C_{ss} é a concentração de sedimentos suspensos. O coeficiente de partição de uma substância química, K_p, é dependente da temperatura, do pH e das características físicas e químicas do sólido adsorvido. Através de estudo do comportamento de compostos orgânicos, principalmente os hidrofóbicos não-iônicos, observou-se que o carbono orgânico é o fator predominante no processo de adsorção (REED, 2001). Assim, se K_p é normalizado pela fração de carbono orgânico do sólido (f_{oc})

$$K_{OC} = \frac{K_p}{f_{oc}} \qquad 1\text{-}23$$

então K_{oc} torna-se independente de sorventes. Somado a isso, o coeficiente de partição baseado no carbono orgânico apresenta ótima correlação tanto com K_{ow} (coeficiente de partição octanol/água) como com a solubilidade em água (S) (Equações 1-24 e 1-25, respectivamente).

$$\log K_{OC} = A \log K_{ow} + B \qquad 1\text{-}24$$

$$\log K_{OC} = a \log S + b \qquad 1\text{-}25$$

Assim, é possível determinar K_{oc} tanto do valor de K_{ow} como da solubilidade, sendo que as constantes de correlação (*A*, *B*, *a* e *b*) são normalmente dependentes da estrutura do composto. A Tabela 1 mostra algumas equações de correlação entre K_{oc}, K_{ow} e *S* usados no modelo.

Tabela 1: Equações de regressão para estimativa dos parâmetros Koc e Kow para diferentes componentes químicos. Fonte: Reed, 2001.

Equação	R^2	Classe
Parâmetro: K_{ow}		
$\log 1/S = 1{,}113 \log K_{ow} - 0{,}926$	0,935	Álcool
$\log 1/S = 1{,}229 \log K_{ow} - 0{,}720$	0,960	Cetona
$\log 1/S = 1{,}013 \log K_{ow} - 0{,}520$	0,980	Éster
$\log 1/S = 1{,}182 \log K_{ow} - 0{,}935$	0,880	Éter
$\log 1/S = 1{,}294 \log K_{ow} - 1{,}043$	0,908	Alcino
$\log 1/S = 1{,}294 \log K_{ow} - 0{,}248$	0,970	Alceno
$\log 1/S = 0{,}996 \log K_{ow} - 0{,}339$	0,951	Aromático
$\log 1/S = 1{,}237 \log K_{ow} - 0{,}248$	0,908	Alcano
Parâmetro: K_{oc}		
$\log K_{oc} = 0{,}937 \log K_{ow} - 0{,}006$	0,950	Aromático
$\log K_{oc} = 0{,}544 \log K_{ow} + 1{,}377$	0,740	Todos os outros

Embora seja possível especificar um valor constante de concentração de sedimentos suspensos nas simulações, neste estudo adotou-se um valor nulo de concentração de sedimentos suspensos. Dessa forma, se objetiva uma abordagem mais conservadora que não permite a retirada de óleo da superfície e da coluna d'água por esse processo. Os valores de sedimentação apresentados nas simulações são referentes ao óleo na coluna d'água que toca diretamente o fundo marinho.

3. Propriedades físicas do óleo

As principais propriedades do óleo utilizadas pelo modelo são a densidade e a viscosidade do óleo. Essas propriedades variam de acordo com curvas obtidas em laboratório em função da

fração de óleo evaporado. A seguir são apresentadas as equações das curvas obtidas em laboratório para os cálculos das propriedades do óleo (JOHANSEN, 1991 *apud* REED, 2001):

Densidade (g/L)

$$\rho_0 = a_p + b_p f \qquad 1\text{-}1$$

Viscosidade (cP)

$$\mu_0 = e^{(a\mu + b\mu f)} \qquad 1\text{-}2$$

sendo *f* a fração evaporada (%) e *a* e *b* fatores de regressão. Os parâmetros de ajuste *a* e *b* fazem parte do banco de dados da SINTEF que integra o modelo OSCAR e são obtidas através de ensaios laboratoriais. A densidade da emulsão *ρ(t)* é calculada:

$$\rho(t) = \frac{W(t)\rho_w + [100 - W(t)]\rho_0(t)}{100} \qquad 1\text{-}3$$

sendo $W(t)$ a porcentagem de água (%), ρ_w a densidade da água do mar, e $\rho_0(t)$ a densidade do óleo livre de água (g/L).

A equação de Mooney, de 1951, é usada para calcular a viscosidade de emulsão *μ (t)*:

$$\mu(t) = \mu_0(t) e^{\frac{aW(t)}{100 - bW(t)}} \qquad 1\text{-}4$$

onde *a* e *b* são constantes empíricas.

4. Concentração na coluna d'água

Como a grande maioria dos modelos numéricos de transporte de contaminantes, o OSCAR utiliza um modelo de partículas (modelagem lagrangiana) para obter aproximações da equação do transporte advectivo-difusivo:

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} + \vec{V} \bullet \vec{\nabla} C_i = \vec{\nabla} \bullet D_k \vec{\nabla} C_i + \sum_{j=1}^{n} r_j C_i + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} r_{ij} C_i \qquad 1\text{-}1$$

onde C_i é a concentração do *i*-ésimo constituinte químico do vazamento; t é o tempo; $\vec{V}$ é o vetor do transporte advectivo; e D_k é o coeficiente de difusão turbulenta para k = x, y e z.

O primeiro termo da equação é a taxa de variação temporal da concentração de um determinado constituinte em uma determinada localização espacial. Esta taxa de variação é calculada através da determinação dos outros termos da equação utilizando partículas lagrangeanas para representar o campo de concentração. Os termos r_j são taxas de vários processos, tais como a evaporação, emulsificação e espalhamento das manchas superficiais e volatização dos compostos do óleo.

Os termos de degradação r_{ij} aparecem no modelo para determinar os subprodutos da degradação como transferência de massa de um componente à outro. Desta forma, as modificações nas propriedades toxicológicas são incorporadas no modelo.

A equação de transporte advectivo e difusivo determina a variação das concentrações no tempo e no espaço e serve como base para os modelos de partículas (ver, por exemplo, Fischer, 1979). Em contraste com os modelos de partículas, existem modelos que resolvem numericamente a equação de transporte advectivo e difusivo de maneira convencional, isto é, através de esquemas baseados em métodos de diferenças finitas, volumes finitos ou elementos finitos. Estas aproximações conhecidas como modelagem Euleriana fornecem diretamente os valores de concentrações e suas variações no espaço e no tempo em uma grade fixa, pré-definida. Este tipo de modelagem é inviável para o problema em questão devido às dimensões do domínio e as escalas envolvidas no transporte de óleo em bacias oceânicas.

Os modelos de partículas apresentam uma série de vantagens em relação aos modelos Eulerianos, pois são capazes de representar os fenômenos de transporte e calcular a distribuição de massa do contaminante de maneira acurada independentemente de uma grade, além de não estarem sujeitos a oscilações numéricas espúrias e efeitos de difusão numérica (ver por exemplo Andrade, 2006).

Enquanto os modelos Eulerianos calculam diretamente os valores das concentrações, os modelos de partículas calculam a distribuição espacial de massa do contaminante representada

por uma nuvem de partículas, sendo cada partícula uma representação discreta de uma parcela da massa total do contaminante no ambiente.

Se valores de concentração são requeridos, os resultados dos modelos de partículas precisam ser transformados e representados em uma grade. Como apresentado em Jong (2004), o OSCAR tem a vantagem em relação a outros modelos de partículas, pois permite essa transformação, inclusive fazendo a distinção entre as parcela da massa de óleo que está dissolvida, dispersa ou na superfície.

Existem várias maneiras de fazer essa transformação. A maneira mais simples é através da contagem de partículas que estão dentro das células da grade. Uma maneira mais avançada, que é a utilizada no OSCAR, é considerar a partícula como uma pequena nuvem que cresce com o tempo, usando funções de espalhamento gaussiano (ver por exemplo Andrade, 2006).

No OSCAR, a célula da grade em três dimensões é definida pelos espaçamentos meridional, zonal e vertical definidos pelo usuário. Embora os processos de mistura e de intemperismos do óleo estejam sendo resolvidos de maneira acurada e independentemente da grade, os resultados de concentração devem ser interpretados considerando o tamanho da célula da grade utilizada. Os resultados de concentração devem ser vistos como valores médios no volume definido pelas dimensões das células da grade. Sendo assim, plumas ou manchas de contaminantes que tenham dimensões inferiores às dimensões da grade estão sujeitos a uma “diluição numérica” artificial.

5. Óleo na costa

Para modelagens probabilísticas, principalmente para vazamentos em áreas *offshore*, a prática atual é fazer uma aproximação de acumulação de óleo na costa através de uma estimativa das capacidades de armazenamento e remoção de óleo na costa derivadas empiricamente. Tal procedimento é utilizado na maioria dos modelos de transporte de óleo que incluem algum tipo de algoritmo de interação do óleo com a costa. (GUNDALACH & REED, 1986; GUNDALACH, 1987; FRENCH *et al.*, 1996; REED *et al* 1999, 2000; CHENG *et al.*, 2000; FRENCH MCCAY, 2004 *apud* ETKIN *et al.*, 2007).

O modelo OSCAR incorpora uma dinâmica, relativamente simples, para simular as interações óleo-costa. Estes procedimentos representam uma simplificação dos conjuntos desenvolvidos para um modelo de derramamento de óleo em uma zona costeira mais complexa.

A partir de trabalhos científicos, grupos de capacidade máxima de absorção de óleo foram estimados juntamente com uma série de taxas de remoção. As capacidades de absorção destinam-se a refletir tanto a inclinação da costa como a sua permeabilidade, e em alguns casos, a exposição às ondas e aos ventos.

O volume máximo de óleo, *Vmax* (m³), quando há o encontro da mancha de óleo com a linha de costa, pode ser expresso como:

$$V_{\max} = \delta_i L W_i \qquad 5\text{-}1$$

Onde δ_i:é a máxima capacidade de retenção por tipo de costa i, *L* é o comprimento da célula de praia e W_i é a largura da região de deposição por tipo de costa

Durante as simulações computacionais, se este volume máximo já estiver sido atingido, a massa de óleo que chega à costa não é mais depositada e o óleo continua a ser transportado pelos ventos e correntes para outras regiões:

O modelo também considera que ao longo da simulação uma quantidade de óleo vai sendo removida através da seguinte equação:

$$\Delta m = m_i \left(1 - \exp\left[-r_i \Delta t\right]\right) \qquad 1\text{-}2$$

Onde Δm é a massa removida no passo de tempo Δt, m_i é a massa na célula de costa i, e r_i é a taxa de remoção de por tipo de costa i.

6. Massa Máxima de Óleo na Costa

Para obter a massa máxima de óleo na costa, os elementos de grade são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de massa máxima de óleo que atingiram **cada elemento de grade** ao longo das *n* simulações. Ao final, têm-se um mapa das massas máximas por ponto de grade ou célula de costa que atingiram os elementos de grade que representam a costa.

Em seguida, é calculada a distribuição de massa ao longo da linha de costa considerando que o tamanho da linha de costa de cada ponto de grade é a sua diagonal. Assim se tem a quantidade de massa por unidade de comprimento (Ex: toneladas por quilômetro).

7. *Blowout* submerso

Nos últimos anos diversos modelos foram desenvolvidos para simular o transporte de misturas de óleo e gás em águas profundas. Lindersen (2013) apresenta alguns desses modelos e as bases teóricas para os seus desenvolvimentos.

De maneira geral os modelos de *blowout* submerso levam em consideram três diferentes fases: A fase de jato, a fase de pluma e uma fase passiva com velocidade vertical controlada pelo tamanho das gotículas de óleo, conforme ilustrado na Figura 4.

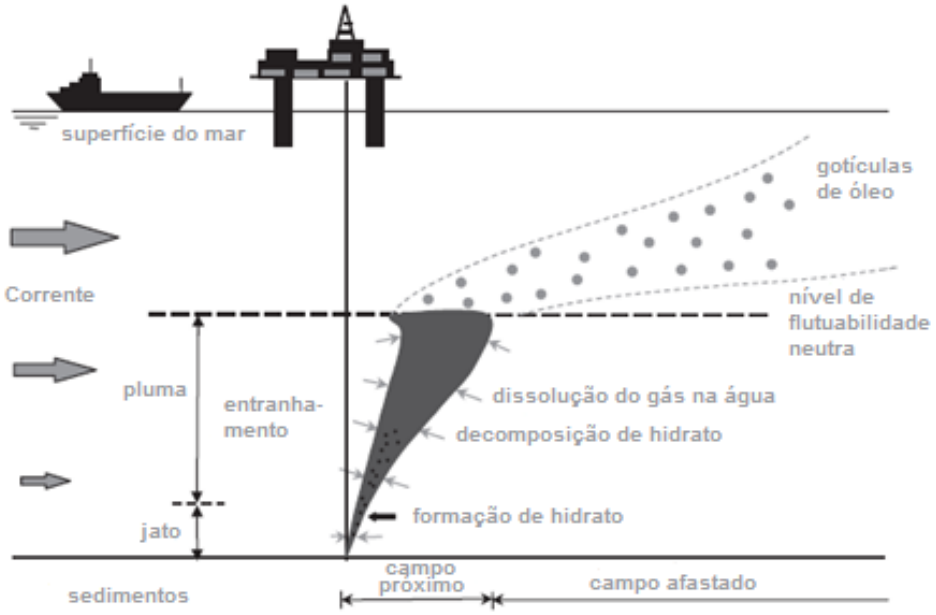


Figura 3: Esquema geral de plumas de *blowout* de óleo em profundidade. Adaptado de Lindersen (2013).

O modelo OSCAR contém um módulo específico para a modelagem de vazamentos de óleo em profundidade. Este módulo, chamado Plume3D, contém um modelo de pluma multifásico geral desenvolvido pela SINTEF, com acoplamento entre o campo próximo (*Near-Field*), que inclui as fases de jato e a fase de pluma, e o campo afastado (*Far-Field*), que permite o acompanhamento das gotículas dispersas, bolhas e partículas minerais decorrentes de descargas de óleo e gás oriundas do fundo do oceano. Detalhes sobre esse modelo podem ser encontradas em Johansen & Durgut (2006) e em Johansen *et al.* (2012).

Vazamentos de óleo e gás no fundo oceânico resultarão na formação de gotículas de óleo e bolhas de gás respectivamente. Na fase de jato os movimentos são dominados pelas correntes induzidas pelo próprio vazamento e o tamanho dessas bolhas e gotículas não são consideradas.

Na fase de pluma, as gotículas e bolhas de diversos tamanhas se movem em conjunto como uma mistura integral. Nesta fase, a dissolução dos gases, a formação de hidratos e o estranhamento de água do ambiente têm papel dominante na densidade da pluma, que por sua vez, controla o movimento vertical da pluma. Nesta fase, os tamanhos das gotículas e bolhas

não afetam de maneira significativa o movimento da pluma. Aspectos importantes da fase de pluma em águas profundas, considerados no Plume3D são:

- Comportamento de gás não ideal;
- Dissolução de gás das bolhas para a água do ambiente;
- Efeito de correntes do ambiente;
- Formação e dissociação de Hidratos.

Após a fase de pluma é atingido o nível terminal da pluma dinâmica e inicia-se a fase passiva onde a velocidade vertical do óleo no ambiente é controlada pelo tamanho das gotículas de óleo formadas nas plumas. O Plume3d contém um algoritmo desenvolvido pela SINTEF para estimativa das distribuições do tamanho das gotículas de óleo a partir de experimentos realizados nos tanques dos laboratórios da SINTEF. Detalhes sobre esses experimentos podem ser encontrados em Brandvik *et al.* (2012).

A partir do nível terminal da pluma dinâmica a trajetória do óleo na coluna d'água é afetada pelo tamanho das gotículas de óleo formadas a partir do *blowout* em águas profundas. Como ilustração, considerando uma profundidade de 1.000 m, pequenas gotículas, com diâmetros inferiores a 0,5 mm, precisam de aproximadamente 1 dia para chegar a superfície. Na mesma situação, gotículas maiores, com diâmetro maiores que 5 mm, podem chegar a superfície em algumas poucas horas, enquanto que partículas menores do que 1.000 µm podem ficar retidas na coluna d'água por grandes períodos antes de chegarem a superfície. Além do tamanho das gotículas, fatores como correntes, turbulência vertical e estratificação vertical de densidade também são considerados na velocidade de subida dessas gotículas.

Detalhes sobre o algoritmo e as formulações utilizadas para cálculo da distribuição dos tamanhos das gotículas podem ser vistos em Brandvik *et al.* (2012) e Lindersen (2013).

O cálculo do tamanho das gotículas de óleo é feito em função de:

- Macro-características do óleo (viscosidade, densidade, etc);
- Dimensões do vazamento;
- Vazão do *blowout*;
- Correntes.

O acoplamento do Plume3D com o modelo de partículas lagrangiano do OSCAR permite um mapeamento tridimensional das partículas em cada instante e, consequentemente, o cálculo das concentrações de óleo na coluna d'água e espessuras de óleo em superfície, conforme ilustrado na Figura 5.

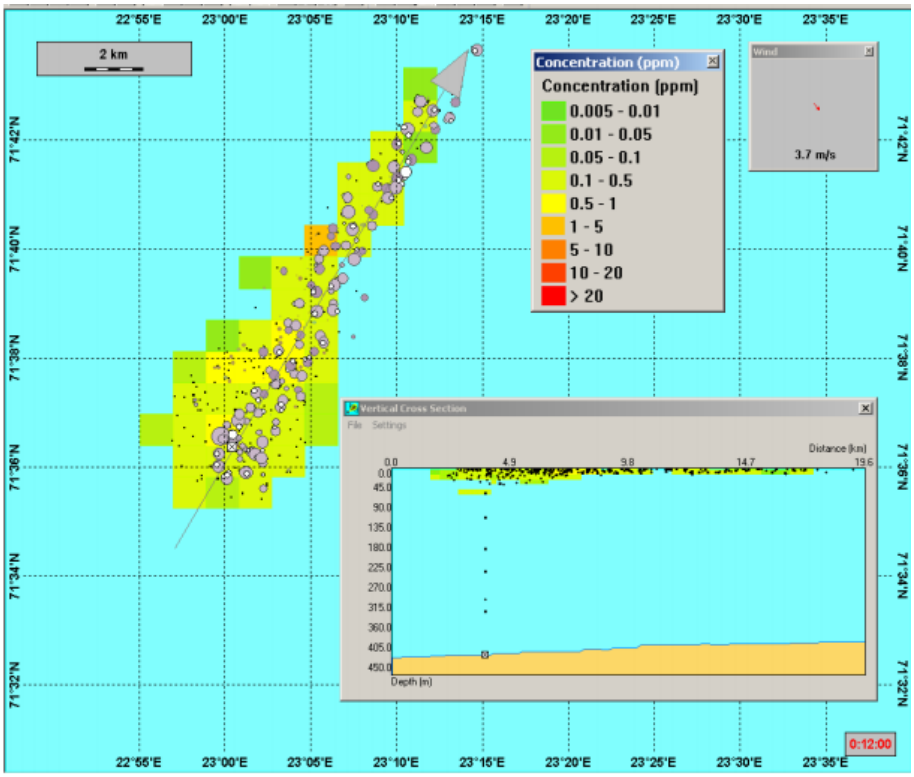


Figura 4: Ilustração de uma simulação de *blowout* no fundo oceânico com o OSCAR. O mapa mostra a distribuição de partículas representando o óleo em superfície (círculos em cinza) e as partículas representando o óleo na coluna d'água (pontos pretos e marrons).

8. Resumo dos parâmetros físicos e numéricos

Os parâmetros físicos utilizados no modelo de dispersão de óleo são apresentados na Tabela 3 enquanto as constantes são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 2: Parâmetros físicos e químicos utilizados no modelo de óleo.

Parâmetro	Descrição
w'	componente turbulenta
K	coeficiente de dispersão turbulenta
Kx	coeficiente de dispersão horizontal
H e Hb	altura de onda
T (1)	período de onda
x_{le}	largura da mancha de óleo
Δρ	diferença entre as densidades da água e do óleo
m	1/2 da taxa de liberação de massa dividido pela corrente superficial
mi	massa associada ao i-ésimo componente de vazamento
Ke	coeficiente de transferência de massa evaporada
T (2)	Temperatura do óleo
P_i	pressão de vapor para o i-ésimo componente
F_i	fração molar do i-ésimo componente remanescente na mancha
Cd	coeficiente de atrito entre a atmosfera e o ar
U(t)	velocidade do vento
Q_{di}	taxa de dispersão por unidade de área das gotículas de óleo
C*	coeficiente de dispersão derivado empiricamente
D	energia da onda dissipada por unidade de área
S	fração da superfície do oceano coberta por óleo
F	fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo
d_i	diâmetro média das partículas na classe de tamanho i
Δd	intervalo do diâmetro das partículas
υ	viscosidade cinemática do óleo
e	taxa de dissipação de energia
W(t)	emulsificação
$W_m(t)$	teor máximo de água no óleo
$t_{1/2}$	tempo de meia-vida dependente do vento para emulsificação
t_{ref}	tempo de meia-vida de referência
tl_{ab}	média de valores de meia-vida encontrados em laboratório
K_d	coeficiente de transferência de massa por difusão
A	área superficial da mancha de óleo
S_i	solubilidade do componente i
C_i	concentração ambiente do componente i

Sh_i	Número de Sherwood
Re	Número de Reynolds
Sc_i	Número de Schmidt
U_{rel}	velocidade relativa entre o óleo e a água
L	extensão da mancha
D_i	difusividade molecular do componente i
C_w	concentração de equilíbrio de um poluente na fase aquosa
C_s	concentração de equilíbrio na fase sólida
C_{ss}	concentração de sedimentos suspensos
K_p	parâmetro dependente da temperatura, pH e das características físico-químicas do sólido adsorvido
A, B, a, b	constantes de correlação dependentes da estrutura do composto
$a'_{\mu, \rho, p}$	fatores de regressão
$b'_{\mu, \rho, p}$	fatores de regressão
ρ_0	densidade da água do óleo
D_k	coeficiente de difusão turbulenta para k = x, y e z.
ρw	densidade da água
μw	viscosidade dinâmica da água
ν	viscosidade cinemática da água

Tabela 3: Constantes físicas utilizadas no modelo de óleo.

Constante	Valor	Descrição
K_z	10^{-4} m/s²	coeficiente de dispersão vertical
g	9,81 m/s²	aceleração gravitacional
ν	$1x10^{-6}$ m²/s	viscosidade cinemática da água
R	8,206X10-5 atm*m³/mol-K	constante universal dos gases
C	0,0323	constante
D	0,0474	constante
u_1	7	constante
u_2	20	constante
C_0 (2)	500 a 3400	constante
a	2,5	constante empírica
b	0,654	constante empírica

9. Bibliografia

ANDRADE, R.C., 2006 Uma Nova Abordagem para a Solução Numérica de Problemas de Advecção e Difusão Multidimensional, em Corpos de Água Naturais. Tese de doutorado do Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.

BOWDEN, K.F. 1983. Physical oceanography of coastal waters. John Wiley, NY, 302 p.

BRANDVIK, P., JOHANSEN, Ø., LEIRVIK, F., FAROOQ, U. and DALING, P. (2012). Droplet breakup in sub-surface oil releases - Part 1: Experimental study of droplet breakup and effectiveness of dispersant injection, Submitted to Marine Pollution Bulletin October 2012 .

DELVIGNE, G. A. L.; SWEENEY, C. E.. Natural dispersion of Oil. Oil & Chemical Pollution 4 (1988) 281-310.

ETKIN, D.S., FRENCH-MCCAY, D.; MICHEL, J. 2007. Review of the State-of-the-Art on Modeling Interactions between Spilled Oil and Shorelines for the Development of Algorithms for Oil Spill Risk Analysis Modeling. Available from BOEM Environmental Division, Branch of Environmental Sciences. OCS Study MMS 2007-063. 161 p.

FISCHER, H. B.; LIST, E. J.; KOH, R. C. Y.; IMBERGER, J.; BROOKS, N.,1979. Mixing in Inland and Coastal Waters., Academic Press, New York,1979

HOULT, D. P. Oil spreading on the sea. Annual Review of Fluid Mechanics, p. 341-367, 1972.

JOHANSEN, Ø. 2000. DeepBlow – A Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts. Spill Science & Technology Bulletin. Vol. 6, No. 2: 103 – 111.

JOHANSEN, Ø. and DURGUT, I. (2006). Implementation of the near-field module in theERMS model, Technical report, SINTEF.

JONG, K, 2004 A Comparison of Four Particle Models. A Comparison of DemWaq, DREAM, GNOME, and SIMPAR. Ministeriere Van Verkeer en Waterstraat.

LINDERSEN, P, J, B, 2013. Modelling of Subsurface Releases of Oil and Gas. Master´s Thesis. Norwegian University of Science and Technology. Department of Chemical Engineering. Trondheim, Norway.

MACKAY, D., I. BUIST, R. MASCARENHAS & S. PATERSON. 1980. Oil Spill Processes and Models. Environmental Protection Service. Canada. Report EE-8.

REED, M. 2001. Technical Description and Verification Tests of OSCAR 2000, a Multi-Component 3-Dimensional Oil Spill Contingency And Response Model. SINTEF Report. 52p.

REED, M., AAMO, O. M., DOWNING, K. (1996): Calibration and Testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of the 1996 Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, pp.689-726.

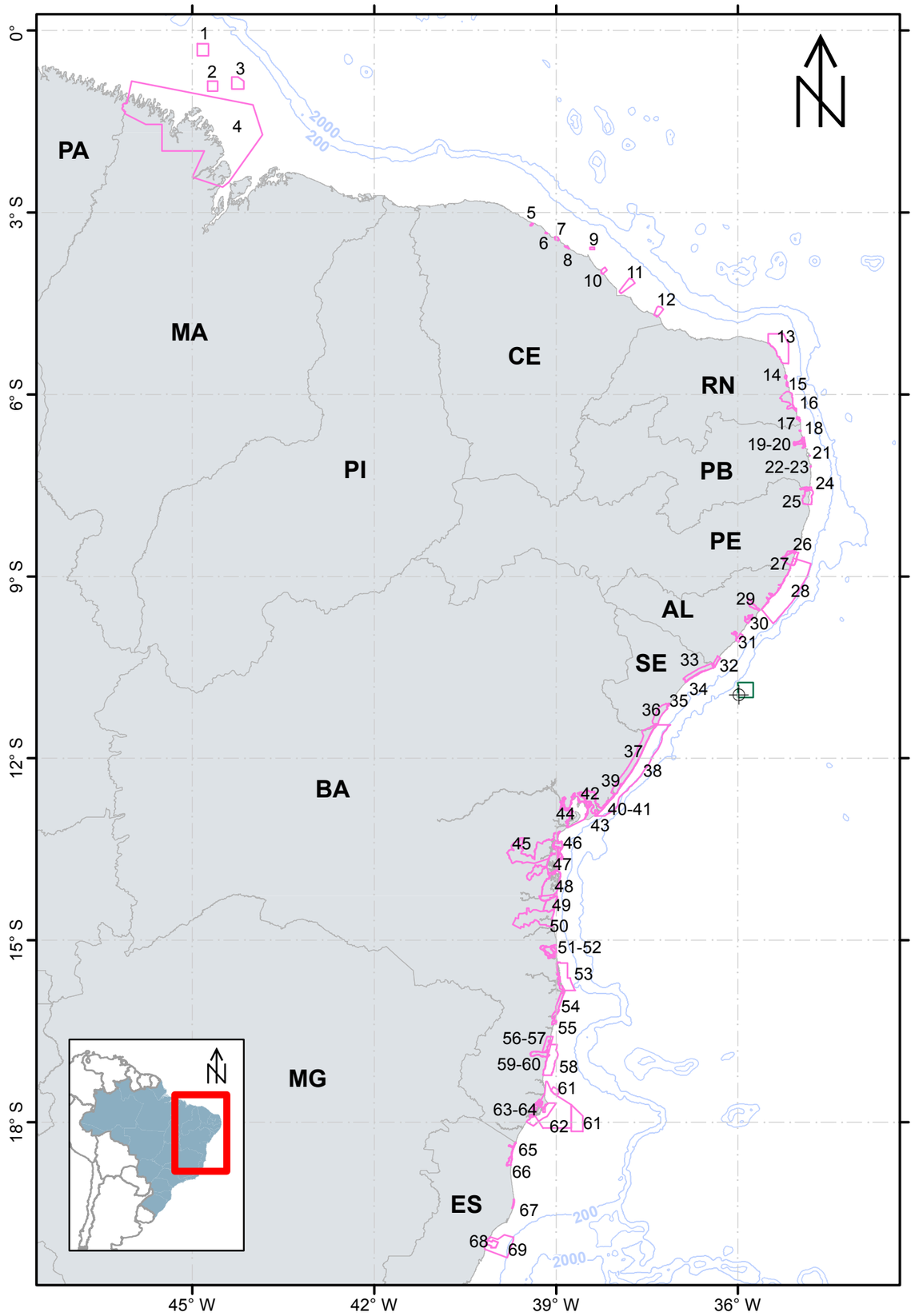
REED, M.; DALING, P.; LEWIS, A.; DITLEVSEN, M. K.; BRØRS, B.; CLARK, J.; AURAND, D. 2004. Modelling of dispersant application to oil spills in shallow coastal waters. Environmental Modelling & Software, v. 19, p. 681-690.

REED, M. 2000; SINGSAAS, I.; DALING, P.S; FAKNES, L; BRAKSTAD, O.G.; HETLAND, B. A.; HOKSTAD, J. 2000. Modeling the Water-Accommodated Fraction in OSCAR2000. In: 2001 International Oil Spill Conference. Computer Technology and Oil Spills. SINTEF Report. pp.1083-1091.

REED, M.; JOHANSEN, Ø.; BRANDVIK, P. J.; DALING, P.; LEWIS, A.; FIOCCO, R.; MACKAY, D.; PRENTKI, R. 1999. Oil Spill Modelling towards the Close of the 20th Century: Overview of the State of the Art. Spill Science and Technology Bulletin, 5 (1): pp 3-16.

SEBASTIÃO, P.; SOARES, C. G. 1995. Modeling the Fate of Oil Spills at Sea. Spill Science and Technology Bulletin, 2 (2): pp 121-131.

ANEXO IV - Mapa com Unidades de Conservação consideradas no estudo



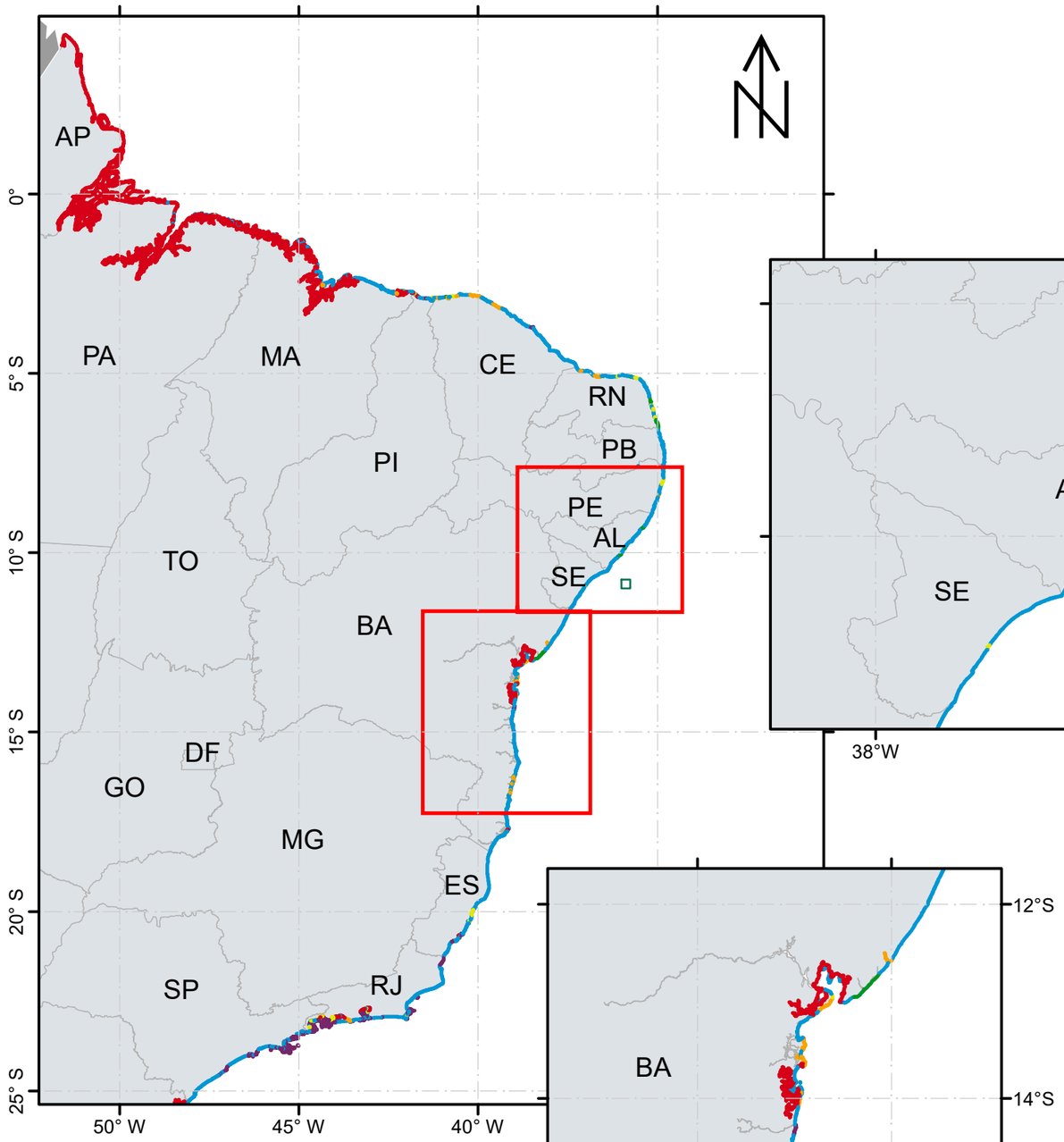
Legenda

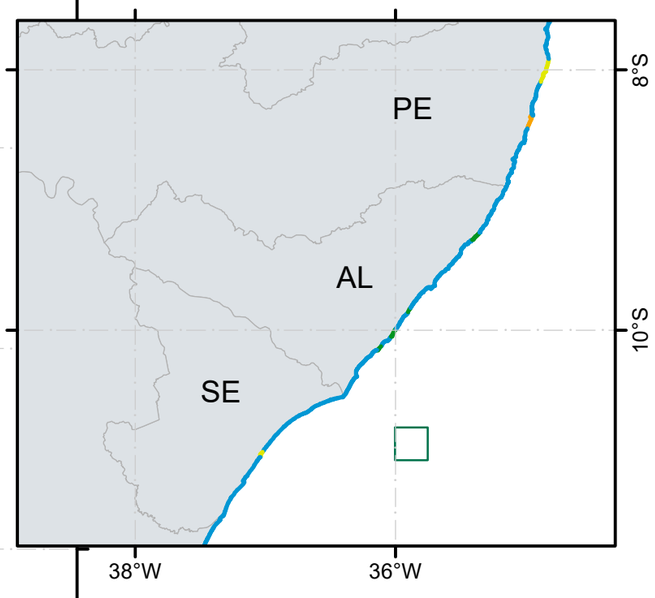
- Ponto de vazamento
- SEAL-M-351
- Unidades de Conservação

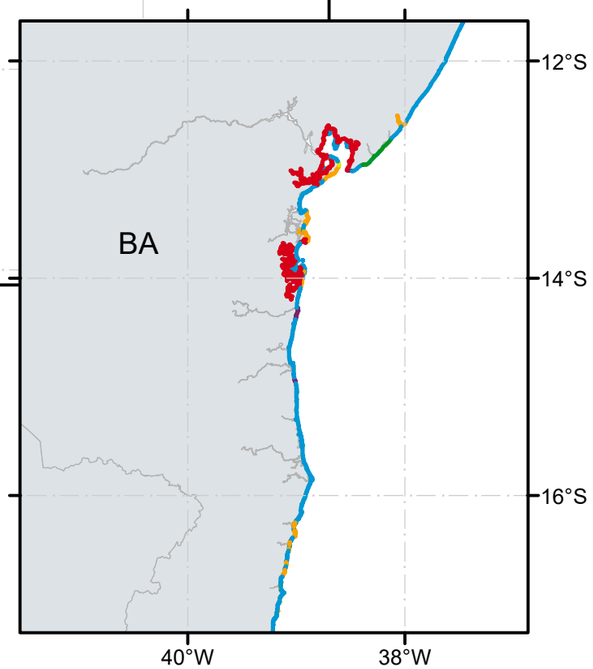
nº	Unidade de Conservação	nº	Unidade de Conservação
1	PE Marinho do Banco do Álvaro	36	APA do Litoral Sul
2	PE Marinho do Banco do Tarol	37	APA Litoral Norte do Estado da Bahia
3	PE Marinho do Parcel de Manuel Luís	38	APA Plataforma Continental do Litoral Norte
4	APA das Reentrâncias Maranhenses	39	RPPN Dunas de Santo Antônio
5	APA do Estuário do Rio Mundaú	40	APA Lagoas de Guarajuba
6	APA das Dunas da Lagoinha	41	APA Rio Capivara
7	APA das Dunas de Paracuru	42	APA Joanes - Ipitanga
8	ESEC Pecém	43	APA Lagoas e Dunas do Abaeté
9	PE Marinho da Pedra da Risca do Meio	44	APA Baía de Todos os Santos
10	RESEX do Batoque	45	APA Caminhos Ecológicos da Boa Esperança
11	RESEX Prainha do Canto Verde	46	APA Tinharé / Boipeba
12	APA do Manguezal da Barra Grande	47	APA Pratigi
13	APA dos Recifes de Corais	48	APA Baía de Camamu
14	APA de Jenipabu	49	APA Costa de Itacaré/Serra Grande
15	PE Dunas de Natal	50	APA Lagoa Encantada
16	APA Bonfim/Guaraíra	51	REBIO de Una
17	RPPN Mata Estrela	52	RVS de Una
18	ARIE da Barra do Rio Camaratuba	53	RESEX de Canavieiras
19	APA Barra do Rio Mamanguape	54	APA Santo Antônio
20	ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape	55	APA Coroa Vermelha
21	PE Marinho de Areia Vermelha	56	APA Caraíva/Trancoso
22	PE do Aratu	57	RVS do Rio dos Frades
23	PE do Jacarapé	58	RESEX Corumbau
24	RESEX Acaú-Goiana	59	PARNA do Monte Pascoal
25	APA de Santa Cruz	60	RPPN Carroula
26	APA de Sirinhaém	61	PARNA Marinho dos Abrolhos
27	APA de Guadalupe	62	APA Ponta da Baleia/Abrolhos
28	APA Costa dos Corais	63	RPPN Avaí
29	APA do Pratagy	64	RESEX de Cassurubá
30	APA de Santa Rita	65	PE de Itaúnas
31	RESEX Marinha da Lagoa do Jequiá	66	APA Conceição da Barra
32	APA de Piaçabuçu	67	ARIE do Degredo
33	APA Litoral Norte (Sergipe)	68	RVS de Santa Cruz
34	REBIO de Santa Isabel	69	APA Costa das Algas
35	APA da Foz do Rio Vaza-Barris		

EMPRESA: prooceano		CLIENTE: ExxonMobil	
EMPREENDIMENTO: ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO MARÍTIMA NO BLOCO SEAL-M-351		Número de Referência:	
PROJETO: Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo		ÁREA: BACIA SERGIPE - ALAGOAS	
TÍTULO: Unidades de Conservação que apresentaram probabilidade de presença de óleo na modelagem de dispersão de óleo na Bacia Sergipe - Alagoas.			
Sist. de Coord.: SIRGAS 2000	EXEC.: Livia Mariano / Flávia Pimentel	VERIF.: Henery Garção	APROV.: Marcelo Cabral
ESCALA: 1:9,000,000 (0 50 100 200 Km)	REV.: 00	DESC.: Emissão Original	FOLHA: 01
DATA: 20/02/2019	Ass:	N.° PROOCEANO_MO_2019	

ANEXO V - Mapa com Detalhamento de linha de costa utilizado para a definição da grade do modelo do OSCAR







Tipos de costa

- Costão rochoso
- Praia arenosa
- Recifes areníticos
- Estrutura artificial abrigada
- Planície de maré
- Manguezal / Barra de rio vegetada
- Ponto de vazamento
- Bloco SEAL-M-351

EMPRESA: prooceano		CLIENTE: ExxonMobil	
EMPREENDIMENTO: ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO MARÍTIMA NO BLOCO SEAL-M-351		Número de Referência:	
PROJETO: Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo		ÁREA: BACIA SERGIPE - ALAGOAS	
TÍTULO: Detalhamento da linha de costa considerada na modelagem de dispersão de óleo na Bacia Sergipe - Alagoas.			
Sist. de Coord.: SIRGAS 2000	EXEC.: Flávia Pimentel / Henery Garção / Livia Mariano	VERIF.: Marcelo Cabral	APROV.: Marcelo Cabral
ESCALA: 1:17.000.000 (0 100 200 400 Km)	REV.: 00	DESC.: Emissão Original	FOLHA: 01
DATA: 08/11/2019	Ass: MARCELO MONTENEGRO CABRAL:89031318434 — Assinado de forma digital por MARCELO MONTENEGRO CABRAL:89031318434 Dados: 2020.03.26 10:32:23 -03'00'	N.° PROOCEANO_MO_02_2019	

Relatório Técnico [rev.00]

Modelagem de Cascalho e Fluido de Perfuração

SEAL-M-428 | Bacia Sergipe-Alagoas

Preparado para: ExxonMobil

Preparado por: Ana Carolina Rochinha Boechat
Henery Ferreira Garção
Marcelo Montenegro Cabral

20 de março de 2020

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2020

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01
Data:
Descrição:
Responsável:
Empresa: Prooceano

Revisão nº 02
Data:
Descrição:
Responsável:
Empresa: Prooceano

Revisão nº 03
Data:
Descrição:
Responsável:
Empresa: Prooceano

Revisão nº 04
Data:
Descrição:
Responsável:
Empresa: Prooceano

Revisão nº 05
Data:
Descrição:
Responsável:
Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução **9**

2. Modelagem de Cascalho e Fluido de Perfuração **11**

2.1. Características do Descarte 11

2.2. Estratégias de Modelagem 14

2.2.1. Limiar de Monitoramento *14*

2.2.1.1. Pilhas de Deposição 14

2.2.1.2. Sólidos em Suspensão 14

2.2.2. Parâmetros das Simulações *16*

2.2.3. Descrição da Grade *19*

2.3. Resultados 21

2.3.1. Modo Probabilístico *21*

2.3.1.1. Período 1 (Novembro a Abril) 21

2.3.1.2. Período 2 (Maio a Outubro) 29

2.3.1.3. Resumo dos Resultados Probabilísticos 38

2.3.2. Modo Determinístico *39*

2.3.2.1. Pilhas de Deposição 42

2.3.2.2. Sólidos em Suspensão 43

2.3.2.3. Resumo dos Resultados Determinísticos 49

3. Conclusão **52**

Bibliografia **54**

Anexos **1**

Índice das imagens

Figura 1: Localização do poço exploratório considerado como ponto de descarte na modelagem em relação ao bloco SEAL-M-428 (em verde)..... 9

Figura 2: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença do constituinte (d) a partir de *n* casos determinísticos (a, b e c)..... 16

Figura 3: Número de simulações realizadas durante o ano de 2013 para o poço Chinook-2. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 10 dias respectivamente o tempo total de simulação, espaçadas a cada 4 dias. Em laranja, são apresentadas as 42 simulações determinísticas realizadas para o Período 1 e, em azul, as 44 simulações realizadas para o Período 2..... 18

Figura 4: Domínios das grades utilizadas nas modelagens. 20

Figura 5: Rosa de correntes em profundidade para o Período 1 (novembro a abril), para o poço Chinook-2..... 22

Figura 6: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções sem *riser* (I e II), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 23

Figura 7: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções com *riser* (III a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 24

Figura 8: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 25

Figura 9: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 26

Figura 10: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,1 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 27

Figura 11: Probabilidade de presença de espessuras acima de 1 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000..... 28

Figura 12: Probabilidade de presença de espessuras acima de 10 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000. 29

Figura 13: Rosa de correntes em profundidade para o Período 2 (maio a outubro), para o poço Chinook-2 30

Figura 14: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções sem *riser* (I e II), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 31

Figura 15: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções com *riser* (III a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 32

Figura 16: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 33

Figura 17: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 34

Figura 18: Probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 0,1 mm, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 35

Figura 19: Probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 1 mm, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 36

Figura 20: Probabilidade de presença de espessuras acima de 10 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000. 37

Figura 21: Rosa de correntes em profundidade para o cenário determinístico de espessura máxima (inserido no Período 1). 41

Figura 22: Rosa de correntes em profundidade para o cenário determinístico de distância máxima (inserido no Período 2). 41

Figura 23: Espessura no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000. 42

Figura 24: Espessura no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000. 43

Figura 25: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em profundidade resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000. 44

Figura 26: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em longitude resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000..... 45

Figura 27: Tempo de exposição do ambiente a concentrações de sólidos em suspensão acima de 5 ppm resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000..... 46

Figura 28: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em profundidade resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000. 47

Figura 29: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em longitude resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000..... 48

Figura 30: Tempo de exposição do ambiente a concentrações de sólidos em suspensão acima de 5 ppm resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000. 49

Índice das tabelas

Tabela 1: Coordenadas geográficas (*Datum* SIRGAS2000) do poço exploratório considerado como pontos de descarte na modelagem. 10

Tabela 2: Características principais dos projetos de perfuração do poço Chinook-2. 11

Tabela 3: Densidades para o cascalho e fluido de perfuração e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido de perfuração para o poço Chinook-2. 11

Tabela 4: Velocidade e tempo de deposição estimada para as classes de **cascalho das seções I e II** (seções sem *riser* e fluido base aquosa). 12

Tabela 5: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de **cascalho das seções III, IV e V** (seções com *riser* e fluido base sintética). 13

Tabela 6: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de **sólidos do fluido de perfuração das seções III, IV e V** (seções com *riser* e fluido base sintética). 13

Tabela 7: Passo de tempo e *output* dos resultados utilizados nas simulações, distintos para os resultados de deposição e suspensão. 18

Tabela 8: Resumo da apresentação dos resultados. 21

Tabela 9: Área impactada, distância máxima e espessura máxima das pilhas de deposição obtidas no modo probabilístico para o Período 1 e Período 2. 38

Tabela 10: Data inicial das simulações obtidas para os casos determinísticos selecionados. .. 40

Tabela 11: Resultados obtidos no modo determinístico, para as pilhas de deposição (espessura no fundo marinho) e para os sólidos em suspensão (concentração e tempo de exposição do ambiente a concentrações superiores a 5 ppm). 50

Equipe técnica

Nome: Ana Carolina Rochinha Boechat

Registro no Conselho de Classe: --

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 4961307

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: Ana Carolina Rochinha Boechat

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe: --

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: Henery Garção

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:

1. Introdução

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica do comportamento físico de cascalho e fluido de perfuração a serem descartados durante as atividades de perfuração na Bacia Sergipe-Alagoas, pela ExxonMobil. O poço Chinook-2, localizado no bloco SEAL-M-428, foi escolhido como referência por possuir a maior volumetria de cascalho e fluido de perfuração prevista de ser descartada.

A localização do ponto de descarte, referente ao poço Chinook-2, é apresentada na Figura 1 e as coordenadas geográficas na Tabela 1.

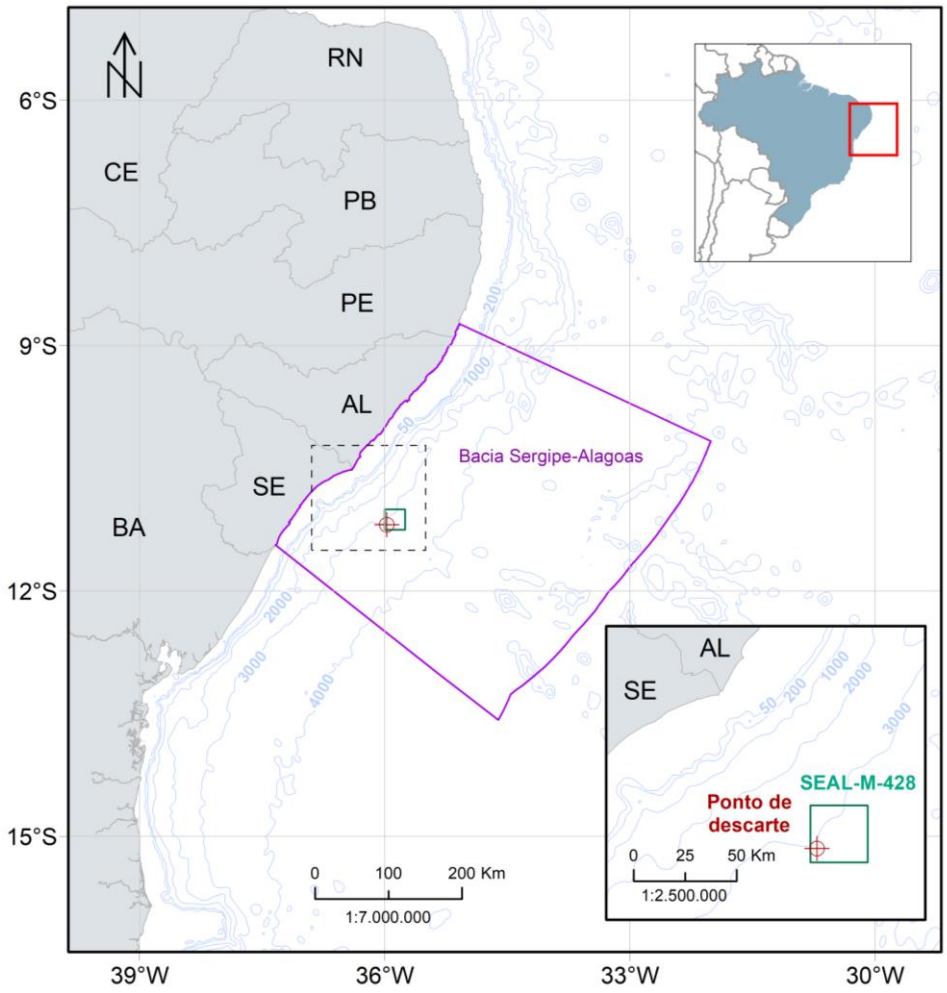


Figura 1: Localização do poço exploratório considerado como ponto de descarte na modelagem em relação ao bloco SEAL-M-428 (em verde).

Tabela 1: Coordenadas geográficas (*Datum* SIRGAS2000) do poço exploratório considerado como pontos de descarte na modelagem.

Latitude	Longitude	Profundidade local (m)
11°11'20.475" S	35°58'17.560" W	2.979

As simulações da dispersão de cascalho e fluido de perfuração no mar foram feitas com o **DREAM/ParTrack** (*Dose-Related Exposure Assessment Model*), modelo desenvolvido pela SINTEF (http://www.sintef.no/) (REED & HETLAND, 2002) para o cálculo do transporte de fluidos no mar. Dois tipos de simulações foram conduzidos neste estudo: probabilísticas e determinísticas.

Como forçantes meteoceanográficas foram utilizados os campos de correntes, temperatura e salinidade do mar da base hidrodinâmica desenvolvida pela PROOCEANO com o modelo **ROMS** (*Regional Ocean Modeling System*) (HAIDVOGEL *et al*., 2008). Foram também utilizados os campos de ventos provenientes do **NCEP R-2** (*National Centers for Environmental Prediction*) (KALNAY *et al.*, 1996), para manter coerência com os dados utilizados na modelagem hidrodinâmica.

A modelagem hidrodinâmica é descrita no relatório da Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo, realizado pela PROOCEANO para este mesmo processo de licenciamento.

2. Modelagem de Cascalho e Fluido de Perfuração

2.1. Características do Descarte

Os projetos de poço preveem a perfuração em cinco seções. Na primeira etapa da perfuração, referente às duas primeiras seções, não será utilizado *riser* e o descarte ocorre do fundo, sem presença de fluido aderido ao cascalho. Na segunda etapa, que abrange as seções III a V, o *riser* será instalado, com o descarte ocorrendo em superfície e presença de fluido aderido. Não há previsão de descarte de fluido excedente decorrente de nenhuma das seções informadas. As informações a respeito dos projetos de perfuração são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características principais dos projetos de perfuração do poço Chinook-2.

Características	I	II	III	IV	V
Diâmetro da seção com fator de alargamento (pol.)	45,04	30,03	23,59	17,69	13,14
Volume de cascalho descartado (m³)	102,79	365,48	146,94	158,64	108,43
Volume de fluido de perfuração (m³)	-	-	34,03	36,74	25,11
Tempo de descarte (h)	12,00	48,00	31,26	60,00	74,40
Vazão (m³/h)	8,57	7,61	5,79	3,26	1,79
Volume de fluido excedente (m³)	-	-	-	-	-
Tempo de descarte do fluido excedente (h)	-	-	-	-	-
Vazão do fluido excedente (m³/h)	-	-	-	-	-
Base do Fluido	água	água	sintético	sintético	sintético
Local de Descarte	fundo	fundo	superfície	superfície	superfície

Para as simulações de dispersão do material, além das informações sobre o projeto do poço, são também necessárias as densidades de cascalho e fluido de perfuração, e no caso dos fluidos especificamente, qual a fração de seus componentes líquidos e sólidos (Tabela 3).

Tabela 3: Densidades para o cascalho e fluido de perfuração e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido de perfuração para o poço Chinook-2.

Poço Chinook-2	I	II	III	IV	V
Densidade (kg/m³)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Fluido de Perfuração	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Densidade (kg/m³)	-	-	1.200	1.200	1.250
Fração dos sólidos no fluido	-	-	3,23%	3,23%	4,84%
Dens. dos sólidos no fluido (kg/m³)	-	-	4.200	4.200	4.200
Fração dos líquidos no fluido	-	-	96,8%	96,8%	95,2%
Dens. dos líquidos no fluido (kg/m³)	-	-	1.100	1.100	1.100

A distribuição granulométrica dos sólidos é intrínseca ao local, sendo dependente das condições da perfuração, características geológicas e formulação dos fluidos utilizados (BRANDSMA & SMITH, 1999). Na ausência de dados específicos para a locação dos poços, que só estarão disponíveis após a perfuração, recorreu-se a distribuições granulométricas amplamente utilizadas pela comunidade científica, como as sugeridas por Brandsma & Smith (1999).

Segundo os autores, essas distribuições foram obtidas a partir de experimentos e publicações no meio científico (*e.g.* DAMES & MOORE, 1978; O'REILLY *et al*., 1989; BRANDSMA, 1993), o que as confere um grande grau de confiabilidade, tendo sido empregadas inclusive no MAPEM (Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima), projeto desenvolvido por iniciativa dos Centros de Pesquisa das Universidades Federais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, em parceria com a Indústria Brasileira de Óleo e Gás, representada pelo IBP (TOLDO & AYUP- ZOUAIN, 2004).

Dependendo da base do fluido, aquosa ou sintética, há mudança também na sua distribuição granulométrica, uma vez que os componentes sólidos presentes nas bases aquosas são mais finos quando comparados aos componentes sólidos de bases sintéticas.

Conhecendo a profundidade na qual o efluente será descartado e a velocidade de queda de cada partícula, é possível avaliar o tempo de chegada das partículas ao assoalho oceânico. Essa estimativa, em uma aproximação linear, pode ser realizada pela divisão da distância a ser percorrida (profundidade) pela velocidade de queda de cada classe de grão. Maiores detalhes sobre como a velocidade e o tempo de queda das partículas sólidas é calculada pelo modelo são apresentados no ANEXO I.

O cálculo da velocidade e tempo de deposição das partículas foi realizado para o cascalho e para os sólidos do fluido de perfuração, apresentados a seguir da Tabela 4 à Tabela 6. Os cálculos que apresentaram valores equivalentes foram apresentados de forma integrada, na mesma tabela. As densidades especificadas são referentes somente à fração sólida (Tabela 3).

Tabela 4: Velocidade e tempo de deposição estimada para as classes de **cascalho das seções I e II** (seções sem *riser* e fluido base aquosa).

Classe	Diâmetro (µm)	Fração (%)	Densidade (kg/m³)	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (dias)
1	1.067 – 3.603	24%	2.500	2,56E-01	<1
2	635 – 1.067	19%	2.500	1,21E-01	<1
3	232 - 635	20%	2.500	5,75E-02	<1
4	117 - 232	12%	2.500	1,55E-02	<1
5	45 - 117	3%	2.500	4,53E-03	<1
6	14 - 45	6%	2.500	6,41E-04	<1
7	4 - 14	8%	2.500	6,12E-05	<1
8	1 - 4	8%	2.500	4,90E-06	2

Tabela 5: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de **cascalho das seções III, IV e V** (seções com *riser* e fluido base sintética).

Classe	Diâmetro (µm)	Fração (%)	Densidade (kg/m³)	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (dias)
1	23.561 – 33.942	16%	2.500	1,01E+00	<1
2	19.094 – 23.561	17%	2.500	8,76E-01	<1
3	15.098 – 19.094	17%	2.500	7,84E-01	<1
4	12.599 – 15.098	16%	2.500	7,06E-01	<1
5	10.309 – 12.599	13%	2.500	6,42E-01	<1
6	8.529 – 10.309	9%	2.500	5,82E-01	<1
7	6.923 – 8.529	6%	2.500	5,27E-01	<1
8	5.490 – 6.923	3%	2.500	4,73E-01	<1
9	4.229 – 5.490	2%	2.500	4,18E-01	<1
10	3.846 – 4.229	1%	2.500	3,82E-01	<1

Tabela 6: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de **sólidos do fluido de perfuração das seções III, IV e V** (seções com *riser* e fluido base sintética).

Classe	Diâmetro (µm)	Fração (%)	Densidade (kg/m³)	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (dias)
1	23561 - 33942	16%	4.200	1,49E+00	<1
2	19094 - 23561	17%	4.200	1,29E+00	<1
3	15098 - 19094	17%	4.200	1,15E+00	<1
4	12599 - 15098	16%	4.200	1,04E+00	<1
5	10309 - 12599	13%	4.200	9,42E-01	<1
6	8529 - 10309	9%	4.200	8,55E-01	<1
7	6923 - 8529	6%	4.200	7,74E-01	<1
8	5490 - 6923	3%	4.200	6,93E-01	<1
9	4229 - 5490	2%	4.200	6,13E-01	<1
10	3846 - 4229	1%	4.200	5,60E-01	<1

2.2. Estratégias de Modelagem

2.2.1. Limiar de Monitoramento

2.2.1.1. Pilhas de Deposição

O estudo de Kjeilen-Eilertsen *et al.* (2004) apresenta uma revisão bibliográfica (KRANZ, 1974; MAURER *et al*., 1981; BELLCHAMBERS & RICHARDSON, 1995; CHANDRASEKARA & FRID, 1998; HOLTHAUS *et al*., 2003) dos limites mínimos de espessura para os quais são identificados efeitos nocivos em diversos grupos e espécies de organismos bentônicos. São considerados quatro efeitos críticos para análise: mortalidade, redução do crescimento da espécie, redução do assentamento larval e mudanças na composição faunística.

Dos trabalhos analisados, o estudo de Holthaus *et al*. (2003) estima a espessura mínima para a qual o soterramento não seria considerado nocivo à comunidade bentônica com base na análise de curvas SSD (*Species Sensitivity Distribution*). Os valores obtidos são os seguintes:

- Para sedimentos exógenos (não-nativos): 0,96 cm;
- Para sedimentos endógenos (nativos): 0,65 cm.

Com base nessa análise, é ainda sugerido no estudo de Kjeilen-Eilertsen *et al*. (2004) que o limite em que já não são sentidos efeitos nocivos seja de 0,5 cm, podendo este ser utilizado como limiar para estudos de modelagem de cascalho e fluidos de perfuração.

Baseado nas referências bibliográficas apresentadas acima, percebe-se que o limiar de 0,1 cm (1 mm) seria conservador o suficiente para a representação e estimativa das pilhas de deposição formadas no assoalho marinho. Entretanto, de maneira geral, os Termos de Referência elaborados pela CGPEG/DILIC/IBAMA para modelagens de cascalho e fluido de perfuração, normalmente, exigem que as pilhas de deposição sejam monitoradas até o limiar de 0,01 mm. Dessa forma, visando atender ao que usualmente é solicitado, os resultados serão apresentados considerando o limiar de 0,01 mm, sendo sempre comparados com o que foi obtido para 1 mm.

2.2.1.2. Sólidos em Suspensão

Embora sedimentos, e seus efeitos na transparência da água e na turbidez, sejam componentes inerentes de sistemas aquáticos, é conhecido através da literatura científica que há um aumento do risco de sobrevivência e bem-estar de organismos aquáticos quando níveis de concentração de sólidos ultrapassam os níveis de *background.* A perspectiva sobre os

efeitos potenciais dos sedimentos nos sistemas aquáticos pode ser obtida em literaturas mundiais, como por exemplo, Birtwell (1999).

Em estuários e áreas costeiras, a concentração natural de partículas na água do mar – MPS (Material Particulado em Suspensão) - pode passar de 400 ppm. Em oceano aberto, as concentrações típicas são mais baixas, geralmente < 20 mg/L. Particularmente em sistemas aquáticos com concentrações naturais relativamente baixas de sedimentos em suspensão (< 10 mg/L), um aumento nas concentrações de MPS pode levar a mudanças ecológicas.

Buscando mapear os impactos potenciais de uma perspectiva mais conservadora, o limiar de 5 ppm para concentração de sólidos em suspensão foi utilizado nesse trabalho, baseado em padrões internacionais, como Smit *et al.* (2006) que revisou diversos estudos conduzidos para identificar o efeito do descarte de cascalho em organismos nectônicos.

De acordo com esses estudos, o limiar mais baixo no qual organismos estão sujeitos a mudanças significativas, em descartes com fluido de base aquosa, foi de 10 mg/L (~10 ppm). Embora esse limiar leve em conta resultados de descartes de fluidos de base aquosa, é importante notar que essa abordagem é viável, uma vez que esses fluidos são compostos também por sólidos e são os que permanecem por mais tempo em suspensão no ambiente. Além disso, para impactos relacionados ao aumento de partículas na coluna d'água, o DREAM opera com o CENO (Concentração de Efeito Não Observado*)* de 10 ppm para cascalho. Estes limites de efeitos são globais e foram derivados de curvas DSE (Distribuição de Sensibilidade de Espécies – do inglês SSD) (SMIT *et al*., 2006). Para tal, os limites de efeito incluem todos os tipos de organismos aquáticos incluindo microalgas, organismos filtradores e copépodes.

Valores de limiares em torno de 10 ppm para MPS em corpos d'água são muito comuns em regulamentações ambientais internacionais. Geralmente, os impactos ambientais devem ser julgados considerando o aumento de sedimentos em suspensão relacionados aos níveis de *background*. Como exemplo, o Conselho Canadense de Ministros Ambientais e Recursos (CCREM) forneceram diretrizes para sólidos totais em suspensão (BIRTWELL, 1999). Recomenda-se que os sólidos em suspensão não ultrapassem mais do que 10 mg/L (~10 ppm) do nível de *background*, quando este é menor que 100 mg/L. Sólidos em suspensão não devem exceder 10% das concentrações de background quando estas são maiores que 100 mg/L.

Uma vez que não há medidas *in situ* de sólidos em suspensão para definir os níveis de *background*, foi escolhido um limiar de monitoramento mais conservador, de **5 ppm**.

2.2.2. Parâmetros das Simulações

As simulações numéricas apresentadas neste estudo foram realizadas com o DREAM/ParTrack, modelo numérico descrito em detalhes no ANEXO I. Simulações nos modos probabilístico e determinístico foram realizadas para avaliar a dispersão do material descartado no meio.

Nesse contexto, a modelagem determinística consiste em estudar o comportamento do contaminante em um determinado cenário ambiental, apresentando instantâneos deste comportamento em tempos definidos pelo usuário. Cabe à simulação probabilística averiguar o comportamento da dispersão sob a influência de uma extensa combinação de cenários ambientais e determinar a probabilidade de presença do contaminante em cada região de domínio do modelo. A Figura 2 ilustra como que um resultado probabilístico (d) pode ser calculado a partir de *n* casos determinísticos (a, b e c).

Os resultados probabilísticos são de grande importância, pois ilustram tanto a abrangência da área passível de ser afetada pelo descarte de cascalho e fluido de perfuração, quanto as regiões com maior probabilidade de serem afetadas por tal descarte.

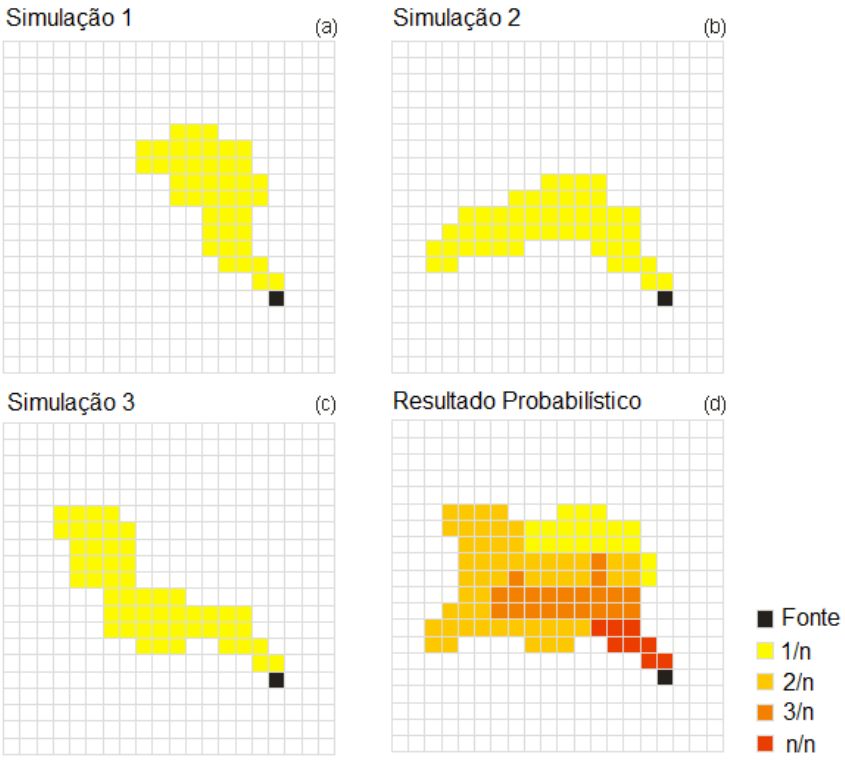


Figura 2: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença do constituinte (d) a partir de *n* casos determinísticos (a, b e c).

Mesmo com o advento dos modelos numéricos de simulação de cascalho e fluido de perfuração, todos ainda são limitados a simulações determinísticas, ao contrário dos modelos numéricos de dispersão de óleo, que apresentam análises em cenários probabilísticos. Dessa forma, foi proposta pela PROOCEANO, a aplicação de uma metodologia que consiste em simular um determinado número de casos determinísticos no DREAM/ParTRack e após a obtenção desses resultados, extrair qual seria a probabilidade de ocorrência do constituinte para cada ponto de grade.

A aplicação desta metodologia consome um maior tempo para processamento e pós-processamento dos dados, em comparação com os modelos probabilísticos de óleo. Esse tempo é variável e dependente da quantidade de cenários determinísticos simulados e do tempo de duração de cada descarte. A metodologia a ser empregada deve ser suficiente para captar a variabilidade ambiental e, ao mesmo tempo, ser viável – a preparação manual de um número muito alto de simulações determinísticas seria inviável.

Para este estudo, foi proposta a delimitação de 1 ano de análise, coincidente com os dados hidrodinâmicos utilizados, o qual foi dividido em dois cenários: o cenário denominado de **Período 1**, entre **novembro e abril**, e cenário denominado **Período 2**, entre **maio e outubro**. Esta separação sazonal foi a mesma aplicada pela PROOCEANO na modelagem de dispersão de óleo realizada para este mesmo processo de licenciamento. O intervalo entre o início de cada simulação foi de 4 dias, resultando em 42 simulações no Período 1 e 44 simulações no Período 2, no total de 86 simulações.

Para a estimativa do tempo de simulação, é necessário o conhecimento do tempo total gasto para o descarte de todo o material e, ainda, do tempo ao qual este material estará sujeito à deposição no ambiente (item 2.1 – Características do Descarte). O tempo de simulação deve ser suficiente para que a maior parte do material descartado seja depositada no assoalho oceânico. Estima-se que o tempo total de descarte de material, ou seja, a soma dos tempos previstos para o descarte de todas as seções, será de ~9 dias.

Em relação à análise do tempo de queda dos sólidos, é preciso cuidado especial com aqueles que demandam maiores períodos para deposição. Neste caso, somente uma classe granulométrica apresentou tempo de deposição superior a 1 dia, referente à seção com fluido de base aquosa, com uma granulometria extremamente fina (< 4 µm) e em uma baixa fração do material. Dessa forma, visando a melhor representação do descarte, estipulou-se um **tempo de simulação de 10 dias**, resultando em um acréscimo de 1 dia após o término do descarte. Este período é suficiente para o depósito de 100% de todo o material descartado.

A Figura 3 apresenta, de maneira esquemática, todas as simulações que foram realizadas para ambos os períodos sazonais. Nota-se que as simulações abrangem todo o ano de dados disponíveis (2013).

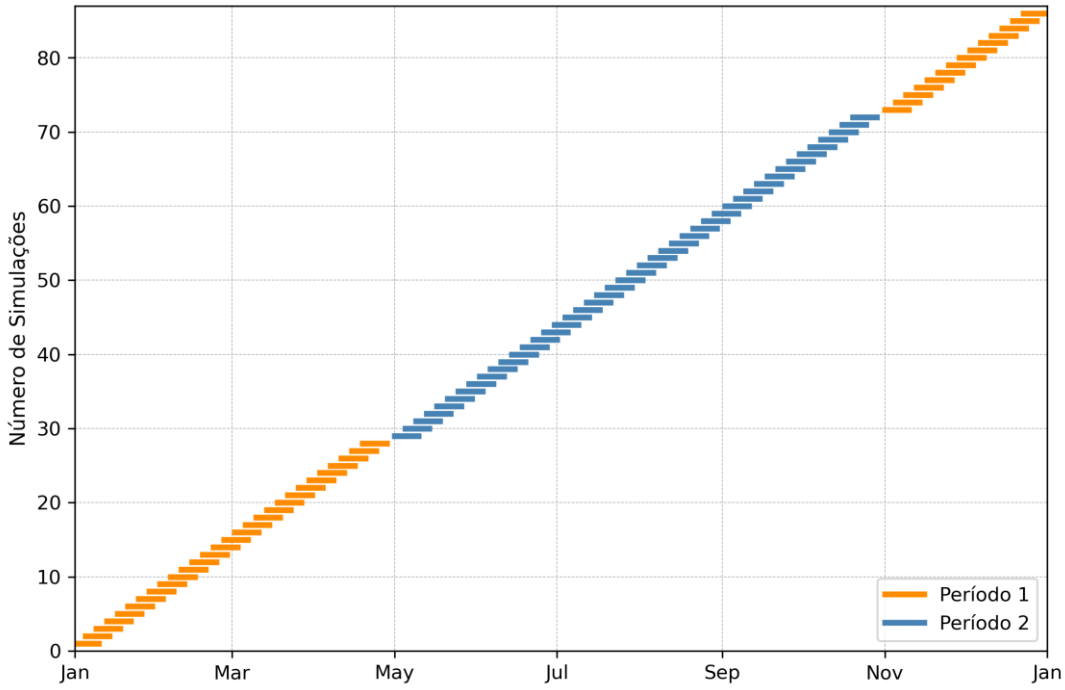


Figura 3: Número de simulações realizadas durante o ano de 2013 para o poço Chinook-2. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 10 dias respectivamente o tempo total de simulação, espaçadas a cada 4 dias. Em laranja, são apresentadas as 42 simulações determinísticas realizadas para o Período 1 e, em azul, as 44 simulações realizadas para o Período 2.

O maior impacto causado pelo descarte de cascalho e fluido de perfuração é o acúmulo de sólidos no fundo marinho. Os sólidos em suspensão na coluna d'água configuram um impacto efêmero, sendo rapidamente dispersado no ambiente após o término do descarte. Além disso, uma modelagem probabilística dos sólidos em suspensão demandaria o dobro das simulações determinísticas realizadas, já que essas demandam normalmente uma grade maior (item 2.2.3 - Descrição da Grade) e maior refinamento temporal (Tabela 7).

Tabela 7: Passo de tempo e *output* dos resultados utilizados nas simulações, distintos para os resultados de deposição e suspensão.

Resultados	Passo de Tempo	*Output* dos Resultados
Pilhas de Deposição	3 min	2 dias
Sólidos em Suspensão	5 min	15 min

Dessa forma, levando em conta a importância dos resultados a serem apresentados e a viabilidade do estudo, a apresentação da modelagem probabilística foi restrita às pilhas de deposição formadas no fundo marinho. As concentrações dos sólidos em suspensão na coluna d'água serão limitadas às apresentações dos resultados determinísticos.

Para a escolha dos cenários determinísticos a serem apresentados, foram considerados dois critérios: **espessura máxima** e **distância máxima da fonte**. Dessa forma, dentre todos os cenários determinísticos obtidos, tanto para o verão como para o inverno, foram escolhidos dois casos distintos, aquele em que foi obtido o valor máximo de espessura no fundo, e o que obteve a maior distância da fonte, considerando o limiar mais conservador (0,01 mm).

2.2.3. Descrição da Grade

Em estudos de modelagem, a relação entre a resolução da grade projetada e a escala do fenômeno estudado é vital na obtenção de bons resultados. Foram utilizadas duas grades neste estudo, uma para os resultados de espessura e outra para concentração.

Os limites da grade escolhida para as pilhas de deposição (espessura) são 36º02'W – 35º54'W e 11º15'S – 11º07'S, com uma matriz de 1000x1000 células na direção zonal e meridional e resolução horizontal de 15 m. Já, para os sólidos em suspensão (concentração), os limites da grade são 36°01'W – 35°56'W e 11°16S – 11°10'S, com uma matriz de 314x375 células e resolução horizontal de 30 m.

Para fins de modelagem, foi considerada uma profundidade uniforme em todo o domínio da grade, correspondente à profundidade da lâmina d'água local (2.979 m). Para a grade de sólidos em suspensão, foi considerada a resolução vertical máxima permitida pelo modelo, com 100 níveis verticais.

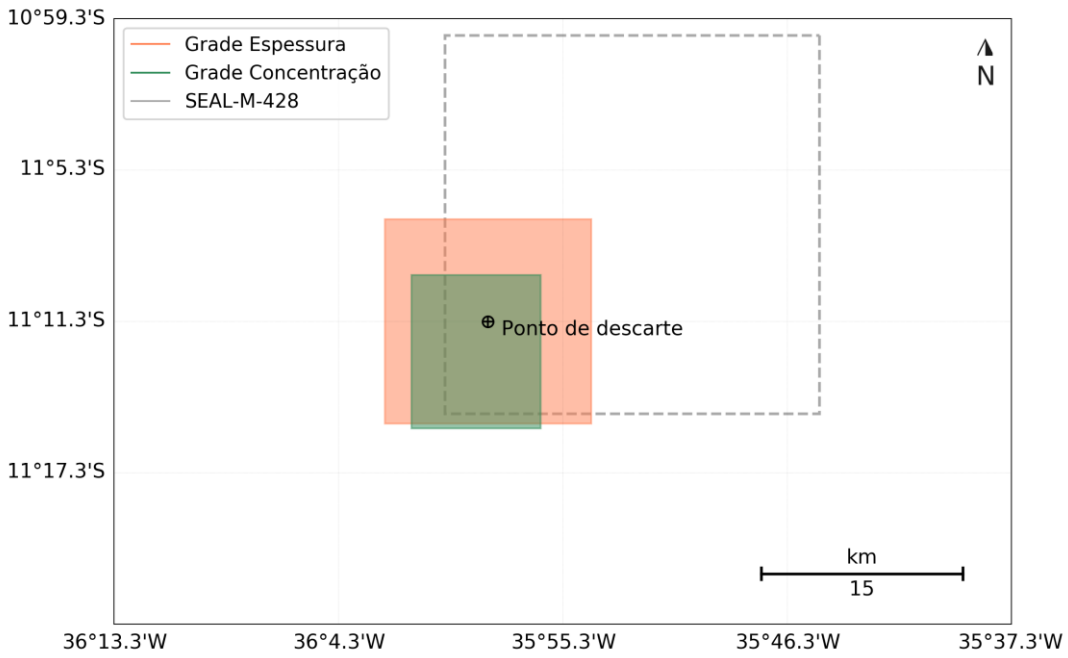


Figura 4: Domínios das grades utilizadas nas modelagens.

2.3. Resultados

A seguir, serão apresentados os principais resultados das simulações de dispersão de cascalho e fluido de perfuração para todos os diferentes cenários considerados, nos modos probabilístico e determinístico. A Tabela 8 apresenta um resumo da apresentação desses resultados.

Tabela 8: Resumo da apresentação dos resultados.

Modo	Tipo de Resultado	Cenário
Probabilístico	Pilhas de deposição	Período 1
		Período 2
Determinístico	Pilhas de deposição	Espessura máxima
		Distância máxima
	Sólidos em suspensão	Espessura máxima
		Distância máxima

2.3.1. Modo Probabilístico

Na abordagem probabilística são realizadas diversas simulações determinísticas, abrangendo diferentes cenários meteoceanográficos (correntes, ventos, temperatura e salinidade do mar). Os mapas probabilísticos apresentados a seguir são resultados de:

» **Espessura máxima** – para cada ponto de grade é extraído o valor máximo de espessura possível de ser obtido naquele ponto, decorrente do descarte das seções previstas em cada projeto de poço;

» **Probabilidade de presença** – indica o percentual de simulações determinísticas nas quais as espessuras no fundo marinho excederam determinado limiar.

Todos os resultados são apresentados com base nos limiares de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm.

2.3.1.1. Período 1 (Novembro a Abril)

A rosa de correntes em profundidade obtida para o Período 1 é apresentada na Figura 5.

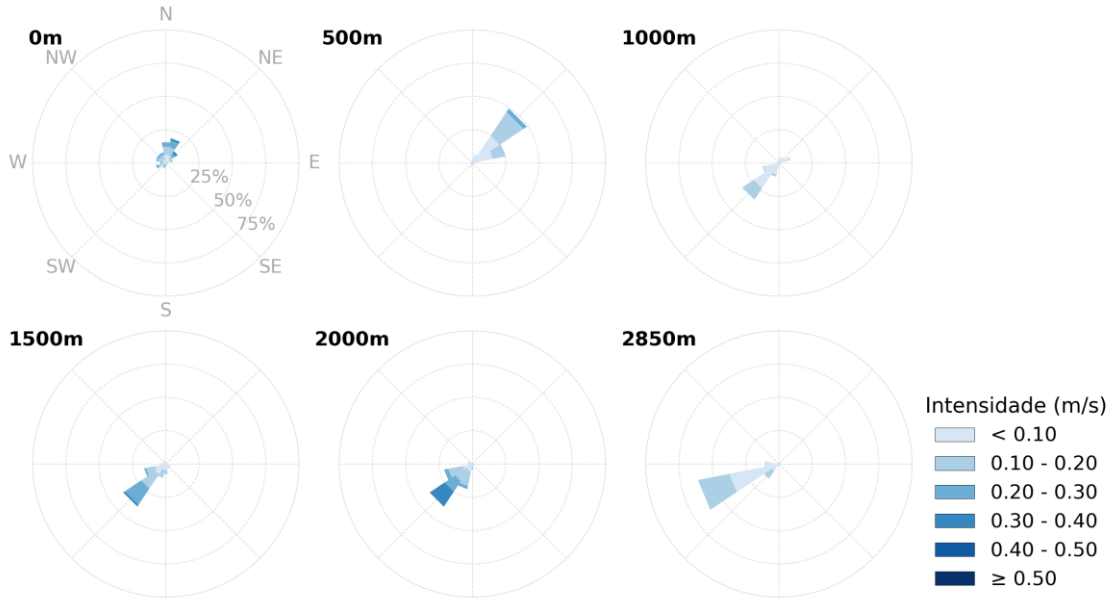


Figura 5: Rosa de correntes em profundidade para o Período 1 (novembro a abril), para o poço Chinook-2.

A Figura 6 e a Figura 7 apresentam, respectivamente, os mapas de espessura máxima obtidos a partir da integração das seções sem *riser* (fluidos base aquosa e descartes do fundo) e com *riser* (fluidos base sintética e descartes de superfície). Por sua vez, a Figura 8 apresenta a espessura máxima resultante da integração do descarte de todas as seções.

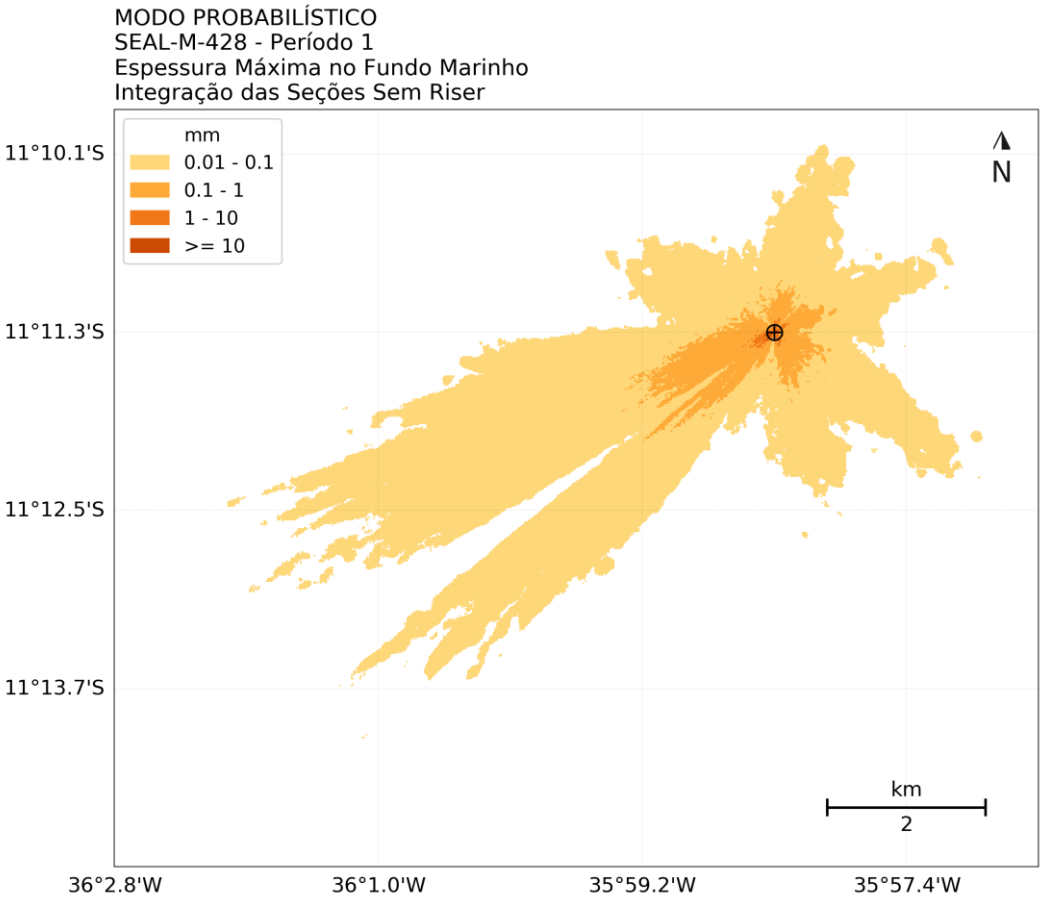


Figura 6: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções sem *riser* (I e II), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

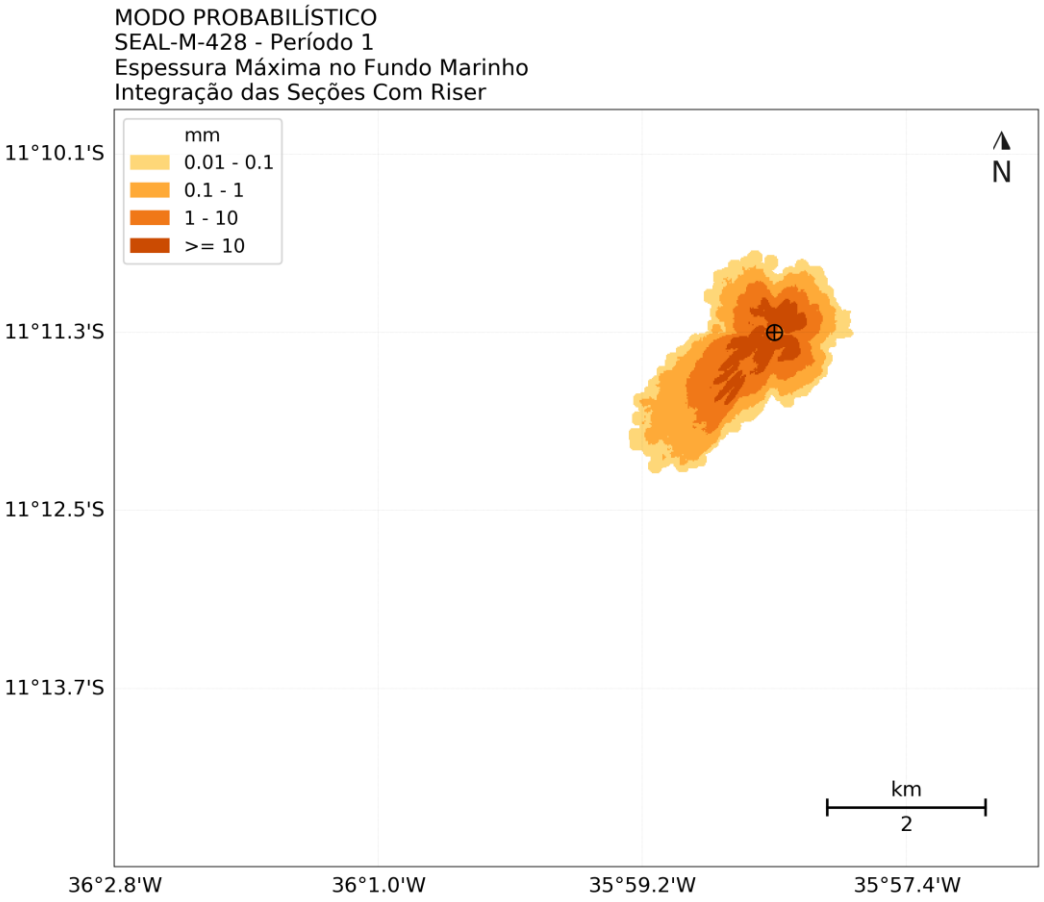


Figura 7: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções com *riser* (III a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

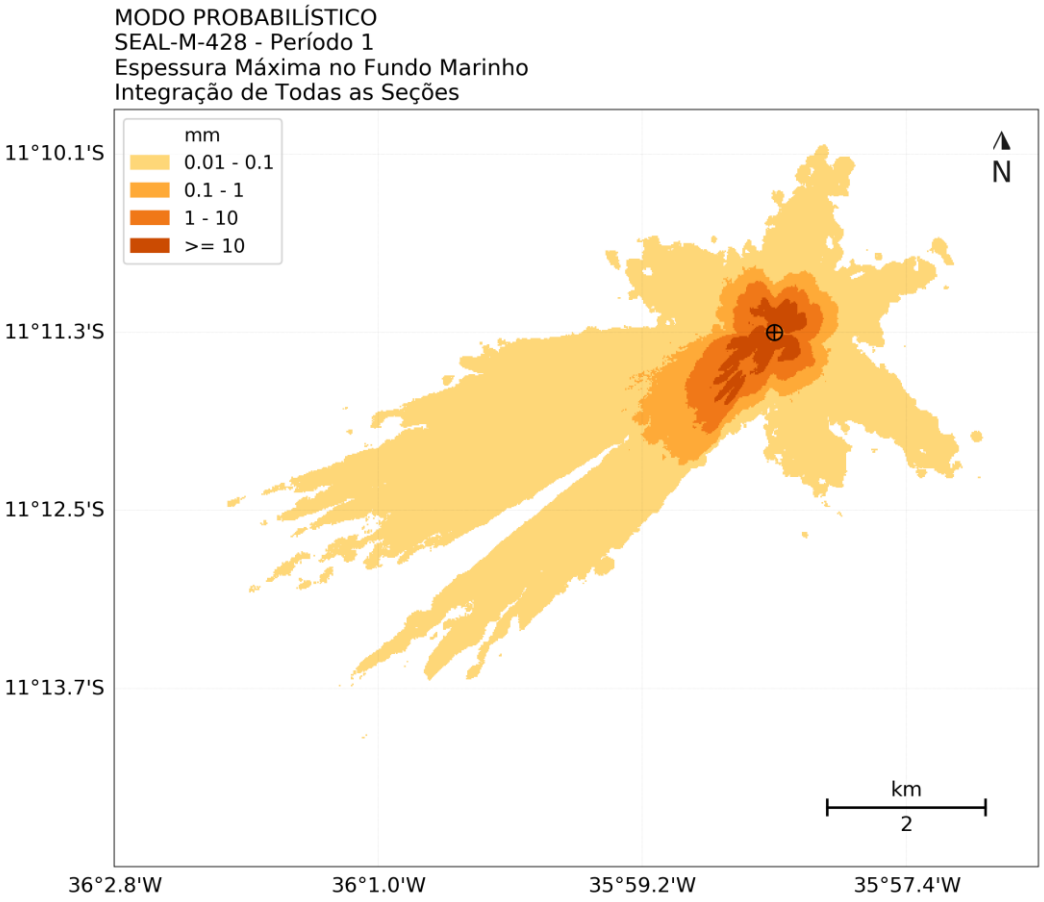


Figura 8: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

Da Figura 9 à Figura 12 são apresentados os mapas de probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm.

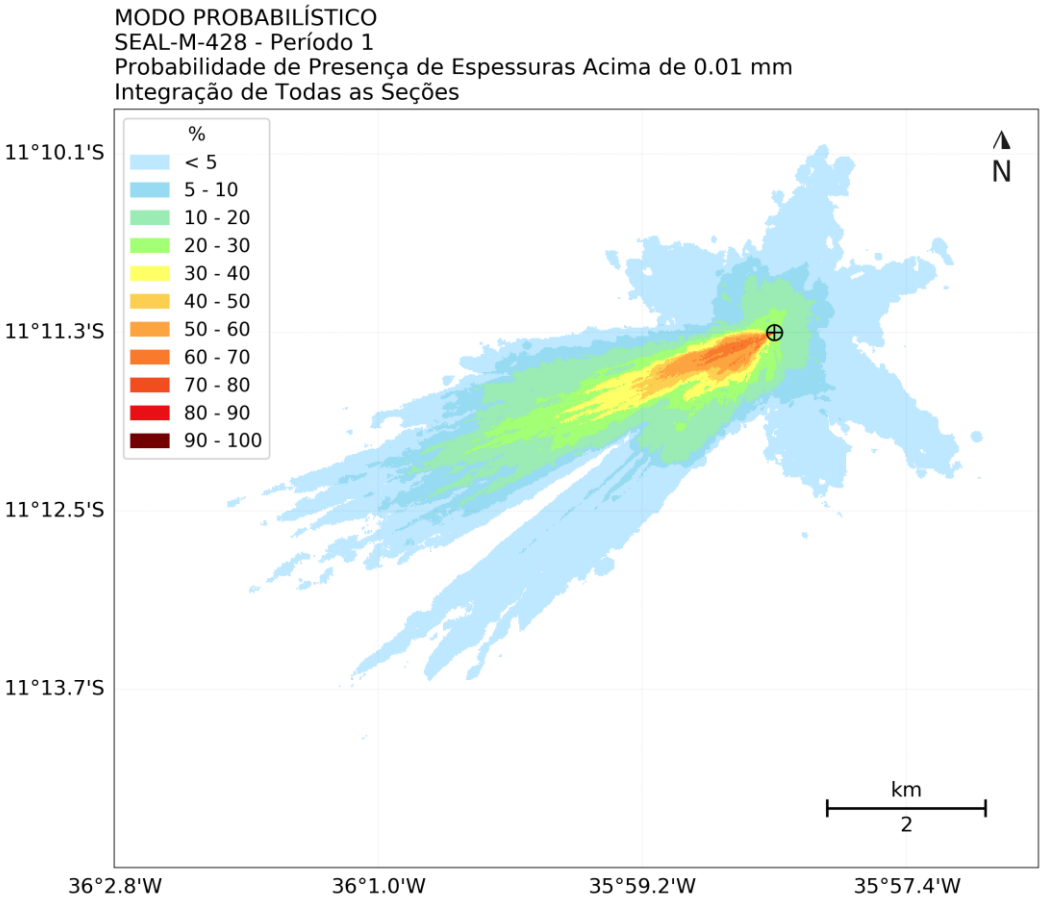


Figura 9: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

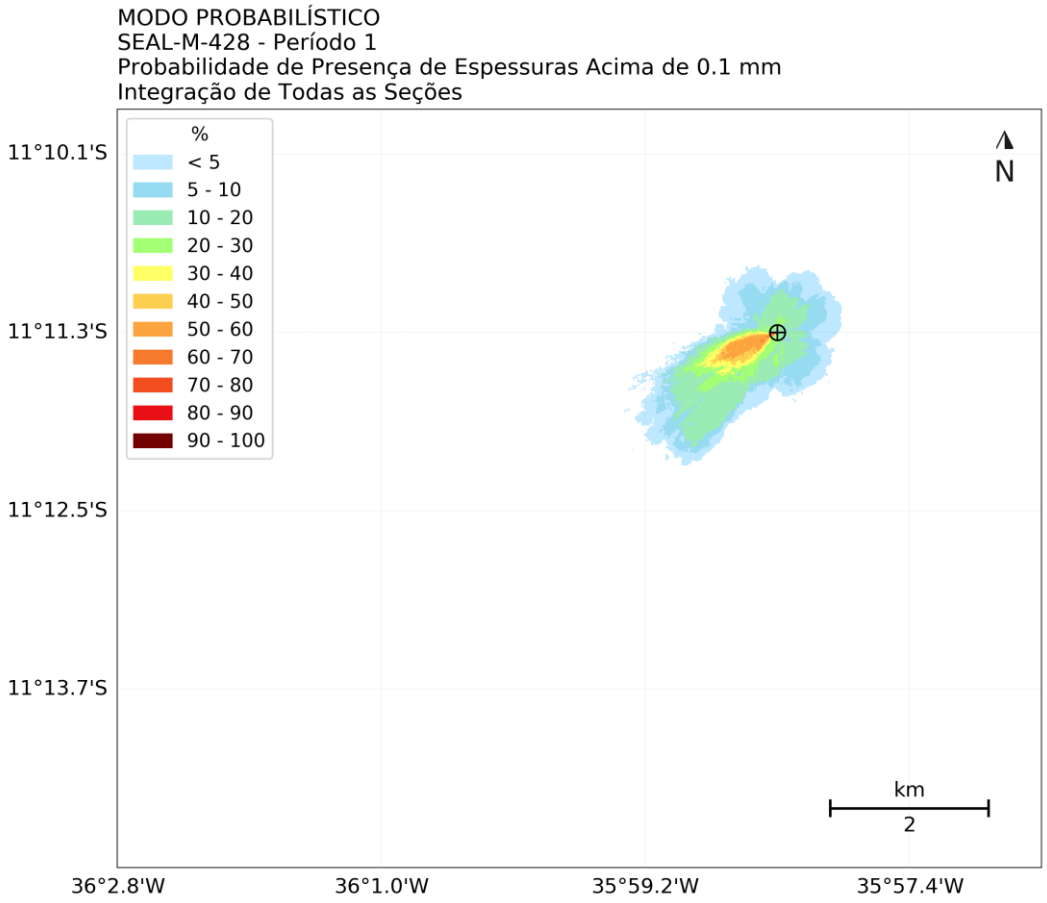


Figura 10: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,1 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

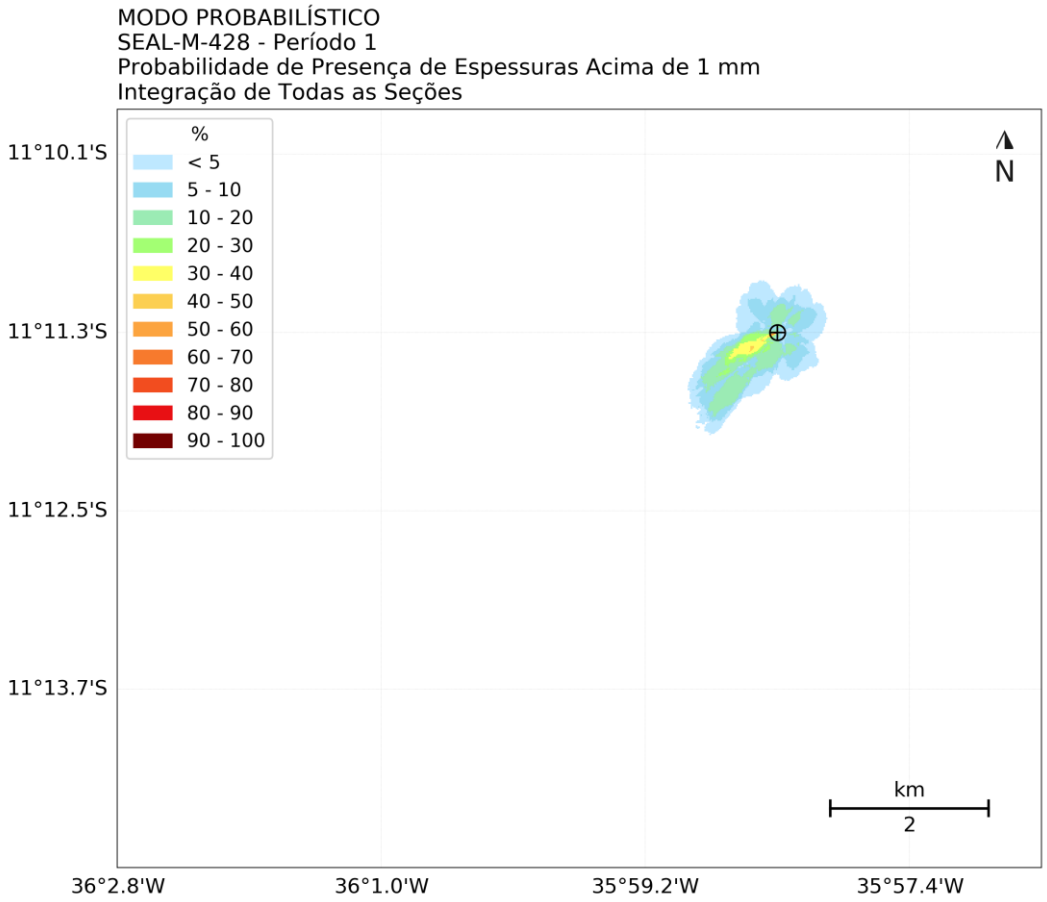


Figura 11: Probabilidade de presença de espessuras acima de 1 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

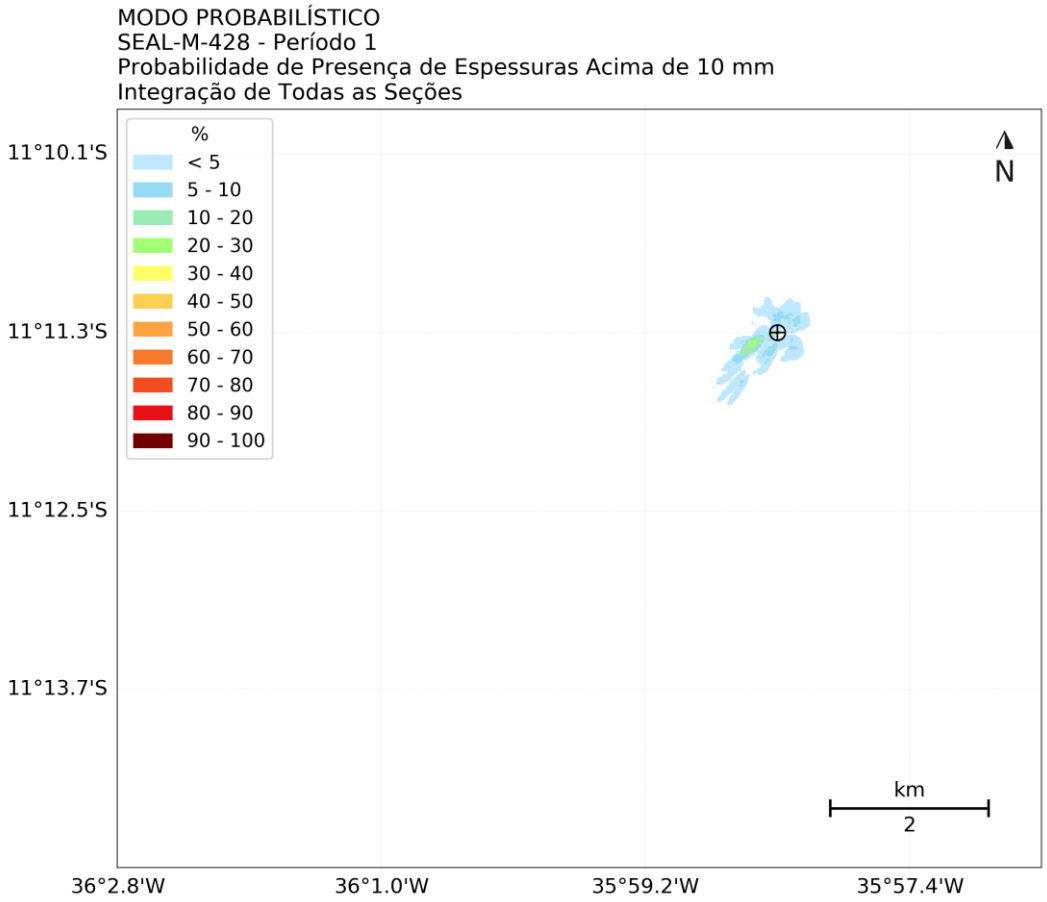


Figura 12: Probabilidade de presença de espessuras acima de 10 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 42 simulações determinísticas do Período 1 (novembro a abril). *Datum* SIRGAS2000.

2.3.1.2. Período 2 (Maio a Outubro)

A rosa de correntes em profundidade obtida para o Período 2 é apresentada na Figura 13.

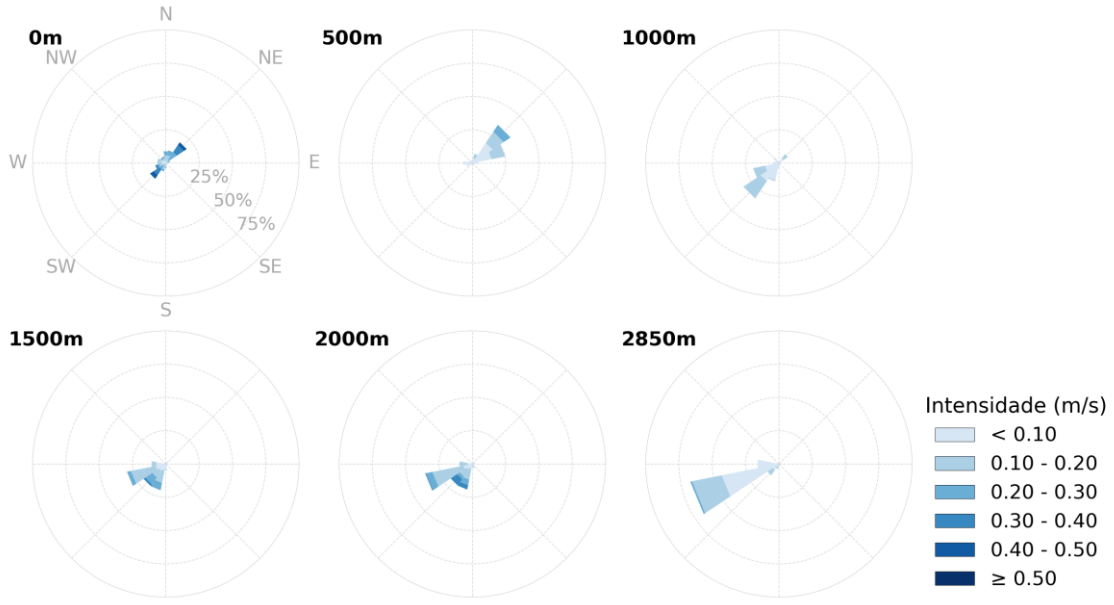


Figura 13: Rosa de correntes em profundidade para o Período 2 (maio a outubro), para o poço Chinook-2

A Figura 14 e a Figura 15 apresentam, respectivamente, os mapas de espessura máxima obtidos a partir da integração das seções sem *riser* (fluidos base aquosa e descartes do fundo) e com *riser* (fluidos base sintética e descartes de superfície). Por sua vez, a Figura 16 apresenta a espessura máxima resultante da integração do descarte de todas as seções.

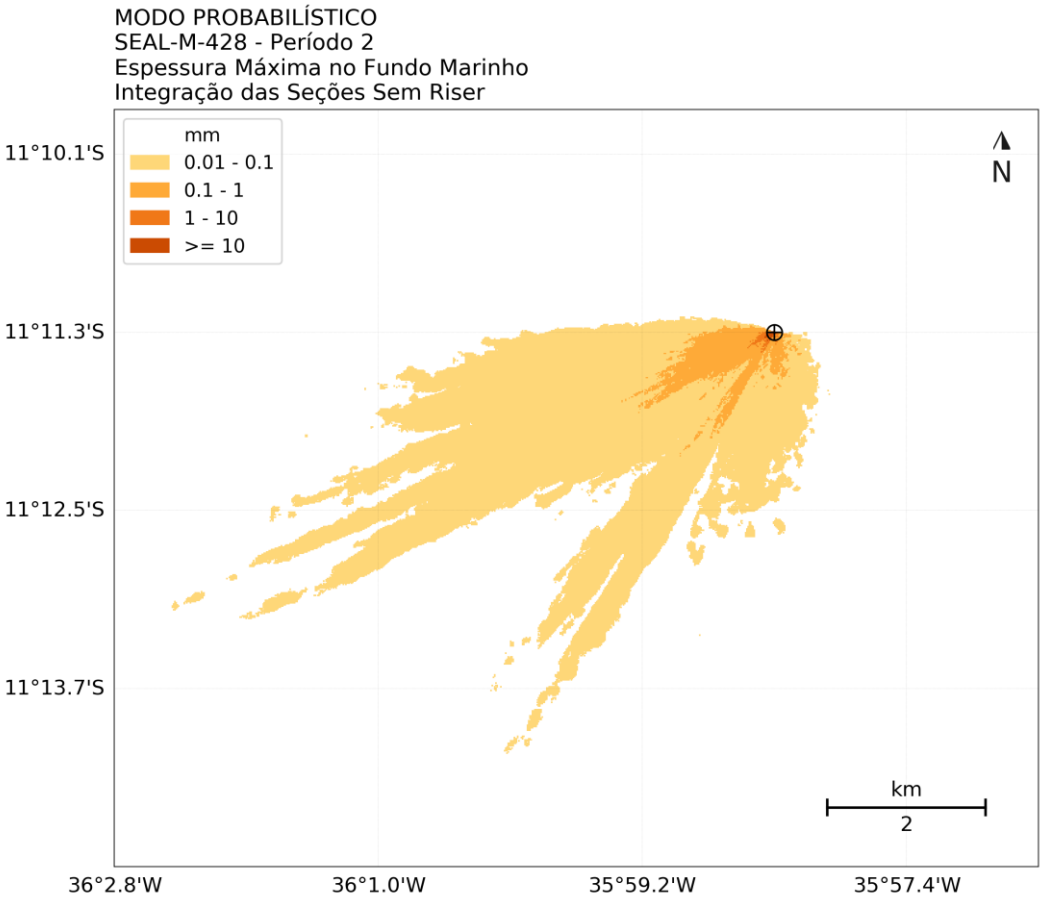


Figura 14: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções sem *riser* (I e II), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

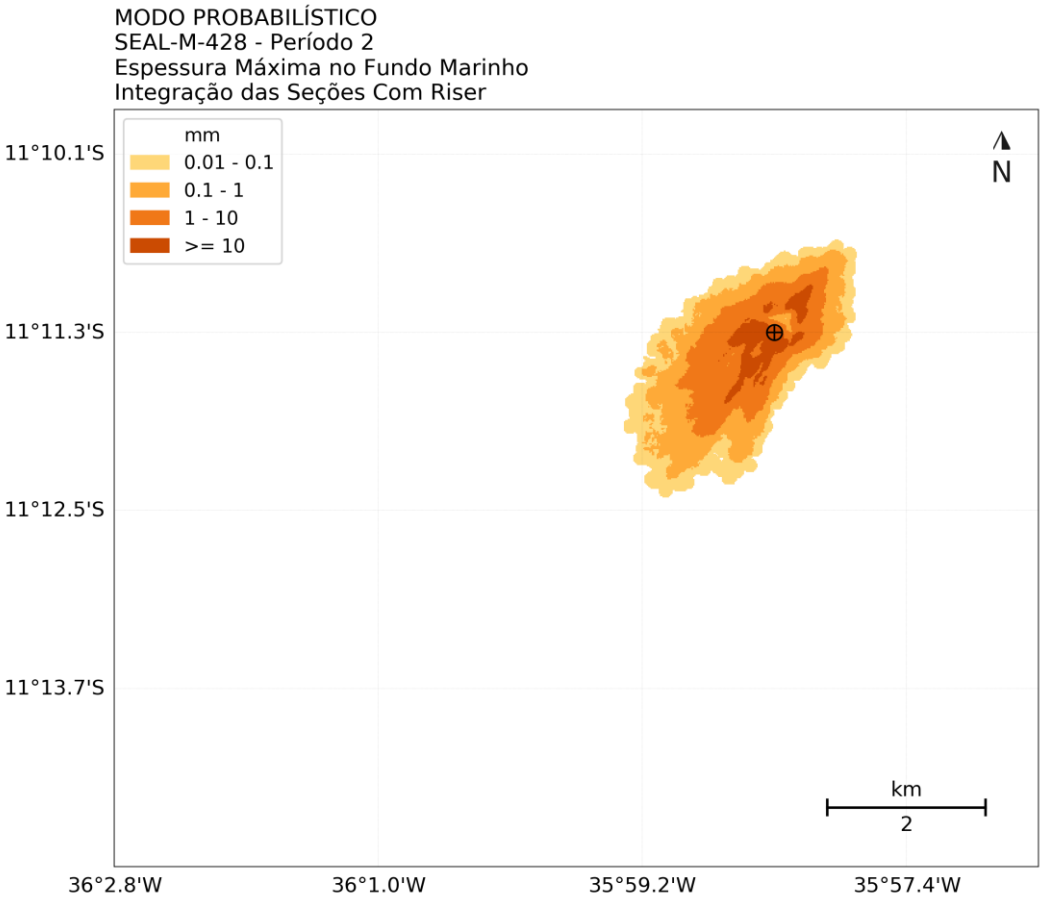


Figura 15: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração das seções com *riser* (III a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

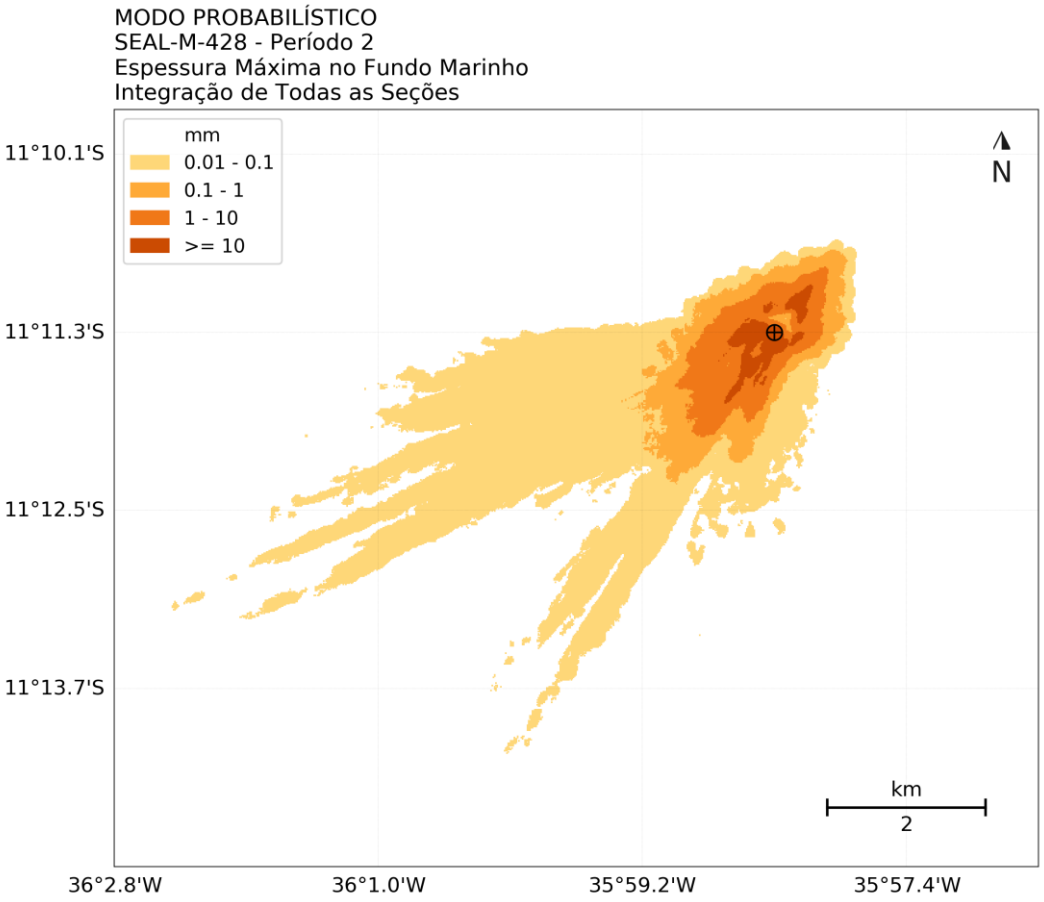


Figura 16: Espessura máxima no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

Da Figura 17 à Figura 20 são apresentados os mapas de probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm.

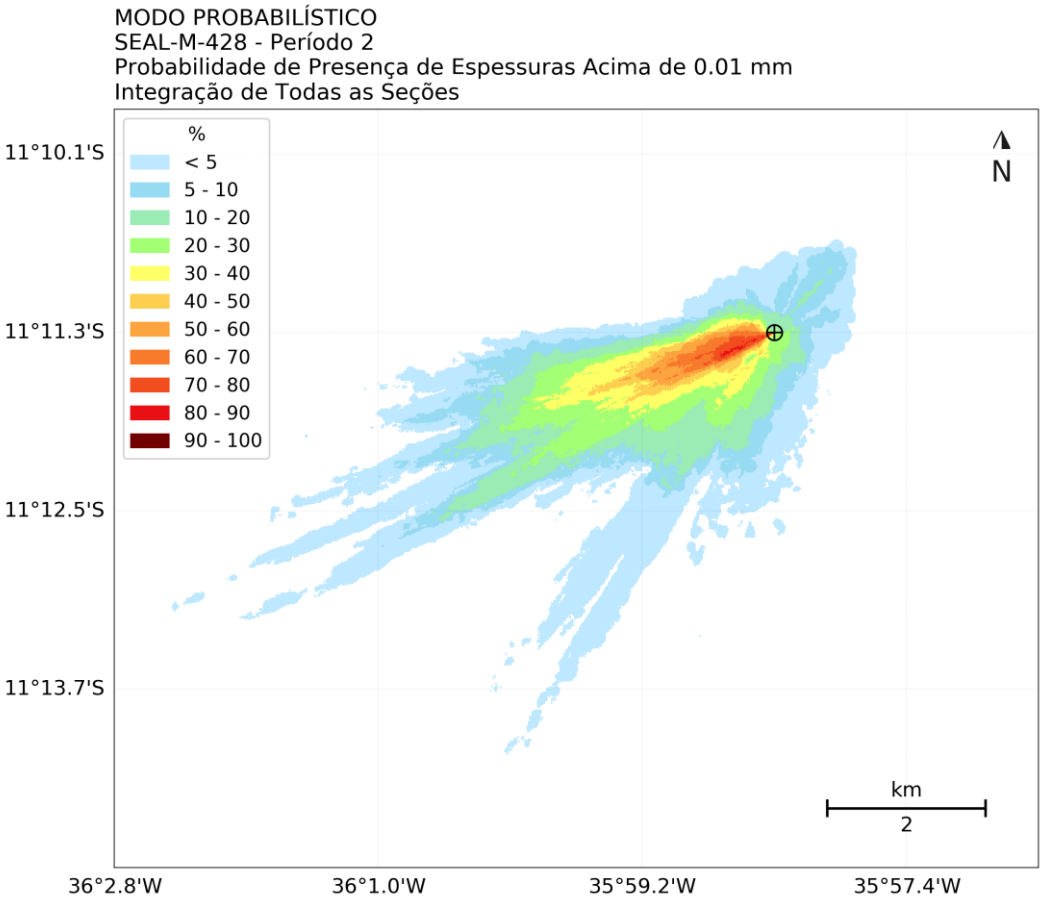


Figura 17: Probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

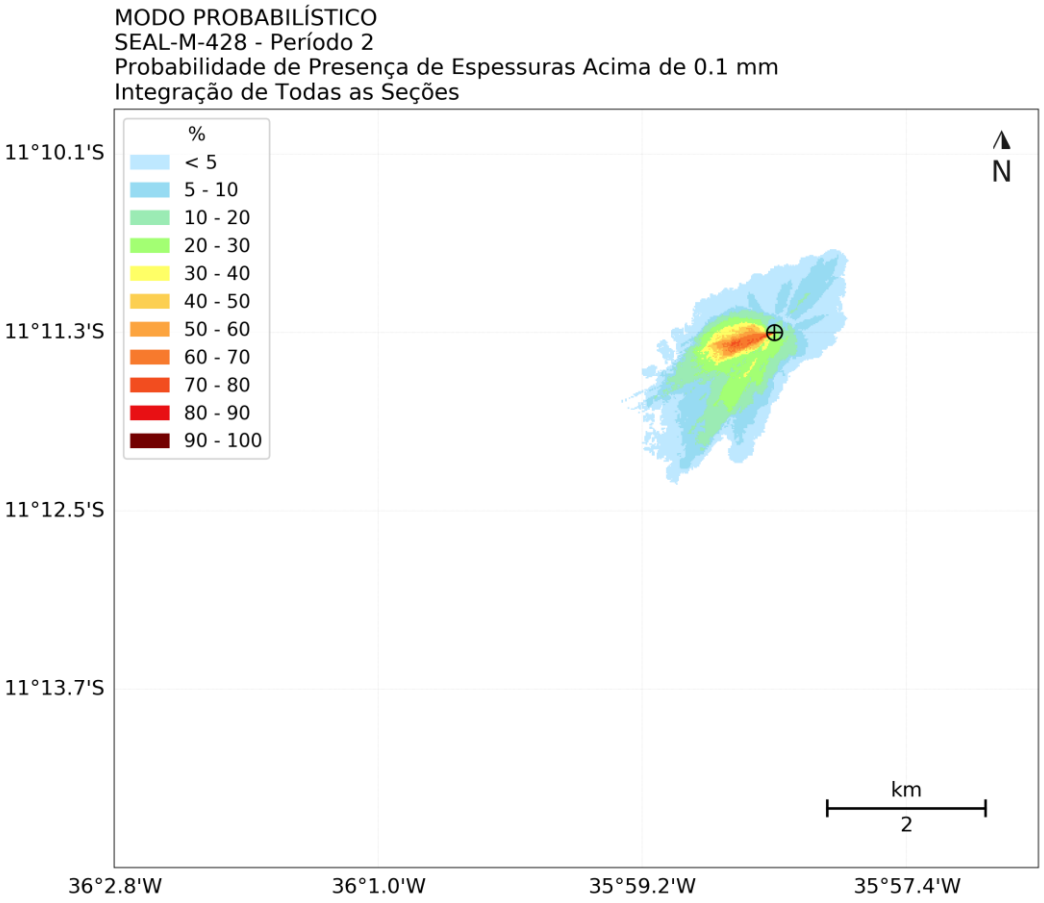


Figura 18: Probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 0,1 mm, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

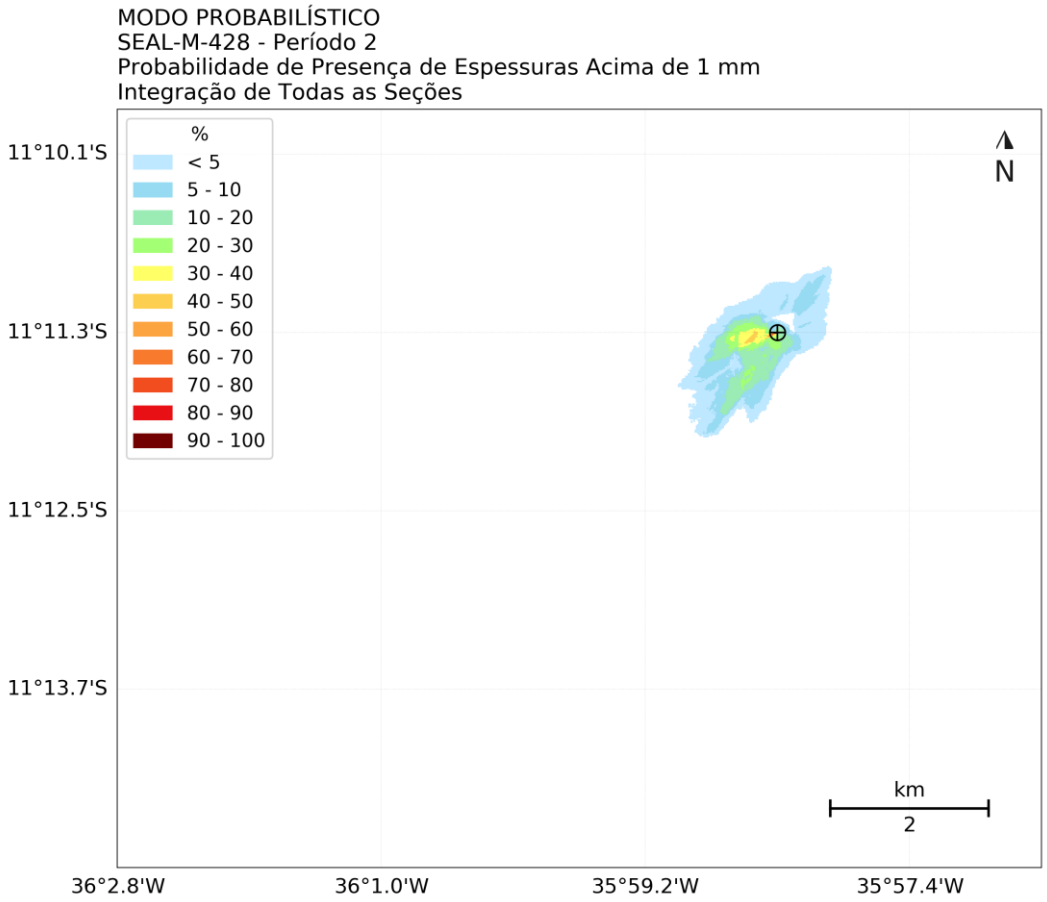


Figura 19: Probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho acima de 1 mm, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

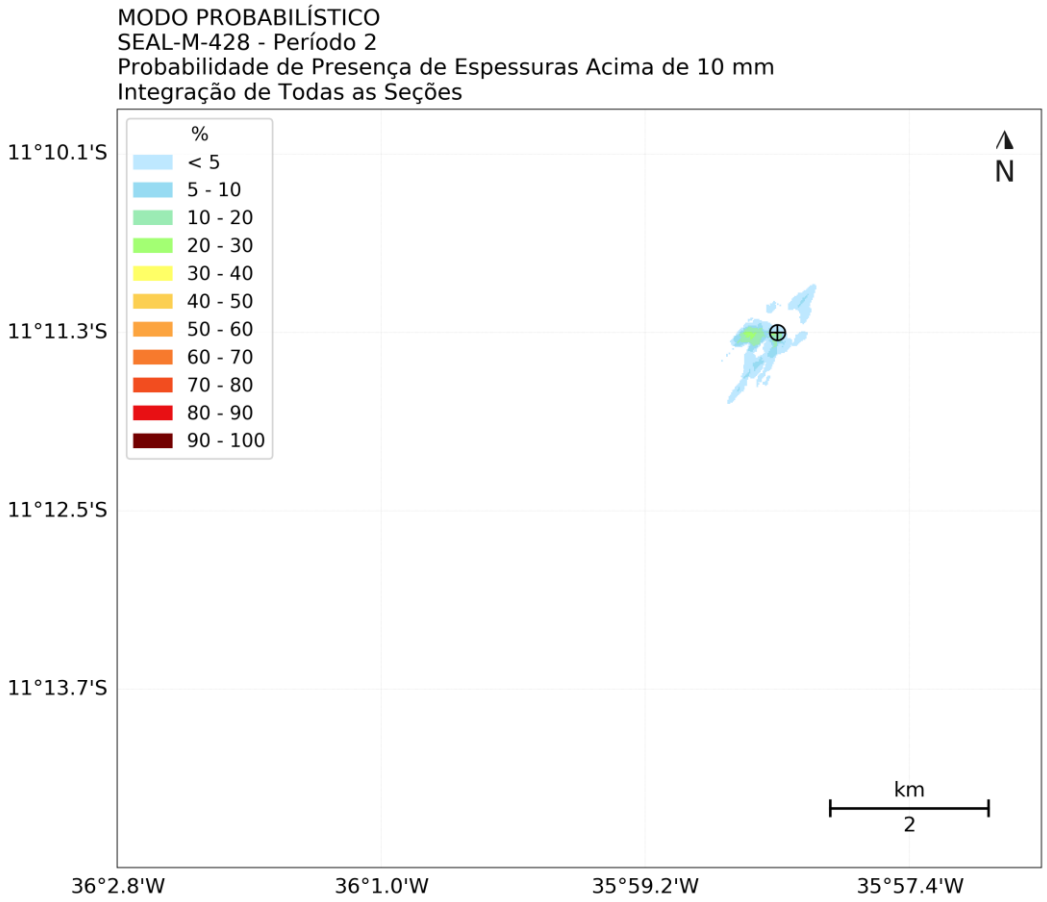


Figura 20: Probabilidade de presença de espessuras acima de 10 mm no fundo marinho, resultante da integração de todas as seções (I a V), considerando todas as 44 simulações determinísticas do Período 2 (maio a outubro). *Datum* SIRGAS2000.

2.3.1.3. Resumo dos Resultados Probabilísticos

Os principais resultados probabilísticos obtidos são expostos na Tabela 9.

Tabela 9: Área impactada, distância máxima e espessura máxima das pilhas de deposição obtidas no modo probabilístico para o Período 1 e Período 2.

PERÍODO 1						
Espessura (mm)	**Integração das seções sem *riser***		**Integração das seções com *riser***		**Integração de todas as seções**	
	Área (km²)	**Distância Máxima (km)**	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**
>= 0,01	19,63	7,25	4,10	2,30	19,74	7,25
>= 0,1	1,53	2,31	3,07	2,09	3,26	2,31
>= 1	0,06	0,41	1,67	1,54	1,68	1,54
>= 10	0,008	0,12	0,58	1,12	0,59	1,12
Espessura Máxima	3.288,40 mm		49,74 mm		3.288,40 mm	

PERÍODO 2						
Espessura (mm)	**Integração das seções sem *riser***		**Integração das seções com *riser***		**Integração de todas as seções**	
	Área (km²)	**Distância Máxima (km)**	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**
>= 0,01	13,39	8,20	5,36	2,46	15,25	8,20
>= 0,1	0,92	2,06	3,87	2,24	3,91	2,25
>= 1	0,04	0,36	2,04	1,59	2,04	1,59
>= 10	0,01	0,12	0,46	1,06	0,46	1,06
Espessura Máxima	3.281,74 mm		95,71 mm		3.282,94 mm	

Os resultados probabilísticos aqui apresentados mostram maior probabilidade de presença de espessuras no fundo marinho no sentido SW ao poço, em todos os resultados, indicando que as correntes de fundo – também preferenciais para SW – são as mais atuantes na dispersão do material. Menores probabilidades são também observadas nas outras direções, porém com menor probabilidade de ocorrência, resultantes tanto dos descartes das seções sem *riser* como das seções com *riser*. No caso das seções com *riser*, a predominância para outras direções é decorrente da influência das correntes superficiais. Esses resultados são corroborados analisando separadamente as integrações das seções sem *riser* (I e II) e com *riser* (III a V) apresentados.

As seções sem *riser* são responsáveis pelas maiores distâncias relativas aos poços e maiores áreas, quando se analisa espessuras acima de 0,01 mm. Para maiores espessuras, acima de 1 mm, as seções com *riser* passam a ter maior significância. Isso ocorre pois as seções sem *riser* são também compostas por fluidos de perfuração de base aquosa, com partículas sólidas mais

finas, enquanto as seções com *riser* são compostas por fluidos de base sintética, compostos por partículas mais grosseiras. Dessa forma, as seções com fluidos de base sintética são responsáveis por ocuparem áreas com maiores espessuras e mais próximas ao local de descarte, enquanto as seções com fluidos de base aquosa ocupam áreas com menores espessuras, mas capazes de alcançar maiores distâncias. Partículas finas são mais facilmente carreadas pelas correntes.

Em contrapartida, as seções sem *riser* são responsáveis pelo maior valor de espessura obtido, sendo este próximo ao poço, visto que essas seções, apesar de apresentarem predominantemente partículas mais finas, são descartadas próximas ao assoalho marinho e uma parcela do material é rapidamente depositado. Enquanto que o material descartado pelas seções com *riser* percorrem toda a coluna d'água até sua deposição, sendo influenciados pelas correntes atuantes em profundidade.

De maneira geral, o cenário do Período 2 foi responsável pelas maiores distâncias alcançadas, enquanto o Período 1, pelos maiores valores de espessura máxima encontrados. Além disso, este cenário apresentou maior espalhamento da pilha de deposição em diferentes direções, apresentando a maior área para concentrações acima de 0,01 mm. As maiores distâncias no Período 2 ocorrem, provavelmente, devido à presença de maiores intensidades de correntes (acima de 0,1 m/s) no fundo.

Conforme descrito no item 2.2.1.1 (Limiar de Monitoramento – Pilhas de Deposição), a comunidade bentônica está mais suscetível a impacto quando sujeita a espessuras acima de 1 mm. As espessuras acima de 1 mm são observadas até 1,54 km, ocupando uma área de 1,68 km², durante o Período 1. Já, para o Período 2, espessuras acima de 1 mm são observadas até 1,59 km, ocupando uma área de 2,04 km². Espessuras acima de 10 mm são observadas até 1,12 km (área de 0,59 km²), no Período 1, e até 1,06 km (área de 0,46 km²), no Período 2. Durante o Período 1, a espessura máxima obtida foi de 3.288,40 mm, enquanto no Período 2, de 3.282,94 mm.

2.3.2. Modo Determinístico

Para complementar os resultados probabilísticos já apresentados, foram selecionados os cenários determinísticos que refletiram os piores cenários possíveis em relação à espessura máxima dos depósitos no fundo marinho e à distância máxima da fonte dos depósitos no fundo, independente do cenário (Período 1 e Período 2).

A Tabela 10 apresenta a data inicial das simulações selecionadas para cada um desses casos determinísticos. O caso determinístico de espessura máxima ocorreu no Período 1 e o de distância máxima, no Período 2.

Tabela 10: Data inicial das simulações obtidas para os casos determinísticos selecionados.

Cenário Determinístico	Início da Simulação
Espessura Máxima	22-Mar-2013
Distância Máxima	28-Jul-2013

Os resultados do modo determinístico serão apresentados com enfoque nos impactos que o material descartado pode causar no fundo oceânico (pilhas de deposição) e na coluna d'água (sólidos em suspensão).

O impacto do material descartado na coluna d'água será apresentado através da concentração máxima de sólidos que permanece em suspensão durante e após o descarte. Os resultados serão apresentados considerando todos os descartes realizados. O limiar monitorado foi de 5 ppm, como explicado no item 2.2.1.2 (Limiar de Monitoramento – Sólidos em Suspensão).

Com o objetivo de determinar a área de influência da pluma de sólidos em suspensão, foi extraída a concentração máxima que a pluma pode obter para cada ponto de grade, analisando todos os tempos de simulação. Ou seja, para cada passo de tempo da simulação, registrou-se o valor máximo de concentração em cada ponto de grade, e ao final de todo o período, extraiu-se a máxima de todas as máximas obtidas.

As simulações realizadas não consideraram intervalos entre o descarte de uma seção e outra, o que torna o resultado obtido mais conservador, pois leva em consideração alguma possível sobreposição de plumas em uma mesma simulação.

Na Figura 21 e na Figura 22 são apresentadas as rosas de correntes em profundidade obtidas para o cenário determinístico de espessura máxima e distância máxima.

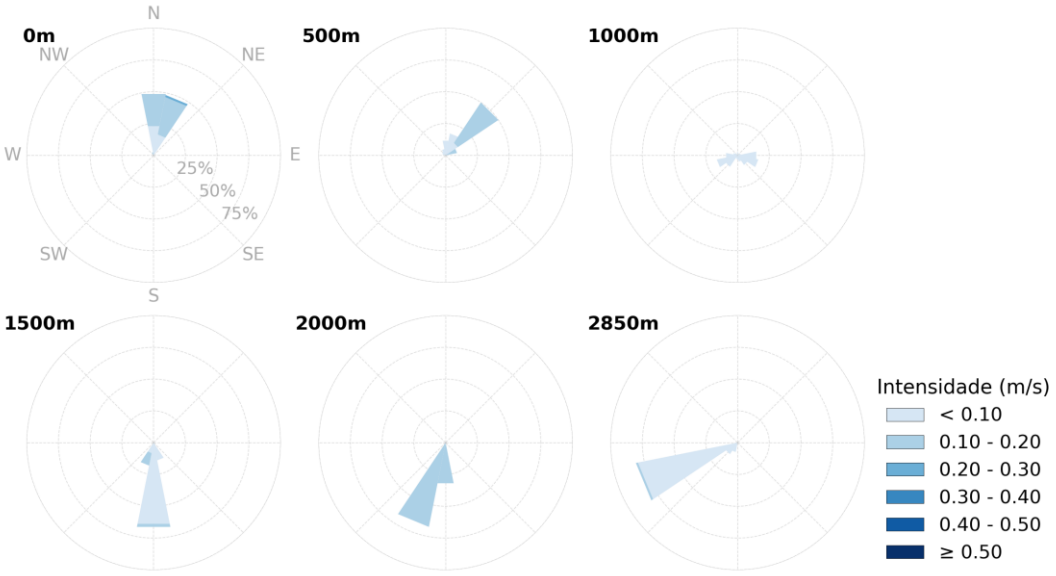


Figura 21: Rosa de correntes em profundidade para o cenário determinístico de espessura máxima (inserido no Período 1).

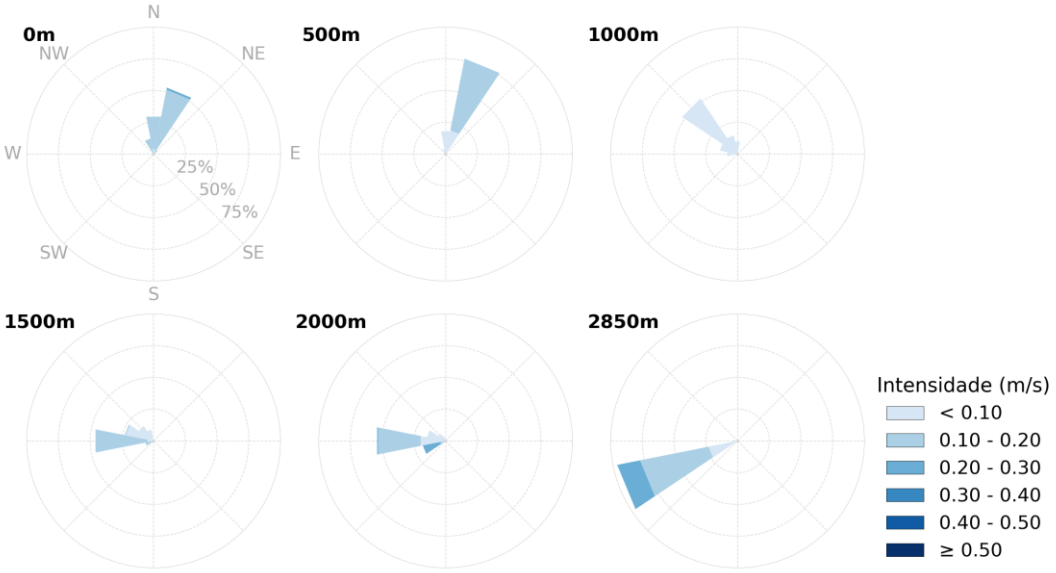


Figura 22: Rosa de correntes em profundidade para o cenário determinístico de distância máxima (inserido no Período 2).

2.3.2.1. Pilhas de Deposição

A Figura 23 e a Figura 24 apresentam os mapas de espessura obtidos pela integração de todas as seções descartadas, respectivamente, para o cenário determinístico de espessura máxima e distância máxima.

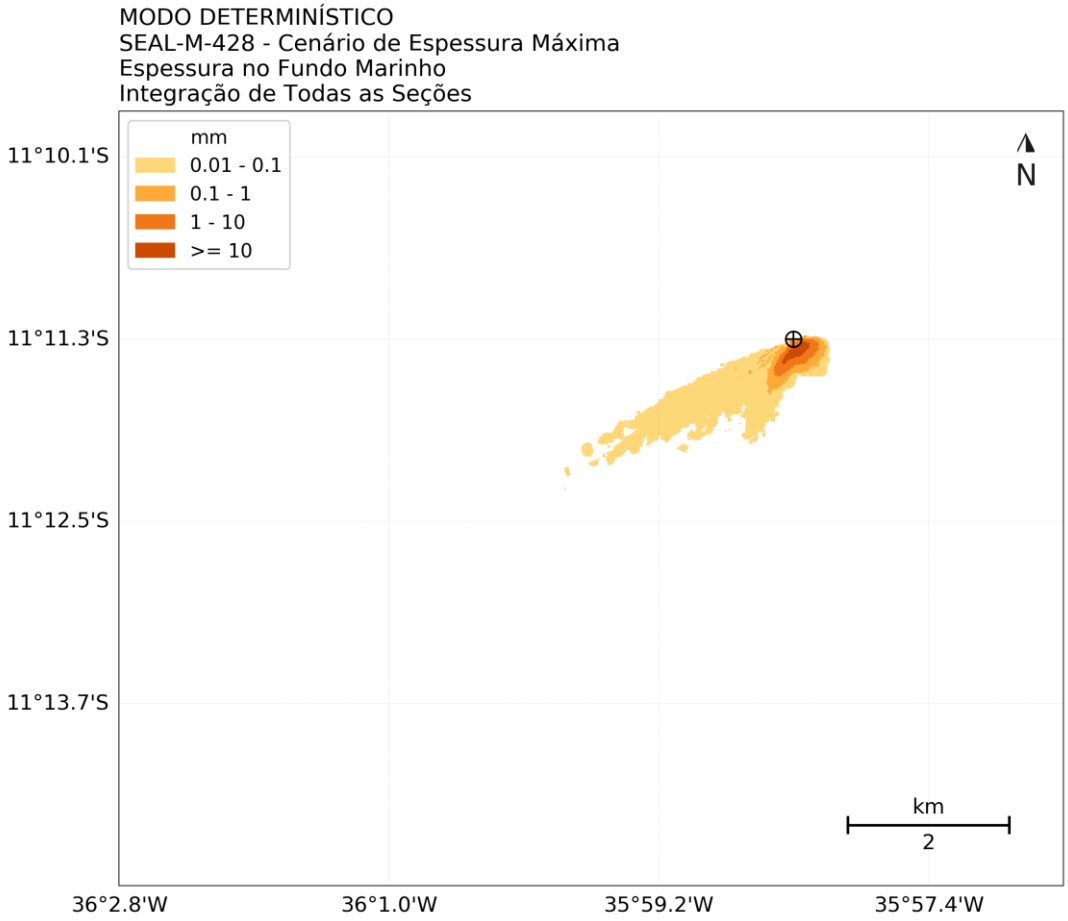


Figura 23: Espessura no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000.

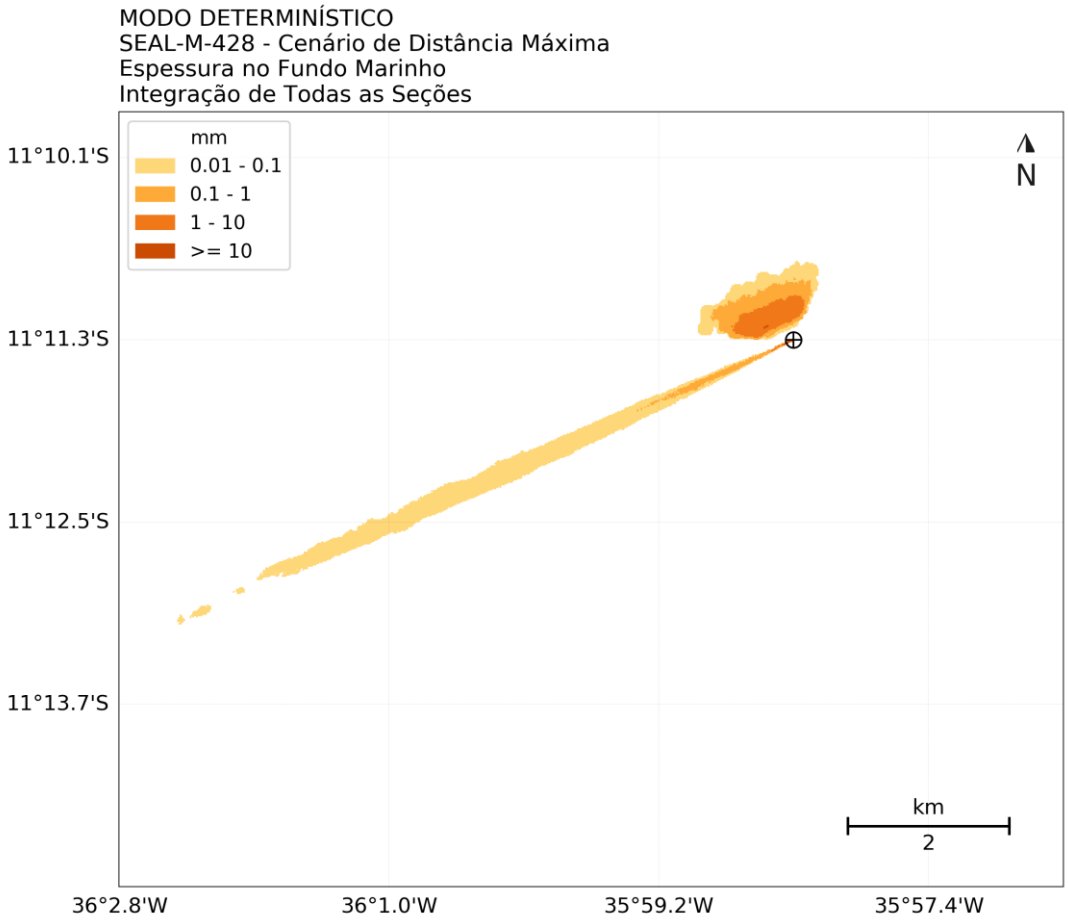


Figura 24: Espessura no fundo marinho resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000.

2.3.2.2. Sólidos em Suspensão

Para apresentação dos resultados de sólidos em suspensão foram selecionados os mesmos cenários das pilhas de deposição. Esse critério levou em consideração os seguintes aspectos:

» O cenário de espessura máxima de depósitos no fundo tende a ocorrer no período de correntes mais fracas, o que restringe a pluma de concentrações de sólidos em suspensão a menores distâncias em relação ao descarte e resulta nas maiores concentrações de sólidos em suspensão.

» O cenário de distância máxima de depósitos no fundo tende a ocorrer no período de correntes mais intensas, o que faz com que a pluma de concentrações de sólidos em suspensão atinja maiores distâncias em relação ao descarte e apresente as menores concentrações.

A Figura 25 e a Figura 26 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão na coluna d'água, respectivamente, na visão em planta (máxima no tempo e em profundidade) e em perfil longitudinal (máxima no tempo e em longitude), para o cenário determinístico de espessura máxima. Este resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim a uma integração no tempo. O objetivo desta análise é definir a área impactada e quais foram as máximas distâncias e concentrações obtidas durante toda a simulação. De forma a complementar este resultado, é exposto na Figura 27 o tempo de exposição do ambiente a concentrações acima de 5 ppm (limiar de monitoramento adotado).

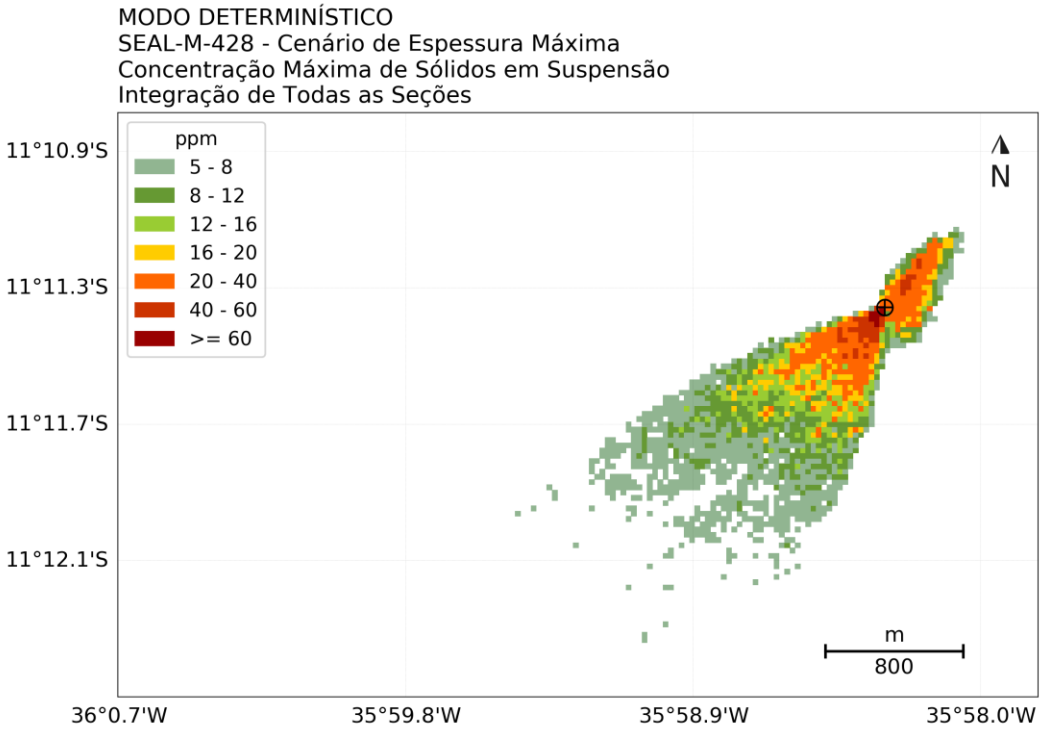


Figura 25: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em profundidade resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000.

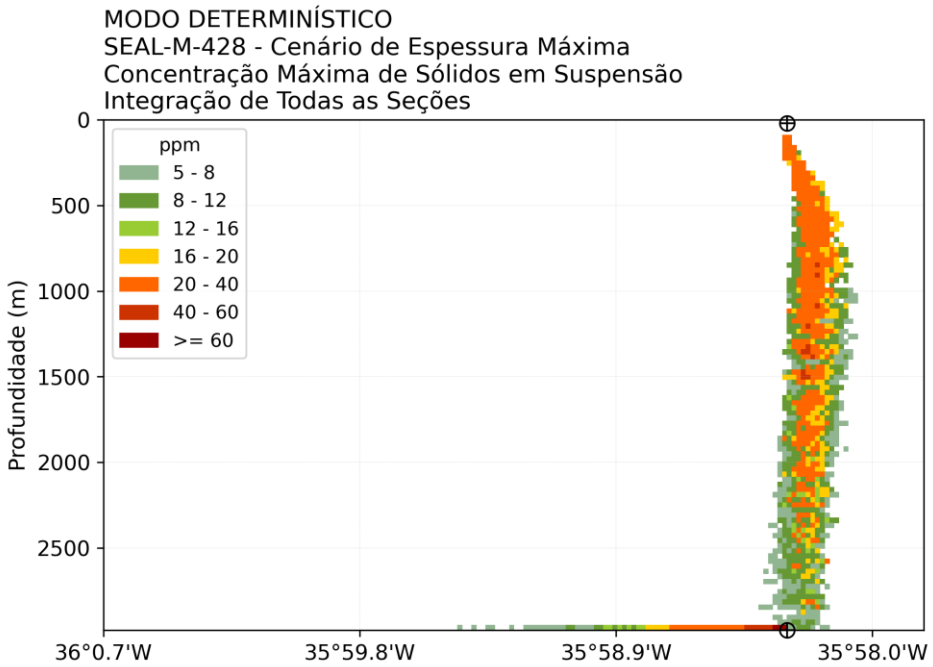


Figura 26: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em longitude resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000.

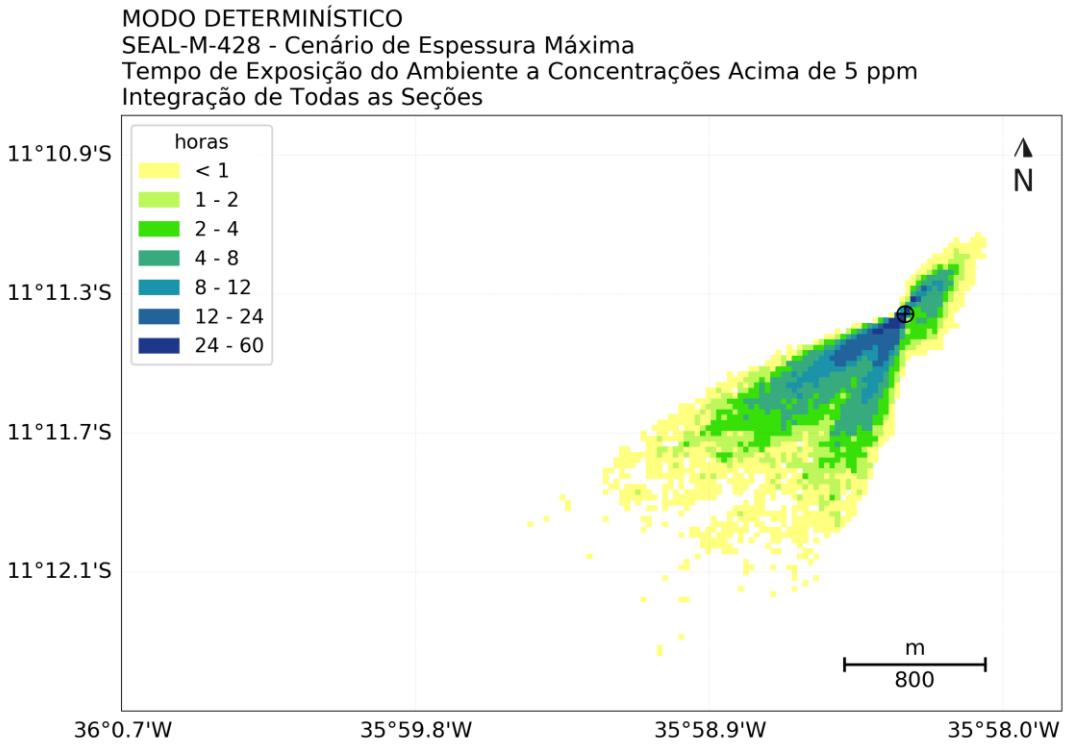


Figura 27: Tempo de exposição do ambiente a concentrações de sólidos em suspensão acima de 5 ppm resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de espessura máxima (inserida no Período 1). *Datum* SIRGAS2000.

Da mesma forma, da Figura 28 à Figura 30 são apresentados os resultados obtidos para o cenário determinístico de distância máxima.

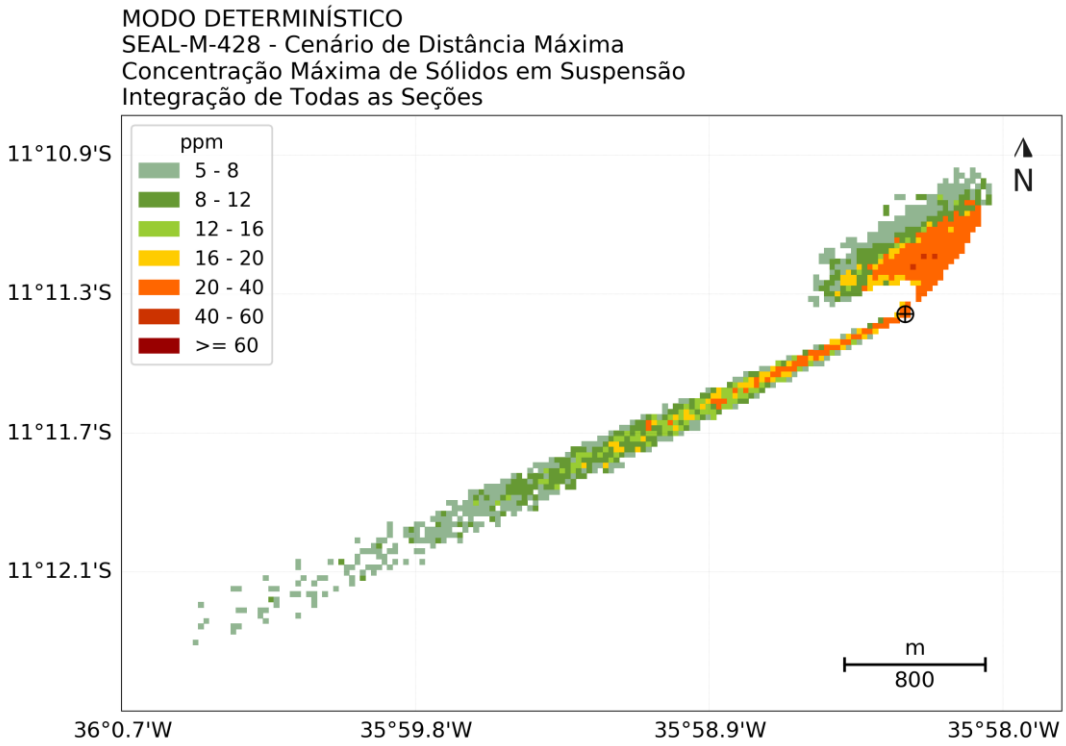


Figura 28: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em profundidade resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000.

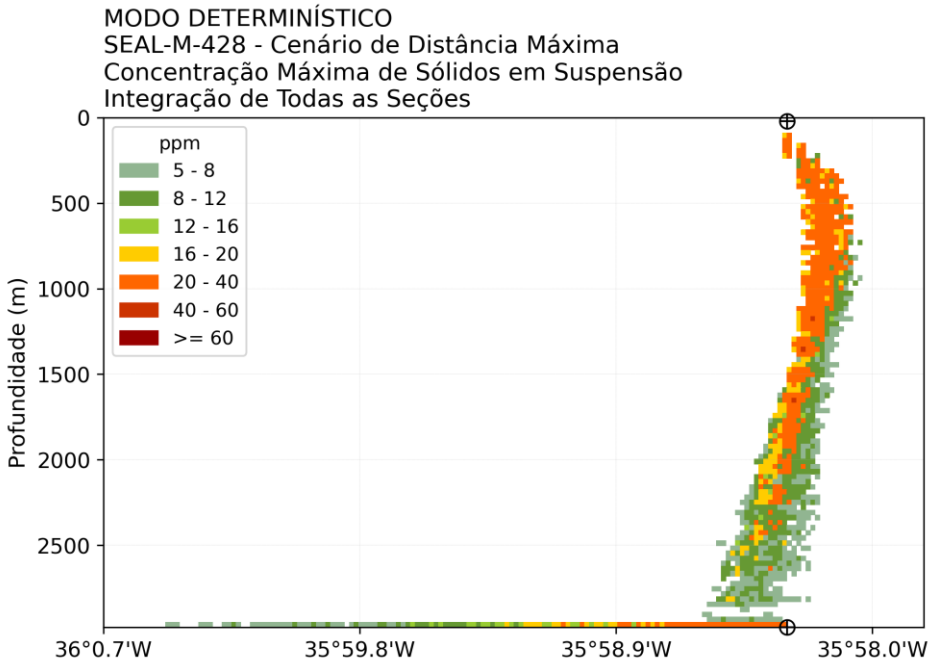


Figura 29: Concentração máxima de sólidos em suspensão no tempo e em longitude resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000.

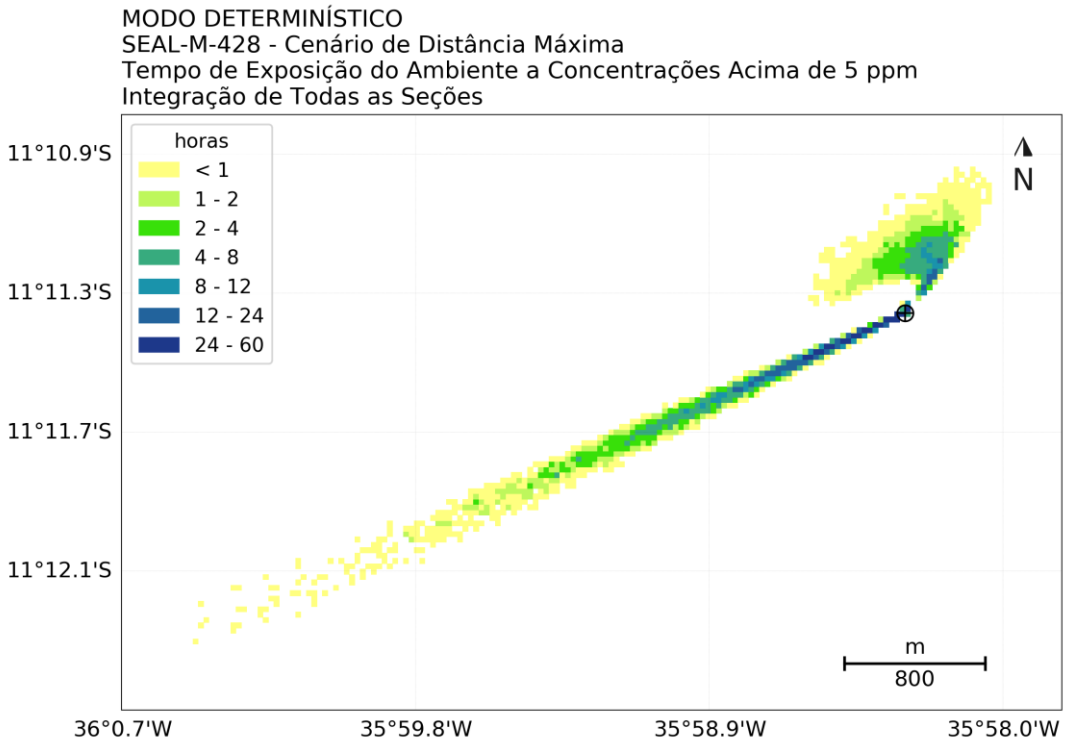


Figura 30: Tempo de exposição do ambiente a concentrações de sólidos em suspensão acima de 5 ppm resultante da integração de todas as seções (I a V), para a simulação determinística de distância máxima (inserida no Período 2). *Datum* SIRGAS2000.

2.3.2.3. Resumo dos Resultados Determinísticos

A Tabela 11 apresenta os principais resultados determinísticos obtidos para os cenários de espessura e distância máxima.

Tabela 11: Resultados obtidos no modo determinístico, para as pilhas de deposição (espessura no fundo marinho) e para os sólidos em suspensão (concentração e tempo de exposição do ambiente a concentrações superiores a 5 ppm).

RESULTADOS – PILHAS DE DEPOSIÇÃO		
CENÁRIO DE ESPESSURA MÁXIMA		
Espessura (mm)	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**
>= 0,01	1,62	3,31
>= 0,1	0,28	0,78
>= 1	0,13	0,47
>= 10	0,04	0,31
Espessura Máxima	3.288,40 mm	
CENÁRIO DE DISTÂNCIA MÁXIMA		
Espessura (mm)	**Área (km²)**	**Distância Máxima (km)**
>= 0,01	2,26	8,20
>= 0,1	0,66	2,06
>= 1	0,25	0,76
>= 10	0,004	0,38
Espessura Máxima	2.910,61 mm	

RESULTADOS – SÓLIDOS EM SUSPENSÃO			
CENÁRIO DE ESPESSURA MÁXIMA		**CENÁRIO DE DISTÂNCIA MÁXIMA**	
Concentração (ppm)	**Distância Máxima (km)**	**Concentração (ppm)**	**Distância Máxima (km)**
>= 5	2,38	>= 5	4,34
>= 8	1,61	>= 8	3,85
>= 12	1,33	>= 12	2,59
>= 16	1,04	>= 16	1,96
>= 20	0,89	>= 20	1,54
>= 40	0,35	>= 40	0,38
>= 60	0,09	>= 60	-
Concentração Máxima	80,65 ppm	**Concentração Máxima**	41,09 ppm
Tempo de Exposição (horas)	**Distância Máxima (km)**	**Tempo de Exposição (horas)**	**Distância Máxima (km)**
< 1	2,38	< 1	4,34
>= 1	1,77	>= 1	3,02
>= 2	1,40	>= 2	2,59
>= 4	1,04	>= 4	2,12
>= 8	0,74	>= 8	1,31
>= 12	0,45	>= 12	1,02
>= 24	0,17	>= 24	0,59
Tempo de Exposição Máximo	59,75 horas	**Tempo de Exposição Máximo**	43,25 horas

Os cenários determinísticos selecionados apresentaram correntes de fundo condizentes com o esperado, com correntes mais intensas nos cenários de distância máxima e correntes mais fracas nos cenários de espessura máxima. Estes cenários, por serem extremos, usualmente representam baixa probabilidade de ocorrência.

Em termos de direção, as pilhas de deposição apresentaram comportamento similar aos sólidos em suspensão, com direção predominante para SW. No cenário de espessura máxima, há um acúmulo de maiores espessuras na direção SE e concentração de sólidos em suspensão na direção SE-NE, decorrentes dos descartes da seções com *riser*. Para o cenário de distância máxima, os descartes das seções com *riser* foram representados a NW do poço, tanto na espessura no fundo marinho como na concentração de sólidos em suspensão.

A espessura máxima obtida foi de 3.288,30 mm, no cenário de espessura máxima, e de 2.910,61 mm, no cenário de distância máxima. A distância máxima alcançada para espessuras acima de 0,01 mm foi de 3,31 km, no cenário de espessura máxima, e de 470 m para espessuras acima de 1 mm. No cenário de distância máxima, essas distâncias foram de 8,20 km (espessuras acima de 0,01 mm) e 760 m (espessuras acima de 1 mm).

Para a concentração de sólidos em suspensão na coluna d'água, os cenários determinísticos de espessura máxima apresentaram maiores valores de concentração, enquanto que os cenários selecionados de distância máxima obtiveram as maiores distâncias.

A concentração máxima de sólidos em suspensão observada foi de 80,65 ppm, no cenário de espessura máxima, e de 41,09 ppm, no cenário de distância máxima. Esta situação, entretanto, trata-se de uma condição efêmera e limitada ao período de atividade da perfuração. O tempo de exposição máximo do ambiente a concentrações acima de 5 ppm foi de 59 h 45 min, no cenário de espessura máxima, e de 43 h 15 min no cenário de distância máxima. Concentrações acima de 5 ppm foram observadas até 2,38 km (cenário de espessura máxima) e 4,34 km (cenário de distância máxima).

3. Conclusão

Simulações numéricas com o modelo DREAM/ParTrack foram realizadas para avaliar a dispersão do material sólido, composto por cascalho e fluidos de perfuração, a serem descartados ao mar, oriundos da atividade de perfuração do poço Chinook-2, no bloco SEAL-M-428, na Bacia Sergipe-Alagoas. Estima-se que este seja o poço com maior volumetria a ser descartada, sendo, portanto, usado como referência de estudo.

Como forçantes hidrodinâmicas, foram utilizados os resultados de correntes, temperatura e salinidade do mar obtidos pela PROOCEANO com o modelo ROMS, entre janeiro e dezembro de 2013. Os dados de vento, por sua vez, foram obtidos da base de dados de reanálises do NCEP-R2, para o mesmo período em questão.

Os resultados do modo probabilístico foram divididos em dois cenários distintos: Período 1, de novembro a abril; e Período 2, de maio a outubro, com 42 e 44 simulações espaçadas a cada 4 dias, respectivamente. Estes resultados foram focados nas pilhas de deposição formadas no assoalho marinho, por ser este o principal impacto resultante desta atividade. As espessuras foram expostas com base no limiar mais conservador considerado, de 0,01 mm, entretanto os resultados obtidos para 1 mm foram ressaltados, pois acredita-se que espessuras inferiores a este limiar não impactem a comunidade bentônica local.

De maneira geral, o material descartado no fundo (sem *riser*) e na superfície (com *riser*) apresentaram maiores probabilidades de dispersão para a direção SW devido a maior influência das correntes de fundo. Foram também observadas deposições com menor probabilidade nas demais direções. O Período 1 obteve maior espalhamento das pilhas de deposição nas demais direções – área de 19,74 km² acima de 0,01 mm – e maiores valores de espessura máxima – 3.288,40 mm. As maiores distâncias, porém, são observadas no Período 2 – 8,20 km para 0,01 mm e 1,59 km para 1 mm.

Cenários determinísticos foram selecionados de forma a exemplificar o comportamento do material descartado em determinadas condições meteoceanográficas, focando não somente nas pilhas de deposição formadas, mas também na pluma de sólidos em suspensão. Para tal, foram selecionadas duas simulações determinísticas: a que registrou o maior valor de espessura em todo domínio da modelagem e aquela na qual a pilha de deposição alcançou maior distância do poço em questão. Seguindo o padrão já apresentado nos resultados probabilísticos, os cenários determinísticos de espessura e distância máxima ocorreram durante o Período 1 e Período 2, respectivamente. A concentração máxima observada foi de 80,65 ppm restrita a uma distância inferior a 90 m do poço, enquanto a distância máxima alcançada foi de 4,34 km, para concentrações acima de 5 ppm. Pela análise do tempo de

exposição do ambiente a concentrações acima de 5 ppm, nota-se que este impacto é efêmero e com período inferior a 3 dias, sendo o valor máximo de 59 h 45 min.

Bibliografia

BELLCHAMBERS, L.M. & A.M.M. RICHARDSON, 1995. The effect of substrate disturbance and burial depth on the venerid clam, Katelysis scalarina (Lamark, 1818). J. Shellfish Res. 14, 41-44.

BIRTWELL, I.A., 1999. Effects of sediments on fish and their Habitat. Fisheries and Oceans Canada. Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document 99/139.

BRANDSMA, M.; SMITH, J. 1999. Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model - Report and User Guide. In: Relatório EPR.29PR.99. Production Operations Division. Exxon Production Research Company. Houston, Texas.

BRANDSMA, M.G. 1993. Computer Simulations of Oily Cuttings Discharges in the North Sea. Volume 1 & 2 Project Report, Final Report Dated Juna 1993.

CHANDRASEKARA, W.U. & C.L.J FRID, 1998. A laboratory assessment of the survival and vertical movement of two gastropod species, Hydrobia ulvae (Pennant) and Littorina littorea Linnaeus), after burial in sediment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 221: 1991-207.

DAMES; MOORE. Drilling Fluid Dispersion and Biological Effects Study for the Lower Cook Inlet C.O.S.T. Well. In: Report prepared for Atlantic Richfield Company, Volume 102, Record 946 of USEPA Rulemaking Record for the Offshore Effluent Limitations Guidelines, 1978.

HAIDVOGEL, D. B., H. ARANGO, W. P. BUDGELL, B. D. CORNUELLE, E. CURCHISTER, E. DI LORENZO, K. FENNEL, W. R. GEYER, A. J. HERMANN, L. LANEROLLE, J. LEVIN, J. C. McWILLIANS, A. J. MILLER, A. M. MOORE, T. M. POWELL, A. F. SHCHEPETKIN, C. R. SHERWOOD, R. P. SIGNELL, J. C. WARNER, and J. WILKIN, 2008. Ocean forecasting in terrain-following coordinates: Formulation and skill assessment of the Regional Ocean Modeling System. Journal of Computational Physics, 227, 3595-3624.

HOLTHAUS, K.I.E., J.E. TAMIS, M.G.D. SMIT, R.G. JAK, 2003. SSD approach applied to three types of Sediment Disturbances related to Drilling Discharges. TNO Report DRAFT November 2003.

KALNAY, E, M. KANAMITSU, R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLLEN, Y. ZHU, M. CHELLIAH, W. EBISUZAK, W. HIGGINS, J. JANOWIAK, K.C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A.LEETMAA, R. REYNOLDS, R. JENNE, D. JOSEPH, 1996: "The NCEP /NCAR 40-Year Reanalysis Project", Bulletin of the American Meteorological Society, 437-470.

KJEILEN-EILERTSEN, G.; TRANNUM, H.; JAK, R. G.; SMIT, M. G. D.; NEFF, J.; DURELL, G. Literature report on burial: derivation of PNEC as componente in the MEMW model tool. In: ERMS Report no. 9B. 2004.

KRANZ, P.M. The anastrophic burial of bivalves and its paleoecological significance. Journal of Geology, v. 82, p. 237-265. 1974.

MAURER, D.; KECK, R.T.; TINSMAN, J.C.; LEATHEM, W.A. Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: Part II: Crustacea. Mar. Environ. Res., v. 5, p. 301-317. 1981.

O'REILLY, J.E., SAUER, T.C., AYERS, R.C. JR., BRANDSMA, M.G., MEEK, R. 1989. Field Verification of the OOC Mud Discharge Model. In: Drilling Fluids. F.R. Engelhart, J.P. Ray, A.H. Gillam, Eds., Elsevier Applied Science. Nova Iorque. Pp 647-665.

REED, M.; HETLAND, B. DREAM: a Dose-Related Exposure Assessment Model Technical Description of Physical-Chemical Fate Components. In: SPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENT IN OIL AND GAS EXPLORATION AND PRODUCTION. Kuala Lumpur, Malaysia. 2002.

SMIT, M. G. D.; HOLTHAUS, K. I. E.; KAAG, N. B. H. M.; JAK, R. G. The derivation of a PNEC-water for weighting agents in drilling mud. EMRS Report no. 6. 2006.

TOLDO, E. E. JR.; AYOUP-ZOUAIN, R. N. MAPEM – Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima, Águas Profundas, Publicação CECO-IG-UFRGS, Porto Alegre. 2004.

Anexos

ANEXO I - Modelo de Dispersão de Sólidos

Relatório Técnico [rev.00]

Modelo de Dispersão de Sólidos

Descrição do modelo DREAM/ParTrack

Preparado por: Prooceano

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2020

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução 6

2. Descrição do Modelo 7

3. Bibliografia 15

Índice das imagens

Figura 1: Representação esquemática das três fases descritas pelo efluente. Modificado de Brandsma & Smith (1999). 6

Figura 2: Exemplo do comportamento das partículas na seção transversal vertical no campo próximo de uma pluma submersa calculada com o DREAM. 8

1. Introdução

O processo dispersivo do efluente, neste caso cascalho + fluido de perfuração, possui três diferentes fases, apresentadas na Figura 1 e detalhadas abaixo.

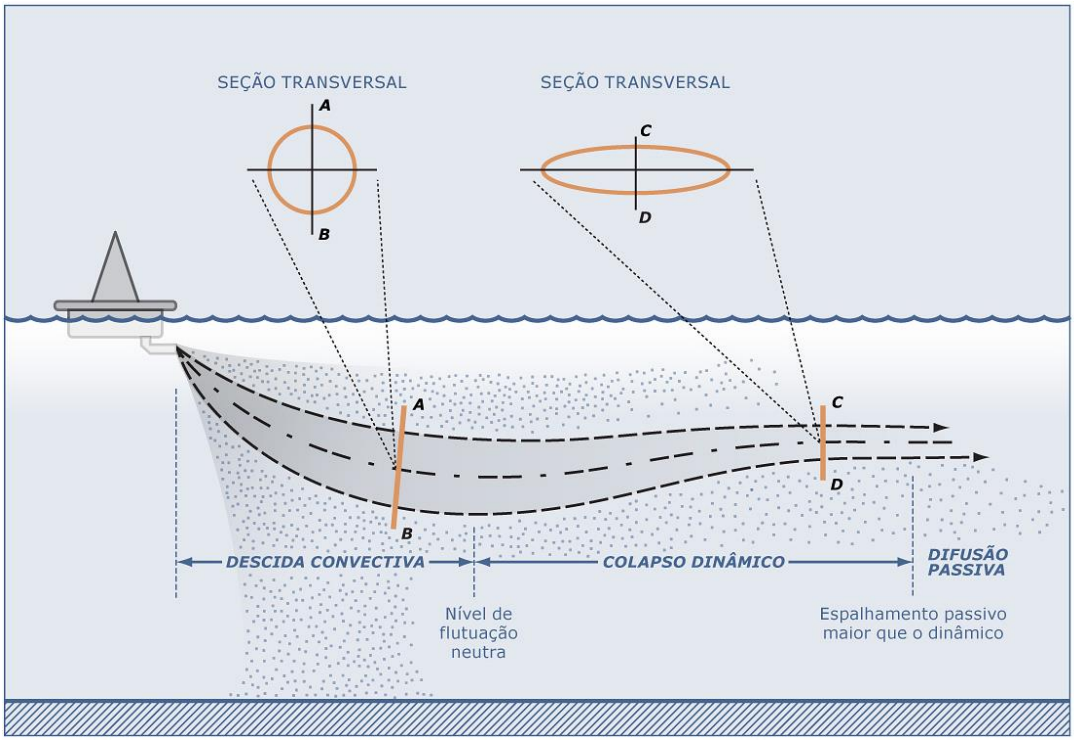


Figura 1: Representação esquemática das três fases descritas pelo efluente. Modificado de Brandsma & Smith (1999).

A primeira fase, denominada **fase de jato**, corresponde à diluição inicial do efluente, onde as forças de empuxo, quantidade de movimento do efluente e os efeitos dinâmicos das correntes locais, resultam em uma rápida mistura e diluição do efluente no corpo d´água receptor. Esta fase ocorre enquanto o efluente possui movimento próprio, dado pela diferença de densidade com o meio ou pela velocidade de saída da fonte. A fase termina quando o efluente descartado encontra uma superfície horizontal (fundo ou superfície do mar) ou se estabiliza em um nível de flutuação neutra. Finda esta primeira etapa, inicia-se a fase de **colapso dinâmico**, onde o efluente se espalhará na profundidade em que se estabilizou devido, ainda, a sua diferença de densidade em relação ao meio. Esta diferença tende a diminuir com o tempo e, em dado momento, sua contribuição para o espalhamento do efluente será inferior àquela dada pela turbulência do ambiente. Tanto a fase de jato quanto a de colapso dinâmico descrevem a **fase dinâmica**, **ou campo próximo**.

Ao final da fase de colapso dinâmico, tem início a terceira e última fase, denominada de **dispersão passiva**, **ou campo afastado**, em que o efluente, a não ser pela velocidade vertical associada a cada constituinte, não possui movimento próprio e segue apenas a dinâmica local. Partículas minerais, como cascalho e materiais pesados, podem se desprender da pluma dependendo da velocidade de deposição e da taxa de entranhamento da água na pluma.

2. Descrição do Modelo

O modelo computacional escolhido para esse estudo foi o **DREAM/ParTrack**, desenvolvido pela SINTEF.

O **DREAM** (*Dose-Related Exposure Assessment Model*) é um modelo de partículas lagrangianas tridimensional desenvolvido para avaliação das consequências de descartes de diversos tipos de efluente no ambiente marinho, tanto na coluna d'água quanto no leito oceânico.

O modelo **ParTRack** é um submodelo do DREAM adequado para simulação de descartes de cascalho e fluidos de perfuração e avaliação dos efeitos desses descartes no leito oceânico.

DREAM/ParTrack possui um modelo de campo próximo com acoplamento dinâmico com um modelo tridimensional de partículas que permite a representação de substâncias na superfície da água, dissolvidas na coluna d`água, em gotículas ou partículas sólidas dispersas na coluna d'água.

As descargas de cascalho e fluido de perfuração têm densidades que são bastante mais altas do que a água do mar. Por isso, um modelo de campo próximo é incluído na modelagem para representação do movimento descendente da pluma. O domínio do modelo de campo próximo está limitado pela região onde a densidade da pluma se iguala com a densidade do ambiente. A partir desse ponto, os processos de transporte e mistura passam a ser governados por um modelo de campo afastado.

O modelo de campo próximo é governado pelas correntes oceânicas e pelas variações verticais de salinidade e temperatura (estratificação). A combinação desses fatores fará com que a pluma se estabiliza em uma determinada profundidade. As partículas minerais (cascalhos, sólidos dos fluidos de perfuração) podem sair da pluma dependendo de suas velocidades de sedimentação e da taxa de entranhamento da água na pluma. Os detalhes mais específicos do modelo de campo próximo para ser encontrados em Johansen (2000, 2006).

A Figura 2 ilustra o comportamento das partículas na seção transversal vertical no campo próximo de uma pluma submersa calculada com o DREAM para um descarte a aproximadamente 5 m de profundidade.

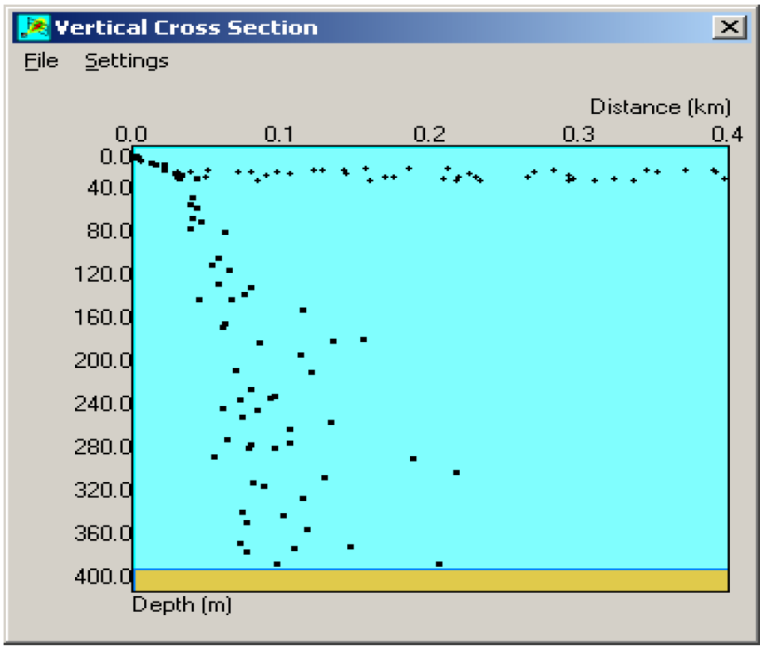


Figura 2: Exemplo do comportamento das partículas na seção transversal vertical no campo próximo de uma pluma submersa calculada com o DREAM.

Observa-se que a profundidade de aprisionamento da pluma é em torno de 20 m de profundidade. Nesta profundidade, a pluma submersa se separa em duas partes, uma parte se espalha horizontalmente na profundidade de aprisionamento. Esta parte consiste nos componentes que estão dissolvidos na pluma ou nas partículas sólidas que têm velocidades de sedimentação desprezíveis. A outra parte da descarga afunda mais rapidamente em direção ao fundo do oceano. Esta parte consiste dos materiais mais grosseiros, como por exemplo, cascalhos ou partículas sólidas de maiores dimensões.

A formulação numérica do modelo de campo próximo (Plume3D) é baseada nas formulações de Koh & Chang (1973). Em relação à dispersão passiva, emprega-se um método lagrangiano descrito em Reed & Hetland (2002).

O movimento de uma pluma é regido por equações de conservação de massa e volume, *momentum*, flutuabilidade e partículas sólidas, sal e entalpia. O termo pluma refere-se ao material descartado na coluna d'água, sob ação dos regimes de jato, colapso dinâmico, ou dispersão passiva.

Nas **fases dinâmicas (jato e colapso dinâmico)**, as variações dessas quantidades ocorrem ao longo do eixo no qual a pluma se direciona (centro de massa da pluma). Sendo, portanto, as taxas de mudanças descritas como derivadas em relação a esse eixo.

As equações de conservação que governam o movimento são:

Massa:

$$\frac{d}{ds}(\rho Q) = E\rho_a - \sum_i S_i \rho_i \tag{1}$$

onde Q é a vazão, ρ a densidade do efluente, ρ_a é a densidade do ambiente, ds é a variação do comprimento do eixo, E o entranhamento, ρ_i é a densidade do i-ésimo constituinte ao longo do eixo do jato e S_i a taxa de variação de volume deste elemento.

***Momentum* (Quantidade de Movimento):**

A taxa de variação da quantidade de movimento ao longo do eixo do jato é representada pelo fluxo de flutuabilidade mais o entranhamento de quantidade de movimento do ambiente, menos o somatório da taxa de quantidade de movimento de cada constituinte que passa pelo jato, mais a força de arrasto:

$$\frac{d}{ds}(\rho QU) = \pi b^2 g(\rho - \rho_a)J + E\rho_a U_a - \sum_i (S_i \rho_i U) + F_D \tag{2}$$

Sendo g a aceleração da gravidade, J é o vetor unitário na direção vertical, U_a é a velocidade das correntes ambientais, F_D é a força de arrasto e b é o raio do jato.

Flutuabilidade:

Representada pela taxa de entranhamento do fluido ambiente devido ao empuxo menos o somatório das taxas de saída de constituintes do jato:

$$\frac{d}{ds}(Q(\rho_a(0) - \rho)) = E(\rho_a(0) - \rho_a) - \sum_i S_i(\rho_a(0) - \rho_i) \tag{3}$$

Partículas sólidas:

$$\frac{dP_i}{ds} = -S_i \tag{4}$$

Temperatura:

$$\frac{d}{ds}(Q(T_d - T_a)) = E(T_d - T_a) \tag{5}$$

T_d e T_a sendo a temperatura do efluente e do ambiente, respectivamente.

Salinidade:

$$\frac{d}{ds}(Q(S_d - S_a)) = E(S_d - S_a) \tag{6}$$

S_d e S_a sendo a salinidade do efluente e do ambiente, respectivamente.

Fluxo de volume:

$$Q = \pi b^2 \left|\vec{U}\right| \tag{7}$$

b sendo o raio da seção transversal da pluma e *U* a velocidade da pluma.

Como já citado, uma vez terminada a fase dinâmica da pluma tem início a fase de dispersão passiva. O esquema de dispersão utilizado nesta etapa é um modelo lagrangiano, descrito em Reed & Hetland (2002). Segundo os autores, o modelo DREAM é baseado na equação geral de transporte:

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} + \vec{V} \times \vec{\nabla} C_i = \vec{\nabla} \times D_k \vec{\nabla} C_i + \sum_{j=1}^{n} r_j C_i + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} r_{ji} C_i \tag{8}$$

onde Ci é a concentração do iº componente químico liberado; t é o tempo; $\vec{V}$ é o vetor de transporte advectivo; $\vec{\nabla}$ é o operador gradiente; e Dk é o coeficiente de dispersão turbulenta em k = direções x, y e z. Os termos rj representam as variações dos processos físico-químicos.

Os termos referentes à degradação, rij, controlam a degradação de subprodutos, como a transferência de massa de um componente para outro. Desta forma, as mudanças nas propriedades toxicológicas permanecem retidas no modelo.

Concentrações dos componentes do fluido na coluna d'água são calculadas a partir da distribuição de pseudopartículas Lagrangianas no tempo e espaço. Cada partícula matemática representa, conceitualmente, uma nuvem Gaussiana de componentes dissolvidos, gotículas, ou partículas em decantação. Os campos de concentração são constituídos a partir da superposição de todas essas nuvens. Cada nuvem consiste de um elipsoide com uma partícula em seu centro, e semieixos definidos como uma função de tempo da partícula. A distribuição teórica da massa dentro do elipsoide é Gaussiana, com seus desvios padrões nas direções x, y e z (CSANADY, 1973 apud REED & HETLAND, 2002):

$$\sigma_i = \sqrt{2k_i\, t} \tag{9}$$

$$C = \frac{m}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0)^2}{\sigma^2{}_x} + \frac{(y-y_0)^2}{\sigma^2{}_y} + \frac{(z-z_0)^2}{\sigma^2{}_z} \right) \right] \tag{10}$$

onde *x, y, z* são as coordenadas do ponto de interesse; x_0, y_0, z_0 são as coordenadas do centro de massa da nuvem; σ_x^2, σ_y^2, σ_z^2 são as variâncias e *m* a massa.

Cada um desses elipsoides geralmente contribui em massa para muitas células no campo de concentração; e elipsoides vizinhos geralmente se sobrepõem espacialmente. Então, uma determinada célula do campo de concentração contém uma concentração resultante da presença de múltiplas nuvens de partículas próximas. Esse esquema remove grande parte da dependência do campo de concentração calculado sobre o número de partículas e a resolução da grade.

Os processos físico-químicos que regem o comportamento do efluente são:

Advecção e Dispersão

A advecção é calculada a partir da sobreposição de uma velocidade média local a uma componente turbulenta escolhida aleatoriamente. Geralmente, essa velocidade média local é a soma das componentes climatológicas, de maré e geradas pelos ventos e ondas (Stokes). Essas componentes especificadas são então interpoladas e somadas à componente turbulenta. A partir desse somatório, é calculada a advecção na coluna d'água. A componente turbulenta (*w'*) é expressa como:

$$w' = R\sqrt{6k/\Delta t} \tag{11}$$

onde *R* é um número aleatório entre -1 e 1 e *k* é o coeficiente de dispersão turbulenta estimado para as direções horizontais e verticais.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser aproximado a partir de dados obtidos em estudos de dispersão de corantes, como os de Okubo (1971, 1974 *apud* REED & HETLAND, 2002) e revisados posteriormente por Bowden (1983 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$K_x = 0{,}0027\, t^{1{,}34} \tag{12}$$

para K em cm²/s e t em segundos.

O coeficiente de difusão turbulenta vertical acima da picnoclina é relacionado às condições de onda, segundo Ichiye (1967 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$K_z = 0{,}0028\frac{H^2}{T}\exp(-2kz) \tag{13}$$

sendo H a altura da onda, T o período de onda e k o número da onda.

Abaixo da profundidade da picnoclina, K_z é assumido como uma constante de valor 10^{-4} m/s² (KULLENBERG, 1982 *apud* REED & HETLAND, 2002). Na ausência da picnoclina, a equação de Ichiye é aplicada da superfície ao fundo.

O deslocamento vertical das partículas é calculado a partir da sobreposição de uma velocidade turbulenta aleatória a uma velocidade ascendente (ou descendente). As velocidades verticais diferenciais são calculadas usando a média harmônica de dois extremos, uma vez que o coeficiente de arrasto é uma função do número de Reynolds (JOHANSEN, 2000 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$w_{rise} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1})$, solução combinada (14)

$w_1 = d^2 g'/18v$, (para número de Reynolds < 1000), e (15)

$w_2 = \sqrt{3d/|g'|}$, (para número de Reynolds > 1000) (16)

Onde:

$g' = g(\rho_\alpha - \rho_0)/\rho_\alpha$, g é a aceleração gravitacional e v a viscosidade cinemática da água (~1x10^{-6} m²/s).

Dissolução

A dissolução é dependente da fração molar de cada componente presente no efluente. A concentração ambiental também é um fator importante, principalmente próximo ao local de descarte/vazamento. A equação que governa a dissolução do componente i é:

$$dm_i / dt = K_d A(F_i S_i - C_i) \quad (17)$$

onde, K_d é o coeficiente de transferência de massa por dissolução, em m/s; A a área superficial do efluente, em m²; F_i a fração molar do componente i remanescente no efluente; Si a solubilidade do componente i, em g/m³, ppm; e C_i a concentração ambiente do componente i, em g/m³.

Adsorção

A adsorção desempenha um papel importante no transporte e destino dos poluentes no ambiente aquático. Ela determina a extensão do particionamento de um poluente entre a fase de particulado em suspensão e a fase dissolvida, modulando, desta forma, os efeitos tóxicos e a taxa de remoção da coluna d'água para os sedimentos.

Velocidade de Deposição das Partículas Sólidas

No modelo DREAM, as velocidades de deposição das partículas são divididas em dois regimes: o regime de Stokes e o regime do arrasto constante (RYE *et al.*, 2008). As velocidades de deposição dentro do regime de Stokes, para partículas de menor tamanho, são dadas pela seguinte equação:

$$W_1 = \frac{d^2 g'}{18v} \tag{18}$$

$$g' = g(\rho_{partícula} - \rho_{água}) / \rho_{água} \tag{19}$$

onde W_1 é a velocidade laminar de afundamento de Stokes para uma partícula; d é o diâmetro da partícula; g' é a gravidade reduzida, expressa pela equação (19); g é a gravidade padrão; ρ é a densidade da partícula ou da água do mar; v é a viscosidade cinemática (1,358 x 10^{-6} m^2/s, em uma água com 10°C).

A segunda contribuição para a deposição das partículas é o regime de arrasto constante com fricção dominante, para partículas maiores. Uma expressão geral para essa velocidade de queda pode ser derivada a partir do balanço entre as forças de flutuação e de arrasto que atuam na partícula (HU & KINTNER, 1955 *apud* RYE *et al.*, 2008), calculada da seguinte forma:

$$W_2 = \sqrt{\frac{4dg'}{3C_D}} \tag{20}$$

O coeficiente de arrasto C_D, nesta equação, é uma função do Número de Reynolds ($\mathrm{Re} = W_2 d / v$). Dessa forma, dois regimes assintóticos são identificados, o regime de Stokes e o regime de arrasto constante.

» Regime de Stokes (Re < 1):

$$W_1 = \frac{d^2 g'}{18v} \tag{21}$$

» Regime de arrasto constante (Re < 1000):

$$W_2 = K\sqrt{4dg'} \tag{22}$$

onde K é uma constante empírica adimensional. Para valores intermediários do Número de Reynolds (1 < Re < 1000), uma equação de interpolação para a velocidade de deposição total W da partícula pode ser utilizada, da seguinte forma:

$$W = \frac{1}{\left(\frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2}\right)} \tag{23}$$

A constante empírica K é escolhida de forma que a correspondência seja alcançada entre a velocidade de deposição dominada pela fricção. Essa equação considera as partículas como não esféricas e, portanto, com velocidades de deposição menor que as partículas esféricas.

3. Bibliografia

BRANDSMA, M.; SMITH, J. 1999. Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model - Report and User Guide. In: Relatório EPR.29PR.99. Production Operations Division. Exxon Production Research Company. Houston, Texas.

JOHANSEN, Ø. (2000): "DeepBlow – a Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts". Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 6, No. 2, pp 103 – 111.

JOHANSEN, Ø. and DURGUT, I. 2006. Implementation of the near-field module in theERMS model, Technical report, SINTEF.

KOH, R. C. Y.; CHANG, Y. 1973. Mathematical Model for Barge Ocean Disposal of Wastes, Relatório EPA-6602-73-029, U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, Oregon.

REED, M. & HETLAND, B. 2002. DREAM: a Dose-Related Exposure Assessmet Model Technical Description of Physical-Chemical Fate Components. SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Kuala Lumpur, Malaysia, March 2002.

RYE, H.; REED, M.; FROST, T.; SMIT, M.; DURGUT, I.; JOHANSEN, O.; DITLEVSEN, M. Development of a numerical model for calculating exposure to toxic and nontoxic stressors in the water column and sediment from drilling discharges. Integrated Environmental Assessment and Management, v. 4, n. 2, pp. 194-203. 2008.

II.7. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Esse item contempla a identificação e avaliação dos impactos ambientais relativos à atividade de perfuração marítima de poços nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na Bacia de Sergipe-Alagoas.

De forma a atender o Termo de Referência (TR) SEI/IBAMA 5363447, específico para a atividade em foco, serão apresentadas neste item matrizes de identificação e avaliação de impactos ambientais em concordância com o disposto na Nota Técnica CGPEG/IBAMA Nº 05/2009, e observando as diretrizes do Anexo B – "Avaliação de Impactos Ambientais" do TR acima referenciado.

A avaliação de impactos ambientais foi desenvolvida a partir das informações relativas à atividade de perfuração, constantes nos itens II.2 – Caracterização da Atividade e II.3 – Descrição das Atividades e do conhecimento dos aspectos ambientais e socioeconômicos da área onde está inserida a atividade, apresentados no item II.5 – Diagnóstico Ambiental. Vale ressaltar que, na construção das matrizes foram considerados os impactos ambientais advindos das atividades de perfuração propriamente dita, bem como da circulação de embarcações e helicópteros vinculados às atividades.

Para a avaliação dos impactos potenciais foram considerados, também, os resultados da modelagem de dispersão de óleo, apresentada no item II.6 – Modelagem Numérica.

A avaliação de impactos encontra-se dividida em dois subitens – item II.7.1 – Meios Físico e Biótico e item II.7.2 – Meio Socioeconômico, conforme diretrizes do Anexo B do TR SEI/IBAMA 5363447 – "Avaliação de Impactos Ambientais". Esta divisão fundamenta-se nas diferenças e semelhanças entre as características inerentes de cada meio e nas formas com que o empreendimento interage com cada um destes meios. Para cada um dos subitens mencionados, são apresentadas matrizes para o cenário de operação normal da atividade (impactos efetivos/operacionais) e para o cenário acidental (impactos potenciais). Ao final do capítulo, no item II.7.3 – Considerações Finais, são apresentadas as principais conclusões da avaliação de impactos.

II.7.1. Meios Físico e Biótico

A **Tabela II.7 - 1** e a **Tabela II.7 - 2**, a seguir, constituem as matrizes de avaliação dos impactos relacionados aos meios físico e biótico para o cenário de operação normal da atividade (cenário operacional) e para o cenário acidental (cenário potencial), respectivamente.

Tabela II.7 - 1: Matriz de avaliação de impacto ambiental – Meios Físico e Biótico - Cenário de Operação Normal.

Aspectos Ambientais (ASPs)	Fator Amb.	Impactos Ambientais (IMPs)	Fase	ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS																														Sensibilidade do Fator Ambiental
				Natureza		Forma de Incidência		Tempo de Incidência		Abrangência Espacial			Duração				Permanência		Reversibili-dade		Cumulatividade					Frequência				Impacto em UCs		Mag.	Imp.	
				Pos.	Neg.	Dir.	Ind.	Imed.	Post.	Local	Reg.	Suprar.	Imed.	Curta	Média	Longa	Temp.	Perm.	Rev.	Irrev.	Não Cumul.	Cumul.	Indutor	Induzido	Sinergico	Pont.	Cont.	Cíclico	Intermit.	Sim	Não			
ASP 1 - Navegação da unidade de perfuração ASP 2 – Transporte de materiais, insumos, resíduos e pessoas	MT	IMP 1 - Colisão de embarcações com mamíferos marinhos e tartarugas marinhas causando danos permanentes ou morte para o indivíduo	I; O; D		x	x		x				x	x					x		x		x				x				x(*)		B	M	A
ASP 3 - Transporte de pessoas por helicópteros	AVI	IMP 2 - Colisão da avifauna com aeronaves causando danos permanentes ou morte para o indivíduo	I; O; D		x	x		x		x			x					x		x		x				x					x	B	M	A
ASP 2 – Transporte de materiais, insumos, resíduos e pessoas ASP 4 – Posicionamento da unidade de perfuração	BIO	IMP 3 - Introdução de novas espécies exóticas e proliferação da já existente *Tubastraea* spp. na bacia de Sergipe-Alagoas.	I; O; D		x	x			x			x				x		x		x			x				x				x	M	G	A
ASP 5 - Geração de ruídos e vibrações e luzes	MT	IMP 4 - Alteração de comportamento em mamíferos marinhos e tartarugas marinhas devido ao ruído das atividades de perfuração, resultando em impacto em atividades críticas da vida (alimentação, deslocamento, reprodução, migração)	I; O; D		x	x		x				x	x				x		x			x					x				x	B	M	A
	ICT	IMP 5 - Alteração no comportamento da ictiofauna local devido a mudanças na iluminação noturna	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x		x		x				x				x	B	M	A
ASP 6 - Descarte de efluentes domésticos, oleosos e águas servidas	AG	IMP 6 - Alteração da qualidade das águas em função do descarte de efluentes domésticos, oleosos e águas servidas	I; O; D		x	x		x		x			x				x		x				x						x		x	B	P	B
	PLA	IMP 7 - Mudanças nas comunidades planctônicas em função do descarte de efluentes domésticos, oleosos e águas servidas	I; O; D		x	x		x		x			x				x		x		x		x	x			x		x		x	B	P	B
ASP 7 – Emissão de gases	AR	IMP 8 - Alteração da qualidade do ar	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x		x						x			x(*)		B	P	B
	CLI	IMP 9 - Contribuição para o efeito estufa	I; O; D		x	x		x				x				x		x		x		x					x				x	B	M	A
ASP 8 - Descarte de fluido de perfuração (FBA) de composição simplificada - fases sem *riser*	AG	IMP 10 - Alteração da qualidade das águas em função do descarte de fluido de perfuração (FBA)	O		x	x		x		x			x				x		x				x			x					x	B	P	B
	PLA	IMP 11 -Mudanças nas comunidades planctônicas em função do descarte de fluido de perfuração (FBA)	O		x	x		x		x			x				x		x		x		x	x		x					x	B	P	B
ASP 9 - Descarte de cascalho com fluido de perfuração (FBNA) agregado - fases com *riser*	AG	IMP 12 - Alteração da qualidade das águas em função do descarte de cascalho com fluido agregado (FBNA)	O		x	x		x		x			x				x		x				x				x				x	B	P	B
	PLA	IMP 13 -Mudanças nas comunidades planctônicas em função do descarte de cascalho com fluido agregado (FBNA)	O		x	x		x		x			x				x		x				x	x			x				x	B	P	B
	SED	IMP 14 - Alteração da qualidade dos sedimentos em função do descarte de cascalho com fluido agregado (FBNA)	O		x	x		x		x				x			x		x				x				x				x	B	P	B
	BENT	IMP 15 - Interferência nas comunidades bentônicas em função do descarte de cascalho com fluido agregado (FBNA)	O		x	x		x		x			x				x		x				x	x			x				x	M	M	B
ASP 1 - Navegação da unidade de perfuração ASP 2 – Transporte de materiais, insumos, resíduos e pessoas ASP 10 - Disponibilidade de substrato artificial	AVI	IMP 16 - Transporte de avifauna costeira e terrestre para a unidade de perfuração pelas embarcações de apoio	I; O; D		x	x		x				x	x				x		x			x	x					x			x	B	M	A
ASP 4 – Posicionamento da unidade de perfuração ASP 6 - Descarte de efluentes domésticos e oleosos ASP 10 - Disponibilidade de substrato artificial	ECO	IMP 17 - Atração de organismos e alteração temporária da ecologia local no entorno da unidade de perfuração	O		x	x		x		x			x				x		x						x		x				x	B	M	M

Fator Ambiental: MT - Mamíferos marinhos e Tartarugas marinhas; BIO - Biodiversidade; AVI - Avifauna; ICT - Ictiofauna; AG - Água; PLA - Plâncton; AR - Ar; CLI - Clima; SED - Sedimento; BENT - Bentos; ECO - Ecologia
Fase: I - Instalação (Posicionamento); O - Operação (Perfuração); D - Desativação
Magnitude: B - Baixa; M - Média; A - Alta **Importância:** P - Pequena; M - Média; G - Grande
Sensibilidade do Fator Ambiental: B - Baixa; M - Média; A - alta
(*) ARIE da Baía de Guanabara, APA do Morro do Leme e APARU do Complexo Cotunduba-São João

Tabela II.7 - 2: Matriz de avaliação de impacto ambiental – Meios Físico e Biótico - Cenário Acidental

Aspectos Ambientais (ASPs)	Fator Amb.	Impactos Ambientais (IMPs)	ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS																									Sensibilidade do Fator Ambiental
			Natureza		Forma de Incidência		Tempo de Incidência		Abrangência Espacial			Duração				Permanência		Reversibilidade		Cumulatividade					Impacto em UCs		Magn.	Import.	
			Pos.	Neg.	Direta	Indireta	Imed.	Post.	Local	Reg.	Suprar.	Imed.	Curta	Média	Longa	Temp.	Perm.	Revers.	Irrever.	Não Cumul.	Cumul.	Indutor	Induzido	Sinergico	Sim	Não			
ASP 1 - Acidentes com derramamamento de óleo ASP 2 - Acidente com embarcação durante o transporte de resíduos e produtos químicos entre a base de apoio e a locação	AG	IMP 1 - Variação da qualidade das águas		x	x		x				x	x				x		x				x			x		A	G	A
	AR	IMP 2 - Variação da qualidade do ar		x	x		x				x	x				x		x				x			x		M	M	B
	SED	IMP 3 - Variação da qualidade dos sedimentos		x	x		x				x			x		x		x				x			x		A	M	B
	PLA	IMP 4 - Interferência nas comunidades planctônicas		x	x		x				x	x				x		x				x	x		x		A	G	M
	ALG	IMP 5 - Interferência em macroalgas		x	x		x				x		x			x		x				x	x		x		A	G	A
	BENT	IMP 6 - interferência nas comunidades bentônicas		x	x		x				x				x	x		x				x	x		x		A	G	A
	ICT	IMP 7 - Interferência na ictiofauna		x	x		x				x	x				x		x				x	x		x		A	G	A
	MM	IMP 8 - Interferência em mamíferos marinhos		x	x		x				x			x		x		x					x		x		A	G	A
	QUE	IMP 9 - Interferência em quelônios		x	x		x				x			x		x		x				x	x		x		A	G	A
	AVI	IMP 10 - Interferência na avifauna		x	x		x				x		x			x		x				x	x		x		A	G	A
	PRA	IMP 11 - Interferência em praias		x	x		x				x		x			x		x				x			x		A	G	M
	CR	IMP 12 - Interferência em costões rochosos		x	x		x				x		x			x		x				x			x		A	M	B
	MAN	IMP 13 - Interferência nos manguezais		x	x		x				x				x		x		x			x			x		A	G	A
	RC	IMP 14 - Interferência com os recifes de corais		x	x		x				x				x		x		x			x			x		A	G	A

Fator Ambiental: AG - água; AR - ar; SED - sedimento; PLA - plâncton; BENT - bentos; ICT - ictiofauna; MM - mamíferos marinhos; QUE - quelônios; AVI - avifauna; ALG - Algas calcárias e macroalgas; PRA - Praias; CR - Costões Rochosos; MAN - Manguezais; RC - Recifes de Corais
Magnitude: B - Baixa; M - Média; A - Alta
Importância: P - Pequena; M - Média; G - Grande
Sensibilidade do Fator Ambiental: B - Baixa; M - Média; A - Alta

II.7.2. Meio Socioeconômico

A **Tabela II.7 - 3** e a **Tabela II.7 - 4** a seguir, constituem as matrizes de avaliação de impactos socioeconômicos identificados para os cenários operacional e potencial, respectivamente.

Tabela II.7 - 3: Matriz de avaliação de impacto ambiental – Meio Socioeconômico - Cenário de Operação Normal

Aspectos Ambientais (ASPs)	Fator Ambi.	Impactos Ambientais (IMPs)	ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS																															Sensibilidade do Fator Ambiental
			Fase	Natureza		Forma de Incidência		Tempo de Incidência		Abrangência Espacial			Duração				Permanência		Reversibili-dade		Cumulatividade					Frequência				Impacto em UCs		Mag.	Imp.	
				Pos.	Neg.	Dir.	Ind.	Imed.	Post.	Local	Reg.	Suprar.	Imed.	Curta	Média	Longa	Temp.	Perm.	Rev.	Irrev.	Não Cumul.	Cumul.	Indutor	Induzido	Sinergico	Pont.	Cont.	Ciclico	Intermit.	Sim	Não			
ASP 1 - Divulgação e implantação da atividade	POP	IMP 1 – Geração de expectativas	I; O		x	x		x			x		x				x		x			x	x		x		x				x	B	M	M
ASP 2 – Transporte de insumos, resíduos e pessoas	AP	IMP 2 – Risco de acidentes com petrechos de pesca e/ou com embarcações pesqueiras artesanais	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x			x					x				x	B	M	A
	AP	IMP 3 – Risco de acidentes com petrechos de pesca e/ou com embarcações pesqueiras industriais	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x			x							x		x	B	P	B
	TM	IMP 4 – Pressão sobre o tráfego marítimo	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x			x							x	x(*)		B	P	B
	TAT	IMP 5 – Pressão sobre o tráfego aéreo e terrestre	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x			x							x		x	B	P	B
ASP 3 - Demanda por materiais, insumos e serviços	IAP EL	IMP 6 - Demanda sobre a infraestrutura aeroportuária	I; O; D	x		x		x			x		x				x		x			x	x						x		x	B	M	M
	IDFR EL	IMP7 - Demanda sobre a infraestrutura de armazenamento, tratamento e disposição final de resíduos sólidos	I; O; D		x	x		x			x		x				x		x			x							x		x	B	M	M
	EL	IMP 8 – Aumento da arrecadação tributária	I; O; D	x		x		x			x		x				x		x			x	x						x		x	B	M	M
	POP EL	IMP 9 - Incremento na economia local	I; O; D	x		x		x			x		x				x		x			x		x					x		x	B	M	M
ASP 4 –Desenvolvimento de estudos e implementação de projetos	CC	IMP 10 – Geração de conhecimento científico	I; O; D	x		x		x				x				x		x		x		x					x				x	M	G	A

Fator Ambiental: POP- População Local; AP - Atividade Pesqueira; TM - Tráfego Marítimo; TAT - Tráfego Aéreo e Terrestre; CC - Conhecimento Científico; EL - Economia Local; IAP - Infraestrutura Aeroportuária; IDFR - Infraestrutura de Disposição Final de Resíduos

Fase: I - Instalação (Posicionamento); O - Operação (Perfuração); D - Desativação

Magnitude: B - Baixa; M-Média; A-alta **Importância:** P - Pequena; M - Média; G - Grande

Sensibilidade do Fator Ambiental: B - Baixa; M-Média; A-alta

(*) ARIE da Baía de Guanabara, APA do Morro do Leme e APARU do Complexo Cotunduba-São João

Tabela II.7 - 4: Matriz de avaliação de impacto ambiental – Meio Socioeconômico - Cenário Acidental

Aspectos Ambientais (ASPs)	Fator Amb.	Impactos Ambientais (IMPs)	ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS																													Sensibilidade do Fator Ambiental
			Natureza		Forma de Incidência		Tempo de Incidência		Abrangência Espacial			Duração				Permanência		Reversibilidade		Cumulatividade					Frequência				Impacto em UCs		Mag.	Imp.	
			Pos.	Neg.	Dir.	Indir.	Imed.	Post.	Local	Reg.	Suprareg.	Imed.	Curta	Média	Long.	Temp.	Perm.	Rev.	Irrevers.	Não Cumul.	Cumul.	Indutor	Induzido	Sinergico	Pontual	Cont.	Cícl.	Inter.	Sim	Não			
ASP 1 - Acidentes com derramamamento de óleo (cru ou diesel)	PEM	IMP 1 - Interferência na pesca, no extrativismo e na maricultura		x	x		x				x	x				x		x				x			x				x		A	G	A
	RN	IMP 2 - Interferência nas rotas de navegação		x	x		x				x	x				x		x				x			x					x	M	M	M
	TL	IMP 3 - Interferência no turismo litorâneo		x	x		x				x	x				x		x				x			x				x		A	G	A
	IAP	IMP 4 - Pressão sobre a infraestrutura aeroportuária		x	x		x				x	x				x		x			x				x					x	M	M	M
	IDFR	IMP 5 - Pressão sobre a infraestrutura de disposição final de resíduos		x		x	x				x	x				x		x		x					x					x	M	M	B

Fator Ambiental: PEM - Pesca, Extrativismo e Maricultura; RN - Rotas de Navegação; TL - Turismo Litorâneo; IP - infraestrutura Portuária; IDFR - Infraestrutura de Disposição Final de Resíduos
Magnitude: B - Baixa; M - Média; A - Alta
Importância: P - Pequena; M - Média; G - Grande
Sensibilidade do Fator Ambiental: B - Baixa; M - Média; A - Alta

II.7.3. Considerações Finais

As principais interferências da atividade de perfuração da ExxonMobil nos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na Bacia de Sergipe-Alagoas, em situação de operação normal, ocorrerão nas proximidades dos poços, situados na região oceânica, entre 67 e 133 km da costa.

Durante a operação normal, os eventuais impactos serão, em sua maioria, de baixa a média magnitude, temporários e reversíveis. Poderão eventualmente ocorrer impactos relevantes sobre os ecossistemas costeiros, unidades de conservação, biota marinha e atividades econômicas caso ocorram acidentes com derramamento de óleo em grandes proporções. Entretanto, consideramos improvável a ocorrência de situações que possam gerar impactos relevantes e as hipóteses ora levantadas não estão levando em consideração as medidas de controle que certamente serão adotadas.

Em caso de eventuais acidentes com vazamento de óleo de grandes proporções, segundo os resultados das modelagens realizadas, foram verificadas probabilidades de presença de óleo na região costeira de 104 municípios, abrangendo oito estados - desde o Ceará (Itapipoca) ao Espírito Santo (Linhares). A probabilidade máxima de toque de óleo na costa foi de 100% e o tempo mínimo de toque foi de 2,4 dias.

Vale ressaltar, contudo, que a atividade, em todas as suas etapas será realizada de forma segura e eficiente, de forma a prevenir e reduzir quaisquer prejuízos ao meio ambiente.

Apesar de muitos dos impactos operacionais avaliados serem considerados pouco relevantes, em função do planejamento de perfuração pela ExxonMobil de dois poços firmes e outros nove poços contingenciais, deverá ser considerada a sinergia entre a perfuração de diferentes poços na mesma região.

Além disso, deverá ser considerada a presença de outros empreendimentos da mesma categoria na área de estudo da atividade em foco, o que poderá contribuir para potencial risco de dano ambiental na região da bacia de Sergipe-Alagoas, através do somatório dos impactos previstos e do aumento da probabilidade de riscos de acidentes.

Deve-se ressaltar, ainda, que muitos dos eventuais impactos previstos, tanto na operação normal da atividade quanto em casos de acidentes, serão devidamente monitorados e/ou mitigados pelos projetos ambientais que serão implementados, bem como através das medidas previstas no Plano de Emergência Individual (PEI).

II.8. ÁREA DE INFLUÊNCIA

II.8.1. Introdução

A área de influência de um empreendimento, ou atividade, sob a ótica da avaliação ambiental, pode ser descrita como o espaço passível de alterações em seus meios físico, biótico e/ou socioeconômico, decorrentes da sua implantação e/ou operação.

A definição da Área de Influência está fundamentada nos resultados da avaliação dos impactos ambientais elaborada para o presente estudo (item II.7), correspondendo ao refinamento da Área de Estudo.

Os critérios, mínimos, adotados para a definição de Área de Influência da atividade encontram-se apresentados a seguir, conforme orientações do Termo de Referência SEI/IBAMA 5363447.

- Os impactos decorrentes da instalação de estruturas, considerando a área de segurança no entorno da unidade;
- Os impactos decorrentes do descarte de efluentes (fluidos de perfuração/completação, cascalhos e outros);
- A interferência com a atividade de pesca artesanal;
- A interferência com a atividade de pesca industrial;
- As rotas das embarcações utilizadas durante a atividade até as bases de apoio, incluindo os próprios portos ou terminais.

Critério Adicional:

- A rota das aeronaves utilizada durante a atividade.

Adicionalmente, os limites da Área de Influência relativos ao meio socioeconômico incluem os municípios onde existem comunidades que realizam atividades econômicas na área da atividade em questão, tais como a pesca e o turismo. No caso da atividade pesqueira, foram identificadas as comunidades que realizam de forma expressiva a atividade de pesca artesanal na área requerida pela atividade e em suas adjacências.

Para a pesca industrial foram identificadas as frotas das empresas e entidades de representação atuantes na área do empreendimento para a sua incorporação no Projeto de Comunicação Social, como partes interessadas.

A seguir, é apresentada a área de influência da Atividade de Perfuração Marítima de Poços nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas, de acordo com os critérios adotados.

II.8.2. Critérios para Definição da Área de Influência

II.8.2.1. Área da Atividade

A atividade de perfuração marítima exploratória, alvo desse estudo, envolve seis blocos marítimos, todos situados na bacia de Sergipe-Alagoas - blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573. A área total da atividade possui, aproximadamente, 4.531 km^2, e está localizada em lâminas d'água entre 1.900 m e 3.800 m. O vértice mais próximo à costa (bloco SEAL-M-351) está localizado a 50 km do município de Brejo Grande – SE (**Figura II.8 - 1**).

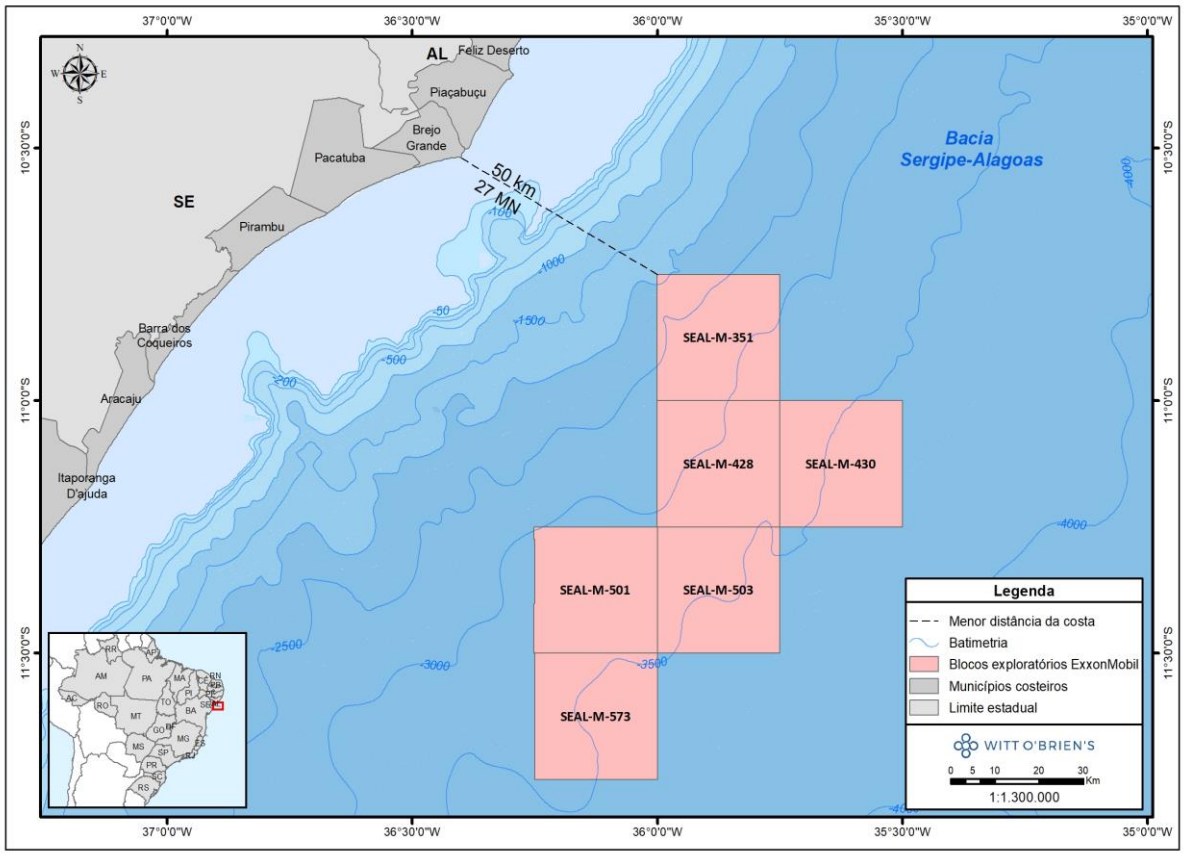


Figura II.8 - 1: Mapa de localização do blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe-Alagoas

Nesses blocos, está prevista a perfuração de até 11 poços exploratórios. As locações dos poços representam a área efetiva de instalação da atividade (área de exploração). É válido mencionar, contudo, que a perfuração vai ser realizada por meio de um navio sonda com posicionamento dinâmico, que dispensa um sistema de ancoragem. Com isso, não são esperados impactos no substrato marinho e biota associada decorrente do posicionamento (fixação) da unidade de perfuração nas locações previstas, embora sejam esperados impactos relativos ao descarte de efluentes, geração de ruídos, gases e iluminação pela atividade da sonda.

Adicionalmente, por medida de segurança para a atividade e para os usuários do sistema marítimo, é estabelecida uma área de 500 m de raio, no entorno da unidade, de acordo com a NORMAN 08 (alterada pela Portaria 402/DPC de 19/12/2018), onde fica proibida a movimentação de embarcações que não estejam vinculadas à atividade.

Neste contexto, cabe destacar que a unidade de perfuração poderá servir, mesmo que temporariamente, como área de abrigo e alimentação para diferentes espécies de peixes, principalmente de grandes peixes pelágicos com hábitos migratórios.

Desta forma, é provável que a concentração desses recursos nas proximidades da unidade de perfuração, possa atrair embarcações pesqueiras industriais e/ou de armadores de pesca para o seu entorno em uma área onde, atualmente, não existe a prática usual de atividades pesqueiras artesanais e industriais. No entanto, caso o entorno dos poços a serem perfurados passe a ser utilizado para a pesca após a instalação da unidade de perfuração, os efeitos dessas interferências estarão restritos à área de segurança de 500 metros no entorno da unidade marítima de perfuração, em cada poço a ser perfurado, nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573.

A **Figura II.8 - 2**, a seguir, apresenta a locação prevista para os poços, com a representação da zona de segurança da unidade de perfuração, para cada poço. Nota-se que a área de segurança da unidade marítima não ultrapassa os limites dos blocos em qualquer que seja o poço considerado.

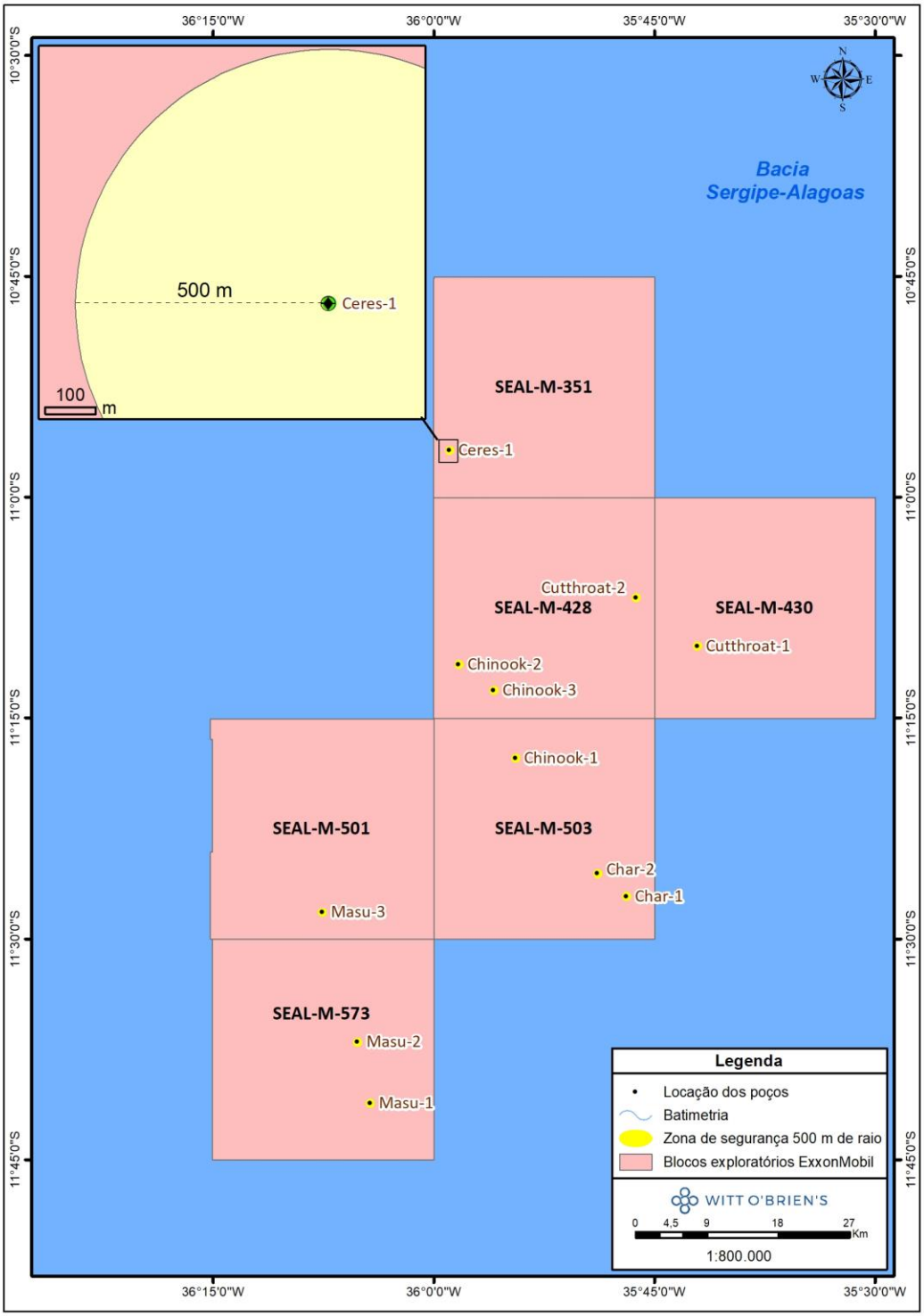


Figura II.8 - 2: Localização dos poços exploratórios previstos nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe-Alagoas, com a representação da área de segurança de 500 m, no entorno da unidade de perfuração.

Embora os impactos relacionados a instalação e operação da sonda estejam restritos ao entorno dos poços, foi considerado como área de influência da atividade, para este critério, a totalidade da área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas.

II.8.2.2. Descartes de Efluentes

Os efluentes gerados pela atividade, incluem restos alimentares, efluentes sanitários, águas servidas, água oleosa, fluidos de perfuração de base aquosa e cascalhos gerados nas fases sem *riser* e nas fases posteriores com *riser* (esses últimos serão descartados caso sejam aprovados nos testes previstos no PMFC para descarte no mar. Caso não atendam aos requisitos para descarte no mar, serão enviados para disposição adequada em terra, conforme apresentado no PGRAP e PMFC).

Em atendimento às Resoluções CONAMA Nº 357/05, 410/09 e 430/11, prevê-se a adoção de medidas relacionadas ao despejo de efluentes no ambiente marinho, quais sejam: tratamento de esgoto sanitário por meio da Unidade de Tratamento de Efluentes (UTE), tratamento da água oleosa por meio do Separador Água-Óleo (SAO), trituração de restos de alimentos, dentre outras. Assim, os efluentes gerados somente serão descartados após atendidas as especificações mínimas estabelecidas pela legislação vigente.

Destaca-se que dentre os lançamentos de efluentes, os descartes sanitários e de restos alimentares, mesmo triturados, podem atrair espécies de peixes de interesse comercial, para as proximidades do ponto de lançamento no mar. Como aspecto negativo desse fator atrator, tem-se a possibilidade de aproximação de embarcações pesqueiras de médio e grande porte para a área de segurança de 500 metros em seu entorno.

No entanto, caso ocorra essa interface, seus efeitos estarão restritos à área de segurança de 500 metros no entorno da unidade marítima de perfuração, em cada poço a ser perfurado, nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573.

No que se refere aos fluidos de perfuração, estes deverão ter sua toxicidade testada e aprovada. Os fluidos de base não aquosa não serão descartados, retornando para a empresa fornecedora. Para a separação do fluido não-aquoso dos cascalhos, será utilizado um sistema de separação de sólidos de alta eficiência, de modo a minimizar a quantidade de fluido aderido aos cascalhos descartados.

Com relação ao cascalho descartado, a modelagem matemática realizada para o presente estudo indicou que os efeitos mais significativos sobre a coluna d'água (e organismos marinhos) e os sedimentos de fundo (e fauna bentônica) são localizados, ficando restritos ao entorno dos poços.

Em função da grande capacidade de dispersão das águas oceânicas é esperado que os impactos mais relevantes (nas águas, sedimento e na biota), decorrentes do descarte de efluentes, fiquem restritos às proximidades do ponto de lançamento, que é a locação dos poços. Contudo, optou-se por considerar, na Área de Influência, toda a área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas, já incluído pelo critério anterior.

II.8.2.3. Interferências com a Atividade de Pesca Artesanal

Para a análise das possíveis interferências da perfuração marítima nos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas sobre as atividades pesqueiras artesanais, em atendimento ao Termo de Referência SEI/IBAMA 5363447 buscou-se identificar "*as comunidades que realizam de forma expressiva a atividade de pesca na área requerida pela atividade e as circunvizinhanças*".

Para a definição dos municípios de origem dessas comunidades/localidades pesqueiras, é apresentada adiante neste capítulo a análise integrada da região, considerando-se os seguintes parâmetros solicitados no Termo de Referência (TR) do IBAMA:

- "As características do fundo marinho (cascalho, pedra, recife de coral, lama, etc.) associadas à distribuição dos recursos de importância econômica para a frota (pargo, lagosta, camarão, etc.) e às características das pescarias ali realizadas;
- A dinâmica da frota de cada município, considerando-se (i) as informações obtidas por meio de abordagem *in situ* das embarcações pesqueiras, realizada em outras atividades de exploração de petróleo na região e (ii) de Projetos de Monitoramento do Desembarque Pesqueiro, desenvolvidos em estudos pretéritos para outras atividades de exploração de petróleo na região."

Embora o TR também tenha solicitado considerar a realização de entrevistas com grupos de pescadores experientes em cada tipo de pescaria a ser analisada nos municípios da Área de Estudo, é importante ressaltar que os dados secundários disponíveis foram considerados recentes e abrangentes para a caracterização das frotas pesqueiras da grande maioria dos municípios que poderiam atuar na área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, em especial aqueles de maior importância no contexto específico da atividade de perfuração em foco, como os localizados no trecho costeiro entre Maceió (AL) e Indiaroba (BA), mais próximos da área de inserção dos blocos marítimos. A exceção se deu apenas para oito municípios do estado de Alagoas (Passo de Camaragibe, Barra de Santo Antônio, Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro, Barra de São Miguel, Roteiro e Jequiá da Praia), para os quais não se obtiveram informações em bases bibliográficas, fazendo-se necessário o levantamento de dados primários, incluindo entrevistas com pescadores experientes nos diferentes tipos de pescarias dos municípios pesquisados. Ressalta-se que entrevistas desse tipo também foram realizadas como parte da metodologia adotada nos estudos pesquisados como fontes de dados secundários.

Conforme destacado nos capítulos referentes à Área de Estudo e ao Diagnóstico do Meio Socioeconômico, os estudos recentes utilizados como base de dados foram em especial aqueles elaborados por: ANP/ECOLOGY (2020); PETROBRAS/CTA (2019); EQUINOR/WITT O'BRIEN'S (2019);

EXXONMOBIL/WITT O'BRIEN'S (2019); PETROBRAS (2018a, 2018b e 2019); PGS/ENGEO (2018); EQUINOR/AECOM (2018); PETROBRAS/HABTEC MOTT MCDONALD (2017); PETROBRAS (2017a); PETROBRAS (2017b); PETROBRAS/EGIS (2017a); PETROBRAS/EGIS (2017b); CARVALHO (2017); FIPERJ/FUNDEPAG (2017); STATOIL/AECOM (2017); PETROBRAS/UFS (2016); PGS/ENGEO (2017); PETROBRAS/FIPERJ (2015); PETROBRAS/MOTT MACDONALD (2015); STATOIL/AECOM (2015); PETROBRAS/AECOM (2015); THOMÉ DE SOUZA e colaboradores (2014a); THOMÉ DE SOUZA e colaboradores (2014b); BEGOT & VIANNA (2014); PETROBRAS (2013) e IFREMER/ICF (2012) e THOMÉ DE SOUZA e colaboradores (2012; 2014a e 2014b).

As informações levantadas nesses estudos, para a grande maioria dos municípios, e a partir de dados primários coletados em fevereiro de 2020, para oito municípios de Alagoas, permitiram identificar as frotas que poderão vir a ter alguma interface com a perfuração na área dos blocos ou com as embarcações de apoio, ao longo das rotas de navegação entre os poços a serem perfurados nos blocos da ExxonMobil, na bacia Sergipe-Alagoas, e as bases marítimas localizadas em Niterói (RJ) e em Maceió (AL), possibilitando a avaliação dos possíveis impactos sobre a pesca, para os municípios da Área de Estudo.

São descritos, a seguir, os parâmetros considerados na delimitação da Área de Influência para a atividade de perfuração marítima nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, levando-se em consideração a abrangência dos impactos operacionais sobre as atividades pesqueiras artesanais destacados no Capítulo II.7 – Identificação e Avaliação de impactos Ambientais.

a) Características do fundo marinho e a pesca na área dos blocos

Em razão da profundidade da coluna d'água na área prevista para as perfurações nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 (entre 1.900 e 3.800 metros), não são esperadas interfaces com a pesca de espécies de peixes demersais, ou outros recursos pesqueiros associados ao fundo marinho na área em que os poços deverão ser perfurados. Dessa forma, não foram consideradas na presente análise, por não serem pertinentes, as interrelações entre os ambientes do fundo marinho na região com a ocorrência de recursos pesqueiros de interesse comercial para a pesca na área dos poços a serem perfurados.

b) Dinâmica das frotas pesqueiras artesanais dos municípios da Área de Estudo

Neste item, são apresentadas, de forma resumida, as conclusões sobre as análises referentes à dinâmica das frotas pesqueiras artesanais dos municípios da Área de Estudo e da abrangência dos impactos operacionais da atividade de perfuração em foco sobre essas frotas, seja na área dos blocos ou nas rotas de navegação das embarcações de apoio à atividade em direção às bases de apoio em Niterói (RJ) e Maceió (AL). Como referências, foram utilizados resultados de projetos de

monitoramento de desembarques pesqueiros pretéritos, além de outros estudos desenvolvidos para a Área de Estudo e que também serviram para a composição do capítulo II.5.3 – Diagnóstico do Meio Socioeconômico.

i. Projetos de Monitoramento dos Desembarques Pesqueiros e Outros Estudos Analisados

Conforme mencionado, a caracterização da dinâmica das frotas pesqueiras artesanais passíveis de atuar na área prevista para a atividade de perfuração nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 e suas adjacências teve como base principal a análise de estudos relativamente recentes, destacados anteriormente.

Os relatórios do Projeto de Monitoramento Participativo de Desembarques Pesqueiros (PMPDP), da PETROBRAS, elaborados pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) para os anos de 2010, 2012, 2013, 2014 e 2016, abordando a costa de Sergipe e do extremo norte da Bahia (THOMÉ DE SOUZA *et al*., 2012; THOMÉ DE SOUZA *et al*., 2014a; THOMÉ DE SOUZA *et al*., 2014b; PETROBRAS/UFS, 2016; PETROBRAS, 2017a), assim como as demais informações levantadas para a elaboração do capítulo II.5.3 - Diagnóstico do Meio Socioeconômico, abordando todos os 93 municípios da Área de Estudo, permitem verificar que os pescadores artesanais que atuam no trecho costeiro entre o município de Pitimbu (PB) e Rio de Janeiro (RJ) concentram sua atuação no trecho costeiro sobre a plataforma continental, assim como nas regiões estuarinas existentes ao longo do litoral estudado. Essas frotas, em geral, atuam de forma expressiva em águas rasas, costeiras e próximo aos portos de origem e, normalmente, com pescarias que não ultrapassam um a dois dias de duração. As embarcações operam, predominantemente, em áreas com até 100 metros de profundidade, podendo em alguns trechos da costa alcançar áreas com maior profundidade, até a quebra da plataforma continental (cerca de 500 metros). Nas áreas próximo ao talude da plataforma, normalmente atuam embarcações com maior porte e autonomia para longos percursos e permanência no mar, em especial com o uso de linhas e espinhéis.

A análise detalhada das atividades pesqueiras artesanais na região compreendida entre os municípios de Maceió (AL) e Indiaroba (SE), municípios costeiros mais próximos da área de inserção dos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe/Alagoas, corrobora essa informação.

Observa-se que a pesca nessa região apresenta a mesma dinâmica, sendo realizada, predominantemente, em águas rasas com até 40 metros de profundidade, por embarcações de pequeno e médio porte (botes, canoas e barcos motorizados) que utilizam, principalmente, as redes de emalhe e linha de mão. Na região sobre a plataforma continental até 60 metros de profundidade, sobre sedimentos compostos principalmente por lamas, atua uma frota de médio a grande porte voltada para o arrasto de camarão. Na plataforma continental externa, sobre fundos consolidados,

operam embarcações de pequeno, médio e grande porte que utilizam, principalmente, linha de mão e espinhéis. Na área do talude da plataforma continental ou "barranco", atua uma menor parcela das embarcações desses municípios. Estas são, principalmente, embarcações de médio a grande porte que também utilizam linhas e espinhéis, visando à captura de dourado, atuns e afins.

Os relatórios do Projeto de Monitoramento Participativo de Desembarques Pesqueiros (PMPDP) realizados pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) para os anos de 2013, 2014 e 2016 (THOMÉ DE SOUZA *et al*., 2014b; PETROBRAS/UFS, 2016; PETROBRAS, 2017a) apresentam mapas com a frequência absoluta de eventos de pesca, com diferentes petrechos e tipos de embarcações pesqueiras, para a costa do estado de Sergipe e extremo norte da Bahia. Esses mapas indicam que, dentre todas as áreas de pesca apresentadas para a região monitorada, a única pesca, ocasionalmente praticada além da quebra da plataforma continental, em águas ultra profundas, é a pesca do dourado, atuns e afins com o uso de linhas, realizada por embarcações motorizadas e com comprimento variando entre 10 e 20 metros. No entanto, de acordo os referidos monitoramentos, essa modalidade de pesca ocorreu na região de águas ultra profundas apenas durante o período em que se encontravam navios-sonda operando na região (2012 e 2014). No período que sucedeu a retirada desses navios-sonda (2016), não foram registradas ocorrências de pesca em águas além do talude da plataforma continental, na bacia de Sergipe-Alagoas.

Da mesma forma, os estudos de CARVALHO e colaboradores (2015) e de CARAVALHO (2017) também sugerem uma relação direta entre a intensidade das atividades de E&P *offshore* na bacia de Sergipe-Alagoas com a produtividade e receita associadas à pesca de tunídeos no estado de Sergipe, ao ser analisado o período entre 2007 e 2016.

Todas as informações levantadas permitem considerar que a área dos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas não se constitui em área usual de pesca de nenhum município costeiro da Área de Estudo. Indicam, também, que a área dos blocos pode ser utilizada apenas de forma ocasional e "flutuante" para a pesca (CARVALHO, 2017), quando associada à presença de unidades de perfuração em operação nessa região. Essas áreas em águas ultra profundas na bacia de Sergipe-Alagoas podem, ocasionalmente, ser frequentadas por embarcações de médio e grande porte provenientes dos municípios de Aracajú, Barra dos Coqueiros e Pirambu, em Sergipe, além de embarcações de outras regiões do Brasil, principalmente de Itapemirim (ES).

Com base nas informações levantadas é esperado que, com a instalação de unidade de perfuração na área dos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas, sejam atraídas embarcações para essas áreas onde, atualmente, não ocorre a atividade pesqueira, conforme previsto por ANP/ECOLOGY (2020) - EAAS Bacia Sedimentar Marítima de Sergipe-Alagoas e Jacuípe, em consulta pública desde fevereiro de 2020.

Embora potencialmente a presença de unidades de perfuração possa ensejar a criação de novas áreas de pesca, tal situação requer que estratégias de desestímulo sejam pensadas para atuação junto a pescadores e órgãos fiscalizadores e reguladores, considerando os riscos que se colocam para embarcações de pequeno porte atuando em áreas muito distantes da costa e as limitações legais de restrição de pesca na área de segurança de 500 metros no entorno de unidades marítimas de exploração e produção de petróleo e gás.

No que se refere aos possíveis impactos operacionais da atividade de perfuração associados ao eventual risco de colisão dos barcos de apoio com petrechos de pesca ou embarcações pesqueiras, a análise das áreas mapeadas apresentadas no Capítulo II.5.3 - Diagnóstico do Meio Socioeconômico indica que os pescadores artesanais provenientes de 42 municípios da Área de Estudo poderão ter alguma parcela de suas áreas de pesca atravessada por embarcações de apoio à atividade de perfuração, em sua rota de navegação entre os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas, e as bases de apoio situadas em Niterói (RJ) e Maceió (AL).

Desse total, 16 municípios, dos quais um no estado da Paraíba, nove no estado de Pernambuco e seis no estado de Alagoas, poderão ter alguma sobreposição de áreas de pesca com a rota de navegação dos barcos de apoio apenas no trecho entre os blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe/Alagoas e a base de suporte marítimo, localizada em Maceió (AL). Contudo, dado o uso secundário dessa base para a atividade de perfuração, a sobreposição de áreas poderá ocorrer com uma frequência de apenas três viagens (ida/volta) por mês, nessa mesma rota e, em áreas onde a maior parte das frotas pesqueiras artesanais não atua de forma expressiva, ou ainda, em apenas um pequeno trecho da área total de atuação das frotas pesqueiras desses municípios. A exceção se faz para os municípios de Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia, em Alagoas, onde a sobreposição de áreas poderá ocorrer em região de atuação expressiva de frotas pesqueiras artesanais que operam com diferentes petrechos de pesca, como as redes de emalhe e espinhéis. Nesse trecho é maior a probabilidade de colisão das embarcações de apoio à atividade com petrechos de pesca à deriva.

É importante destacar que não foi identificada nenhuma sobreposição de rotas de navegação dos barcos de apoio à perfuração com áreas de atuação de pescadores artesanais provenientes de municípios costeiros do estado de Sergipe, assim como do estado da Bahia, situados na bacia de Jacuípe.

A **Tabela II.8 - 1**, a seguir, apresenta a avaliação das áreas de sobreposição entre a rota de navegação dos barcos de apoio para a base em Maceió (AL) e áreas de pesca artesanal, tendo como referência, as figuras apresentadas no Capítulo II.5.3 – Diagnóstico do Meio Socioeconômico, onde foram identificadas essas sobreposições de áreas.

Tabela II.8 - 1: Avaliação das áreas de sobreposição da rota de navegação de barcos de apoio para a base de apoio satélite, em Maceió (AL), com as áreas de pesca dos municípios da Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

UF	Municípios	Áreas de Sobreposição
PB	Pitimbu	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição em área utilizada apenas por embarcações de maior porte e autonomia.
PE	Ilha de Itamaracá	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição em área utilizada apenas por embarcações de maior porte e autonomia.
	Paulista	
	Olinda	
	Recife	
	Jaboatão dos Guararapes	
	Cabo de Santo Agostinho	
	Ipojuca	
	Sirinhaém	
	São José da Coroa Grande	
AL	Paripueira	Sobreposição em área de atuação expressiva dos pescadores artesanais com diferentes petrechos de pesca.
	Maceió	Sobreposição em área de atuação expressiva dos pescadores artesanais com diferentes petrechos de pesca.
	Marechal Deodoro	Sobreposição em área de atuação expressiva dos pescadores artesanais que atuam com redes de emalhe.
	Jequiá da Praia	Sobreposição em área de atuação expressiva dos pescadores artesanais que atuam com redes de emalhe e linha de mão.
	Coruripe	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição com área de pesca de linhas com embarcações de maior porte e autonomia.
	Piaçabuçu	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição com área de pesca de linhas com embarcações de maior porte e autonomia.

Considerando-se as dimensões da área total de pesca de cada município, assim como do trecho que será atravessado pelos barcos de apoio e a baixa frequência de utilização da base em Maceió (AL), de apenas três viagens de ida e volta por mês, observa-se que o impacto operacional associado às interferências decorrentes do eventual risco de acidentes com petrechos e embarcações de pesca na rota de navegação dos barcos de apoio, poderá ocorrer de forma mais significativa, apenas com pescadores provenientes dos municípios de Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia, no estado de Alagoas. Isso se decorre do fato de que no trecho sobre a plataforma continental onde ocorrerá tal sobreposição de áreas, são praticadas diferentes modalidades de pesca artesanal, inclusive com o uso de petrechos como redes de emalhe e espinhéis que operam à deriva. Nessa região a probabilidade de risco de colisão dos barcos de apoio é maior, em especial com esse tipo de petrecho de pesca.

De forma semelhante, os pescadores artesanais provenientes de 26 municípios, dos quais seis municípios no estado da Bahia; nove no estado do Espírito Santo e 11 no estado do Rio de Janeiro, apresentados na **Tabela II.8 - 2**, adiante, também poderão ter algum trecho de suas áreas de pesca atravessado por embarcações de apoio à atividade de perfuração. Entretanto, essas sobreposições se darão somente no trecho que constituirá a rota de navegação entre os blocos da ExxonMobil, na bacia de Sergipe-Alagoas, e a base de suporte marítimo, localizada em Niterói (RJ). Essas sobreposições irão ocorrer com uma frequência aproximada de 11 viagens (ida/volta) por mês, nessa mesma rota, em áreas onde grande parte dessas frotas artesanais não atuam de forma expressiva, e em apenas um pequeno trecho da área total de atuação das frotas desses municípios. A exceção se faz para os municípios de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Niterói e Rio de Janeiro, localizados no estado do Rio de Janeiro, onde a sobreposição de áreas poderá ocorrer em região de atuação expressiva de frotas pesqueiras artesanais.

A **Tabela II.8 - 2**, a seguir, apresenta uma síntese da análise das áreas de sobreposição entre a rota de navegação dos barcos de apoio para a base em Niterói (RJ) e áreas de pesca artesanal, tendo como referência as figuras dos municípios onde foram identificadas essas sobreposições de áreas, apresentadas no Capítulo II.5.3 – Diagnóstico do Meio Socioeconômico

Tabela II.8 - 2: Avaliação das áreas de sobreposição da rota de navegação de barcos de apoio para a base de apoio primário, em Niterói (RJ), com as áreas de pesca dos municípios da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

UF	Municípios	Áreas de Sobreposição
BA	Porto Seguro	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição em área de atuação apenas de embarcações de maior porte e autonomia.
	Prado	
	Alcobaça	
	Caravelas	
	Nova Viçosa	
	Mucuri	
ES	Conceição da Barra	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição em área de atuação apenas de embarcações de maior porte e autonomia.
	São Mateus	
	Aracruz	
	Serra	
	Vitória	
	Guarapari	
	Anchieta	
	Piúma	
	Itapemirim	
RJ	São Francisco de Itabapoana	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais. Sobreposição com área de pesca de linhas a mais de 80 Km da costa do município (embarcações de maior porte e autonomia).

Tabela II.8 - 2: Avaliação das áreas de sobreposição da rota de navegação de barcos de apoio para a base de apoio primário, em Niterói (RJ), com as áreas de pesca dos municípios da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

UF	Municípios	Áreas de Sobreposição
	São João da Barra	Área de sobreposição em trecho de águas rasas e importante para a pesca com rede de emalhe e de cerco.
	Campos dos Goytacazes	Área de sobreposição em trecho importante para a pesca, com diferentes artes de pesca.
	Quissamã	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais.
	Macaé	Pequena área de sobreposição em trecho sem uso expressivo de embarcações pesqueiras artesanais – sobreposição em área de arrasto com portas.
	Cabo Frio	Área de sobreposição em trecho acima de 100 m de profundidade, sem uso expressivo de embarcações artesanais. Sobreposição em área de atuação apenas de embarcações de maior porte e autonomia.
	Arraial do Cabo	Área de sobreposição em trecho acima de 100 m de profundidade, sem uso expressivo de embarcações artesanais. Área de concentração na RESEX de Arraial do Cabo.
	Saquarema	Área de sobreposição em trecho acima de 100 m de profundidade. Sobreposição em área sem uso expressivo de embarcações artesanais. Área utilizada apenas por uma pequena parcela da frota pesqueira do município.
	Niterói	Área de sobreposição em longo e importante trecho para a pesca com rede de emalhe e de cerco.
	Rio de Janeiro	Pequena área de sobreposição em trecho próximo à boca da barra da Baía de Guanabara, porém de uso expressivo por pescadores artesanais com redes de emalhe de deriva.

Considerando-se a extensão da área de pesca de cada município que será atravessada pelos barcos de apoio em relação à área total de pesca desses municípios, o impacto operacional associado às interferências decorrentes do risco de acidentes com petrechos e embarcações de pesca, na rota de navegação dos barcos de apoio para o porto em Niterói (RJ), poderá ocorrer de forma mais representativa com pescadores provenientes dos municípios de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Niterói e Rio de Janeiro, todos localizados no estado do Rio de Janeiro. A sobreposição da rota de navegação dos barcos de apoio com as áreas de pesca desses municípios inclui áreas de atuação expressiva dos pescadores artesanais, em especial com o uso de redes de deriva.

Assim sendo, tendo-se como base o critério de interferências com a pesca artesanal decorrentes da sobreposição de áreas de pesca com as rotas de navegação dos barcos de apoio entre os blocos da ExxonMobil, na bacia de Sergipe-Alagoas, e as bases marítimas em Niterói (RJ) e Maceió (AL) e, levando-se em conta a baixa frequência de viagens mensais dos barcos de apoio, associada à pequena área de sobreposição entre as atividades, espera-se que a abrangência dos impactos operacionais da atividade de perfuração sobre os pescadores artesanais dos municípios da Área de Estudo, seja pouco

significativa. A exceção se faz para os municípios de Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia, no estado de Alagoas, em relação à rota de navegação para a base localizada em Maceió (AL), e para os municípios de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Niterói e Rio de Janeiro, localizados no estado do Rio de Janeiro, em relação à base de apoio situada em Niterói (RJ).

ii. Abordagens de Embarcações In situ

Para a identificação das frotas pesqueiras passíveis de atuar na área prevista para a perfuração nos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas, foram também utilizados resultados da implementação de projetos pretéritos envolvendo a abordagem de embarcações *in situ,* realizados durante levantamentos de dados sísmicos marítimos na bacia de Sergipe-Alagoas, incluindo áreas em águas ultra profundas.

No estudo elaborado por PGS/ENGEO (2018) foram compilados dados de abordagens de embarcações pesqueiras realizadas durante cinco atividades de pesquisa sísmica marítima, executadas no período entre os anos de 2002 e 2014, dentre as quais, para os blocos BM-SEAL-4, BM-SEAL-100 e BM-SEAL-4-10-11, na bacia de Sergipe/Alagoas.

Os resultados apresentados no estudo supramencionado apontam que, de acordo com a origem e o tamanho das embarcações pesqueiras abordadas em áreas com profundidades superiores a 500 metros, observa-se uma maior frequência de embarcações com comprimento superior a 10 metros, procedentes, principalmente, dos estados do Espírito Santo, Sergipe e Alagoas, além de Bahia e Rio de Janeiro. De acordo com o estudo, as embarcações abordadas em águas profundas e ultra profundas na bacia de Sergipe-Alagoas, em sua quase totalidade, utilizavam linha de mão e espinhéis (de superfície e de fundo). Observa-se que a maior quantidade de abordagens ocorreu nos anos de 2012 e, principalmente, em 2014, período em que, além de um maior número de atividades de pesquisas sísmicas desenvolvidas na região, também se encontravam em operação um maior número de unidades de perfuração instaladas em águas ultra profundas nessa bacia.

De acordo com o estudo de PGS/ENGEO (2018), as embarcações pesqueiras abordadas em águas ultra profundas durante as pesquisas sísmicas realizadas entre 2002 e 2014 apresentavam características de frotas pesqueiras industriais ou empresariais (armadores de pesca).

Considerando-se as características dos registros de embarcações nas abordagens realizadas durante as atividades de pesquisa sísmica analisadas, é possível inferir que, no período investigado, não foram identificadas embarcações que possam ser consideradas embarcações pesqueiras artesanais, em águas ultra profundas na bacia de Sergipe-Alagoas, monitoradas nesses estudos.

c) Integração das informações relacionadas às interferências sobre a pesca artesanal

Conforme apresentado, a área prevista para as perfurações nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 está localizada a cerca de 50 km da costa do município de Brejo Grande (SE), em coluna d'água variando entre 1.900 e 3.800 m de profundidade.

Nessa região em águas ultra profundas, as espécies de peixes de interesse comercial não estão associadas às características do fundo marinho (lama, cascalho, pedras, etc.). Sendo assim, as atividades pesqueiras que ocasionalmente podem ocorrer na área dos blocos da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas caracterizam-se, principalmente, pela agregação, nas proximidades das unidades de perfuração e de produção de petróleo e gás instaladas, de espécies de grandes peixes pelágicos que possuem como característica a realização de amplas migrações sazonais, atraindo para esses locais frotas pesqueiras que visam à sua captura. Destacam-se, entre as espécies, dourado, agulhões, serigado, meca (espadarte), cavala, atuns e afins, capturados com linha de mão, espinhéis/*long lines* e vara com isca viva.

Verificou-se, entretanto, que nenhuma das frotas pesqueiras artesanais dos municípios da Área de Estudo utiliza a área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 para atividades de pesca. Por essa razão, não foram considerados impactos sobre as atividades pesqueiras artesanais associados à perfuração marítima na área dos blocos da ExxonMobil, na bacia de Sergipe-Alagoas.

Por outro lado, levando-se em conta as rotas de navegação das embarcações de apoio entre os poços a serem perfurados e as bases de suporte operacional localizadas em Niterói (RJ) e em Maceió (AL), observa-se a possibilidade de sobreposição dessas rotas com áreas de atuação de pescadores artesanais provenientes de 42 diferentes municípios que compõem a Área de Estudo, conforme apresentado anteriormente. Contudo, para a maior parte dos municípios onde foi verificada essa sobreposição de áreas (34 municípios), as possíveis interfaces se darão com baixa frequência de viagens mensais, em áreas onde as frotas artesanais não atuam de forma expressiva, e em apenas um reduzido trecho da área total de pesca desses municípios. Sendo assim, espera-se que as eventuais interferências das embarcações de apoio sobre a pesca artesanal desses municípios sejam pouco significativas e, por essas razões, esses 34 municípios não foram considerados na delimitação da Área de Influência da atividade em foco.

Observou-se, entretanto, que a sobreposição das rotas de navegação das embarcações de apoio com áreas de atuação de pescadores artesanais dos municípios de Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia (AL) e de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Niterói e Rio de Janeiro, localizados no estado do Rio de Janeiro, poderão ocorrer em áreas de atuação expressiva, onde será

maior a probabilidade de ocorrerem incidentes, em especial com redes de deriva, o que justifica a inclusão desses municípios na Área de Influência da atividade.

Diante do exposto, observa-se que não foram identificados municípios onde existam comunidades que realizem atividades econômicas na área do empreendimento, tais como pesca, turismo ou outras. No caso da pesca artesanal, também não foram identificadas comunidades que realizem, de forma expressiva, a atividade de pesca na área requerida pela atividade, assim como em suas circunvizinhanças, conforme solicita o Termo de Referência SEI/IBAMA 5363447.

Sendo assim, para o critério de interferências com a atividade pesqueira artesanal, foram determinados somente os municípios de Paripueira, Maceió, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia, no estado de Alagoas, e de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Niterói e Rio de Janeiro, localizados no estado do Rio de Janeiro, como municípios integrantes da Área de Influência da atividade em foco.

II.8.2.4. Interferências com a Atividade de Pesca Industrial

No que se refere às atividades de pesca industrial (incluindo os armadores de pesca), com base nos estudos analisados foi possível averiguar que as frotas pesqueiras provenientes principalmente do estado do Espírito Santo, além dos estados da Bahia, Rio de Janeiro e Santa Catarina, poderão ter alguma interface com à atividade de perfuração pretendida para os blocos da ExxonMobil, na bacia de Sergipe-Alagoas.

No entanto, verificou-se que essas possíveis interfaces serão inexpressivas em relação à ampla abrangência das áreas de atuação e concentração dessas frotas e poderão ocorrer tanto na área dos blocos, com embarcações que operam com vara e isca viva, linhas diversas e espinhéis, quanto nas áreas constituídas pelas rotas de navegação das embarcações de apoio, entre a área dos blocos e as bases de suporte marítimo localizadas em Niterói (RJ) e em Maceió (AL).

Adicionalmente, levando-se em conta os registros de abordagens realizadas durante atividades de pesquisas sísmicas na bacia Sergipe/Alagoas, observou-se que nas proximidades dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 prevalece a presença de embarcações industriais e/ou de armadores, provenientes desses estados brasileiros, corroborando, assim, as informações levantadas nos demais estudos analisados.

Dessa forma, as frotas pesqueiras industriais e de armadores de pesca dos estados do Espírito Santo, Bahia, Rio de Janeiro e Santa Catarina, que apresentam características técnicas que as tornam menos vulneráveis aos impactos operacionais e dado o nível inexpressivo de interações com a atividade de perfuração nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, não foram consideradas integrantes da Área de Influência do empreendimento.

Por outro lado, em função da necessidade de divulgação da atividade de perfuração para os usuários do espaço marítimo, as entidades representativas da pesca industrial nesses estados, bem como as principais empresas de pesca atuantes na área da atividade (**APÊNDICE F - Grupos de interesse, do item II.5.3 – Diagnóstico do Meio Socioeconômico)** foram consideradas para efeito de sua incorporação no Projeto de Comunicação Social, como partes interessadas.

II.8.2.5. Rotas das Embarcações de Apoio e Aeronaves

Além da área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas, foram inseridas na Área de Influência da atividade, para os meios físico, biótico e socioeconômico, as áreas utilizadas para navegação pelas embarcações que darão suporte à perfuração e que estão localizadas fora dos limites dos blocos, bem como as rotas utilizadas pelas aeronaves alocadas na atividade.

As bases logísticas para suporte à atividade estarão localizadas nos municípios de Niterói (RJ) e Maceió (AL).

Para suporte marítimo, está prevista a utilização de quatro embarcações de apoio do tipo PSV (*Plataform Support Vessel*) e uma do tipo FSV (*Fast Support Vessel*), que circularão entre a área do empreendimento e as bases de apoio, com uma frequência aproximada de 11 viagens (ida/volta) por mês para a base de Niterói (RJ) e três viagens por mês para a base de Maceió (AL).

Na **Figura II.8 - 3** é possível encontrar as rotas estimadas entre os blocos e as bases marítimas previstas.

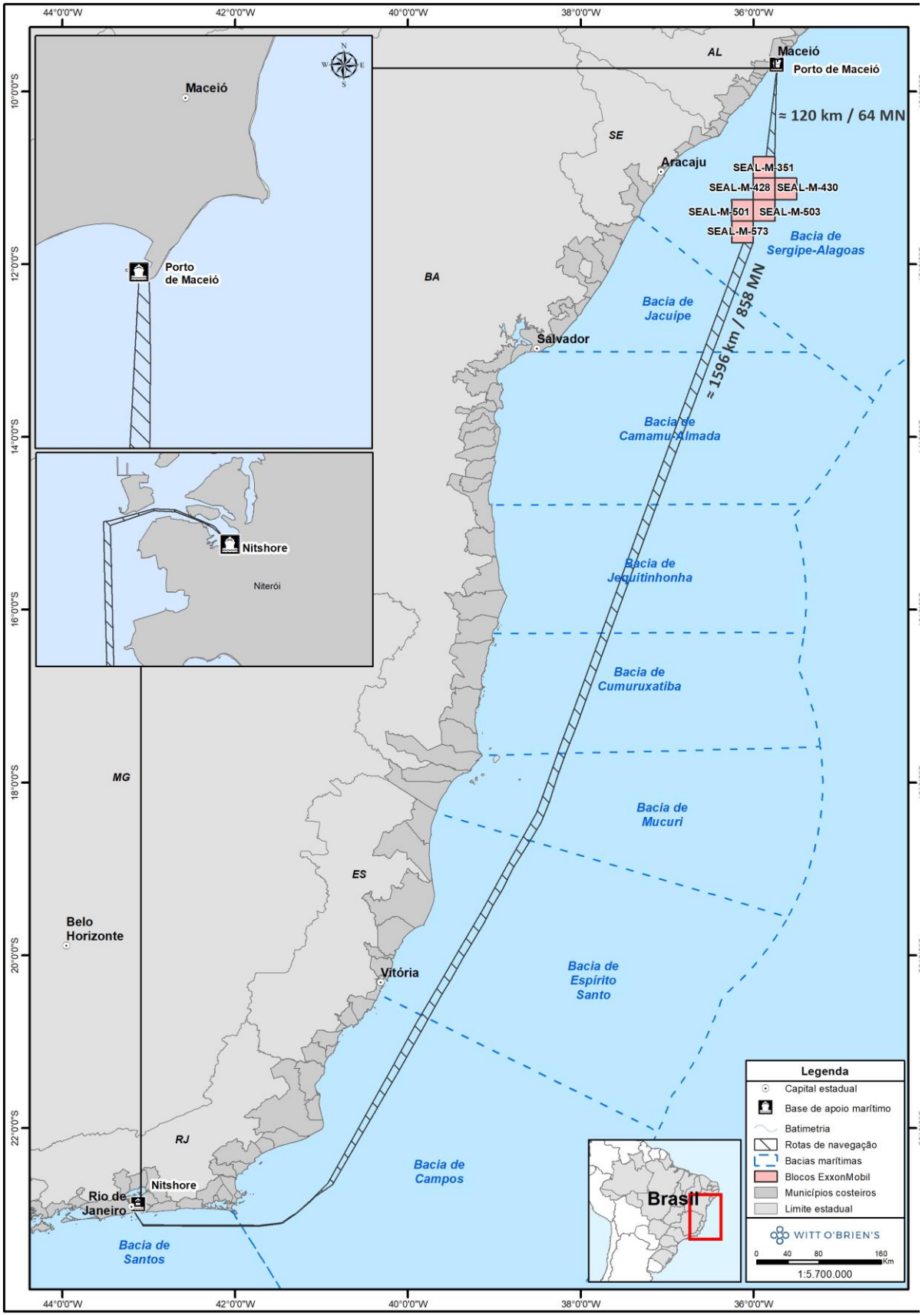


Figura II.8 - 3: Rotas previstas das embarcações de apoio entre os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe-Alagoas e as bases de apoio no estado do Rio de Janeiro (Niterói) e Alagoas (Maceió).

A circulação de embarcações poderá interferir, temporariamente, na dinâmica da fauna marinha, havendo, também, a possibilidade de interferência com a atividade de pesca artesanal pelo uso do espaço marítimo, conforme já abordado anteriormente. Adicionalmente, é esperada a ocorrência de impactos na qualidade das águas e do ar, em função do descarte de efluentes e das emissões atmosféricas.

O transporte dos profissionais envolvidos na atividade de perfuração será realizado, por helicópteros, que circularão entre a base de apoio aéreo localizada em Aracajú (SE) e a área do empreendimento. Para esta atividade poderá ser utilizado o Aeroporto Internacional Santa Maria em Aracajú, no estado de Sergipe. Na **Figura II.8 - 4** está representada a rota aérea que será utilizada entre a base aérea e a área dos blocos.

Estão previstos, aproximadamente, 11 voos semanais para o transporte de passageiros.

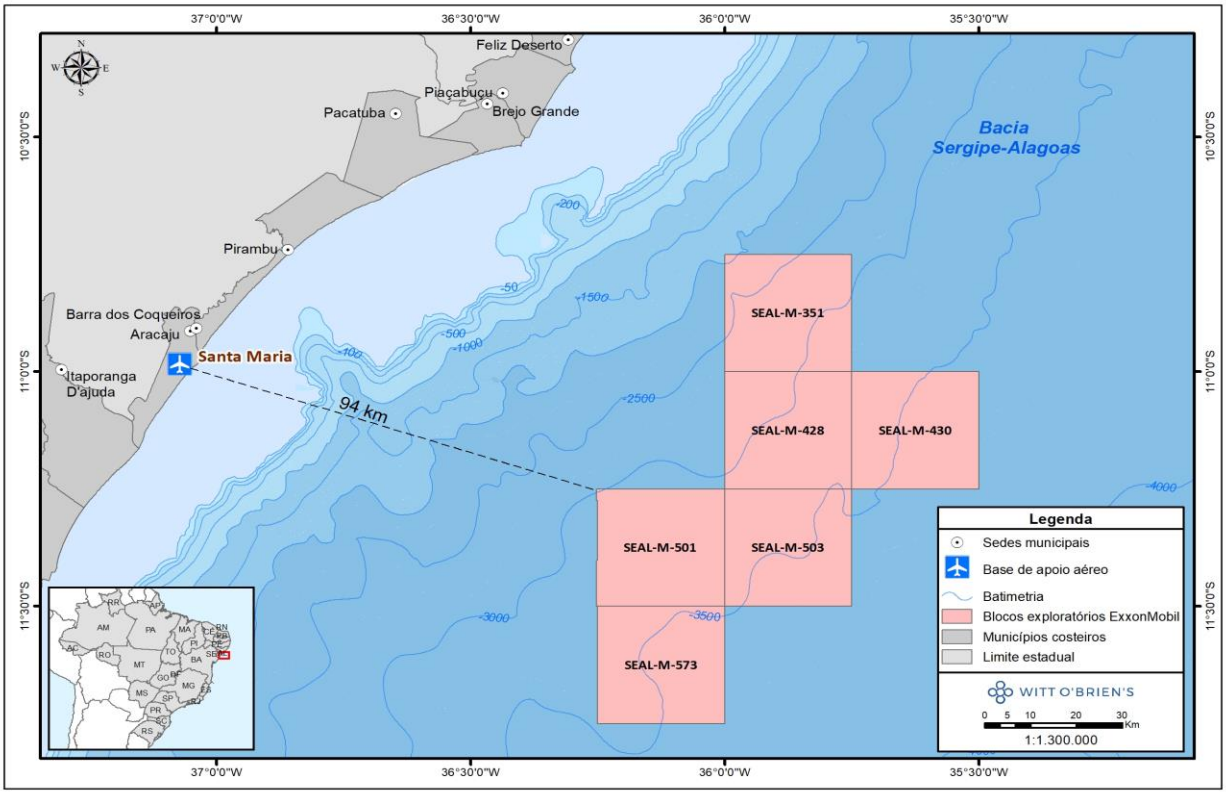


Figura II.8 - 4: Rota aérea prevista até os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe - Alagoas.

A circulação de aeronaves poderá interferir, temporariamente, na dinâmica da avifauna, principalmente nas áreas de pouso e decolagem. Adicionalmente, é esperada a ocorrência de impactos na qualidade do ar, em função das emissões atmosféricas.

Dessa forma, as rotas de navegação das embarcações de apoio, entre a área dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 e as bases de suporte marítimo localizadas em Niterói (RJ) e Maceió (AL), assim como a rota das aeronaves de apoio entre os blocos e a base aérea localizada em Aracajú (SE), foram consideradas na Área de Influência desta atividade de perfuração.

II.8.2.6. Bases de Apoio Marítimo

As bases de apoio marítimo à atividade localizam-se nos municípios de Niterói (Nitshore), no estado do Rio de Janeiro e Maceió (Porto de Maceió), no estado de Alagoas, motivo pelo qual esses municípios foram incluídos na Área de Influência da atividade.

II.8.3. Área de Influência Consolidada

A Área de Influência da Atividade de Perfuração Marítima de Poços nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, localizados na bacia de Sergipe-Alagoas, estabelecida de acordo com os critérios discutidos neste capítulo, encontra-se consolidada de forma resumida na **Tabela II.8 - 3**.

Tabela II.8 - 3: Área de Influência da Atividade de Perfuração Marítima nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe/Alagoas.

Critério	Área de Influência	Informações Adicionais
II.8.2.1 – Área da atividade II.8.2.2 - Descarte de Efluentes	– **Área total dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 (4.531 km²).**	Meios Físico, Biótico e Socioeconômico
II.8.2.3 - Interferência com a atividade de pesca artesanal	– **Paripueira (AL);** – **Maceió (AL);** – **Marechal Deodoro (AL);** – **Jequiá da Praia (AL);** – **São João da Barra (RJ);** – **Campos dos Goytacazes (RJ);** – **Niterói (RJ);** – **Rio de Janeiro (RJ).**	Meio Socioeconômico Sediam frotas pesqueiras, que podem ter parte das áreas de pesca sobrepostas pela rota de navegação dos barcos de apoio, em trecho de atuação relevante para a pesca artesanal
II.8.2.4 - Interferência com a atividade de pesca industrial	---	Meio Socioeconômico Entidades de pesca industrial incluídas para efeito de divulgação da atividade de perfuração, no âmbito do PCS
II.8.2.5- Rota das embarcações de apoio e aeronaves	– **Rotas das embarcações entre os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 e as bases de apoio marítimo em Niterói/RJ e Maceió/AL**	Meios Físico, Biótico e Socioeconômico Duas rotas: entre os blocos e o município de Niterói (RJ) e entre os blocos e o município de Maceió (AL)
	– **Rotas das aeronaves entre os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573 e a base de apoio aéreo em Aracajú/SE.**	Meios Físico e Biótico
II.8.2.6 – Bases de apoio marítimo	– **Niterói (RJ) e Maceió (AL)**	Meio Socioeconômico

A **Tabela II.8 - 4** sintetiza os critérios utilizados para a seleção dos municípios, considerando os possíveis impactos efetivos oriundos das atividades normais de operação.

A

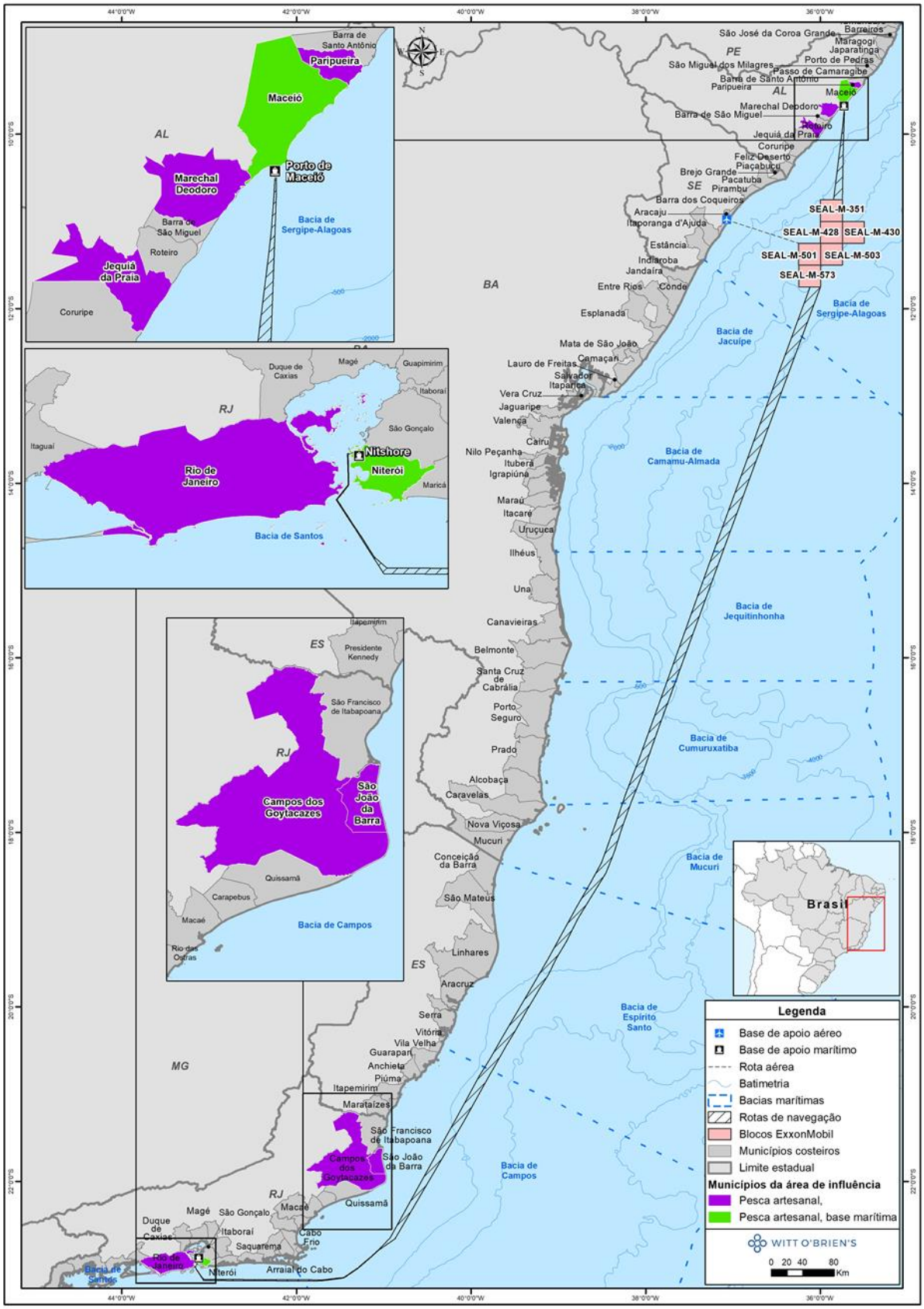


Figura II.8 - 5: Área de Influência definida para a atividade de perfuração nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe-Alagoas.

ilustra a abrangência da área de influência da atividade.

Tabela II.8 - 4: Municípios inseridos na Área de Influência e critério que motivou a inclusão.

UF	Municípios	Critérios	
		Pesca Artesanal	Base Marítima
AL	Paripueira		
	Maceió		
	Marechal Deodoro		
	Jequiá da Praia		
RJ	São João da Barra		
	Campos dos Goytacazes		
	Niterói		
	Rio de Janeiro		

Adicionalmente, as entidades representativas da pesca industrial, bem como as principais empresas de pesca dos municípios atuantes na área da atividade, a seguir discriminados, deverão ser consideradas com partes interessadas, para efeito de divulgação da atividade, no âmbito do Projeto de Comunicação Social (PCS):

- Navegantes e Itajaí, no estado de Santa Catarina;
- São Gonçalo e Niterói, no estado do Rio de Janeiro;
- Itapemirim, no estado do Espírito Santo.

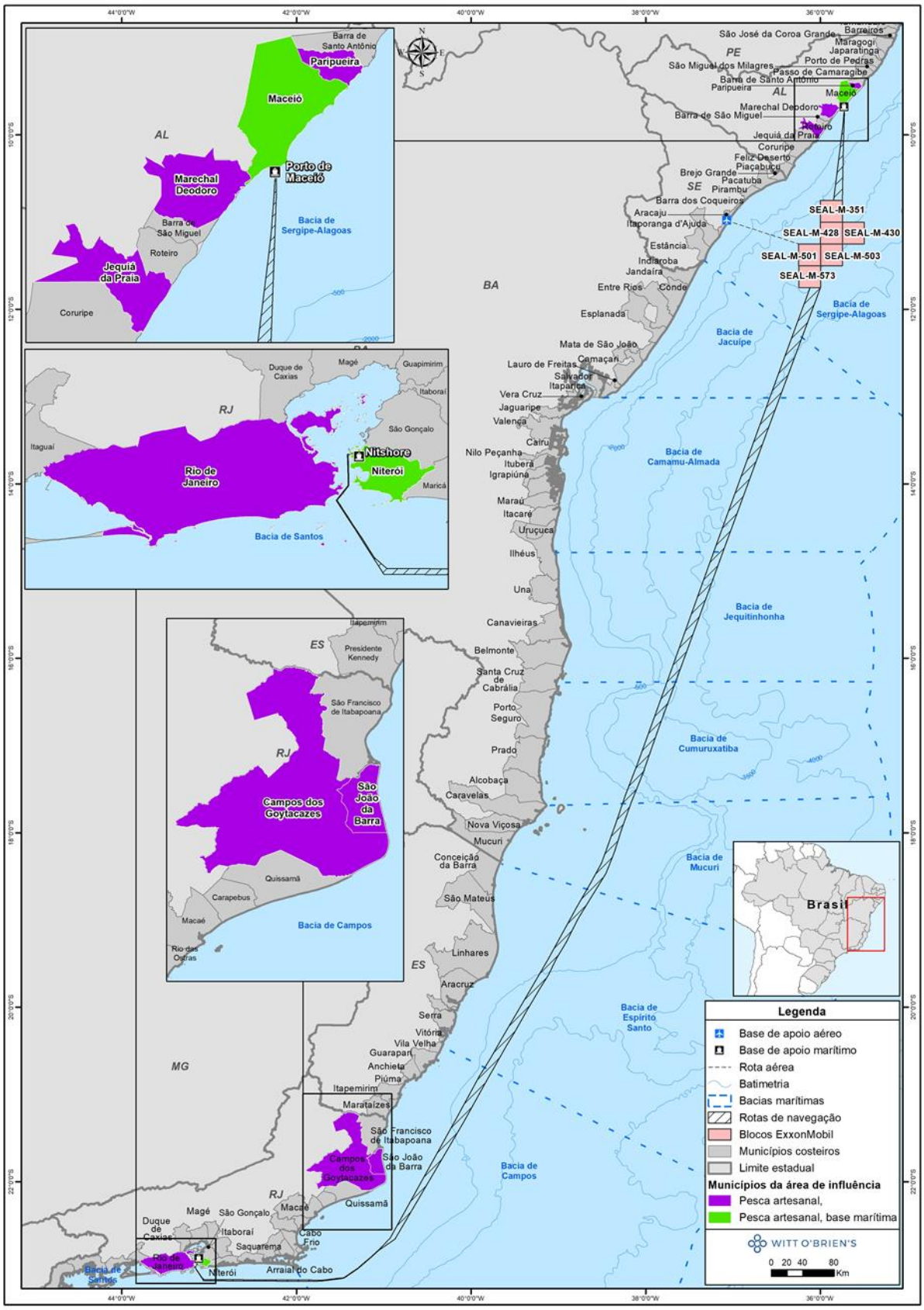


Figura II.8 - 5: Área de Influência definida para a atividade de perfuração nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe-Alagoas.

II.9 ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO AMBIENTAIS

- **INTRODUÇÃO**

A presente Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais (AGRA) foi elaborada visando ao cumprimento do Termo de Referência SEI/IBAMA Nº 5363447, de julho de 2019, emitido pela COEXP/CGMAC/DILIC/IBAMA no âmbito do Processo de Licenciamento Ambiental para a Atividade de Perfuração Marítima nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-430 e SEAL-M-573, localizados na Bacia de Sergipe - Alagoas (**Figura II.9 - 1**).

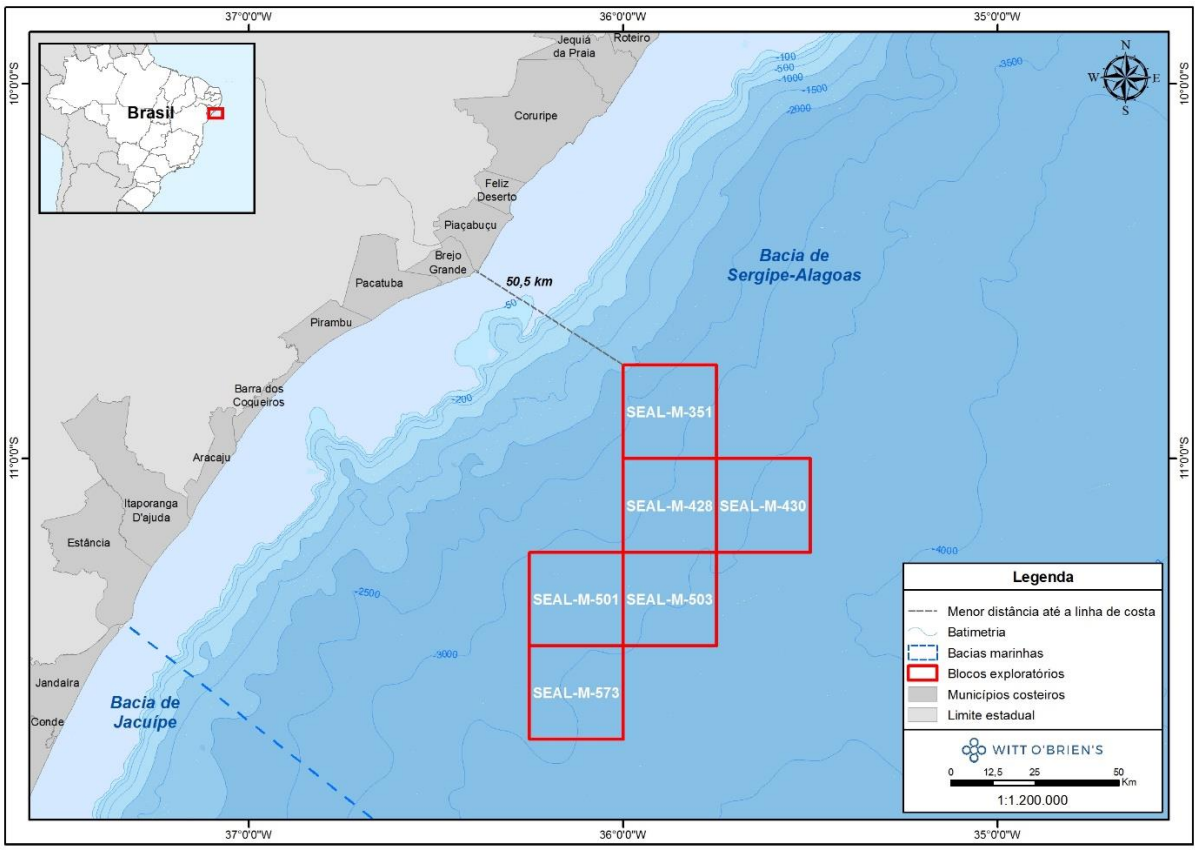


Figura II.9 - 1: Localização dos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-430 e SEAL-M-573, na Bacia de Sergipe - Alagoas

A Análise e Gerenciamento dos Riscos Ambientais (AGRA) para os blocos de SEAL foi elaborada a partir do reconhecimento prévio da sensibilidade ambiental da região com possibilidade de ser atingida por óleo, conforme resultados demonstrados pelo estudo de modelagem de dispersão de óleo no mar. A região possui grande diversidade físico-biológica, destacando-se a presença de manguezais, recifes de corais, estuários e praias arenosas. Essas características asseguram à região o uso de recursos dos ecossistemas como fonte de renda.

Os manguezais da região são muito ricos em termos de biodiversidade, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. Formam grandes cinturões dominados por espécies vegetais típicas, às quais se associam outros componentes da flora e da fauna, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade (SOUZA-FILHO, 2005 apud MENEZES et al., 2008; LEWIS et al., 2011).

Os recifes de corais da região apresentam grande extensão, complexidade biológica, alta diversidade e presença de espécies endêmicas, sendo, portanto, alvo de ações que visam a conservação do ecossistema (ANP/ECOLOGY, 2020).

A área passível de ser atingida pelo óleo em caso de vazamentos de grandes volumes também abriga uma grande variedade de grupos faunísticos, como tartarugas marinhas, cetáceos, sirênios, aves e recursos pesqueiros. Apresenta áreas de alimentação, reprodução e descanso de diversas espécies, muitas das quais classificadas como ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou mundial.

Porém, mesmo com um alto grau de sensibilidade ambiental, a região apresenta um histórico extenso de atividades relacionadas à exploração e produção de petróleo e gás. A produção de petróleo da região teve seu início em 1968 nas águas rasas do Campo de Guaricema, no litoral de Sergipe, localizado a cerca de dez quilômetros da costa e a 34,5 metros de profundidade. Até o momento, não foi registrado nenhum acidente de grande magnitude associado a esta atividade.

Por conta deste reconhecimento prévio, aplicou-se na presente AGRA o refinamento dos dados estatísticos usualmente adotados, de forma que o risco ambiental associado aos cenários catastróficos reflitam adequadamente as especificidades operacionais aplicáveis a esta campanha (padrões de segurança e integridade de poço) e as premissas adotadas para a modelagem do pior cenário acidental (*blowout* catastrófico com duração de 30 dias).

Com o passar dos anos, novas tecnologias e diretrizes internacionais foram desenvolvidas e tornaram as atividades relacionadas à exploração de óleo e gás cada vez mais seguras. Um exemplo dessa evolução foi a adoção do casco duplo em algumas embarcações, dentre elas embarcações de transporte de petróleo, pela *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL Convention),* em 1973. Segundo DNV (2011), houve uma redução pela metade da probabilidade de vazamento de óleo devido a colisões com embarcações de transporte de petróleo em águas australianas no período entre 1992 e 2010.

No contexto das operações de perfuração, podem ser destacados dois avanços com grande significância para a segurança dessas atividades, ambas com foco na prevenção do *blowout*: o estabelecimento de diretrizes e boas práticas internacionais relacionadas à Integridade de Poços, e o

uso da técnica de perfuração *Managed Pressure Drilling* (MPD). Cabe ressaltar que ambas práticas serão aplicadas na atividade objeto desse estudo.

O conceito de "Integridade de Poços" foi definido pela NORSOK (associação noroeguesa das empresas de óleo e gás) em 2004 através da norma D-010 (*Well Integrity in Drilling and Well Operations*). Esta definição visa reduzir o risco de liberação descontrolada de fluidos provenientes dos poços, a partir da aplicação de soluções técnicas, operacionais e organizacionais, tais como o uso do *Blowout Preventer* (BOP) e a política de dois Conjuntos Solidários de barreiras de poço (CSB)[1] independentes.

Ao contrário da prática de perfuração convencional, que se baseia principalmente no peso do fluido de perfuração como barreira primária de segurança, a técnica de perfuração MPD utiliza, além do peso da lama, um equipamento especial para ajustar a pressão anular ao longo do poço, de forma a atender aos requisitos estabelecidos para a pressão de fundo (BHP – *Bottom Hole Pressure*). Desta forma, o sistema MPD consegue aprimorar a confiabilidade da barreira de segurança primária do poço e, consequentemente, garantir maior segurança para a atividade.

Sendo assim, o presente estudo apresenta uma avaliação de riscos que reflete não somente a sensibilidade ambiental da região, mas também considera todos os investimentos associados a aplicação de técnicas/barreiras de segurança, hoje consideradas boas práticas internacionais.

A metodologia adotada será apresentada em detalhes a seguir e, sequencialmente, serão apresentados os resultados encontrados para esta atividade, assim como as conclusões estabelecidas.

- **METODOLOGIA**

Para a Análise e Gerenciamento dos Riscos Ambientais da atividade são considerados tanto os aspectos da operação quanto os do meio ambiente no qual a atividade está inserida. Tal abordagem permite que esta seja uma análise abrangente, apesar da complexidade inerente ao processo. Desta forma, enquanto o risco da operação está focado na falha do funcionamento dos equipamentos e procedimentos implementados, o risco relativo ao ambiente atenta-se para os recursos naturais existentes na região e no entorno onde a atividade será desenvolvida. Consequentemente, tais recursos, assim como o seu tempo de recuperação, poderão ser impactados.

De acordo com a metodologia proposta, o Risco Ambiental é expresso em termos da probabilidade de cada Componente de Valor Ambiental (CVA) ser atingido por determinadas faixas de volume de óleo. Para tanto, são necessários o cálculo do Risco Operacional, os resultados das modelagens de Dispersão

[1] ANP [2016]: Conjunto de um ou mais elementos com o objetivo de impedir o fluxo não intencional de fluidos da formação para o meio externo e entre intervalos no poço, considerando todos os caminhos possíveis.

de Óleo no Mar e a identificação dos Componentes Ambientais e dos seus respectivos Tempos de Recuperação. Com a integração desses componentes é possível se calcular um valor de Risco Ambiental para cada faixa de volume e cenário sazonal. A **Figura II.9 - 2** apresenta de maneira simplificada a metodologia empregada para a elaboração deste estudo.

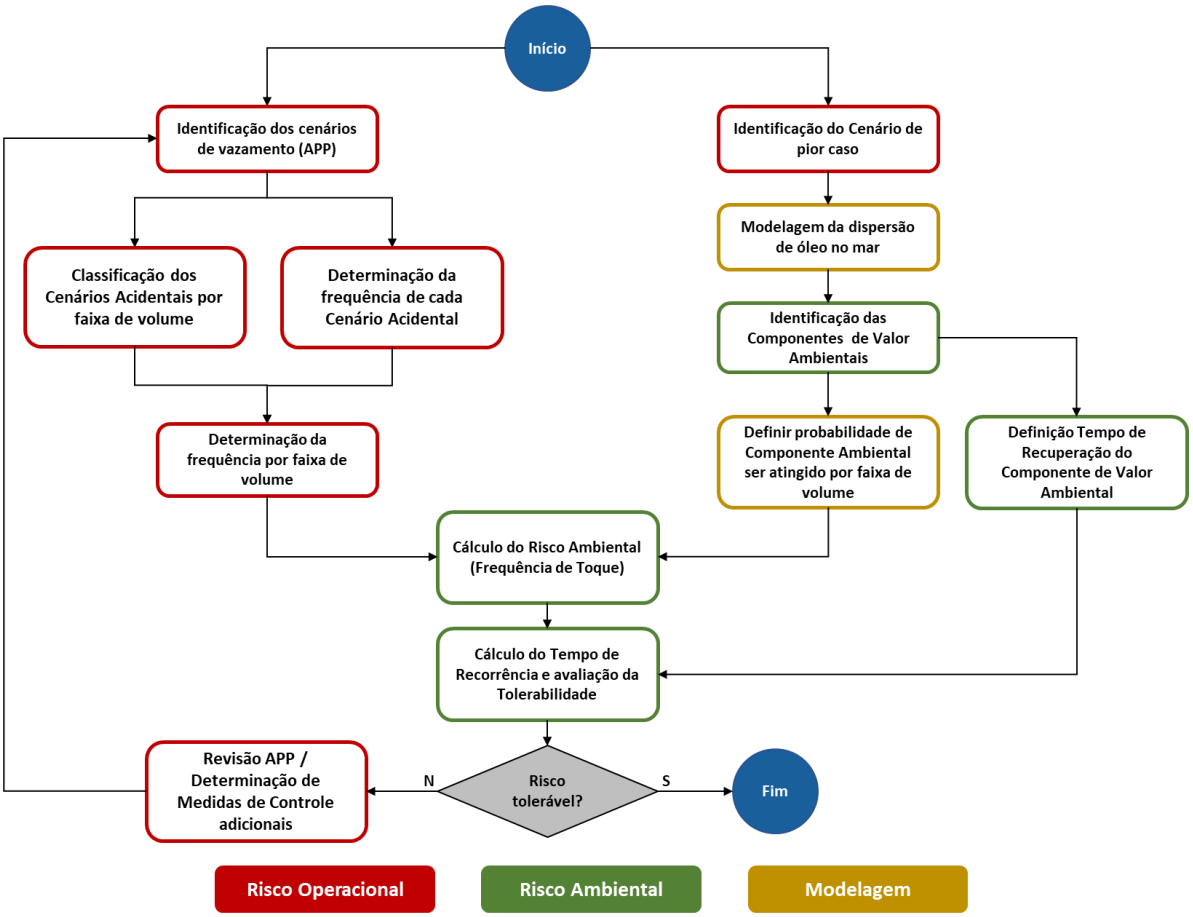


Figura II.9 - 2: Fluxograma para a elaboração da Análise de Risco Ambiental

Cada uma das etapas dessa metodologia será apresentada em detalhes a seguir.

- **IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS**

Um cenário acidental é definido como um evento ou sequência de eventos, não propositais, que tenham consequências indesejáveis. O levantamento dos cenários acidentais foi realizado através de uma Análise Preliminar de Perigos (APP). A APP deste Estudo possui como foco cenários de vazamentos de produtos químicos líquidos com potenciais danos ambientais.

A APP é uma técnica indutiva estruturada para identificar os principais perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, avaliar seus riscos, e propor recomendações.

Um perigo é definido como uma característica do sistema, ou seja, uma condição física ou química com potencial de causar danos às pessoas, à propriedade e ao meio ambiente. Na APP são identificados os

perigos presentes na unidade de perfuração e suas embarcações/instalações de apoio que podem resultar em liberação de hidrocarbonetos e/ou qualquer outro produto.

A APP é apresentada na forma de planilhas, identificando os eventos iniciadores de forma organizada e sistemática. A **Tabela II.9 - 1** apresenta o modelo da planilha utilizada neste estudo.

Tabela II.9 - 1: Modelo planilha de APP

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa:				Folha:				
Departamento:				Revisão:				
Sistema:	Subsistema:			Data:				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA

As colunas que compõem a planilha de APP são as seguintes:

- **1ª Coluna: Perigo**

Perigos identificados para o subsistema/trecho de análise em estudo. Perigos são eventos acidentais com potencial para causar danos às instalações, aos operadores, público ou meio ambiente.

- **2ª Coluna: Causa**

As causas podem envolver falhas intrínsecas dos equipamentos, fatores externos e erros humanos durante testes, operação e manutenção.

- **3ª Coluna: Modo de Detecção**

A detecção da ocorrência do perigo pode ser através de sensores, instrumentação ou percepção humana.

- **4ª Coluna: Consequências (Efeitos)**

Principais consequências acidentais envolvendo substâncias tóxicas ou inflamáveis, tais como incêndios, explosões, poluição ambiental, etc.

- **5ª Coluna: Categoria de Frequência**

Corresponde à indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência de cada cenário acidental identificado. As categorias de frequência utilizadas neste trabalho encontram-se apresentadas na **Tabela II.9 - 2**.

Tabela II.9 - 2: Categorias de frequência

CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA			
Categoria	**Denominação**	**Frequência (ano^{-1})**	**Características**
A	Extremamente Remota	$F < 10^{-4}$	Não deverá ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há registro anterior de ocorrência para as condições operacionais da análise.
B	Remota	$10^{-4} < F < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação
C	Ocasional	$10^{-3} < F < 10^{-2}$	Improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação
D	Provável	$10^{-2} < F < 10^{-1}$	Provável de ocorrer durante a vida útil da instalação
E	Frequente	$F \geq 10^{-1}$	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação

Legenda: F - Frequência

- **6ª Coluna: Categoria de Severidade**

É a indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada cenário acidental identificado. As categorias de severidade utilizadas neste trabalho encontram-se apresentadas na **Tabela II.9 - 3**.

Tabela II.9 - 3: Categorias de severidade

CATEGORIAS DE SEVERIDADE		
Categoria	**Denominação**	**Características**
I	Menor	Vazamentos de até 8 m³ (0 < V ≤ 8 m³)
II	Média	Vazamentos entre 8 m³ e 200 m³ (8 < V ≤ 200 m³)
III	Crítica	Vazamentos maiores que 200 m³ e menores que 11.200 m³ (200 < V ≤ 11.200 m³)
IV	Catastrófica	Vazamentos acima de até 11.200 m³ (V > 11.200 m³)

Legenda: V: Volume

- **7ª Coluna: Categoria de Risco**

Nessa coluna é apresentada, para cada cenário acidental, a indicação qualitativa do nível de risco, o qual é definido pela combinação da frequência de ocorrência de um determinado evento com as suas consequências (severidades) à vida humana e ao meio ambiente. A categoria de risco é definida a partir de uma matriz, tendo em vista as indicações anteriores das categorias de frequência e gravidade. A matriz utilizada neste trabalho para classificação de risco dos cenários acidentais encontra-se apresentada na **Tabela II.9 - 4**.

Tabela II.9 - 4: Matriz para Classificação de Risco

MATRIZ DE RISCO					
		Categoria de Severidade			
		I - Menor	II - Média	III - Crítica	IV - Catastrófica
Categoria de Frequência	A – Extremamente Remota	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Médio
	B – Remota	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Médio
	C – Ocasional	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Médio	Risco Alto
	D - Provável	Risco Médio	Risco Médio	Risco Alto	Risco Alto
	E - Frequente	Risco Médio	Risco Alto	Risco Alto	Risco Alto

- **8ª Coluna: Recomendações (R) / Observações (O)**

Recomendações de medidas preventivas e/ou mitigadoras que devem ser tomadas para diminuir a frequência de ocorrência e/ou a severidade do cenário acidental.

- **9ª Coluna: Cenário Acidental**

Número de identificação do cenário de acidente.

- **VOLUMES DE ÓLEO LIBERADOS**

Para a determinação dos volumes vazado em cada um dos cenários acidentais avaliados neste estudo, foram utilizadas as diretrizes da CONAMA 398/08 conforme descrito na **Tabela II.9 - 5**. Estas diretrizes também são utilizadas para determinar o volume associado ao cenário de pior caso.

Tabela II.9 - 5: Determinação do volume vazado

DETERMINAÇÃO DO VOLUME VAZADO	
Tanques, equipamentos de processo e outros reservatórios	
$V = V_1$	**V_1:** Capacidade máxima do tanque, equipamento de processo ou reservatório.
Dutos	
$V = (T_1 + T_2) * Q + V_1$	**T_1:** Tempo de detecção do derramamento; **T_2:** Tempo entre a detecção do derramamento e a interrupção da operação de transferência; **Q:** Vazão máxima de operação do duto; **V_1:** Volume remanescente no duto após a interrupção da operação de transferência.
Plataformas de perfuração	
$V = V_1$	**V_1:** Volume diário estimado decorrente da perda de controle do poço de maior vazão associado à plataforma x 30 dias.
Operação de carga e descarga	
$V = (T_1 + T_2) * Q$	**T_1:** Tempo de detecção do derramamento; **T_2:** Tempo entre a detecção do derramamento e a interrupção da operação de transferência; **Q:** Vazão máxima de operação.
Plataformas de armazenamento associadas	
$V = V_1$	**V_1:** Volume correspondente à maior soma da capacidade de dois tanques de armazenamento adjacentes.

Fonte: CONAMA 398/08

- **DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS**

A frequência de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associada a cada um dos cenários acidentais é determinada a partir de duas etapas: a primeira é a avaliação da taxa de falhas de equipamentos, tubulações e/ou acessórios, e a segunda é a construção da árvore de eventos.

A partir da análise de documentos técnicos, tais como os Diagramas de Tubulação e Instrumentação (P&ID) e o arranjo geral da unidade de perfuração, foram identificados os equipamentos, tubulações e acessórios envolvidos em cada um dos sistemas. Suas respectivas taxas de falhas foram obtidas em bancos de dados e através de uma análise histórica de acidentes. Os valores de frequência de ocorrência dos cenários acidentais foram calculados considerando a contribuição de todos os componentes do trecho em análise, para diferentes faixas de vazão de vazamento.

Para a análise dos sistemas, foi considerado que a falha em cada um dos equipamentos avaliados isoladamente resultaria na ocorrência de vazamento de óleo e/ou produtos químicos. Dessa forma, as frequências dos eventos iniciadores foram obtidas pela soma das taxas de falha de cada um dos equipamentos constituintes do sistema em análise.

De acordo com RIVM, 2009, as diferentes possibilidades de evolução dos acidentes podem ser representadas através da Análise de Árvore de Eventos. A **Figura II.9 - 3** apresenta um exemplo de Árvore de Eventos para vazamento de substâncias líquidas.

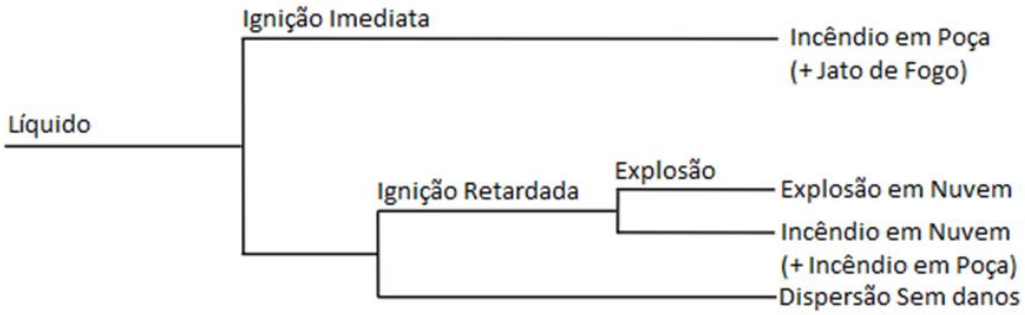


Figura II.9 - 3: Árvore de Eventos para o vazamento de líquidos inflamáveis (Fonte: RIVM, 2009)

As árvores de eventos foram construídas partindo-se dos eventos iniciadores e considerando-se o desdobramento do perigo referente a cada cenário da APP, em diferentes tipologias acidentais. Para o presente estudo, as tipologias acidentais consideradas foram incêndio em poça, incêndio/explosão, flash e contaminação ambiental.

A frequência de ocorrência da hipótese acidental e de cada desdobramento possível são combinadas para a determinação da frequência de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associadas a cada um dos cenários acidentais. Para o presente estudo, foram considerados apenas os cenários relacionados ao derramamento de óleo no mar (representado na imagem como Dispersão Sem Danos) devido ao foco do estudo.

- **DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA POR FAIXA DE VOLUME**

Após a identificação e quantificação do volume vazado e da frequência de ocorrência, os cenários acidentais devem ser agrupados em faixas de volume vazado. A organização destas faixas é determinada pela CONAMA 398/08 da seguinte maneira:

- **Pequeno Vazamento (Faixa 1):** Volume Vazado ≤ 8 m³;
- **Médio Vazamento (Faixa 2):** 8 m³ < Volume Vazado ≤ 200 m³;
- **Grande Vazamento (Faixa 3):** Volume Vazado > 200 m³.

Com a frequência de ocorrência de cada cenário acidental definida é possível determinar as frequências de vazamento para cada faixa de volume, definidas como a soma da frequência de cada cenário acidental identificado na mesma faixa, conforme a **Equação II.9 - 1**.

$$F_{Faixa\ x} = \sum_{i=1}^{n} f_{CA}$$ **Equação II.9 - 1**

$F_{Faixa\ x}$: Somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume x;

n: Número de Cenários Acidentais na mesma faixa de volume;

f_{CA}: Frequência de ocorrência de cada Cenário Acidental de mesma faixa de volume.

- **PRODUTOS DA MODELAGEM DE ÓLEO**

Conforme mencionado anteriormente, além das frequências de ocorrência dos cenários acidentais, os resultados da modelagem da dispersão de óleo no mar também são necessários para a obtenção do Risco Ambiental.

A partir da identificação e mapeamento dos componentes ambientais e dos resultados da modelagem de dispersão de óleo no mar, é possível calcular a probabilidade de cada componente ambiental ser atingido por óleo. O processo de identificação dos Componentes de Valor Ambiental, assim como o cálculo da probabilidade de cada componente ser atingido será apresentado no próximo item.

Os resultados da modelagem contemplam dois cenários sazonais, verão e inverno, e três faixas de volume. O relatório técnico de Modelagem de Transporte de Óleo é apresentado na íntegra no Item II.6 (Modelagem Numérica).

Portanto, para o cálculo do Risco Ambiental foram considerados seis cenários simulados, os quais encontram-se representados na **Figura II.9 - 4**.

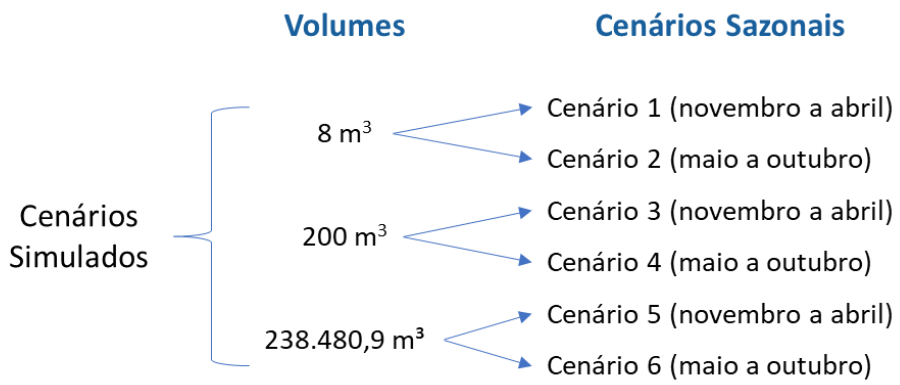


Figura II.9 - 4: Cenários considerados na modelagem de dispersão de óleo e efluentes

Nos cenários de pior caso, por tratar-se de um vazamento a partir do fundo, foi realizada uma integração dos resultados em superfície e na coluna d'água para os cálculos da probabilidade em cada CVA.

- **COMPONENTES DE VALOR AMBIENTAL (CVA)**

A identificação dos Componentes de Valor Ambiental (CVA) se deu a partir das informações contidas no Estudo de Impacto Ambiental elaborado para essa atividade, principalmente aquelas constantes nos itens Síntese da Qualidade Ambiental e Análise de Vulnerabilidade.

Como condições para o estabelecimento dos CVAs considerou-se que esses componentes devam ter presença significativa na área afetada, ser vulneráveis à poluição por óleo e deverão atender aos seguintes critérios:

- Ser importante (e não apenas financeiramente) para a população local, ou
- Ter interesse nacional ou internacional, ou
- Ter importância ecológica.

Além disso, a CGPEG/DILIC/IBAMA orienta que estes componentes sejam comunidades biológicas (Ex: aves marinhas, mamíferos aquáticos, tartarugas marinhas, etc.) ou ecossistemas (ex: manguezais, recifes de corais, etc.). Por fim, em adição aos critérios citados acima, deverá ser considerada a presença de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção.

Vale ressaltar que uma comunidade biológica pode ser definida por populações de diferentes espécies vivendo e interagindo em uma área e, ecossistema, por sua vez, é a interação de uma comunidade com seu meio físico e energia (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; MILLER JR., 2007).

Uma vez que os CVAs foram identificados, realizou-se o mapeamento deles em termos de área de abrangência, utilizando-se informações disponíveis na literatura, entidades e órgãos ambientais, como também no próprio estudo ambiental desenvolvido. A bibliografia específica utilizada para o mapeamento de cada componente será fornecida nos resultados.

Os resultados deste mapeamento foram sobrepostos aos resultados das modelagens de deriva de óleo para o cálculo das probabilidades de toque de óleo nos componentes de valor ambiental, em cada um dos cenários identificados.

A probabilidade de presença de óleo foi calculada para cada CVA nas seis situações de derrame de óleo simuladas por modelagem. O cálculo da probabilidade de presença de óleo para cada CVA com distribuição dispersa, constitui uma média ponderada da probabilidade pela área de interseção dos

elementos de grade atingidos pelo óleo em cada CVA, por faixa de volume e por cenário sazonal, conforme a **Equação II.9 - 2**.

$$Prob(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{i,y}.A_i)}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$ **Equação II.9 - 2**

Prob(x,y): Probabilidade de o óleo atingir o CVA x considerando a faixa de volume y;

x: Identificação do CVA;

y: Faixa de volume;

n: Número de elementos de grade com probabilidade de presença de óleo dentro do CVA x;

$P_{i,y}$: Probabilidade de presença de óleo no elemento da grade i;

A_i: Área do elemento de grade i.

Cada elemento de grade tem um valor de probabilidade de presença de óleo e uma área correspondente, conforme exemplificado na **Figura II.9 - 5**.

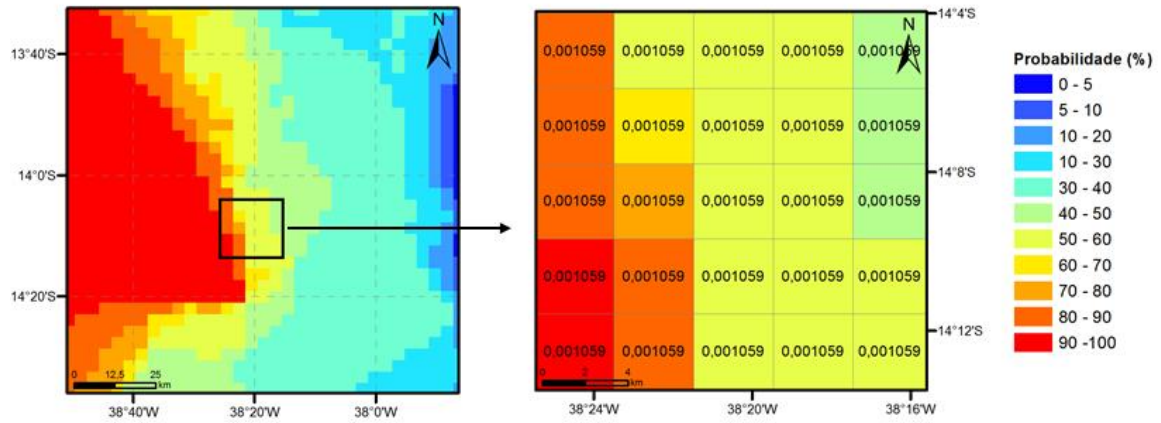


Figura II.9 - 5: Representação esquemática de um cenário probabilístico, detalhando à direita os valores de área em cada elemento de grade com suas respectivas cores representando a probabilidade.

- **RISCO AMBIENTAL**

Uma vez aferidas as frequências de ocorrência dos cenários acidentais e as probabilidades de cada CVA ser atingido por óleo, calcula-se o risco ambiental para cada componente, em cada faixa de volume e cenário sazonal, conforme a **Equação II.9 - 3.**

$$RA(x,y) = F_{total-y}.Prob(x,y)$$ **Equação II.9 - 3**

RA(x,y): Risco Ambiental do CVA x;

x: Identificação do CVA;

y: Faixa de volume;

$F_{faixa-y}$: Somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume y;

Prob(x,y): Probabilidade de o óleo atingir o CVA x.

A **Tabela II.9 - 6** exemplifica o resultado encontrado para cada componente em cada faixa de volume para um cenário sazonal.

Tabela II.9 - 6: Exemplo de resultado encontrado após o cálculo do Risco Ambiental (RA) para cada componente.

CVA/SVA	8 m³	200 m³	>200 m³
X	$RA_{x,8}$	$RA_{x,200}$	$RA_{x,>200}$
Y	$RA_{y,8}$	$RA_{y,200}$	$RA_{y,>200}$
Z	$RA_{z,8}$	$RA_{z,200}$	$RA_{z,>200}$
n	...	...	...

Após a determinação do Risco Ambiental é necessário avaliar se o valor encontrado é considerado tolerável, ou seja, se o tempo de recuperação do CVA é insignificante em comparação com o tempo de recorrência do dano.

- **TEMPO DE RECUPERAÇÃO**

O tempo de recuperação de cada CVA, essencial para o cálculo da tolerabilidade, foi obtido com base nas informações disponíveis em bibliografias especializadas, tanto nacionais quanto internacionais.

É digno de nota que diversos autores trabalharam definições para o que se entende como tempo de recuperação, como PARKER & MAKI (2003), KINGSTON (2002), JOHN & ROBILIARD (1997), entre outros. Além disso, os termos de referência emitidos pelo próprio IBAMA estabelecem como definição que tempo de recuperação é “o tempo que o componente, após ser atingido, levaria para se recompor aos níveis anteriores à exposição por óleo”.

A despeito das definições com relação à recuperação, algumas considerações relativas a tempos de recuperação são necessárias, tais como:

- Muitos dos recursos afetados pelos vazamentos possuem uma limitação de informações quanto ao seu *status* anterior aos acidentes. Adicionalmente, alguns dos dados pertinentes são resultados de uma amostragem limitada que, consequentemente, produz grandes intervalos de confiança ao redor das estimativas populacionais (EVOSC, 2010).

- A distribuição dos animais é um desafio para se conseguir uma contagem acurada dos tamanhos populacionais (especialmente para os mais móveis, como peixes, aves e mamíferos marinhos). A maior parte das estimativas populacionais tem uma ampla variabilidade associada aos dados.
- É extremamente difícil separar o que é um efeito prolongado de um acidente do que são mudanças naturais ou causadas por fatores não relacionados ao vazamento de óleo.
- É impossível afirmar o quanto uma comunidade que tenha se recuperado de um vazamento de óleo é a mesma, ou diferente, da que teria persistido na ausência do óleo (KINGSTON, 2002).
- A escala geográfica de estudos conduzidos ao longo dos anos tem variado entre os recursos, e esta disparidade deve ser considerada quando os dados são interpretados e aplicados os resultados para o *status* de recuperação. Alguns estudos foram realizados em uma grande escala espacial (e g. BARTH, 2002; DICKS, 1998, HEUBECK *et al.*, 2003, entre outros) para responder às preocupações de populações e ecossistemas, enquanto outros estudos foram focados em exposição localizada e efeitos do óleo (e g. BOERTMANN & AASTRUP, 2002; CARLS *et al.*, 2001; EPA, 1999; entre outros).
- O tempo de recuperação estabelecido para cada CVA não é necessariamente fixo, ou seja, o ambiente e as características da atividade que será realizada irão contribuir para o estabelecimento mais apropriado do tempo de recuperação para cada componente, que pode variar de estudo para estudo.
- Não se pode considerar um valor de tempo de recuperação igual para vazamentos que se originam perto da costa e para aqueles que se originam longe da costa, uma vez que no segundo caso o óleo sofre o processo de intemperização antes de atingir o litoral, chegando menos tóxico a este ambiente (KINGSTON, 2002).
- Se uma área é suprimida de sua fauna, esta pode se recuperar através do recrutamento de populações próximas (KINGSTON, 2002).
- A existência de algumas espécies ameaçadas dentro da comunidade (valor não significativo), por si só, não aumenta o tempo de recuperação da comunidade como um todo, até porque o tempo de recuperação estabelecido neste estudo é uma estimativa entre o pior e o melhor casos.

Os etalhes dos valores encontrados e da bibliografia consultada estão descritos no item de resultados.

- **TEMPO DE RECORRÊNCIA**

O Tempo de Recorrência, o qual corresponde a outro fator essencial para o cálculo da tolerabilidade, pode ser definido como o espaço de tempo, em anos, entre a ocorrência de eventos de vazamentos de óleo no mar, em cada faixa de volume e cenário sazonal que, potencialmente, causariam danos a um determinado CVA. Desta forma, o tempo de recorrência está relacionado com a frequência de ocorrência dos cenários acidentais em cada faixa de volume e com a probabilidade de o óleo atingir cada CVA, podendo, portanto, ser definido como o inverso do Risco Ambiental, conforme a equação abaixo:

$$Tempo\ Recorrência(x, y) = \frac{1}{RA(x, y)}$$ **Equação II.9 - 4**

Tempo Recorrência (x, y): Tempo de recorrência de um vazamento da faixa de volume y atingir um CVA x;
RA (x, y): Risco Ambiental do CVA x;
x: Identificação do CVA;
y: Faixa de volume.

Simplificadamente, o Tempo de Recorrência pode ser considerado como o tempo total que um dado CVA teria para se recuperar dos potenciais danos causados por um dado vazamento de óleo até que um segundo vazamento de óleo viesse a ocorrer.

- **TOLERABILIDADE**

Uma vez estabelecido o Tempo de Recuperação e os valores de Risco Ambiental para cada CVA, pode-se calcular a Tolerabilidade. A NORSOK Standart Z-013 (2010) afirma que:

> "*A recuperação seguida de um dano ambiental para os recursos mais vulneráveis deve ser insignificante em relação ao período esperado entre a ocorrência destes danos*".

Desta forma, considera-se que o Tempo de Recuperação de um componente ambiental deve ter uma duração insignificante quando comparada ao período esperado de recorrência destes danos. Partindo-se deste princípio, a Tolerabilidade é calculada levando-se em consideração a relação entre o Tempo de Recuperação definido para cada CVA e o tempo de recorrência do dano, conforme a equação abaixo.

$$Tolerabilidade(x,y) = \frac{Tempo\ de\ Recuperação\ (x)}{Tempo\ de\ Recorrência\ (x,y)} . 100\%$$ **Equação II.9 - 5**

Tempo de Recuperação (x): Tempo de recuperação do CVA x após ser atingido por um vazamento de óleo;
Tempo de Recorrência (x, y): Tempo de recorrência de um vazamento da faixa de volume y atingir um CVA x;
x: Identificação do CVA;
y: Faixa de volume.

Portanto, a Tolerabilidade foi calculada para cada CVA, considerando as modelagens de dispersão de óleo elaboradas, totalizando um resultado para cada CVA.

A Tolerabilidade pode ser entendida como um limite no qual os riscos são aceitáveis e a relação estabelecida deve variar de componente para componente. Conforme determinação da COEXP/CGMAC/DILIC/IBAMA, em caso de ocorrência de risco intolerável, os procedimentos e instalações que originaram o quadro de riscos e cenários acidentais devem ser revistos e novos cálculos realizados, até que o risco ambiental seja considerado tolerável.

Destaca-se que, para todos os cálculos realizados nessa Análise de Risco Ambiental, não são consideradas as medidas preventivas e de contingência a vazamentos adotadas pela empresa, tampouco as ações de resposta a derrames de óleo no mar previstas no Plano de Emergência Individual (PEI).

II.9.1 Descrição das Instalações

A WEST SATURN é a Unidade a ser empregada na Atividade de Perfuração Marítima da ExxonMobil nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-430 e SEAL-M-573, localizados na Bacia de Sergipe - Alagoas.

A ExxonMobil tem previsão de perfurar até 11 poços exploratórios nestes blocos, em lâminas d'água de até 3658 m.

A empresa proprietária e operadora da Unidade WEST SATURN é a Seadrill. A WEST SATURN é uma unidade flutuante de perfuração, completação e intervenção em poços de petróleo, tipo navio sonda, cujas características principais são apresentadas na Descrição da Unidade Marítima (DUM) do Cadastro de Unidades Marítimas de Perfuração (CADUMP) (**Anexo A)**. O CADUMP revisado será protocolado pela empresa ExxonMobil no IBAMA.

II.9.1.1 Principais Sistemas e Subsistemas da Unidade

A Descrição disponibilizada no **Anexo A** apresenta os principais sistemas, subsistemas e componentes da unidade de perfuração WEST SATURN, incluindo recursos de segurança como equipamentos de

controle do poço (BOP), sistema de perfuração com pressão gerenciada (MPD – *Managed Pressure Drilling*), sistemas de detecção de gases e os equipamentos de combate a incêndio.

O item a seguir apresenta os principais critérios de segurança, incluindo as medidas preventivas adotadas na fase de planejamento para mitigar os riscos de uma eventual perda de controle de poço.

II.9.1.2 Medidas Preventivas / Mitigadoras para Controle de Poço

A indústria de óleo & gás, durante a perfuração de um poço, segue padrões e procedimentos de segurança/medidas preventivas com o objetivo de garantir o controle de poço, monitorando e prevenindo eventuais influxos de fluidos do reservatório (*kick*) e otimizando ações de resposta. O descontrole de poço pode resultar em um evento de *blowout*, que possui potencial para causar danos graves aos trabalhadores, ao meio ambiente e às instalações/operações.

Os principais procedimentos de segurança e medidas preventivas /mitigadoras a serem seguidos pela ExxonMobil durante as atividades de perfuração para garantir o controle de poço são:

- Durante a fase de planejamento de perfuração dos poços, serão analisados os parâmetros sísmicos e correlacionados a outros poços e/ou blocos com similaridade geológica, geofísica e batimétrica. Esta análise possui como objetivo principal minimizar incertezas relacionadas a fatores de riscos geológicos, por exemplo: prever a ocorrência de zonas de pressão anormal, formações não consolidadas e arenitos permeáveis. Adicionalmente, esta avaliação auxilia na redução da possibilidade de ocorrência de problemas durante a perfuração como, por exemplo, perfuração em zonas com bolsões de gás rasos (*shallow gas*), fraturamento de formações ou influxos indesejáveis (IBAMA,2010).
- Planejar e implantar medidas, objetivando o gerenciamento da efetividade e integridade do conjunto solidário de barreiras do poço, a exemplo de:
    - Realização de testes de absorção (*leak off test*) e/ou integridade da formação e do revestimento após o fim das operações de descida e cimentação de revestimento (NORSOK, 2004);
    - Programação de volume adequado de fluido de perfuração, garantindo a presença permanente de reserva de segurança (IBAMA,2010);
    - Cálculo adequado da densidade do fluido de perfuração para garantir pressão do fluido maior que a pressão do reservatório, assim como gerenciamento operacional da produção do mesmo;

- Uso do BOP (*Blowout Preventer* - Preventor de Erupção) apropriado para conter e controlar qualquer influxo indesejável, circulando para fora do poço e, depois, ajustando a densidade do fluido de perfuração para suportar a nova pressão de formação. O BOP deve cumprir os requerimentos necessários para realizar o fechamento do poço em tempo adequado. A pressão e a temperatura do BOP devem ser monitoradas através de sistema na superfície;
- Teste do BOP antes de sua descida na superfície (no momento da primeira descida e conexão com a cabeça de poço), após a descida e cimentação de um novo revestimento, e frequentemente a cada 14 dias (podendo ser estendido até 21 dias em casos excepcionais), incluindo *manifolds* e válvulas de segurança;
- Utilização da técnica MPD para controlar precisamente o perfil de pressão anular em todo o trajeto da zona (crítica) que está sendo perfurada, manter a pressão do fundo do poço constante (CBHP – *Constant Bottom Hole Pressure*) e obter uma detecção mais rápida de influxo da formação para dentro do poço. Esse sistema é projetado para gerar uma leve contrapressão (SBP - *Surface Back Pressure*) no poço, o que mantém a sua pressão de fundo constante.

- Planejar e implantar medidas visando a identificação do *kick* (percursor do *blowout*), a exemplo de:
  - Monitoramento da pressão de poros e fratura durante a perfuração das diversas fases ou seções do poço. Este monitoramento permite detectar a existência de uma formação com pressão anormal e pode ser realizado por métodos geofísicos, parâmetros de perfuração e do fluido de perfuração (ex. volume, fluxo de retorno), análise de cascalhos (ex. angulosidade, tamanho e densidade), perfilagem (LWD – ex. resistividade, perfis sônicos) através de sistemas da sonda e unidades de *mud logging* (IBAMA,2010).
  - Utilização de sensores de detecção de gás e cromatografia gasosa, além do recurso de *mud logging* para detectar possíveis influxos (IBAMA,2010).
  - Durante remoção da coluna ou paradas de perfuração e conexões, deve ser realizada a verificação da estabilidade do nível do fluido de perfuração no anular, analisando a existência de perda excessiva e influxo de fluido;
- Planejar e implantar medidas visando controlar o poço no caso de um *kick* e mitigar consequências de um eventual *blowout*, a exemplo de:

- Manter estoque de material de contingência na sonda para uso, caso seja necessário combater uma perda excessiva de fluido de perfuração para a formação ou peso insuficiente do fluido de perfuração (ex. estocagem adicional de baritina na sonda para garantir aumento o peso do fluido de perfuração, caso necessário) (IBAMA,2010) (NORSOK, 2004);
- Realização periódica de treinamento realístico de detecção e controle de perda de barreiras de poço (*kick*) para as equipes envolvidas na perfuração, com o objetivo de capacitá-las para controle do poço e adequar suas capacidades de reação em situações inesperadas, visando atingir tempos de resposta suficientes (IBAMA,2010) (NORSOK, 2004);
- Estabelecimento de Plano de Contingência para *blowout*, considerando: estratégias para fechamento dos poços, equipamentos/pessoas/serviços necessários, medidas para limitar as consequências de *blowout* e Guia para normalização das operações (NORSOK, 2004).
- Em caso de detecção de um influxo indesejável no poço (*kick*), o procedimento imediato para operações convencionais deve ser parar a perfuração e fechar o BOP. Com o uso da técnica MPD, uma detecção quase imediata do *kick* é realizada e a mitigação pode ser feita de forma quase instantânea através do sistema e o *kick* circulado.
- Simulado de desconexão do *riser* com dados operacionais relevantes.

II.9.2 Análise Histórica de Acidentes Ambientais

A análise histórica de acidentes ambientais consiste em um levantamento dos acidentes ocorridos em atividades e unidades marítimas similares à avaliada neste estudo. Este levantamento considera acidentes que ocorreram pelo mundo e busca descrever, sempre que disponível, os desdobramentos dos acidentes. A descrição dos acidentes apresentados inclui:

- Tipologia acidental;
- Causas dos acidentes;
- Consequências e magnitude dos danos ambientais causados;
- Dados estatísticos.

O objetivo da análise histórica é avaliar os cenários acidentais mais relevantes da indústria de óleo e gás internacional e nacional para enriquecer a análise de risco proposta por este estudo.

Esta análise histórica será dividida em quatro etapas. A primeira apresenta um contexto geral das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural, destacando os principais incidentes associados a estas atividades. A segunda apresenta uma análise detalhada sobre *blowouts*, uma vez que este é o cenário acidental mais relevante associado à perfuração exploratória. A terceira apresenta um histórico específico da região avaliada neste estudo (Bacia de Sergipe-Alagoas). A quarta e última apresenta a descrição de alguns acidentes relacionados à atividade de perfuração.

II.9.2.1 Contexto Geral

Em 2010, a *International Association of Oil and Gas Producers* publicou o relatório nº 434-17 (*Risk Assessment Data Directory - Major Accidents*). Este relatório considerou informações do *World Offshore Accident Database* (WOAD) do período entre 1970 e 2007.

Segundo a OGP (2010a), um grande cenário acidental é definido como um acidente que resulta em pelo menos uma das seguintes consequências:

- Danos severos ou perda total de unidades *offshore*;
- Danos a propriedade superiores a 100.000 dólares em unidades *onshore*;
- Vazamentos superiores a 1.000 barris de óleo.

Além disso, a OGP (2010a) define danos severos e perda total da seguinte maneira:

- **Danos Severos:** Danos severos a um ou mais módulos da unidade; danos grandes ou médios em estruturas de sustentação; danos críticos a equipamentos essenciais.
- **Perda Total:** Perda total da unidade, incluindo perda total do ponto de vista do seguro da unidade. Entretanto, a unidade pode ser reparada e colocada em operação novamente.

Segundo a OGP (2010a), foram registrados 703 acidentes envolvendo danos severos e 318 acidentes envolvendo perda total no período entre 1970 e 2007. A **Figura II.9 - 6** apresenta a distribuição desses acidentes ao longo do mundo. Nesta distribuição, o Brasil encontra-se na classificação “Outros”, grupo responsável por aproximadamente 15% dos acidentes registrados.

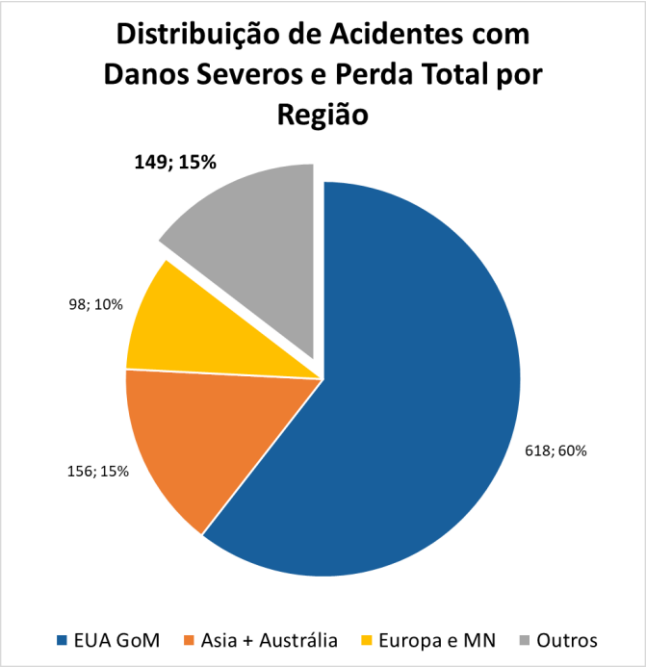


Figura II.9 - 6: Distribuição de acidentes envolvendo danos severos e perda total por região (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010a)

As **Figura II.9 - 7** e **Figura II.9 - 8** apresentam a distribuição desses acidentes por período operacional. Nelas, é possível observar que a fase de perfuração é responsável por aproximadamente 15% dos acidentes envolvendo danos severos e 18% dos acidentes envolvendo perda total. Em ambos os casos, a fase de perfuração é apresentada como o segundo período com maior incidência de acidentes.

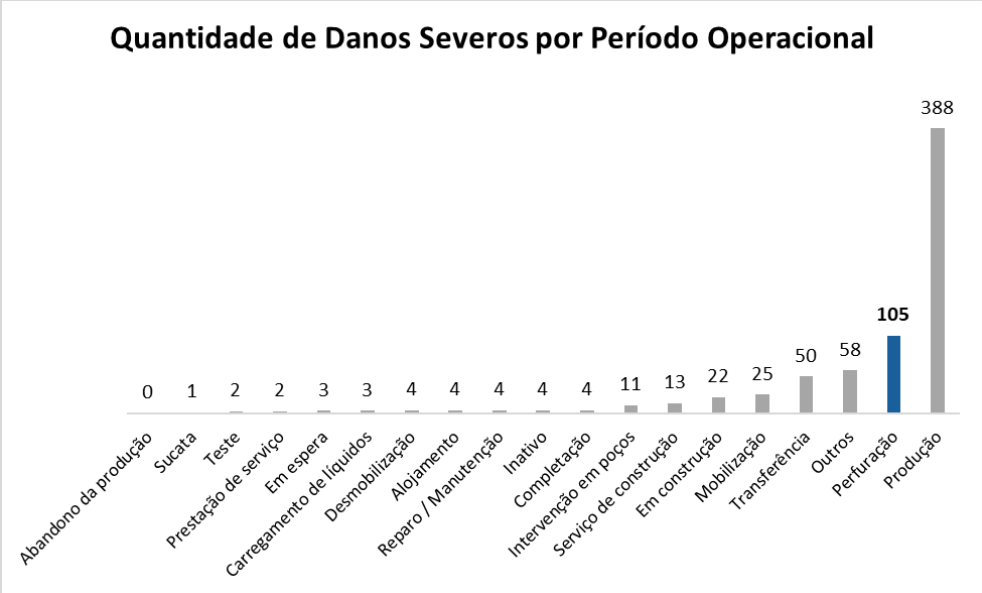


Figura II.9 - 7: Distribuição de acidentes envolvendo danos severos por período operacional (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010a)

Figura II.9 - 8: Distribuição de acidentes envolvendo perda total por período operacional (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010a)

As **Figura II.9 - 9** e **Figura II.9 - 10** apresentam a distribuição dos acidentes registrados na fase de perfuração por tipo de unidade marítima. Nelas, é possível observar que 7 acidentes envolvendo danos severos e 3 acidentes envolvendo perda total foram registrados em embarcações do tipo navio sonda. Em ambos os casos, estes valores correspondem a menos de 10% dos acidentes registrados durante atividades de perfuração.

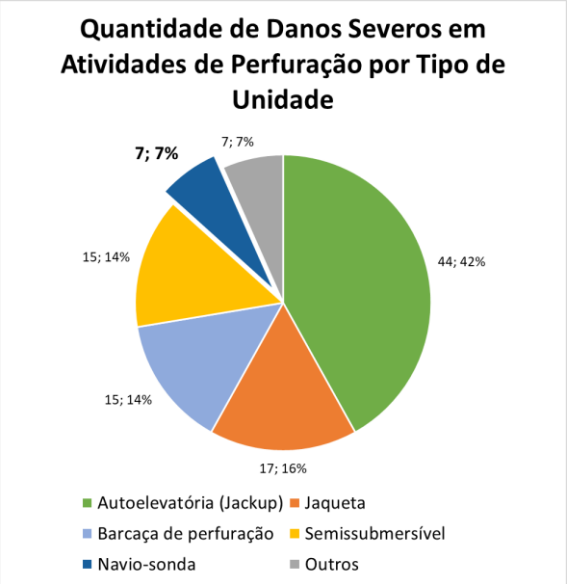


Figura II.9 - 9: Distribuição de acidentes envolvendo danos severos durante atividades de perfuração por tipo de unidade (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010a)

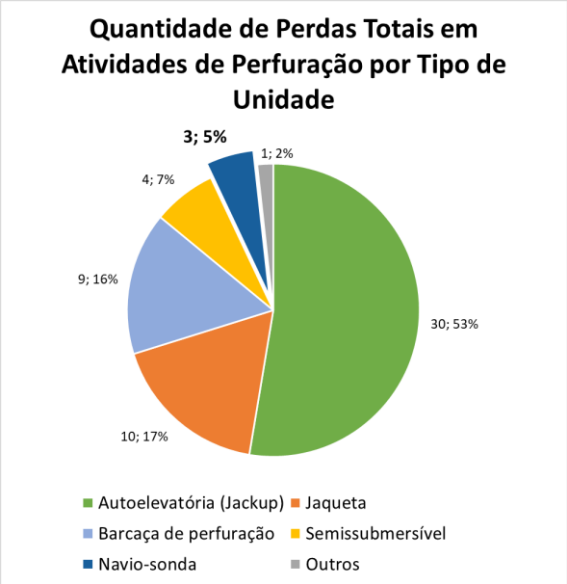


Figura II.9 - 10: Distribuição de acidentes envolvendo perda total durante atividades de perfuração por tipo de unidade (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010a)

A OGP (2010a) classifica os acidentes registrados nas seguintes tipologias acidentais:

- **Falha de ancoragem:** Problemas com as âncoras e cabos de ancoragem, dispositivos de amarração e guinchos;
- ***Blowout*:** Fluxo descontrolado de óleo, gás ou outros fluidos do reservatório, ou seja, perda da do Conjunto Solidário de Barreiras (CSB) em momento operacional, onde há condições geológicas e geofísicas adequadas para o influxo de hidrocarbonetos para o poço (*kick*);
- **Emborcamento:** Perda de estabilidade transversal, resultando em virada de borco da unidade;
- **Colisão:** Contato acidental entre unidade offshore e embarcação marinha que está passando, quando pelo menos uma delas é propelida ou está sendo rebocada. Exemplos: navio tanque, cargueiro, barco de pesca. Também estão incluídas colisões com pontes, cais, etc., e embarcações engajadas na atividade de óleo e gás em outras plataformas que não a plataforma afetada, e entre duas instalações offshore.
- **Guindaste:** Qualquer evento causado por ou envolvendo guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga;
- **Explosão:** Sobrepressão;
- **Queda de objetos:** Queda de carga/objetos de guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga. Também estão incluidos nesta categoria Queda acidental de bote salva-vidas e homem ao mar;
- **Fogo:** Radiação térmica;
- **Perda de flutuabilidade ou naufrágio:** Perda de flutuabilidade ou afundamento da unidade;
- **Encalhe:** Instalação flutuante em contato com o fundo do mar;
- **Vazamento interno ao casco:** Vazamento contido no interior do casco duplo da embarcação;
- **Adernamento:** Inclinação descontrolada da unidade para um dos bordos;
- **Vazamento de líquido ou gás:** Liberação de óleo ou gás para o entorno, a partir do próprio equipamento da unidade/embarcações ou tanques, causando potencial poluição e/ou risco de explosão e/ou incêndio;
- **Falha de máquinas / propulsão:** Falha de motores ou propulsores, incluindo sistemas de controle;
- **Perda de posicionamento / À deriva:** Unidade não intencionalmente fora de sua posição esperada ou deriva fora de controle;
- **Quebra ou fadiga:** Ruptura de equipamentos ou estruturas devido a deformação, tensão ou qualquer outra ação externa;
- **Falha / Ruptura do cabo de reboque:** Rompimento do cabo de reboque;

- **Outros:** Eventos outros que não os especificados acima.

A **Tabela II.9 - 7** apresenta a distribuição dos acidentes registrados por tipologia acidental e tipo de embarcação. Nela, observa-se que as embarcações do tipo navio-sonda foram responsáveis pela menor quantidade de acidentes envolvendo danos severos ou perda total. Os acidentes envolvendo navio sonda apresentaram as seguintes tipologias acidentais:

- *Blowout*;
- Emborcamento;
- Colisão;
- Queda de objetos;
- Encalhe;
- Quebra ou fadiga.

Tabela II.9 - 7: Distribuição de grandes eventos acidentais por tipologia acidental

Tipologia Acidental	Autoelevatória (*Jackup*)		Jaqueta		Barcaça de perfuração		Semissubmersível		Navio-sonda		Outros		Total	
	DS	PT	DS	PT	DS	PT	DS	PT	DS	PT	DS	PT	DS	PT
Falha de ancoragem	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	0	0	0	0
Blowout	3	0	1	1	0	0	0	0	**1**	**0**	1	1	6	2
Emborcamento	29	47	79	6	5	4	0	4	**1**	**4**	75	8	189	73
Colisão	6	2	24	5	0	0	5	0	**2**	**0**	29	25	66	32
Guindaste	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	0	0	0	0
Explosão	2	0	5	0	0	0	0	0	**0**	**0**	3	0	10	0
Queda de objetos	1	1	3	0	0	0	4	0	**2**	**0**	3	0	13	1
Fogo	14	10	44	16	11	8	5	3	**0**	**0**	12	3	86	40
Perda de flutuabilidade ou naufrágio	11	8	9	1	4	2	1	2	**0**	**0**	8	127	33	140
Encalhe	8	3	0	0	1	1	6	1	**1**	**0**	5	5	21	10
Vazamento interno ao casco	3	2	0	0	0	0	2	0	**0**	**0**	0	1	5	3
Adernamento	11	3	2	1	0	0	0	0	**0**	**0**	1	0	14	4
Vazamento de líquido ou gás	0	0	3	1	0	0	0	0	**0**	**0**	119	0	122	1
Falha de máquinas / propulsão	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	0	0	0	0
Outros	0	0	0	0	0	0	1	0	**0**	**0**	39	0	40	0
Perda de posicionamento / À deriva	2	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	0	0	2	0
Quebra ou fadiga	36	5	19	2	2	0	5	0	**2**	**0**	29	5	93	12
Falha / Ruptura do cabo de reboque	1	0	0	0	0	0	1	0	**0**	**0**	1	0	3	0
Total	127	81	189	33	23	15	30	10	**9**	**4**	325	175	703	318

Legenda: DS: Dano Severo e PT: Perda Total
Fonte: OGP, 2010a

Em 2018, a IOGP publicou um novo relatório a respeito de grandes eventos acidentais na indústria de óleo e gás, o *Safety Performance Indicators – Process Safety Events – 2018 Data*. Este relatório considerou dados internacionais obtidos entre 2011 e 2018 no banco de dados de performance de segurança da própria organização.

Neste relatório foram analisados eventos de segurança de processo do tipo *Tier* 1 e 2, em instalação *onshore* e *offshore* e durante atividades de produção e perfuração. Segundo a IOGP (2018), eventos do tipo *Tier* 1 e 2 são definidos como:

- ***Tier* 1:** Perda de contenção primária com consequências severas, sendo estas:
  - Afastamento temporário e/ou fatalidade de trabalhadores, próprios ou contratados;
  - Hospitalização e/ou fatalidade de terceiros;
  - Evacuação das comunidades vizinhas;
  - Fogo e/ou explosões resultando em custos diretos a empresa maiores ou iguais a 100.000 dólares;
  - Descarga de equipamentos de alívio de pressão que resultem em: Liquefação; Descarga em área não seguras; Vazamento em locais fechados; Vazamentos que necessitem de medidas de proteção públicas (ex.: fechamento de estradas).
- ***Tier* 2:** Perda de contenção primária com consequências leves, sendo estas:
  - Ferimento de trabalhadores, próprios ou contratados;
  - Fogo e/ou explosões resultando em custos diretos a empresa maiores ou iguais a 2.500 dólares;
  - Descarga de equipamentos de alívio de pressão que resultem em: Liquefação; Descarga em área não seguras; Vazamento em locais fechados; Vazamentos que necessitem de medidas de proteção públicas (ex.: fechamento de estradas).

Segundo a IOGP (2018), foram reportados 2.016 e 5.671 eventos do tipo *tier* 1 e 2, respectivamente. Destes, menos de 10% foram associados à atividades de perfuração, como pode ser observado nas **Figura II.9 - 11** e **Figura II.9 - 12**.

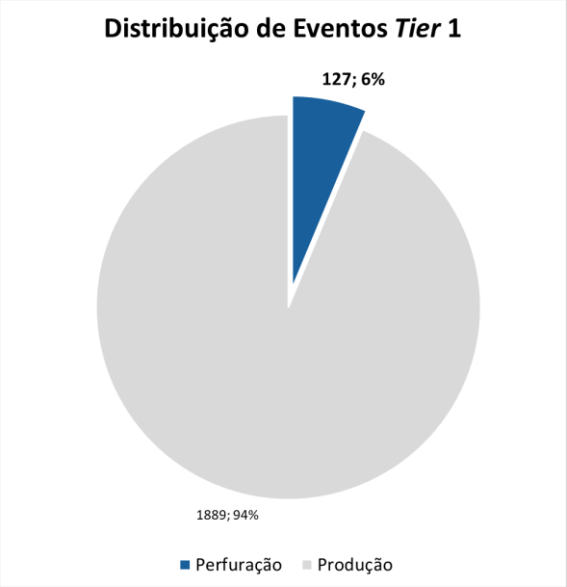


Figura II.9 - 11: Distribuição dos eventos de segurança de processo do tipo *tier* 1 por atividade (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2018)

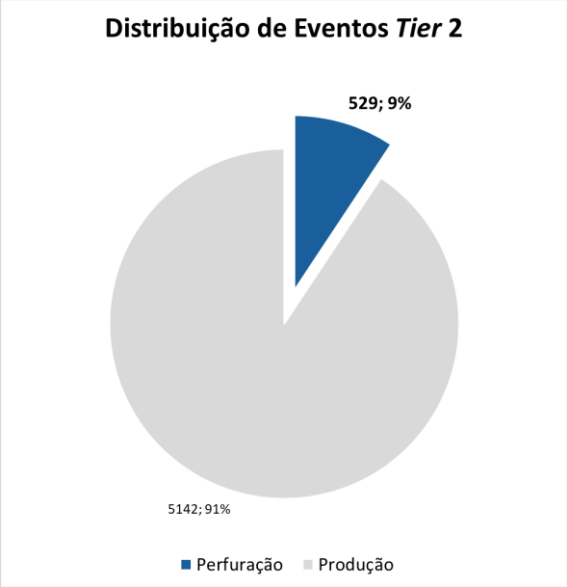


Figura II.9 - 12: Distribuição dos eventos de segurança de processo do tipo *tier* 2 por atividade (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2018)

A **Figura II.9 - 13** apresenta a distribuição dos eventos registrados durante atividades de perfuração ao longo do tempo. Nesta imagem, é possível observar que a quantidade de eventos do tipo *tier* 1 permaneceu relativamente estável no período analisado e a quantidade de eventos do tipo *tier* 2 sofre uma redução em 2015.

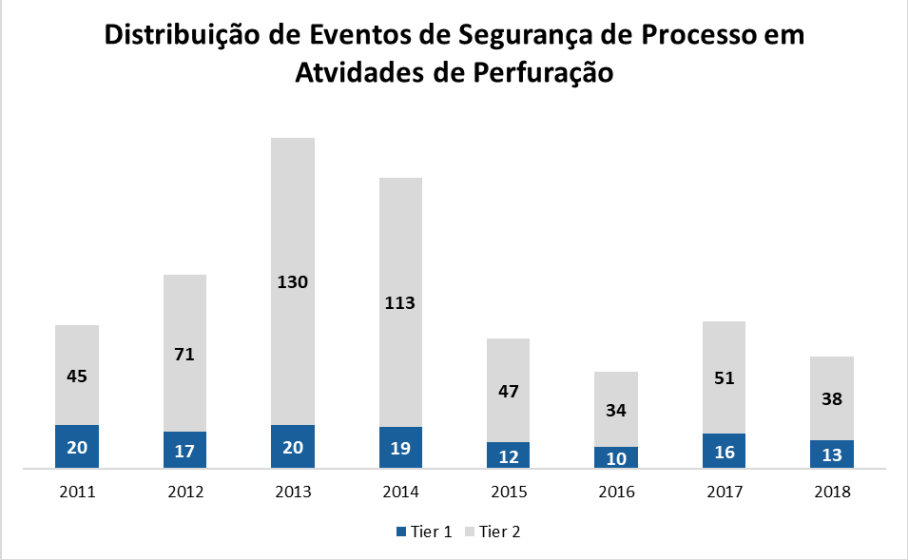


Figura II.9 - 13: Distribuição dos eventos de segurança de processo registrados durante atividades de perfuração entre 2011 e 2018 (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2018)

A **Figura II.9 - 14** apresenta a distribuição dos eventos registrados durante atividades de perfuração, tanto *tier* 1 quanto *tier* 2, por região. Segundo a distribuição proposta por IOGP (2018), menos de 10% dos eventos registrados ocorreram nas Américas do Sul e Central.

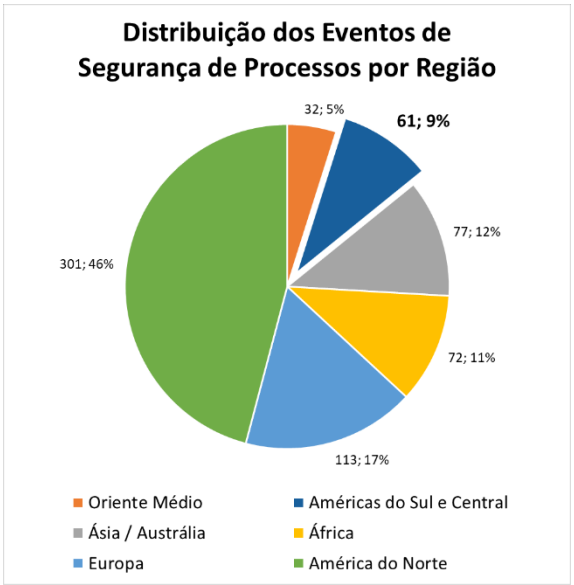


Figura II.9 - 14: Distribuição dos eventos de segurança de processos registrados entre 2011 e 2018 por região (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2018)

A **Tabela II.9 - 8** apresenta a lista de consequências associadas aos eventos reportados em IOGP (2018). Nesta tabela, é possível notar uma grande quantidade de eventos associados a vazamentos (aproximadamente 76% e 88% para eventos do *tier* 1 e 2, respectivamente).

A **Figura II.9 - 15** apresenta a distribuição desses eventos por tipo de produto vazado. Nela, é possível observar uma predominância dos cenários de vazamentos relacionados a líquidos perigosos (aproximadamente 4 %) e gás inflamável (aproximadamente 27%).

Tabela II.9 - 8: Consequência atribuída aos eventos de segurança operacional registrados

Consequências do Evento	Quantidade	Fração
Evento *Tier* 1		
Hospitalização ou Fatalidade de Terceiros	4	0,2%
Evacuação da Comunidade Vizinha	30	1,4%
Descarga em equipamentos de Alívio de Pressão	119	5,7%
Fatalidades ou Afastamentos Temporários	139	6,6%
Fogo ou Explosão	200	9,5%
Vazamentos	1608	76,6%
Evento *Tier* 2		
Ferimentos	109	1,9%
Descarga em equipamentos de Alívio de Pressão	235	4,2%
Fogo ou Explosão	313	5,6%
Vazamentos	4940	88,3%

Fonte: IOGP, 2018
Nota: Mais de uma consequência pode ser atribuída a um evento.

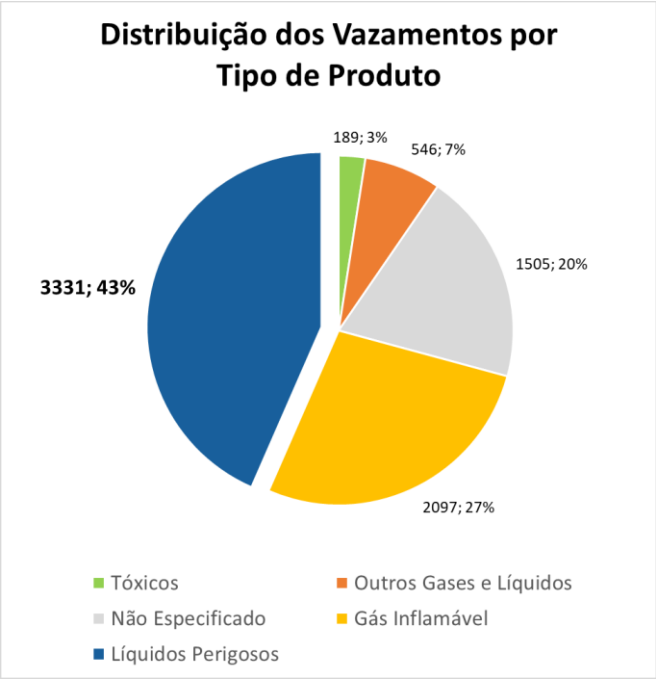


Figura II.9 - 15: Distribuição dos eventos de segurança de processo relacionado a vazamento de produtos químicos por tipo de substância vazada (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2018)

A análise histórica do contexto nacional foi baseada, em sua maior parte, em dados fornecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) no Relatório Anual de Segurança Operacional das Atividade de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, publicado em 2018. Este relatório apresentou resultados e indicadores referentes à segurança operacional praticada nas atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural no período entre 2012 e 2018.

O relatório citado estabelece um comparativo com os dados divulgados pelo IRF (*International Regulators Forum for Offshore Safety*) em seu Projeto de Medição de Desempenho. Os valores de referência obtidos a partir dos dados divulgados pelo IRF foram apresentados na forma de uma faixa, englobando os valores mínimos e máximos das taxas dos países de referência, entre os anos de 2012 a 2018.

A **Figura II.10 - 1** ilustra as taxas de perda de contenção significante de gás inflamável[2] nas instalações analisadas. Em todos os anos do período avaliado, exceto em 2017 (quando não foi registrado este tipo de incidente em instalações offshore), a taxa apresentou um valor acima da referência utilizada.

[2] Liberação de gás inflamável que atenda ao menos uma das seguintes condições: a) Taxa de liberação entre 0,1 $kg.s^{-1}$ e 1 $kg.s^{-1}$, com duração entre 2 e 5 minutos; b) Taxa de liberação maior ou igual a 0,1 $kg.s^{-1}$, com liberação entre 1 e 300 kg durante todo o evento.

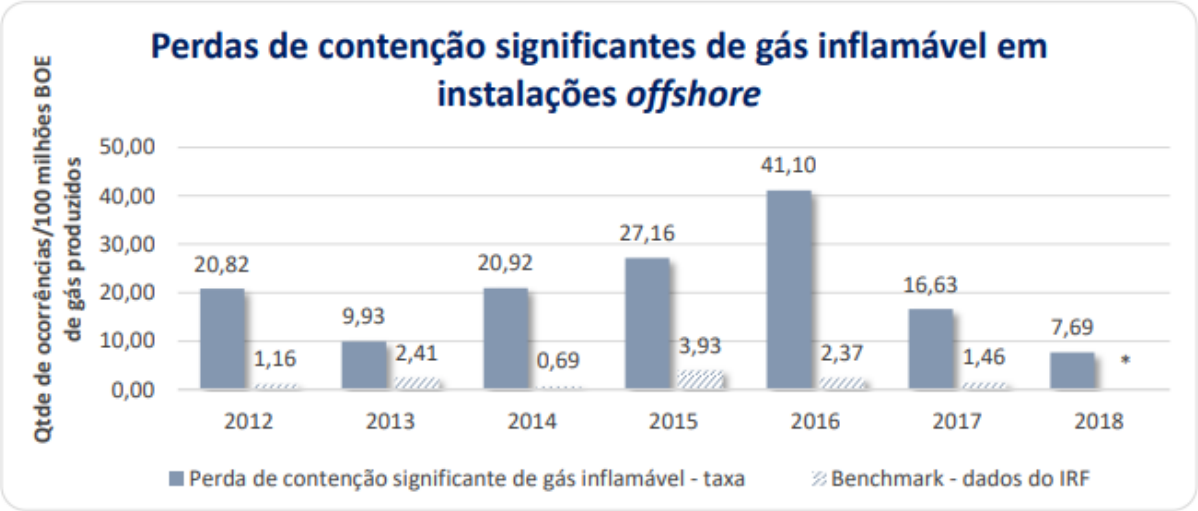


Figura II.10 - 1: Taxas de perdas de contenção significante de gás inflamável em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

As taxas de perdas de contenção maiores de gás inflamável[3] são mostradas na **Figura II.10 - 2**. Os valores registrados apresentaram um aumento no período entre 2012 e 2015. Em 2016, houve sensível redução da taxa de perdas de contenção maiores de gás inflamável, apesar de não ter sido suficiente para reduzir o valor a um patamar dentro da faixa de referência, com um posterior aumento em 2017. Os valores de referência do ano de 2018 não estavam disponíveis durante o período de elaboração e divulgação do relatório.

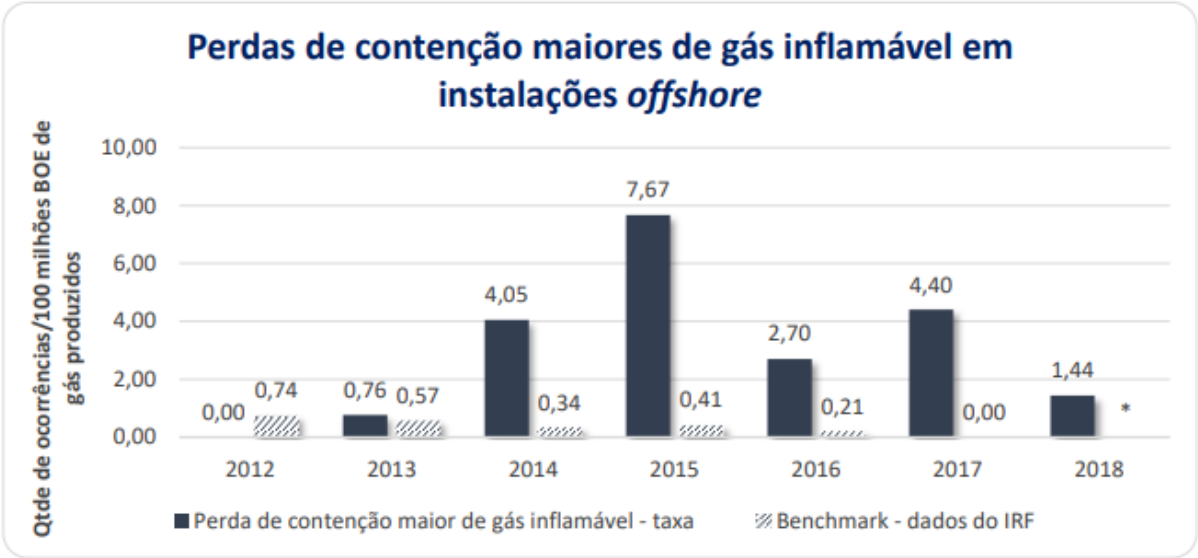


Figura II.10 - 2: Taxas de perdas de contenção maior de gás inflamável em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

[3] Liberação de gás inflamável que atinja ao menos uma das seguintes condições: a) Taxa de liberação maior que 1 $kg.s^{-1}$ com duração superior a 5 minutos; e/ou b) Taxa de liberação maior ou igual a 0,1 $kg.s^{-1}$, com a liberação de uma massa total maior do que 300 kg durante todo o evento.

Traçando um comparativo entre os gráficos apresentados, as taxas de perdas de contenção significante são superiores às taxas de perda de contenção maior em todos os anos do período analisado. Esta tendência de ocorrência em menor frequência de eventos com maior gravidade pode ser observada também nos valores de referência, onde a quantidade de eventos de perda de contenção significante é, em média, correspondente ao quádruplo da quantidade de eventos de perda de contenção maior.

Os eventos de abalroamento também estão alinhados a esta tendência. Enquanto há eventos de abalroamento significante [4]comunicados à ANP, não há registros de abalroamentos maiores[5] em instalações de exploração e produção atuando no Brasil. A **Figura II.10 - 3** apresenta a variação nas taxas de abalroamentos significantes em instalações de exploração e produção.

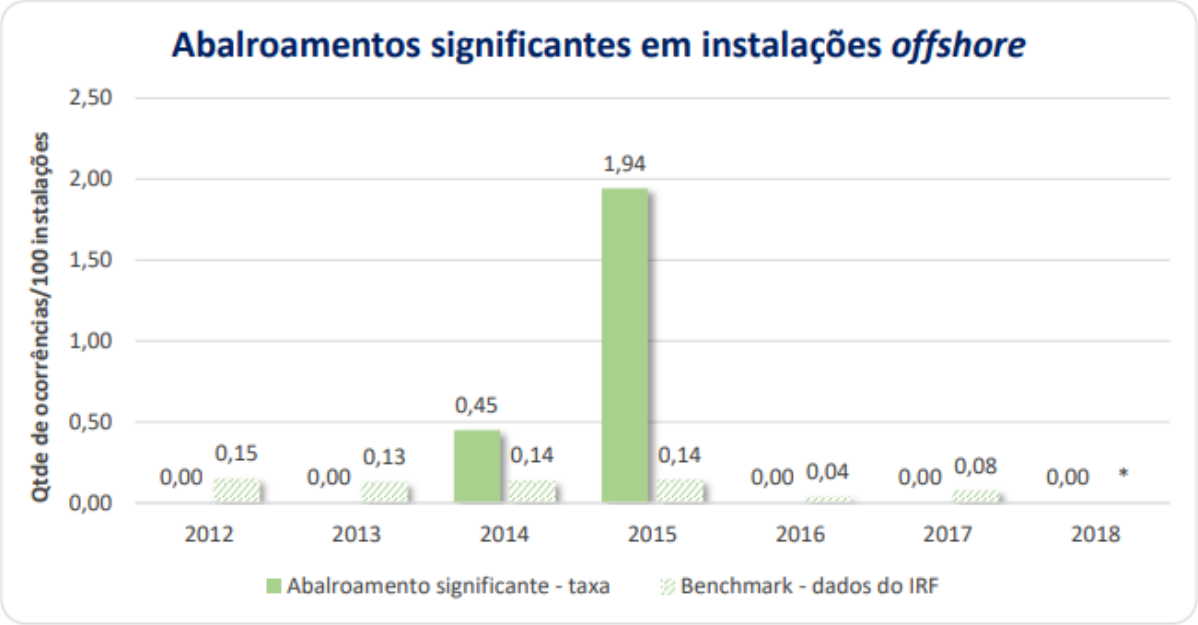


Figura II.10 - 3: Taxas de abalroamentos significantes em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

Conforme pode ser observado no gráfico, quando há ocorrência de abalroamentos significantes comunicados à ANP dentro do período analisado, as taxas correspondentes se situam acima dos valores de referência. Adicionalmente, destaca-se que não houve ocorrências reportadas deste tipo de incidente nos anos de 2012, 2013, 2016, 2017 e 2018.

[4] Qualquer abalroamento entre instalações offshore, de instalações com embarcações e/ou aeronaves que cause: (a) ferimento que cause um ou mais dias de afastamento e que não seja categorizado como ferimento grave; (b) dano a uma Instalação que é julgado com potencial de causar fatalidade(s) ou ferimento(s) grave(s); (c) dano a uma instalação que tenha ocasionado mobilização da tripulação para ponto de reunião ou abandono da unidade ou (d) dano severo que compromete significantemente a integridade estrutural de uma Instalação (de uma perspectiva de meio ambiente ou segurança), caso esta continue operando sem reparo imediato.

[5] Qualquer abalroamento entre instalações, de instalações com embarcações e/ou aeronaves que cause: (a) fatalidade(s) ou ferimento grave(s); (b) perda da instalação ou (c) dano para uma instalação offshore que cause uma parada não-programada de no mínimo 72 (setenta e duas) horas.

A **Figura II.10 - 4** apresenta a variação nas taxas de princípios de incêndio[6] em instalações de exploração e produção. Como pode ser observado, as taxas apresentaram seu menor valor em 2013, aumentando de forma praticamente linear até 2016 e apresentando uma tendência de queda, posteriormente. Valores de referência não são apresentados para esse tipo de incidente por não se tratar de um dos índices monitorado pelo IRF.

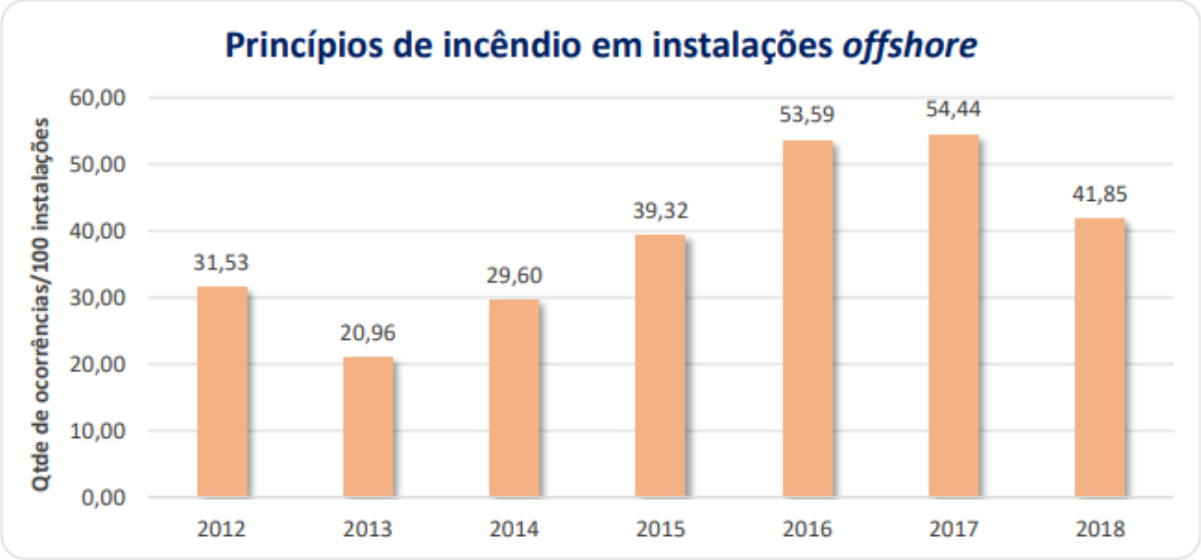


Figura II.10 - 4: Taxas de princípios de incêndio em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

A **Figura II.10 - 5** indica a distribuição das taxas de incêndios significantes[7] reportados. Estas taxas oscilaram entre o valor máximo no ano de 2014 e valor nulo nos anos de 2012, 2015 e 2018.

[6] Qualquer incêndio que tenha sido debelado ou interrompido de forma que não tenha causado danos que o qualifiquem como Incêndio Maior ou Significante.

[7] Qualquer incêndio que cause: (a) ferimento que cause um ou mais dias de afastamento e que não seja categorizado como ferimento grave; (b) dano a uma Instalação que é julgado com potencial de causar fatalidade(s) ou ferimento(s) grave(s); (c) dano a uma instalação que tenha ocasionado mobilização da tripulação para ponto de reunião ou abandono da unidade ou (d) dano severo que compromete significantemente a integridade estrutural de uma instalação (de uma perspectiva de meio ambiente ou segurança), caso esta continue operando sem reparo imediato.

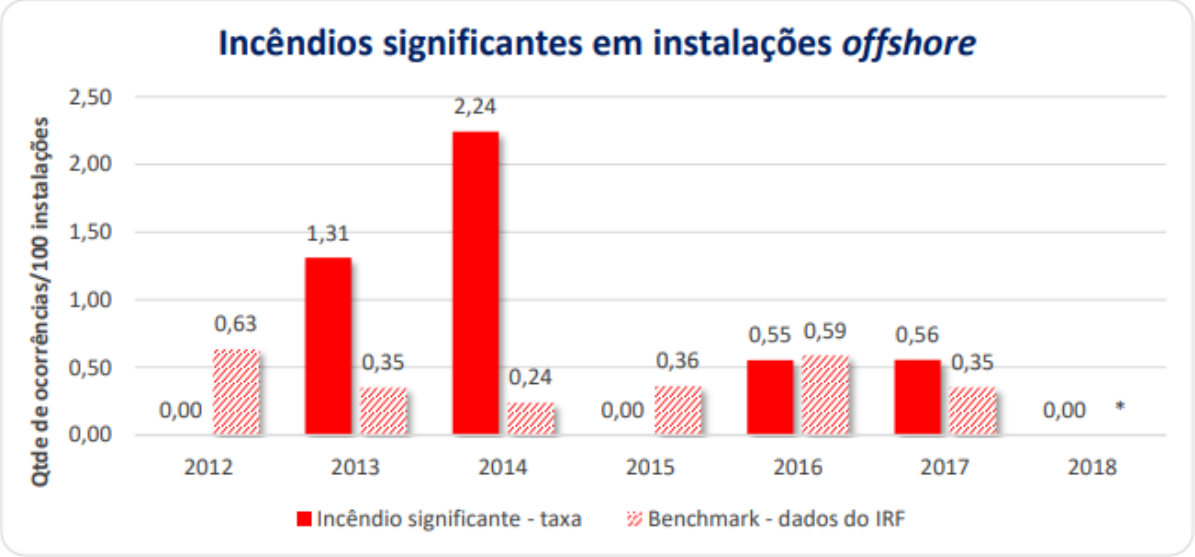


Figura II.10 - 5: Taxas de incêndios maiores em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

A **Figura II.10 - 6** representa a distribuição das taxas de incêndios maiores[8] em instalações *offshore*. O único ano com ocorrência de incêndios maiores foi o ano de 2013. É importante ressaltar que, neste ano, houve uma única ocorrência de evento de incêndio maior (incêndio na plataforma P-20). Logo, o valor do limite superior da faixa de controle (0,31 incêndios a cada 100 instalações) é ultrapassado com apenas uma ocorrência de incêndio maior, considerando um universo de menos de 320 instalações. Uma vez que a quantidade de instalações de exploração e produção no ano de 2013 foi de 234 instalações, ultrapassou-se o limite superior da faixa de controle neste ano com apenas uma ocorrência de incêndio maior.

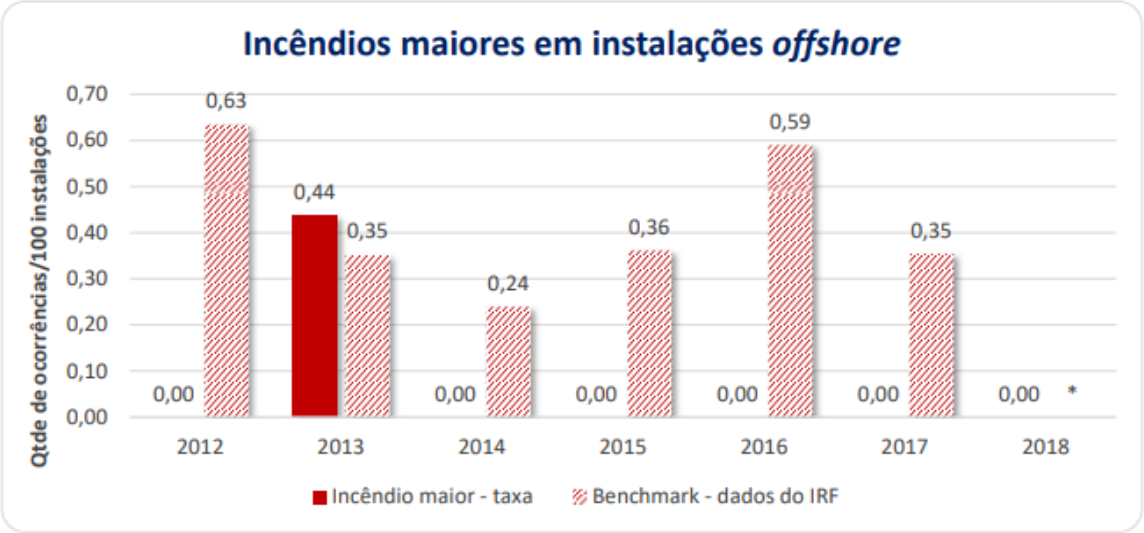


Figura II.10 - 6: Taxas de incêndios maiores em instalações de exploração e produção offshore de 2012 a 2018 (Fonte: ANP, 2018)

[8] Qualquer incêndio que cause: (a) fatalidade(s) ou ferimento grave(s); (b) perda da instalação ou (c) dano para uma Instalação que cause uma parada não-programada de no mínimo 72 (setenta e duas) horas.

A **Figura II.10 - 7** apresenta a distribuição das taxas de incidentes por milhão de horas trabalhadas em instalações offshore, divididas por classificação da gravidade dos incidentes. A classificação de gravidade vigente dos incidentes é definida por meio do Manual de Comunicação de Incidentes de Exploração e Produção, estabelecido através da Nota Técnica nº 069/SSM/2018.

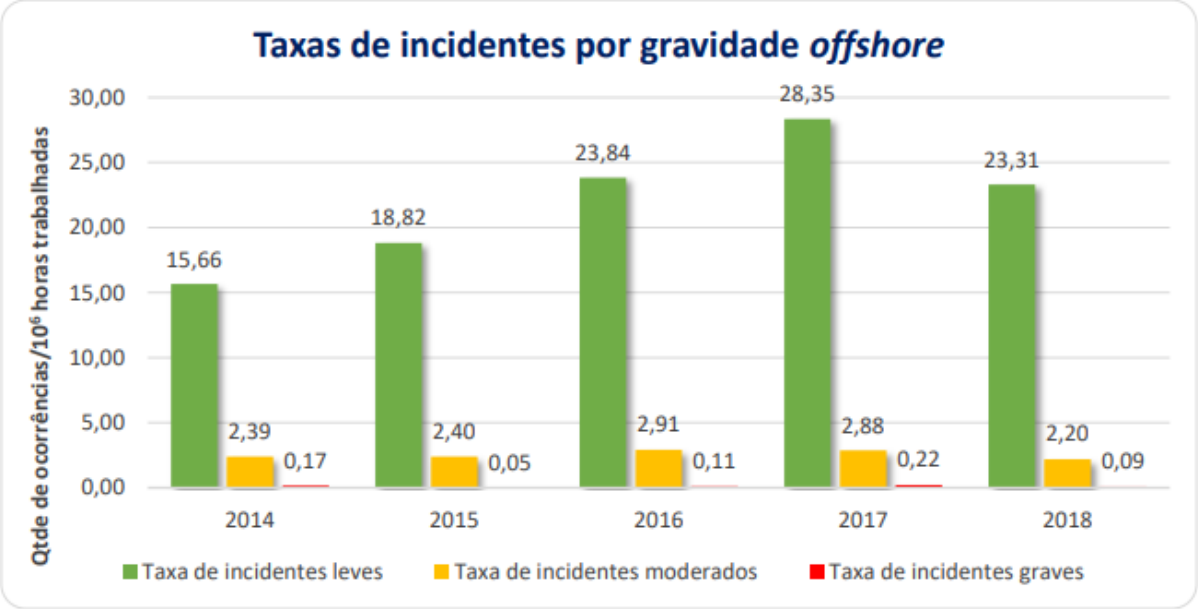


Figura II.10 - 7: Taxa de princípios de incêndio por milhão de horas trabalhadas em plataforma de produção (Fonte: ANP, 2018)

Segundo os dados de Comunicação de Acidentes Ambientais publicados pelo IBAMA (2019) no Portal Brasileiro de Dados Abertos, foi registrado um total de 921 acidentes envolvendo o derramamento de produtos líquidos em plataformas no Brasil até fevereiro de 2019. Vale ressaltar que este banco de dados não diferencia o tipo de plataforma envolvida no evento acidental e nem em qual fase operacional ela estava operando.

Segundo o IBAMA (2019), foram registrados 729 (79,15%) acidentes envolvendo produtos de origem oleosa, 78 (8,47%) de origem não oleosa e 114 (12,38%) em que não foi possível determinar a origem do produto devido à ausência de informações. A **Figura II.9 - 16** apresenta a distribuição dos eventos envolvendo produtos oleosos por tipo de produto.

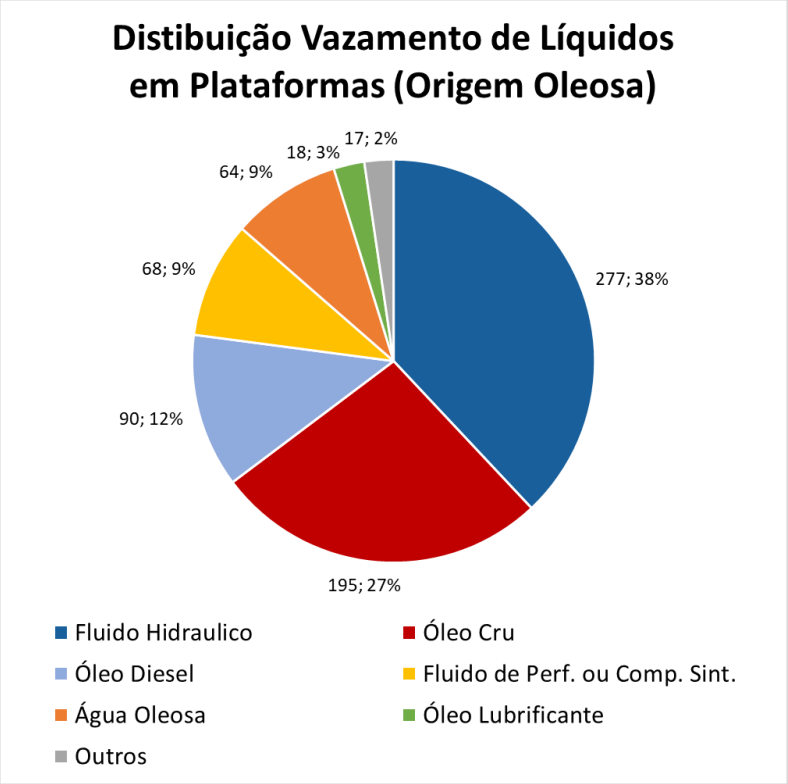


Figura II.9 - 16: Distribuição da quantidade de vazamentos de produtos oleosos em plataformas por tipo de produto. (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IBAMA: 2019)

II.9.2.2 Análise Histórica de *Blowouts*

Para a avaliação da ocorrência de *blowout* e vazamentos em poço foram utilizados os dados reportados pela SINTEF em 2016 no relatório F28043 (*Blowout and Well Release Chracteristics and Frequencies, 2016*) e pela IOGP (2019) no relatório *Report 434-02 (Blowout Frequencies)*.

Segundo a SINTEF (2016), foram avaliados dados internacionais obtidos entre 1955 e 2016. Neste período, foram registrados 642 *blowouts* e vazamentos em poços *offshore* no período entre 1955 e 2016. A distribuição desses acidentes ao longo do tempo é apresentada na **Figura II.9 - 17**.

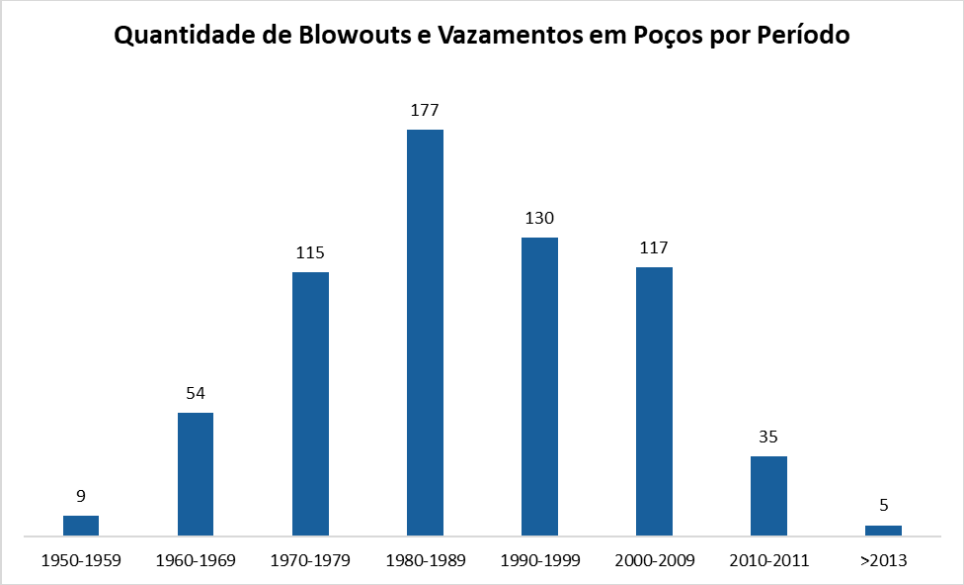


Figura II.9 - 17: Distribuição de *blowout* e vazamento em poços ao longo do tempo (Gráfico: WOB, 2020 Dados: SINTEF, 2016)

A **Figura II.9 - 18** apresenta a distribuição dos acidentes registrados por região. Dos acidentes apresentados pela SINTEF (2016), 20 foram registrados na América do Sul, o que corresponde a aproximadamente 3% dos acidentes registrados. Dos acidentes registrados na América do Sul, 6 (30%) foram no Brasil (**Figura II.9 - 19**).

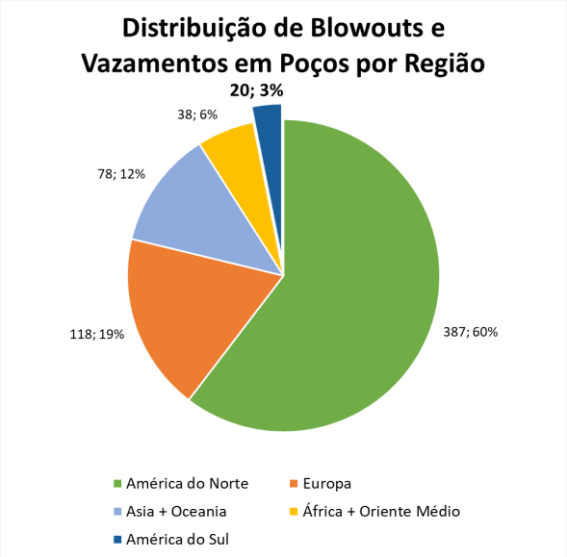


Figura II.9 - 18: Distribuição de *blowouts* e vazamentos em poços por região (Gráfico: WOB, 2020 Dados: SINTEF, 2016)

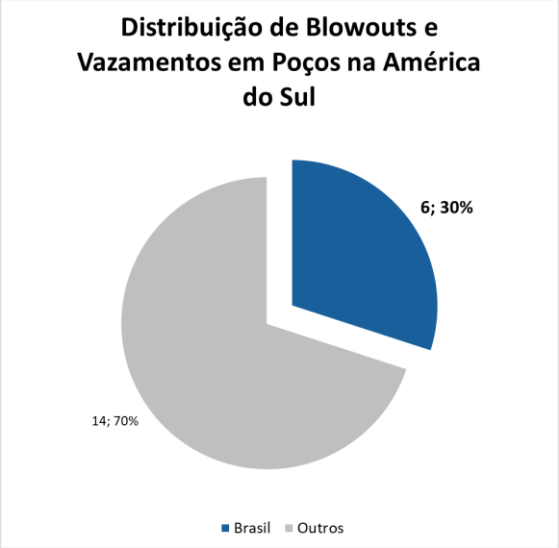


Figura II.9 - 19: Distribuição de *blowouts* e vazamentos em poços acorridos na América do Sul (Gráfico: WOB, 2020 Dados: SINTEF, 2016)

A **Figura II.9 - 20** apresenta a distribuição desses incidentes por período operacional durante o período entre 1955 e 2016. Nela, é possível observar que aproximadamente 36% dos incidentes ocorreram durante o período de perfuração exploratória, sendo este período o responsável pela maior parte dos incidentes registrados.

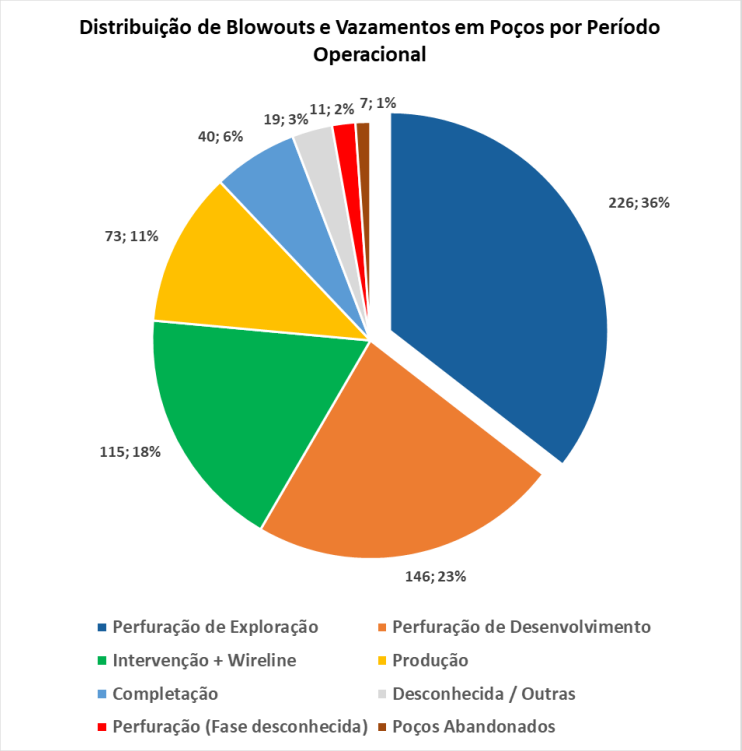


Figura II.9 - 20: Distribuição de *blowout* e vazamento em poços (Gráfico: WOB, 2020 Dados: SINTEF, 2016)

A **Figura II.9 - 21** ilustra a distribuição dos *blowouts* e vazamentos em função de sua duração, registrados no Reino Unido, Noruega e na Plataforma Continental Exterior do Golfo do México (GoM OCS) no período entre 1980 e 2014. Observa-se que, dos 143 eventos acidentais apresentados, 30 tiveram duração superior a 5 dias sem contenção, correspondente a aproximadamente 21% dos acidentes registrados.

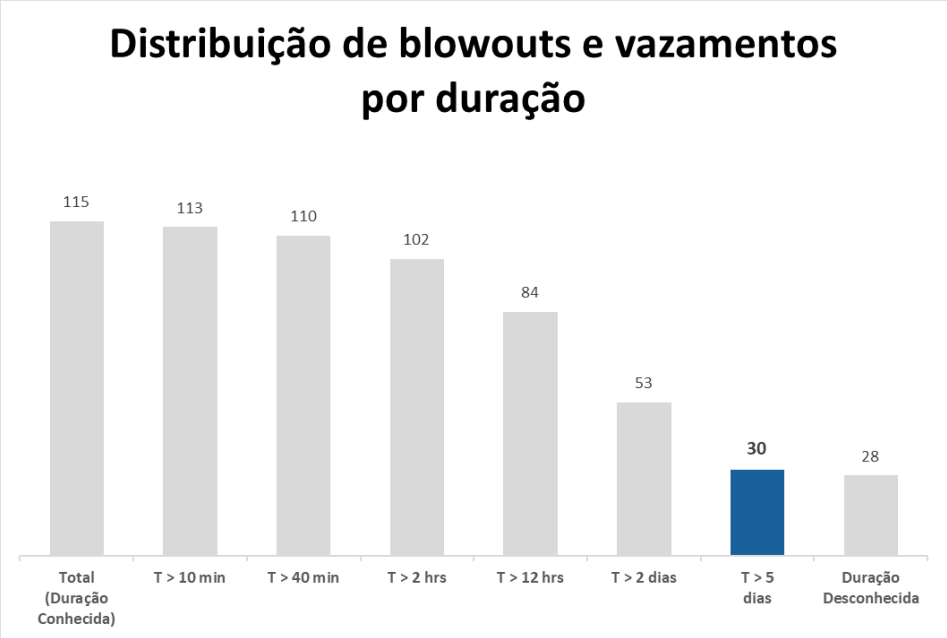


Figura II.9 - 21: Distribuição de *blowouts* e vazamentos em poços por duração (Gráfico: WOB, 2020 Dados: SINTEF, 2016)

A IOGP (2019) apresenta avaliações de frequências de cenários acidentais para poços *offshore* baseadas em uma análise crítica dos dados apresentados pela SINTEF. Neste relatório, é possível diferenciar as operações seguindo os padrões *North Sea Standards*[9] (em linha com as diretrizes estabelecidas pela NORSOK D-010 e SGIP) das demais operações, o que permite uma análise mais refinada da atividade em questão.

A NORSOK (2004) define, pela primeira vez, por meio da norma *NORSOK D-010 - Well integrity in drilling and well operations*, o conceito de "Integridade de Poços" como a aplicação de soluções técnicas, operacionais e organizacionais destinadas a reduzir o risco de liberação descontrolada de fluidos provenientes dos poços ao longo do seu ciclo de vida.

A ANP, através da Resolução ANP Nº46/2016, estabelece requisitos e diretrizes (baseados, dentre outras referências, na NORSOK D-010) para a implementação e operação de um Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP) para empresas detentoras de direitos de exploração e produção de petróleo e gás natural em território brasileiro.

A **Figura II.9 - 22** ilustra uma comparação entre as frequências de *blowout* por atividade e por cumprimento destes padrões nas operações. Observa-se que, para perfuração de poço exploratório (atividade alvo deste estudo), a frequência de ocorrência de *blowout* obtida para a operação seguindo as boas práticas da indústria é de 1,3E-04 poço^{-1}, o que representa uma redução de 91,33% para operações sem o cumprimento dessas diretrizes.

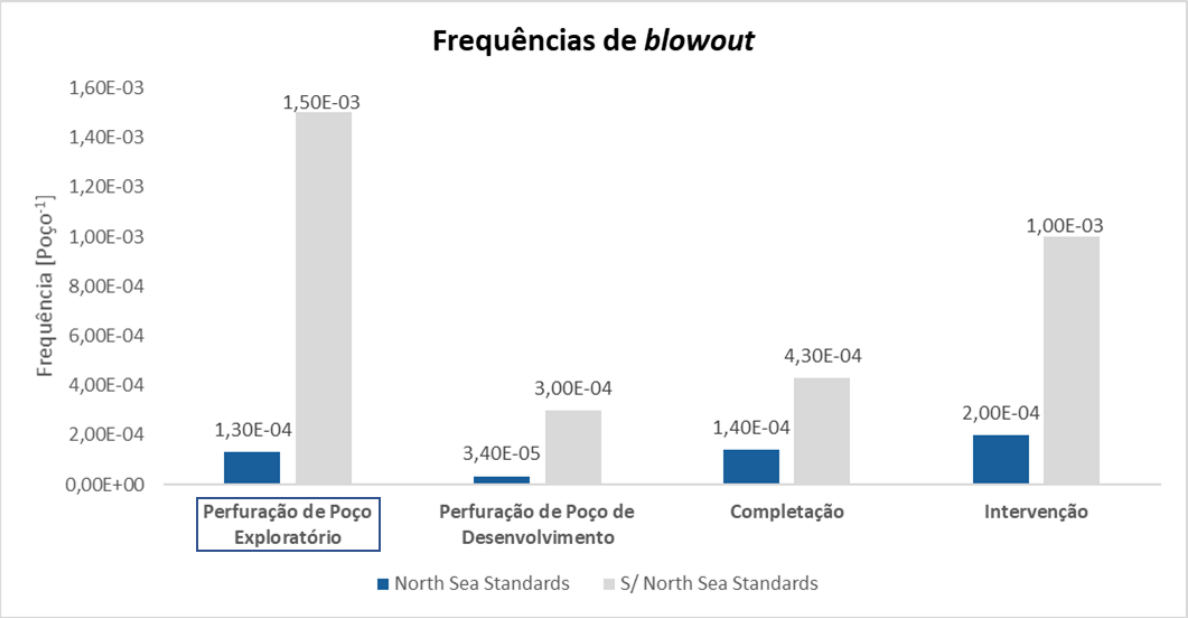


Figura II.9 - 22: Comparativo de frequências de *blowout* por atividade, de acordo com os *North Sea Standards* (Gráfico: WOB, 2020 Dados: IOGP, 2019)

[9] IOGP [2019]: Operações realizadas com BOP instalado e o princípio de "duas barreiras" seguido.

II.9.2.3 Histórico da Bacia de Sergipe-Alagoas

A Bacia de Sergipe-Alagoas possui um histórico de exploração e produção *offshore* exclusivo de uma única operadora, a Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.). A produção de petróleo teve seu início em 1968 nas águas rasas do Campo de Guaricema, no litoral do Estado de Sergipe. O campo está localizado a cerca de 10 quilômetros da costa e a 34,5 metros de profundidade.

A exploração em águas profundas na bacia teve seu início no Campo de Piranema, localizado a 37 km da costa de Sergipe e com uma lâmina d'água média de 1.100 metros. A declaração de comercialidade do campo foi feita no ano de 2004 e, em 2007, a produção foi iniciada e escoada por meio da unidade FPSO Piranema Spirit.

Posteriormente, a Petrobras iniciou uma campanha exploratória em busca de novos prospectos na região. Em 2012, cinco descobertas em águas ultraprofundas comprovaram o potencial exploratório do litoral sergipano. A última descoberta divulgada pela empresa foi decorrente do poço 3-BRSA-1371-SES, cuja perfuração foi iniciada em novembro de 2019. A perfuração do poço realizou-se através de um navio sonda, em uma lâmina d'água de 2.696 m.

Avaliando o histórico de acidentes na bacia envolvendo o derramamento de produtos oleosos, os dados obtidos pelo IBAMA (2019) indicam a ocorrência de 19 vazamentos datados entre 2015 e 2019.

Dos acidentes registrados, o de maior impacto foi um vazamento de óleo no duto que interliga as plataformas de produção PCM-5 e PCM-6, no Campo de Camorim. O vazamento ocorreu em abril de 2014, a cerca de 16 quilômetros da costa de Aracaju, e o volume total estimado de óleo derramado é de 7 m^3.

Já referente às atividades de perfuração, o vazamento de maior volume na região foi referente a um derramamento de 4,54 m^3 de fluido hidráulico biodegradável de acionamento do BOP, também datado em abril de 2015. Esse volume foi para o mar devido a um vazamento na linha de controle de alta pressão que atua no fechamento de uma das gavetas do equipamento.

II.9.2.4 Acidentes Envolvendo Sondas de Perfuração

Esta seção apresenta uma breve discussão a respeito de acidentes envolvendo sondas de perfuração registrados ao longo do mundo. O seu objetivo não é cobrir todos os acidentes reportados nas estatísticas anteriores, mas sim apresentar uma amostragem representativa de acidentes que permita o entendimento da cadeia de eventos que levaram ao acidente e seus principais impactos.

A **Tabela II.9 - 9** apresenta os acidentes relevantes identificados a partir de um levantamento bibliográfico em base de dados de acidentes, tais como *International Tanker Owners Pollution Federation Limited* (ITOPF), *Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution* (CEDRE) e *Health Safety Executive* (HSE), dentre outras.

Dentre os acidentes apresentados, destacam-se o acidente no campo de Frade, na Bacia de Campos (Brasil), em 2011 e o acidente com a plataforma *Deepwater Horizon*, no Golfo do México (Estados Unidos da América), em 2010.

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Semissubmersível	2011	Brasil	Sedco 706 / Frade	-	Óleo cru	3.700 barris	Blowout	Durante a perfuração do poço 9-FR-50DP-RJS, a empresa atingiu um trecho superpressurizado devido à injeção de água realizada na área pela própria concessionária, o que gerou um *kick*. Com o *kick* identificado, o BOP foi fechado e, por isso, as paredes do poço foram submetidas a pressões superiores ao limite de resistência. Um trecho sem revestimento logo abaixo da sapata não resistiu a alta pressão e fraturou, gerando um *underground blowout*. O fluido do *underground blowout* migrou até atingir o leito marinho.	ANP, 2012 ANP, 2016a
Semissubmersível	2010	EUA	Deepwater Horizon	17 (Feridos) 11 (Desap.)	Óleo cru	779.000 m³	Blowout Incêndio Explosão	*Blowout* seguido de incêndio e explosões. Após o acidente, os estados de Louisiana, Alabama, Flórida e Mississippi declararam estado de emergência. Enquanto isso, o governo federal dos EUA declarou esta poluição como "desastre nacional". A pesca foi proibida nas águas federais afetadas pelo vazamento. Um grande plano de resgate de tartarugas foi criado para proteger os locais de desova ao norte do Golfo do México. Após dois meses, a operação foi considerada um sucesso, com aproximadamente 15 mil tartarugas resgatadas.	CEDRE, 2019

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Sonda de Perfuração	2009	Austrália	Montara	-	Óleo cru	4.800 ton	Blowout	Um *blowout* de óleo e gás ocorreu a partir da plataforma *Wellhead* de Montara durante a operação da unidade de perfuração móvel West Atlas. A resposta ao vazamento foi bem-sucedida. Não foi observada a presença de óleo na costa e em áreas ambientalmente sensíveis.	CEDRE, 2019
Semissubmersível	2001	Reino Unido	-	0	-	-	Perda do controle de poço Blowout	Foi observado um retorno inesperado da coluna de perfuração durante uma operação de perfuração de um tampão de cimento instalado entre 600 e 1.000 pés. O operador tinha acabado de instalar um seguimento de tubo de perfuração e estava pronto para prosseguir com a perfuração, quando a coluna foi hidraulicamente forçada para fora do poço. Este retorno resultou no rompimento da coluna de perfuração no trecho entre a mesa rotatória e o *topdrive.*	HSE, 2007
Semissubmersível	2000	Reino Unido	-	0	-	-	Falha do equipamento de guindar Queda de objetos	Após a finalização da operação de completação de um poço, o *riser* e o BOP estavam sendo levados para a superfície. Durante esta operação, foi identificada uma falha na conexão entre o *riser* e a ferramenta de movimentação. Durante o ajuste dessa conexão, um flange do *riser* foi atingido, o que resultou na queda do conjunto BOP e *riser* no leito marinho.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Autoelevatória	2000	Reino Unido	-	0	-	-	Perda do controle de poço Blowout	As operações de perfuração foram suspensas após um influxo de um gás raso (*shallow gas*) durante as atividades de perfuração. Um helicóptero de resgate foi mobilizado para transportar a tripulação da sonda para plataformas vizinhas. 22 funcionários essenciais permaneceram a bordo para manter o vazamento sob controle, enquanto os 60 funcionários não essenciais foram evacuados. O vazamento foi controlado e a situação se estabilizou rapidamente. Ninguém ficou ferido no incidente. Os trabalhadores evacuados retornaram à plataforma três dias após o incidente.	HSE, 2007
Autoelevatória	1994	Reino Unido	-	0	-	-	Contato	Durante a operação de perfuração, a unidade foi atingida por uma embarcação de apoio. A embarcação de apoio sofreu danos pesados e investigações foram iniciadas para avaliar os danos causados nas pernas da plataforma de perfuração. A tribulação da sonda foi direcionada para os pontos de encontro, mas retornaram aos seus postos logo em seguida.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Autoelevatória	1993	Reino Unido	-	0	-	-	Dano estrutural Queda de objetos	Más condições climáticas causaram danos no tanque de água marítima. Este tanque era utilizado para alimentar o sistema de combate a incêndios e de resfriamento de motores. Como medida de precaução, 25 tripulantes não essenciais foram evacuados da plataforma e 37 permaneceram a bordo para supervisionar a suspensão das operações de perfuração e garantir a segurança do poço. Um sistema de bombeamento temporário de água do mar foi estabelecido para abastecer o sistema de combate a incêndio. Os reparos necessários foram iniciados na localidade e as operações de perfuração foram retomadas após 4 dias.	HSE, 2007
Semissubmersível	1991	Reino Unido	-	0	-	-	Perda do controle de poço Blowout	A plataforma encontrou bolsão de gás raso (*shallow gas*) durante a perfuração de um poço. Toda a tripulação da unidade foi direcionada para os pontos de encontro, mas após uma hora, a situação voltou a normalidade. Após o incidente, a tribulação começou a operação para matar o poço com lama.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Semissubmersível	1991	Reino Unido	-	0	-	-	Dano estrutural Falha de ancoragem Queda de objetos Vazamento	A plataforma, com 73 pessoas a bordo, sofreu grandes danos devido às más condições climáticas. Pouco antes do incidente, a operação de perfuração foi interrompida e o poço estava seguro. Uma onda anormalmente grande, estimada em 100 pés, atingiu a unidade causando danos à casa do guindaste da âncora, aos conveses laterais e a um bote salva-vidas. O revestimento inferior da casa de máquina foi perfurado devido à queda de detritos, mas as bombas de lastro lidaram com a situação. Ninguém estava no convés no momento do incidente. Depois de ter 45 pessoas evacuadas com o auxílio de aeronaves, ela foi encaminhada para reparos no porto.	HSE, 2007
Semissubmersível	1990	Reino Unido	-	0	-	-	Perda do controle de poço Blowout	Durante a operação de perfuração, encontrou-se um bolsão de gás raso (*shallow gas*) a 1.570 pés. Isso gerou um aumento da concentração de H_2S na plataforma (25 ppm). A plataforma acionou o alerta vermelho e se distanciou 3 km da sua posição inicial. A tribulação não essencial foi evacuada para uma plataforma próxima.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Autoelevatória	1988	Reino Unido	-	0	-	-	Colisão	39 tripulantes não essenciais foram evacuados depois da plataforma ser atingida por um navio de carga e 14 permaneceram na plataforma. A colisão causou danos nos cabos e guinchos de âncora, guindastes e no heliponto da unidade. Apenas helicópteros equipados com guinchos puderam ser utilizados nas operações de resgate devido aos danos causados no heliponto. O poço foi abandonado com segurança antes da sonda ser encaminhada para reparos.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Semissubmersível	1988	Reino Unido	-	1	-	-	Perda do controle de poço Perda de contenção *Blowout* Explosão Incêndio	Durante a operação de perfuração, foi identificado um recuo da coluna de perfuração. Neste momento, o *Annular Preventer* foi fechado e uma lama mais densa foi bombeada pela coluna de perfuração e retornada pela *Choke Line*. Um vazamento na *Choke Line* levou à presença de gás na superfície, o que causou a explosão da plataforma. O fogo durou 2 dias, até que o bolsão de gás se esgotou. Antes do incidente, as operações de perfuração foram paralisadas por duas semanas devido a alta presença de gás na unidade. Acredita-se que medidores de gases ineficientes disfarçavam a gravidade da situação no momento do acidente. Uma grande quantidade de gás foi identificada na área das peneiras vibratórias antes do *blowout*. Durante o processo de evacuação da unidade, foi observada uma grande desordem. Operadores não sabiam o que fazer. Apesar disso, apenas o operador de rádio da unidade veio a óbito durante o incidente. Foram identificadas falhas no BOP e no sistema de controle de poço. Há a possibilidade desses equipamentos terem sido corroídos pela areia da formação, o que inviabilizou o fechamento total do poço. Também há suspeitas de vazamento nas conexões dos tubos flexíveis devido a temperatura em que foram expostas. As linhas de ancoragem da sonda foram cortadas com o auxílio de explosivos e a unidade foi rebocada para fora a poço.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Autoelevatória	1985	Reino Unido	-	0	-	-	Perda do controle de poço Perda de contenção	Um *kick* ocorreu quando a perfuração atingiu 10.120 pés. O poço foi imediatamente fechado e o peso da lama aumentado. Infelizmente, a coluna de perfuração ficou obstruída e a circulação não pôde ser recuperada. A pressão no revestimento aumentou, enquanto a pressão na coluna de perfuração permaneceu a mesma. Como medida de precaução, 36 trabalhadores não essenciais foram retirados da plataforma, enquanto 17 membros permaneceram a bordo para controlar o poço. O vazamento de fluido de perfuração sintético causou um brilho na água com aproximadamente 1,6 x 0,4 km.	HSE, 2007
Sonda de Perfuração	1981	Reino Unido	-	0	-	-	Outros	Uma série de revestimentos ficaram presos durante operações de rotina em um poço pioneiro. A cabeça do poço foi danificada na tentativa de recuperar o revestimento e o poço foi abandonado.	HSE, 2007

Tabela II.9 - 9: Eventos acidentais reportados durante atividades de perfuração (1977 – 2011).

Tipo de Embarcação	Ano	País	Nome da Embarcação	Número de Feridos / Fatalidades	Substância Vazada	Volume Vazado	Cadeia de Eventos	Descrição	Ref.
Sonda de Perfuração	1977	Noruega	Bravo	0	Óleo cru	32.200 ton	*Blowout*	Um *blowout* ocorreu na plataforma de produção da empresa no campo norueguês Ekofisk. Uma mistura de óleo e lama jorrou até 50 m no ar acima da sonda de perfuração marítima. A tribulação da plataforma foi evacuada com segurança. O *blowout* resultou na liberação de cerca de 30.000 ton. de óleo, até que o vazamento foi interrompido sete dias depois do incidente (um atraso causado pelas más condições climáticas e pela acumulação perigosa de gás no local). O óleo vazado não chegou à costa e o Conselho Norueguês de Controle de Poluição declarou que não houve danos ambientais resultantes do incidente.	CEDRE, 2019

II.9.3 Identificação dos Cenários Acidentais

Conforme apresentado no início do Estudo, a Identificação dos Cenários Acidentais foi realizada a partir da Análise Preliminar de Perigos (APP) preparada para o Projeto. A seguir, são apresentadas as premissas adotadas para os cenários acidentais identificados.

- **PREMISSAS ADOTADAS**

As seguintes premissas foram consideradas para a identificação dos cenários acidentais deste estudo, complementando a metodologia exigida pelo IBAMA.

Vazamento em Tanques e Equipamentos

Para o cenário envolvendo tanques e equipamentos que armazenem produtos oleosos ou outros tipos de produtos químicos, considerou-se que o volume vazado independe da hipótese de vazamento (furo, fissura ou ruptura). Isto é, o volume vazado sempre será correspondente à capacidade máxima do tanque ou equipamento de origem, independentemente da hipótese acidental.

Esta premissa está baseada na hipótese conservadora de que furos, fissuras e rupturas em tanques/recipientes ocorrem no ponto mais baixo do recipiente, e que vazamentos não podem ser interrompidos com, por exemplo, manobras de válvulas (como pode ser feito em cenários envolvendo tubulações).

Vazamentos em Tubulações

Já nos cenários envolvendo tubulações, o volume vazado está diretamente ligado ao tempo de identificação e contenção do vazamento e ao tamanho do orifício aberto na tubulação. RIVM (2009) define que as hipóteses de vazamento e seus respectivos tamanhos de orifícios, apresentados na **Tabela II.9 - 10**, sejam utilizadas na elaboração de estudos de análise de riscos.

Tabela II.9 - 10: Correlação entre hipótese de vazamento e tamanho de orifícios (tubulações)

Hipótese de Vazamento	Tamanho do Orifício
Ruptura Parcial (Furo ou Fissura)	10% do diâmetro da tubulação
Ruptura	100% do diâmetro da tubulação

Fonte: RIVM, 2009

Para os cenários em que as condições de escoamento foram fornecidas, as diretrizes da CONAMA 398/08 foram utilizadas para determinar a categoria de severidade (faixa de volume vazado) dos cenários acidentais avaliados. Na ausência destas informações, a **Tabela II.9 - 11** foi utilizada.

Nesta tabela é apresenta a relação entre o tamanho do orifício e a categoria de severidade (faixa de volume vazado) considerada na APP. Os valores apresentados nesta tabela foram baseados no tempo

para a detecção do derramamento e a interrupção da operação de transferência de 10 minutos (definido por RIVM (2009) para sistema de bloqueio semiautomáticos), no tamanho do orifício de cada hipótese de vazamento e nas condições de pressão e vazão normalmente observados em plantas de processo, com base em simulações de consequências utilizando softwares reconhecidos, como o PHAST, envolvendo liberações de líquidos inflamáveis em condições similares às deste projeto.

Tabela II.9 - 11: Correlação entre o tamanho do orifício e a categoria de severidade (faixa de volume vazado)

Diâmetro do Orifício	Categoria de Severidade
Diâmetro menor ou igual a 1” (25,4 mm)	I - Menor (Vazamento de até 8 m³)
Diâmetro entre 1” (25,4 mm) e 24” (609,6 mm)	II - Média (Vazamento entre 8 m³ e 200 m³)

Além disso, é importante ressaltar que o vazamento em tubulações é limitado pela capacidade máxima do tanque de armazenamento, isto é, o volume vazado em uma tubulação não pode ser superior àcapacidade máxima do tanque de origem.

Cenários com Possibilidade de Atingir o Mar

Conforme pode ser observado na documentação presente no **Anexo B**, a unidade de perfuração avaliada dispõe de um sistema de contenção e drenagem. Este sistema atua como uma barreira mitigadora para os cenários acidentais envolvendo vazamento de produtos químicos líquidos no interior da unidade. Desta forma, considerou-se que vazamentos que não extrapolem a capacidade máxima do sistema de contenção e drenagem não possuem a possibilidade de atingir o mar.

Cenários acidentais que não são atendidos pelo sistema de contenção e drenagem, tais como tubulações próximas às extremidades da embarcação e operações de transferência, são considerados como cenários com possibilidade de atingir o mar.

Para os cenários relacionados a danos estruturais (furo, fissura e ruptura) em tanques de armazenamento da unidade de perfuração, considerou-se que não há a possibilidade de os vazamentos atingirem o mar devido a presença do casco duplo na embarcação, conforme pode de evidenciado no arranjo geral da unidade (**Anexo B**).

Já para os cenários relacionados a danos estruturais em tanques de armazenamento das embarcações de apoio, considerou-se que há a possibilidade desses vazamentos atingirem o mar devido à ausência do casco duplo. Logo, estes cenários foram considerados na análise quantitativa.

Para os cenários de vazamentos relacionado à colisão entre embarcações, considerou-se que a colisão possui energia suficiente para romper os cascos das embarcações (simples ou duplo) e, consequentemente, tanques estruturais. Por isso, estes cenários não só foram considerados na APP, mas também foram considerados na análise quantitativa.

- **RESULTADOS DA APP**

A identificação dos cenários acidentais inerentes à atividade de perfuração avaliada neste estudo foi realizada a partir da análise dos processos e equipamentos que compõem a unidade de perfuração do navio sonda *West Saturn* e as embarcações de apoio previstas para a atividade. Para isso, foi utilizada a documentação técnica fornecida pelo cliente, tais como P&ID e arranjos gerais (**Anexo B**).

A análise considerou sistemas envolvidos nas operações de perfuração e apoio que possuem a possibilidade de ocorrer algum cenário acidental capaz de resultar danos ambientais ou à instalações de terceiros.

A metodologia utilizada para a identificação dos cenários acidentais foi a análise Preliminar de Perigos (APP), conforme a metodologia apresentada no início deste estudo. As planilhas obtidas durante a elaboração da APP estão disponíveis no **Apêndice A**.

Para a avaliação da atividade em questão, foram considerados 8 (oito) sistemas e 20 (vinte) subsistemas apresentados na **Tabela II.9 - 12**.

Tabela II.9 - 12: Identificação dos sistemas e subsistemas considerados no estudo

Sistema	Subsistema	Componentes / Operações
Perfuração / Completação	Preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão)	Sistema de mistura da baritina e da bentonita (misturadores e moegas), Tanques ativos, Bombas de transferência / mistura, Bombas de carga.
	Injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão)	Bombas de lama, *Mud manifold,* Linhas flexíveis e rígidas de injeção de fluido.
	Sistema submarino	*Riser* de perfuração, *Blowout Preventer* (BOP), *Stack* e Cabeça de poço.
	Retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação	*Gumbo separator,* Peneiras vibratórias, Desgaseificador à vácuo (*Vacuum Degasser*), *Desander, Desilter,* Centrífugas, Tanques de armazenamento de fluido.
	Preparo e injeção de cimento	Sistema de preparação de cimento; *Cement manifold;* Linhas flexíveis e rígidas de injeção de fluido.
Poço	Sistema de controle de poço	*BOP, Diverter, Choke and Kill manifold,* Desgaseificador atmosférico *(Poor Boy Degasser), Trip tank*
Teste de Formação	Sistema de teste de formação	Área de teste de poço, Queimador (*Burner boom*)
Contenção, Drenagem e Tratamento de Efluentes	Contenção e drenagem de efluentes oleosos	Sistemas de drenos, Tanque intermediário (*Drains holding tank*), Tanque de descarte de fluidos, Tanque de drenagem.
Armazenamento Reserva	Sistema de tanques reservas	Tanques reservas, Bombas de transferência / circulação. Este sistema é utilizado tanto para fluidos de perfuração ou completação quanto para efluentes oleosos.

Tabela II.9 - 12: Identificação dos sistemas e subsistemas considerados no estudo

Sistema	Subsistema	Componentes / Operações
Armazenamento	Armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível	Tanques de armazenamento de diesel, Bombas de transferência de diesel.
	Armazenamento e circulação de óleo base	Tanques de armazenamento de óleo base, Bombas de transferência de óleo base.
	Armazenamento e circulação de óleo lubrificante	Tanques de armazenamento de óleo lubrificante.
	Armazenamento e circulação de óleo hidráulico	Sistema de distribuição de óleo hidráulico.
	Armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta	Tanques de armazenamento de baritina / bentonita bruta e sistema de transporte pneumático.
	Armazenamento e circulação de cimento bruto	Tanques de armazenamento de cimento bruto e sistema de transporte pneumático.
	Armazenamento e circulação de outros produtos químicos	Sistemas de armazenamento e circulação de outros produtos químicos, tais como soda cáustica, aditivos e glicol.
Atividades de Logística e de Apoio	Operações de transferência	Operação de transferência de óleo diesel / combustível, óleo base ou fluido de perfuração ou completação entre embarcações de apoio e a unidade de perfuração através de mangote.
	Operações de carga e descarga	Operações de movimentação de carga entre embarcações de apoio e a unidade de perfuração através de guindaste.
	Operação de reabastecimento de aeronaves	Sistema de armazenamento de combustível aeronáutico e de reabastecimento de aeronaves.
Embarcações / Navegação	Unidade de Perfuração	Perigos associados à estabilidade da unidade de perfuração ou à possibilidade de colisão com outras embarcações.
	Embarcação de apoio	Perigos associados à estabilidade da embarcação de apoio ou à possibilidade de colisão com outras embarcações.

A APP identificou um total de 43 (quarenta e três) cenários acidentais com potencial vazamento de produtos químicos. A **Tabela II.9 - 13** apresenta o tipo de produto, a categoria de frequência, a severidade e o risco de cada cenário acidental e indica aqueles que envolveram produtos de origem oleosa e com possibilidade de atingir o mar (lembrando que apenas estes cenários serão considerados na avaliação quantitativa).

Tabela II.9 - 13: Cenários acidentais identificados na APP

Cenário Acidental	Produto	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Faixa de Volume Vazado	Produto de Origem Oleosa?	Possibilidade de Atingir o Mar?
1	Fluido de perfuração / completação (sintético)	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
2	Fluido de perfuração / completação (sintético)	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
3	Fluido de perfuração / completação (sintético)	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
4	Fluido de perfuração / completação (sintético)	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
5	Fluido de perfuração / completação (sintético)	C	II	**Médio**	8 < V < 200 m³	Sim	Sim
6	Fluido de perfuração / completação (sintético)	B	III	**Médio**	V >200 m³	Sim	Sim
7	Fluido de perfuração / completação (sintético)	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
8	Fluido de perfuração / completação (sintético)	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
9	Cimento	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Não	Não
10	Cimento	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Não	Não
11	Óleo cru	B	IV	**Médio**	V >200 m³	Sim	Sim
12	Óleo cru	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Sim
13	Efluente oleoso	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
14	Efluente oleoso	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
15	Efluente oleoso	B	III	**Médio**	V >200 m³	Sim	Não
16	Fluido de perfuração / completação (sintético) Efluente oleoso	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não

Tabela II.9 - 13: Cenários acidentais identificados na APP

Cenário Acidental	Produto	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Faixa de Volume Vazado	Produto de Origem Oleosa?	Possibilidade de Atingir o Mar?
17	Fluido de perfuração / completação (sintético) Efluente oleoso	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
18	Óleo diesel / combustível	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
19	Óleo diesel / combustível	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
20	Óleo diesel / combustível	B	III	**Médio**	V >200 m³	Sim	Não
21	Óleo base	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
22	Óleo base	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
23	Óleo base	B	III	**Médio**	V >200 m³	Sim	Não
24	Óleo lubrificante	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
25	Óleo lubrificante	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Não
26	Óleo hidráulico	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
27	Baritina / Bentonita	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Não	Não
28	Baritina / Bentonita	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Não	Não
29	Cimento bruto	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Não	Não
30	Cimento bruto	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Não	Não
31	Outros produtos químicos	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Não	Não
32	Óleo diesel / combustível	D	I	**Médio**	0 < V < 8 m³	Sim	Sim
33	Óleo diesel / combustível	D	II	**Médio**	8 < V < 200 m³	Sim	Sim
34	Óleo diesel / combustível	B	II	**Baixo**	8 < V < 200 m³	Sim	Sim
35	Óleo base Fluido de perfuração / completação (sintético)	D	I	**Médio**	0 < V < 8 m³	Sim	Sim
36	Óleo base Fluido de perfuração / completação (sintético)	D	II	**Médio**	8 < V < 200 m³	Sim	Sim

Tabela II.9 - 13: Cenários acidentais identificados na APP

Cenário Acidental	Produto	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Faixa de Volume Vazado	Produto de Origem Oleosa?	Possibilidade de Atingir o Mar?
37	Óleo base Fluido de perfuração / completação (sintético)	B	III	**Médio**	V >200 m³	Sim	Sim
38	Produtos químicos diversos, incluindo de origem oleosa	B	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Sim
39	Combustível aeronáutico	C	I	**Baixo**	0 < V < 8 m³	Sim	Não
40	Óleo diesel / combustível Fluido de perfuração / completação (sintético) Óleo base Efluente oleoso	A	III	**Baixo**	V >200 m³	Sim	Sim
41	Óleo diesel / combustível Fluido de perfuração / completação (sintético) Óleo base Efluente oleoso	A	III	**Baixo**	V >200 m³	Sim	Sim
42	Óleo diesel / combustível Fluido de perfuração / completação (sintético) Óleo base	A	III	**Baixo**	V >200 m³	Sim	Sim
43	Óleo diesel / combustível Fluido de perfuração / completação (sintético) Óleo base	A	III	**Baixo**	V >200 m³	Sim	Sim

Legenda: V: Volume

Dos cenários identificados na APP, 32 (trinta e dois) foram classificados como risco baixo e 11 (onze) como médio. Não foi identificado nenhum cenário acidental classificado com risco alto. A **Figura II.9 - 23** apresenta a distribuição dos cenários acidentais identificados por categoria de risco.

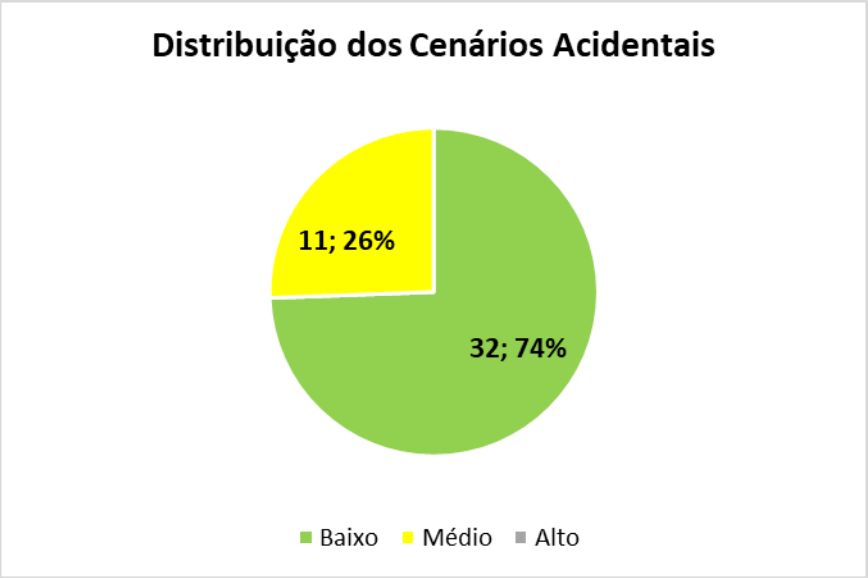


Figura II.9 - 23: Distribuição dos cenários acidentais por categoria de risco.

A análise qualitativa também identificou um total de 17 (dezessete) recomendações (**Tabela II.9 - 14**).

Tabela II.9 - 14: Lista de recomendações identificadas na APP.

Lista de Recomendações
R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção, incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.
R. 3: Garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tribulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização.
R. 4: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção preventiva e periódico do sistema de posicionamento dinâmico da unidade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 5: Garantir e monitorar a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele.
R. 6: Garantir que a contratada possua um programa de monitoramento / controle da integridade dos elementos que compõem o conjunto Solidário de Barreiras (CSB) e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 7: Garantir que a contratada realize simulados periódicos com cenários relacionados a perda de controle de poços e implementar ações para monitorar / controlar a realização e a eficiência desses simulados.
R. 8: Garantir que a contratada siga as boas práticas da indústria durante a atividade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.

Tabela II.9 - 14: Lista de recomendações identificadas na APP.

Lista de Recomendações
R. 9: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção periódica e preventiva de equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 10: Garantir da contratada a presença de um observador durante a execução do teste de formação.
R. 11: Garantir que a contratada utilize mangotes certificados.
R. 12: Garantir e monitorar a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência.
R. 13: Garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes, respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.
R. 14: Garantir e monitorar a realização de inspeções em cabos, acessórios e equipamentos de movimentação de carga antes da realização deste tipo de operação.
R. 15: Garantir que a contratada estabeleça um programa de monitoramento / controle da integridade estrutural da unidade de perfuração.
R. 16: Garantir e monitorar que a contatada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria.
R. 17: Garantir a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.

- **CENÁRIOS AVALIADOS NA ANÁLISE QUANTITATIVA**

Aqueles cenários identificados na APP com um risco alto ou que envolvam vazamentos de produtos de origem oleosas que possam atingir o mar devem ser avaliados quantitativamente, isto é, o volume vazado e a frequência de ocorrência associadas a estes cenários serão calculados e utilizados para a definição do Risco Ambiental. A **Tabela II.9 - 15** apresenta os cenários que apresentaram estas características.

Tabela II.9 - 15: Cenários acidentais considerados na análise quantitativa

Sistema	Subsistema	CA	Perigo	Causa	Consequências	Cat. Risco
Perfuração / Completação	Sistema submarino	5	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético	Furo ou fissura do *riser* de perfuração / acessório devido: • Corrosão; • Fadiga; • Falha estrutural; • Queda de objetos.	Impacto Ambiental.	**Médio**
		6	Grande vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético	Ruptura do *riser* de perfuração / acessório devido: • Corrosão; • Fadiga; • Falha estrutural; • Queda de objetos; • Perda do posicionamento da unidade de perfuração.	Impacto Ambiental.	**Médio**
Poço	Sistema de controle de poço	11	Grande vazamento de óleo cru	Perda de integridade do CSB. Falha na identificação do *kick* (Erro humano ou Instrumentação). Falha na implementa dos procedimentos de controle de poço (Erro humano). Falha do BOP.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Médio**
Teste de formação	Sistema de teste de formação	12	Pequeno vazamento de óleo cru e gás.	Falha no sistema de queima durante o teste de formação devido: • Falha no sistema de ignição; • Condições climáticas adversas; • Falha no suprimento de ar comprimido.	Impacto Ambiental	**Baixo**

Tabela II.9 - 15: Cenários acidentais considerados na análise quantitativa

Sistema	Subsistema	CA	Perigo	Causa	Consequências	Cat. Risco
Atividades de logística e apoio	Operações de transferência	32	Pequeno vazamento de óleo diesel / combustível	Furo devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Médio**
		33	Médio vazamento de óleo diesel / combustível.	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Médio**
		34	Médio vazamento de óleo diesel / combustível.	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo diesel / combustível da embarcação de apoio.	Impacto Ambiental.	**Baixo**
		35	Pequeno vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético.	Furo devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Impacto Ambiental.	**Médio**

Tabela II.9 - 15: Cenários acidentais considerados na análise quantitativa

Sistema	Subsistema	CA	Perigo	Causa	Consequências	Cat. Risco
		36	Médio vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético.	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Impacto Ambiental.	**Médio**
		37	Grande vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético.	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação da embarcação de apoio.	Impacto Ambiental.	**Médio**
	Operações de carga e descarga	38	Pequeno vazamento de produtos oleosos ou produtos químicos	Queda de objetos durante operações de movimentação de cargas entre as embarcações de apoio e a unidade de perfuração.	Impacto Ambiental; Danos pessoais.	**Baixo**
Embarcações / Navegação	Unidade de Perfuração	40	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base.	Ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da unidade de perfuração com outras embarcações.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Baixo**
		41	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base.	Naufrágio da unidade de perfuração devido: • Danos estruturais; • Colisão com outras embarcações; • Condições climáticas adversas.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Baixo**
	Embarcação de Apoio	42	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base.	Ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da embarcação de apoio com outras embarcações.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Baixo**

Tabela II.9 - 15: Cenários acidentais considerados na análise quantitativa

Sistema	Subsistema	CA	Perigo	Causa	Consequências	Cat. Risco
		43	Grande vazamento de óleo diesel / combustível e fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base.	Naufrágio da embarcação de apoio devido: • Danos estruturais; • Colisão com outras embarcações; • Condições climáticas adversas; • Perda de estabilidade da embarcação (ex.: falha no sistema de lastro).	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	**Baixo**

- **VOLUMES DE ÓLEO LIBERADOS**

Esta seção apresenta o cálculo do volume vazado dos cenários acidentais apresentados na **Tabela II.9 - 15.** Estes volumes foram calculados conforme a metodologia apresentada no início deste estudo e as premissas apresentadas a seguir.

Premissas Adotadas

As seguintes premissas foram consideradas para o cálculo do volume vazados dos cenários acidentais deste estudo, complementando a metodologia exigida pelo IBAMA:

- Caso a capacidade de contenção do sistema de contenção e drenagem seja inferior ao volume vazado em cada um dos cenários acidentais analisados, será considerado que o cenário é 100% não contido, ou seja, o volume total do vazamento seguiria para o mar;
- Nos cenários relacionados ao vazamento de produtos que possuam óleo como uma parte de sua composição, tais como fluidos de perfuração ou completação sintético e efluentes oleosos, considerou-se um vazamento de produto composto por 100% de óleo. Por exemplo, fluidos de perfuração sintético normal possuem de 60 a 70% de óleo base em sua composição, entretanto, nos cenários relacionados a fluidos de perfuração, considerou-se o vazamento de um produto composto por 100% óleo base;
- Para o cenário envolvendo vazamentos de fluidos de perfuração ou completação devido a danos no *riser* de perfuração, considerou-se que o volume máximo que poderia vazar corresponde ao volume de fluido contido no interior de uma tubulação de 19,25 pol (diâmetro interno do *riser* de perfuração fornecido pela ExxonMobil), com 3658 m de comprimento (lâmina d'água prevista para o poço mais profundo desta atividade);
- Para o cenário relacionado a vazamento de óleo cru devido à perda de controle de poço, considerou-se a liberação de óleo durante 30 dias com a vazão de 7.949,36 m^3/dia (vazão fornecida pela ExxonMobil), conforme determinado pela CONAMA 398/08;
- Para o cenário relacionado ao vazamento de óleo cru durante o teste de formação, considerou-se a vazão de produção de óleo de 1.589,9 m^3/dia (valor fornecido pela ExxonMobil) e o tempo de 10 minutos para a identificação e interrupção do vazamento;
- Para os cenários que envolvem operações de transferência, considerou-se a vazão de transferência de 200 m^3/h (valor fornecido pela ExxonMobil) e o tempo de 10 minutos para a identificação e interrupção do escoamento (tempo definido por RIVM (2009) para sistema de bloqueio semiautomáticos);

- Para o cenário relacionado ao vazamento de produtos de origem oleosa diversos durante operações de movimentação de carga entre a unidade de perfuração e as embarcações de apoio, considerou-se a queda de um tanque portátil de 5 m³ (capacidade padrão desse tipo de recipiente);
- Para os cenários relacionados a embarcações de apoio, foram consideradas informações técnicas referentes a embarcação com a maior capacidade de armazenamento dentre as embarcações de apoio destinada a esta operação;
- Para os cenários de colisão entre embarcações, considerou-se que o impacto gerado possui energia suficiente para romper o casco da embarcação (sendo ele simples ou duplo) e atingir os 2 maiores tanques de armazenamento de produtos de origem oleosa;
- Para os cenários relacionados à perda de estabilidade da embarcação, considerou-se o volume vazado correspondente à capacidade total de armazenamento de produtos de origem oleosa da embarcação.

Resultados do Cálculo de Volumes de Óleo Liberados

Baseado nas premissas da CONAMA 398/08 apresentadas no início desde estudo, nas premissas descritas neste item e nas informações técnicas fornecidas pela empresa, determinou-se o volume vazado para cada um dos cenários apresentados na **Tabela II.9 - 15**. A **Tabela II.9 - 16** apresenta os resultados obtidos.

Foram identificados 03 (três) cenários acidentais na faixa de Pequeno Vazamento (volume vazado menor que 8 m³), 04 (quatro) na faixa de Médio Vazamento (volume vazado maior que 8 m³ e menor que 200 m³) e 06 (seis) na faixa de Grandes Vazamentos (volume vazado maior que 200 m³).

Tabela II.9 - 16: Cálculo de volume dos cenários considerados na análise quantitativa.

CA	Produto	Volume de Armazenamento (m³)	Vazão de bombeio	Tempo de identificação e interrupção	Volume liberado (m³)
5	Fluido de perfuração ou completação (sintético)	686,9	-	-	200,0
6	Fluido de perfuração ou completação (sintético)	686,9	-	-	686,9
11	Óleo cru	-	7.949,36 m³/dia	30 dias	238.480,9
12	Óleo cru	-	1.589,9 m³/dia	10 min	11,0
32	Óleo diesel / Combustível	-	200 m³/h	10 min	8,0
33	Óleo diesel / Combustível	-	200 m³/h	10 min	33,3
34	Óleo diesel / Combustível	161,7	-	-	161,7
35	Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	-	200 m³/h	10 min	8,0
36	Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	-	200 m³/h	10 min	33,3
37	Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	289,2	-	-	289,2
38	Produtos oleosos diversos	5,0	-	-	5,0
40	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	3.814,6	-	-	3.814,6
41	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	11.119,2	-	-	11.119,2
42	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	578,5	-	-	578,5
43	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou completação (sintético) Óleo base	4.441,1	-	-	4.441,1

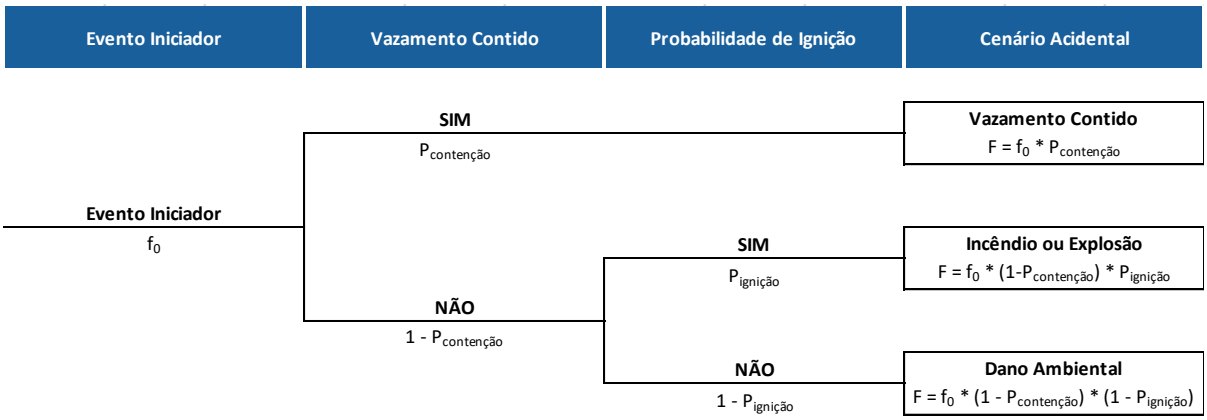
II.9.3.1 Avaliação das Frequências de Ocorrência dos Cenários Acidentais

A avaliação de Frequências for realizada de acordo com a metodologia apresentada no início do estudo. A seguir, são apresentadas as premissas adotadas no cálculo de frequência.

- **PREMISSAS ADOTADAS**

As seguintes premissas foram consideradas para a determinação quantitativa da frequência de ocorrência dos cenários acidentais desse estudo, complementando a metodologia exigida pelo IBAMA:

- Para os cenários envolvendo vazamento de fluidos de perfuração ou completação sintético, foram consideradas as propriedades físico-química do óleo base. Esta consideração foi tomada devido à variação da composição destes produtos e o óleo base normalmente é responsável pela maior parte da composição desse tipo de fluido (entre 60 e 70 % da mistura);
- Para a construção da árvore de eventos associadas aos cenários acidentais avaliados neste estudo, foram consideradas a possibilidade de contenção do vazamento e de ignição total (incluindo ignição imediata e retardada). A possibilidade de ignição imediata e retardada foram consideradas em conjunto, porque o foco deste estudo é a probabilidade da contaminação ambiental e esta medida simplifica a construção das árvores de evento (**Figura II.9 - 24**);



Legenda:
f_0: Frequência de ocorrência do evento iniciador;
$P_{contenção}$: Probabilidade de contenção do vazamento;
$P_{ignição}$: Probabilidade de ignição total (ignição imediata e retardada).

Figura II.9 - 24: Arvore de Eventos considerada nesse estudo.

- Para os cenários envolvendo produtos não inflamáveis, considerou-se a probabilidade de ignição como nula. Segundo a Norma Regulamentadora (NR) 20 da Secretaria do Trabalho, produtos inflamáveis são definidos como:
    - **Líquidos Inflamáveis:** Líquidos que possuem ponto de fulgor menor ou igual a 60° C;

- **Gases Inflamáveis:** Gases que inflamam com o ar a 20° C e uma pressão padrão de 101,3 kPa.

- As propriedades dos produtos químicos abordados nesta análise estão disponíveis nas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) (**Anexo C**).

- **AVALIAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS**

Conforme descrito na metodologia deste estudo, a frequência de ocorrência dos cenários classificados com risco alto na APP ou que envolvam o vazamento de produtos de origem oleosa com possibilidade de atingir o mar deve ser determinada quantitativamente.

A seguir, são descritas detalhadamente as premissas consideradas para a determinação da frequência de cada um dos cenários indicados na APP.

Probabilidade de Ignição

Neste estudo serão consideradas as probabilidades de ignição apresentadas em 2010 pela OGP no Relatório nº 434-6 (*Risk Assessment Data Directory – Ignition Probabilities*). Este relatório considerou dados apresentados pela *United Kingdom Offshore Operators Assossiation* (UKOOA) em 2006.

Segundo a OGP (2010b), a probabilidade de ignição de líquidos inflamável em instalações *offshore* é dada pela curva apresentada na **Tabela II.9 - 17** e **Figura II.9 - 25**. A probabilidade de ignição para cenários de *blowout* é dada pela curva apresentada na **Tabela II.9 - 18** e **Figura II.9 - 26**.

Tabela II.9 - 17: Probabilidade de ignição de líquidos inflamáveis em unidades offshore.

Vazão (kg/s)	Probabilidade de Ignição
0,1	0,1
0,2	0,2
0,5	0,5
1,0	1,0
2,0	2,0
5,0	5,0
10,0	10,0
20,0	20,0
50,0	50,0
100,0	100,0
200,0	200,0
500,0	500,0
1.000,0	1.000,0

Fonte: OGP, 2010b

Tabela II.9 - 18: Probabilidade de ignição em cenários de blowout

Vazão (kg/s)	Probabilidade de Ignição
0,0010	0,0010
0,0016	0,0013
0,0029	0,0019
0,0046	0,0026
0,0074	0,0035
0,0136	0,0051
0,0215	0,0067
0,0342	0,0090
0,0630	0,0131
0,1000	0,0175
0,1000	0,0175
0,1000	0,0175
0,1000	0,0175

Fonte: OGP, 2010b

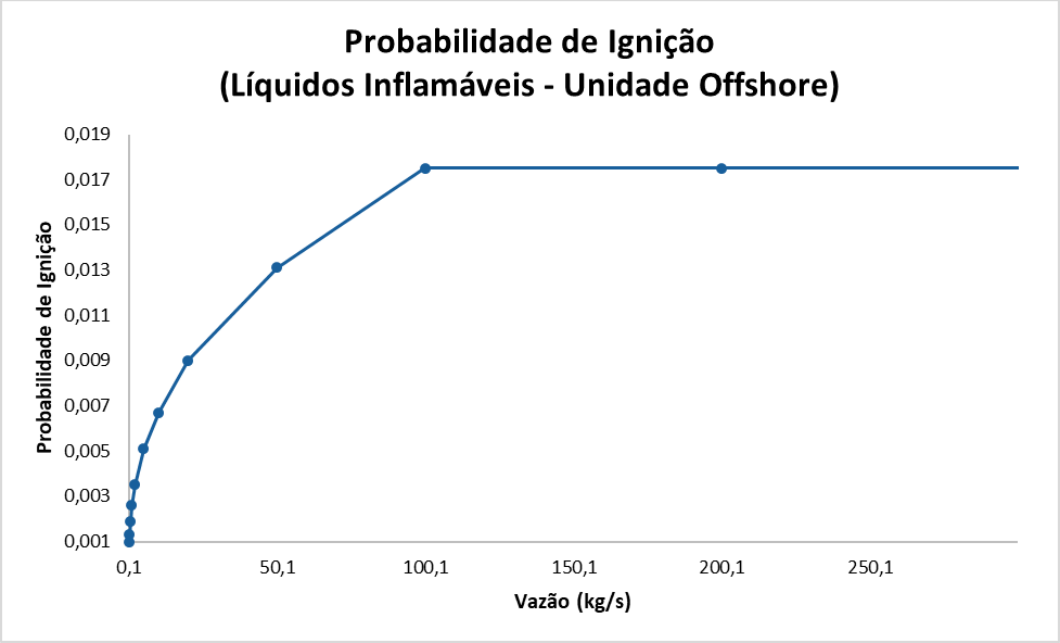


Figura II.9 - 25: Curva de probabilidade de ignição para vazamento de líquidos infláveis em unidade offshore (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010b).

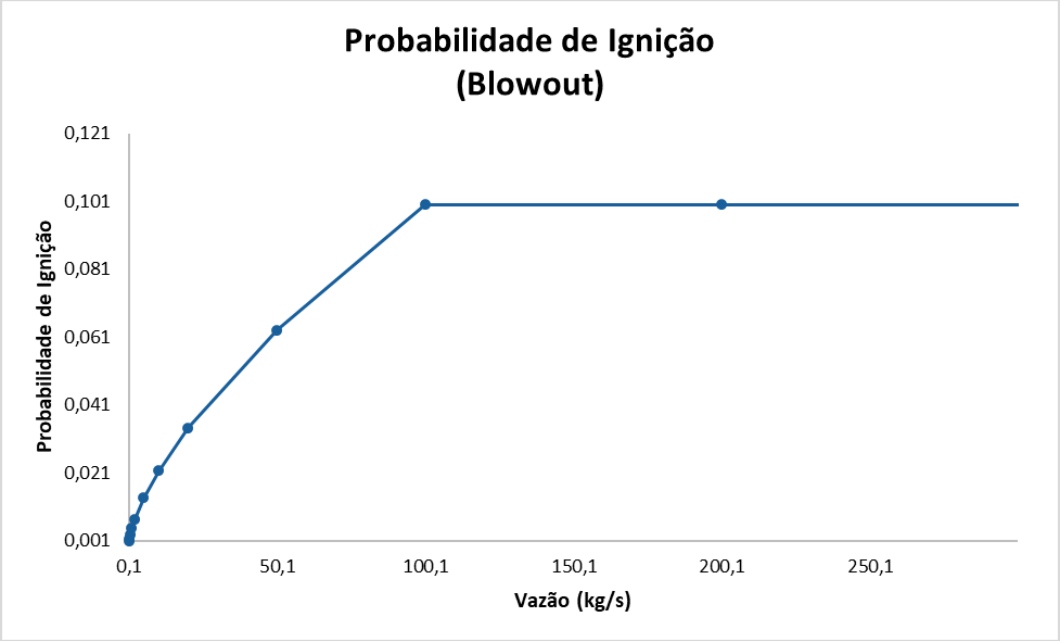


Figura II.9 - 26: Curva de probabilidade de ignição em cenários de *blowout* (Gráfico: WOB, 2020 Dados: OGP, 2010b).

Na ausência de informações da vazão do cenário avaliado, será considerada, de forma conservadora, a probabilidade de ignição igual a 0,001. Segundo a OGP (2010b), este valor corresponde à probabilidade de ignição imediata, que é independente da vazão ou do cenário acidental, e é o menor valor apresentado pelas curvas.

Cenários 05 e 06

Estes cenários estão associados ao vazamento de fluidos de perfuração ou complementares sintéticos devido a danos causados ao *riser* de perfuração. A **Tabela II.9 - 19** apresenta o tamanho dos orifícios calculados considerando um *riser* de perfuração típico com 19,25" de diâmetro

Tabela II.9 - 19: Cálculo dos tamanhos de orifícios.

Cenário Acidental	Hipótese de Vazamento	Diâmetro do Orifício (Polegadas)
05	Furo	1"
	Fissura	4"
06	Ruptura	20"

Segundo DNV (2017), a frequência de vazamentos em *riser* rígidos de aço carbono com diâmetro superior a 16" é 1,1E-04 ano^{-1}. Ainda segundo DNV (2017), 11% dos vazamentos em tubulação offshore foram devido a rupturas e 89% foram devido a furos e rupturas.

Além disso, nenhum destes cenários possui sistema de contenção disponíveis ou envolve produto químico inflamável. A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para os cenários 05 e 06 são apresentados na **Tabela II.9 - 20**.

Tabela II.9 - 20: Cálculo da frequência para os cenários 5 e 6

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
5	1,21E-05	0	0	1,21E-05
6	9,79E-05	0	0	9,79E-05

Cenário 11

Este cenário está relacionado ao vazamento de óleo cru devido à perda de controle do poço, resultando em um *blowout*. Segundo PEREZ *et al.* (2019), o *blowout* é um fluxo descontrolado do fluido da formação após a ocorrência de um *kick*. Para a ocorrência de um *kick,* são necessárias que as seguintes condições ocorram simultaneamente:

- Falha do 1º Conjunto solidário de barreiras (CSB):
    - A pressão hidrostática no interior do poço é menor que a pressão no poro de formações permeáveis.
- Condições Geológicas e Geofísicas:
    - Formação com permeabilidade suficiente;
    - A viscosidade do fluido é baixa o suficiente para fluir.

A **Figura II.9 - 27** apresenta o encadeamento de eventos necessários para a ocorrência de um *kick* e os desdobramentos necessários para que este cenário resulte em um *blowout*.

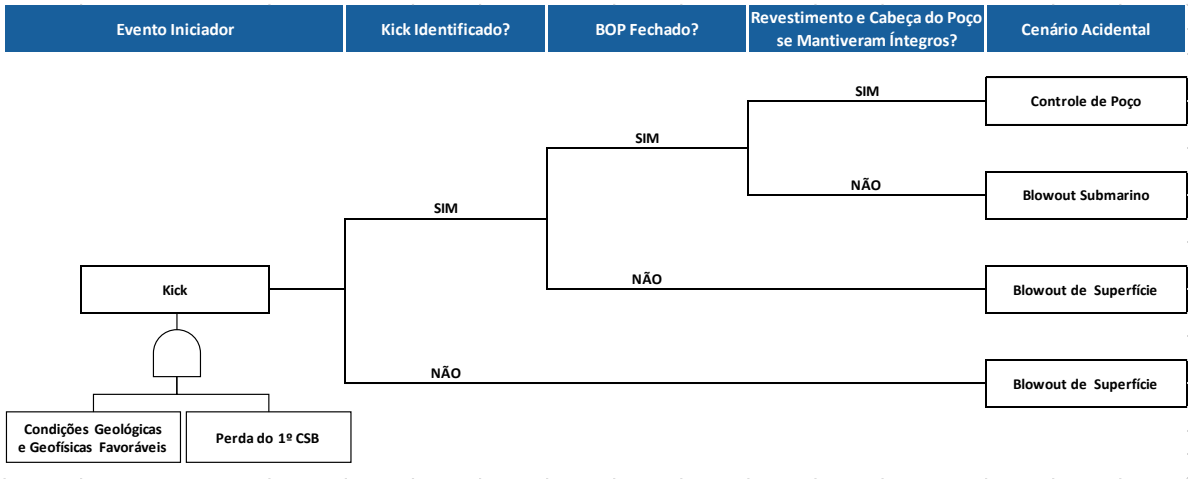


Figura II.9 - 27: Árvore de falhas e eventos para ocorrência do cenário de *blowout*.

A IOGP (2019) apresenta um relatório indicando dados de ocorrência de *blowout* no cenário mundial. O documento citado classifica as frequências de ocorrência de acordo com o caráter dos poços/reservatórios e tipo de operação executada neles.

Para o presente estudo, foi considerada a frequência de *blowout* em perfuração exploratória de poços submarinos piorneiros, de acordo com os *North Sea Standards*. Este tipo de perfuração é definido no próprio relatório como "operação realizada com BOP instalado e o princípio de duas barreiras seguido", assim como exigido pelo órgão regulador local (ANP), por meio do Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento de Integridade de Poços (SGIP).

Sendo assim, a frequência de ocorrência apresentada pelo relatório e utilizada nos cálculos para o estudo é de 1,3E-04 poço^{-1}.

O cenário acidental em questão é definido por meio de um volume diário estimado decorrente da perda de controle do poço de maior vazão por 30 dias, conforme definição da CONAMA 398. SINTEF (2016) apresenta dados de frequência de ocorrência de *blowout* em função de sua duração (tempo de vazamento), conforme apresentado na **Figura II.9 - 21**. Segundo este relatório, a fração dos cenários de *blowout* com duração de mais de cinco dias apresentada é de 21,0%.

Desta forma, foi realizado um ajuste da frequência em função do tempo de duração do *blowout,* conforme apresentado na **Figura II.9 - 28**.

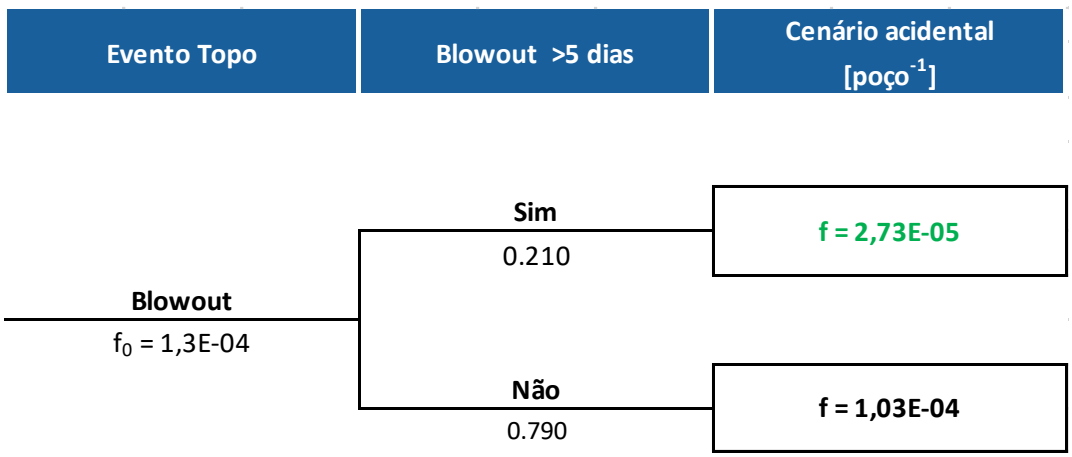


Figura II.9 - 28: Ajuste da frequência de *blowout* em função do tempo de duração.

Considerando o cronograma de perfuração apresentado no capítulo de Caracterização da Atividade (item II.2) deste EIA, está prevista a perfuração de, no máximo, 03 (três) poços por ano. Desta forma, a frequência de ocorrência, na base anual, de *blowouts* em operações de perfuração exploratória, que adotam o princípio dos Conjuntos Solidários de Barreiras (CSB) e, com duração maior do que 5 dias, é de 8,19E-05 ano^{-1}.

O óleo esperado para a região possui 36,2° API, o que corresponde a um óleo com massa específica de 844 kg/m³. Considerando esta massa específica, a vazão de produção do poço de 7949,36 m³/dia e a curva de probabilidade de ignição (**Figura II.9 - 26**), obtém-se a probabilidade de ignição igual a 0,100.

Cabe ressaltar que, além da adoção do princípio de dois CSB independentes, as operações previstas para a atividade envolvem o uso de uma técnica especial de perfuração (MPD – *Managed Pressure Drilling*) que atua como um mecanismo de aprimoramento na confiabilidade da barreira primária de segurança do poço, bem como na identificação de um *kick*, que é o evento percursor do *blowout*. Porém, por não haver disponibilidade de uma base de dados robusta que avaliasse o impacto do sistema MPD na redução na taxa de frequência de *blowout*, este refinamento dos dados não foi efetuado. No entanto, este sistema é considerado uma barreira de segurança para esta atividade, conforme apresentado no Plano de Gerenciamento de Riscos descrito no **Item II.9.8**.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para o cenário 11 é apresentada na **Tabela II.9 - 21**.

Tabela II.9 - 21: Cálculo da frequência para o cenário 11.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Probabilidade de duração >5 dias	Frequência CA (ano^{-1})
11	8,19E-05	0	0,1	0,21	7,37E-05

Cenário 12

Este cenário está relacionado ao vazamento de óleo cru devido a falha no queimador durante a execução de testes de formação.

Por se tratar de um vazamento sobre o mar, não foi considerada a probabilidade de contenção. Além disso, não foi considerada a probabilidade de ignição, porque a presença de chama está diretamente ligada à operação normal deste tipo de equipamento e o cenário acidental está associado à ausência dessa chama.

BERROUANE; LOUNIS (2016) apresenta um estudo baseado na construção de uma árvore de eventos para a determinação da frequência de falha de um queimador. Segundo esses autores, a frequência de falha desse tipo de equipamento é dada por 4,28E-04 ano^{-1}.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para o cenário 12 é apresentada na **Tabela II.9 - 22**.

Tabela II.9 - 22: Cálculo da frequência para o cenário 12.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
12	4,28E-04	0	0	4,28E-04

Cenários 32, 33, 35 e 36

Estes cenários estão relacionados a vazamentos devido a danos/falhas em mangotes utilizados em operações de transferência entre a unidade de perfuração e embarcações de apoio.

Os cenários 32 e 33 envolvem a transferência de um líquido inflamável (óleo diesel / combustível), por isso será considerada a probabilidade de ignição nesses cenários. Considerando a vazão máxima de transferência de 200 m³/h, a massa específica do óleo diesel marinho de 865 kg/m³ e a curva de probabilidade de ignição (**Figura II.9 - 25**), obtém-se a probabilidade de ignição igual a 0,0131.

Os cenários 35 e 36 não envolvem os vazamentos de líquidos inflamáveis (óleo base e fluidos de perfuração ou completação sintético). Por isso, não foi considerada a probabilidade de ignição nestes cenários.

Segundo informação fornecida pela empresa, está prevista a realização de 14 viagens por mês das embarcações de apoio até as bases de apoio terrestres. Considerando que em cada uma destas viagens é realizada uma operação de transferência, serão realizadas um total de 168 operações de transferência por ano.

Devido ao fato de as embarcações de apoio possuírem capacidade de tancagem independentes para cada tipo de substância, há a possiblidade de ocorrerem transferências múltiplas de diferentes produtos. Por isso, a frequência de 168 operações de transferência será considerada para os cenários envolvendo transferência de óleo diesel/combustível, óleo base e fluido de perfuração ou completação sintético.

Ainda segundo a empresa, durante as operações de transferência serão utilizados mangotes com *dry-break connections* e *breakaway couplings* e, antes de cada operação, será realizado teste de estanqueidade. Desta forma, segundo HSE (2019), a unidade de perfuração é classificada como uma unidade com múltiplos sistemas de segurança.

Segundo HSE (2019), unidades com múltiplos sistemas de segurança apresentam a frequência de 6,4E-06 transferência^{-1} para furos em mangote e de 2,0E-07 transferência^{-1} para fissura e rupturas. Baseado nestas informações e na frequência das operações de transferências, obtém-se a frequência de 1,08E-03 ano^{-1} para furos e 3,36E-05 ano^{-1} para fissuras ou rupturas.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para os cenários 32, 33, 35 e 36 são apresentadas na **Tabela II.9 - 23**.

Tabela II.9 - 23: Cálculo da frequência para os cenários 32, 33, 35 e 36.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
32	1,08E-03	0	0,0131	1,06E-03
33	3,36E-05	0	0,0131	3,32E-05
35	1,08E-03	0	0	1,08E-03
36	3,36E-05	0	0	3,36E-05

Cenário 34 e 37

Este cenário está relacionado a vazamentos de produtos oleosos devido a danos estruturais nos tanques de armazenamento das embarcações de apoio.

Segundo DNV (2011), a frequência de danos estruturais em cascos de embarcações resultando em um vazamento pode ser dividida em seções, sendo elas: no porto, em águas restritas e no mar. Para a elaboração deste estudo foram considerados os valores de frequência apresentados para navios tanque, devido à ausência de dados mais representativos. A **Tabela II.9 - 28** apresenta os dados de frequência por seção considerados nesse estudo.

Tabela II.9 - 24: Parâmetros utilizados como base para determinar a frequência de vazamentos de óleo devido a danos estruturais no casco.

No porto (visita^{-1})	Em Águas Restritas (km^{-1})	No Mar (hora^{-1})
2,2E-06	1,4E-08	4,6E-08

Fonte: DNV, 2011

Neste cenário, considerou-se apenas o período no qual a embarcação de apoio estará no bloco realizando alguma operação relacionada à atividade de perfuração. Para terminar o tempo de exposição, considerou-se:

- 14 viagens das embarcações de apoio para a base de apoio terrestre por mês (168 operações de transferência por ano);
- Duração máxima das operações de transferência de 4 horas por produto transferido (conforme informações fornecidas pela empresa);
- Transferência de 02 produtos de origem oleosa para cada viagem das embarcações de apoio (óleo diesel e fluido de perfuração sintético);
- 2 horas para operações de aproximação e afastamento da embarcação de apoio.

Desta forma, o tempo de exposição das embarcações de apoio é de 1.680 horas por ano. Considerando a frequência de vazamentos de óleo devido a danos estruturais de 4,6E-08 hora^{-1} (período no qual a embarcação está no mar), obtêm-se a frequência de 7,73E-05 ano^{-1}.

A frequência de ocorrência obtida através dos dados apresentados por DNV (2011) não é normalizada pela quantidade de tanques presentes na embarcação. Por isso, considerou-se um fator baseado na distribuição de tanques da embarcação de apoio com a maior capacidade de armazenamento.

Segundo informações fornecidas pela empresa, a embarcação de apoio de referência possui 06 (seis) tanques para armazenamento de óleo diesel/combustível e 12 (doze) tanques para armazenamento de óleo base e fluidos de perfuração/completação sintéticos. Desta forma, considerou-se um fator de 0,334 para o cenário 34 e 0,666 para o cenário 37.

Note que a definição destes fatores é conservadora, uma vez que que não foi considerada a existência de outros tanques presentes na embarcação que não estão associados ao armazenamento de produtos oleosos, tais como água de lastro e água potável.

Para este cenário, a possibilidade de contenção do vazamento é nula, tendo em vista que este estudo considera a utilização de embarcações com casco simples. Além disso, a probabilidade de ignição é considerada nula.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para os cenários 34 e 37 são apresentadas na **Tabela II.9 - 26**.

Tabela II.9 - 25: Cálculo da frequência para os cenários 34 e 37.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
34	2,58E-05	0	0	2,5E-05
37	5,15E-05	0	0	5,15E-05

Cenário 38

Este cenário está relacionado ao vazamento de produtos químicos diversos de origem oleosa devido à queda no mar durante operações de movimentação de carga entre a unidade de perfuração e embarcações de apoio.

Para este cenário não será considerada a possibilidade de contenção do vazamento devido à ausência de sistemas de contenção para este tipo de atividade. Além disso, não será considerada a probabilidade de ignição devido à baixa probabilidade de uma fonte de ignição entrar com contato com algum tipo de material transportado.

A OGP (2010c) apresenta a frequência de queda de objetos durante operações de movimentações de carga. Segundo este relatório, a frequência de queda de objetos no mar em operações utilizando o guindaste principal de uma unidade marítima móvel é de 8,8E-06 inçamento^{-1}.

Como estimativa da quantidade de operações de carga e descarga realizadas entre a unidade de perfuração e a embarcação de apoio, considerou-se 2 operações (uma de carga e outra de descarga) por viagem das embarcações de apoio até a base terrestre.

Conforme apresentado anteriormente, este estudo considera uma frequência de 168 viagens por ano, logo, foram consideradas 336 operações por ano. Desta forma, a frequência de quedas de carga no mar é dada por 2,96E-03 ano^{-1}.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para o cenário 38 é apresentada na **Tabela II.9 - 26**.

Tabela II.9 - 26: Cálculo da frequência para o cenário 38.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
38	2,96E-03	0	0	2,96E-03

Cenários 40

Este cenário está relacionado à possibilidade de vazamento de produtos de origem oleosas devido à colisão de embarcações diversas com a unidade de perfuração.

DNV (2011) define contato como um evento no qual uma embarcação atinge um objeto externo que não seja outra embarcação ou o relevo marinho. Nesta categoria estão inclusas a colisão das embarcações com plataformas offshore, o que é uma boa aproximação para a colisão com a unidade de perfuração. Desta forma, DNV (2011) apresenta a frequência de 3,1E-06 para o contato de todos os tipos de embarcações avaliados no estudo com plataformas *offshore,* resultando em um vazamento de óleo.

Para este cenário, a possibilidade de contenção do vazamento é nula, tendo em vista que se considera que a colisão possui energia suficiente para romper o casco duplo da unidade de perfuração. Além disso, a probabilidade de ignição é considerada nula.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para o cenário 40 é apresentada na **Tabela II.9 - 29**.

Tabela II.9 - 27: Cálculo da frequência para o cenário 40.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
40	3,10E-06	0	0	3,10E-06

Cenário 42

Este cenário está relacionado à possibilidade de vazamento de produtos de origem oleosos devido à colisões de embarcações com as embarcações de apoio.

Segundo DNV (2011), a frequência de uma colisão entre embarcações resultar em um vazamento pode ser dividida em seções, sendo elas: no porto, em águas restritas e no mar. Para a elaboração deste estudo, foram considerados os valores de frequência apresentados para navios tanque, devido à ausência de dados mais representativos. A **Tabela II.9 - 28** apresenta os dados de frequência por seção considerados neste estudo.

Tabela II.9 - 28: Parâmetros utilizados como base para determinar a frequência de vazamentos de óleo devido a colisão entre embarcações.

No porto (visita^{-1})	Em Águas Restritas (km^{-1})	No Mar (hora^{-1})
8,8E-07	1,2E-08	3,1E-08

Fonte: DNV, 2011

Neste cenário considerou-se apenas o período no qual a embarcação de apoio está no bloco realizando alguma operação relacionada à atividade de perfuração. Para determinar o tempo de exposição, considerou-se:

- 14 viagens das embarcações de apoio para a base de apoio terrestre por mês (168 viagens por ano);
- Duração máxima das operações de transferência de 4 horas por produto transferido (conforme informações fornecidas pela empresa);
- Transferência de dois produtos de origem oleosa para cada viagem das embarcações de apoio (óleo diesel e fluido de perfuração sintético);
- 2 horas para operações de aproximação e afastamento da embarcação de apoio.

Desta forma, o tempo de exposição das embarcações de apoio é de 1.680 horas por ano. Considerando a frequência de vazamentos de óleo devido a colisões de 3,1E-08 hora^{-1} (período no qual a embarcação está no mar), obtêm-se a frequência de 5,21E-05 ano^{-1}.

Para este cenário, a possibilidade de contenção do vazamento é nula, tendo em vista que se considera que a colisão possui energia suficiente para romper o casco das embarcações. Além disso, a probabilidade de ignição é considerada nula.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para o cenário 42 é apresentada na **Tabela II.9 - 29**.

Tabela II.9 - 29: Cálculo da frequência para os cenários 42.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
42	5,21E-05	0	0	5,21E-05

<u>Cenários 41 e 43</u>

Estes cenários estão associados ao naufrágio da unidade de perfuração e das embarcações de apoio. Para a quantificação da frequência de ocorrência destes cenários serão considerados os dados apresentados por DNV (2011) para colisões, danos das casco e incêndios e explosões que resultem em perda total da unidade. Segundo DNV (2011), perda total é definida segundo o ponto de vista de seguradoras, isto é, não necessariamente uma perda total está associada a um naufrágio.

Desta forma, será considerado um fator de correção respaldado na análise histórica realizada para este estudo, com base na quantidade de incidentes associados à perdas totais em navio sonda que resultaram em naufrágio.

Sendo assim, serão consideradas as causas para a perda total das embarcações apresentadas na **Tabela II.9 - 30**. Vale ressaltar que foram considerados valores de frequência referentes a navios tanques devido à ausência de dados mais representativos.

Tabela II.9 - 30: Parâmetros utilizados como referência para determinar a frequência de naufrágio das embarcações (frequência de acidentes resultando em perdas totais).

Causas	Frequência (ano^{-1})
Colisão	9,4E-05
Danos ao Casco	3,9E-04
Incêndio e Explosões	3,2E-04

Fonte: DNV, 2011

Conforme pode ser observado na **Tabela II.9 - 7**, foram notificados 04 (quatro) acidentes associados à perda total de navios sonda, entretanto, nenhum deles foi relacionado à perda de flutuabilidade ou naufrágio. Desta forma, determinou-se um fator de 0,01 pois, ao mesmo tempo que a análise histórica

indica a ausência desde cenário acidental para navio sonda, ela indica que esse é um cenário possível para atividades de perfuração com outros tipos de embarcações. Consequentemente, esse fator foi utilizado para indicar a possibilidade desse cenário, mas com uma baixa probabilidade.

Por fim, a frequência de ocorrência para os cenários envolvendo o naufrágio das embarcações é de 8,04E-06 ano^{-1}. Para estes cenários considerou-se nula a probabilidade de contenção do vazamento e a probabilidade de ignição.

A partir destas considerações, a frequência de ocorrência para os cenários 41 e 43 são apresentadas na **Tabela II.9 - 31**.

Tabela II.9 - 31: Cálculo da frequência para os cenários 41 e 43.

CA	Frequência de Vazamento (ano^{-1})	Probabilidade de Ser Contido	Probabilidade de Ignição	Frequência CA (ano^{-1})
41	8,04E-06	0	0	8,04E-06
43	8,04E-06	0	0	8,04E-06

- **RESULTADOS OBTIDOS**

A **Tabela II.9 - 32** apresenta os volumes de óleo associados e a frequência de ocorrência dos cenários acidentais considerados na análise quantitativa.

Tabela II.9 - 32: Volume de óleo liberado e frequência de ocorrência para cada cenários envolvendo vazamento para o mar.

Cenário Acidental	Produto	Volume de Óleo Liberado (m³)	Frequência de Ocorrência (ano^{-1})
5	Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa)	200,0	1,21E-05
6	Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa)	686,9	9,79E-05
11	Óleo cru	238.480,9	7,37E-05
12	Óleo cru	11,0	4,28E-04
32	Óleo diesel / Combustível	8,0	1,06E-03
33	Óleo diesel / Combustível	33,3	3,32E-05
34	Óleo diesel / Combustível	161,7	2,58E-05
35	Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	8,0	1,08E-03
36	Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	33,3	3,36E-05
37	Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	289,2	5,15E-05
38	Produtos oleosos diversos	5,0	2,96E-03
40	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	3.814,6	3,10E-06

Tabela II.9 - 32: Volume de óleo liberado e frequência de ocorrência para cada cenários envolvendo vazamento para o mar.

Cenário Acidental	Produto	Volume de Óleo Liberado (m^3)	Frequência de Ocorrência (ano^{-1})
41	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	11.119,2	8,04E-06
42	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	578,5	5,21E-05
43	Óleo diesel / Combustível Fluido de perfuração ou complementar (base oleosa) Óleo base	4.441,1	8,04E-06

Baseado nas informações apresentadas na **Tabela II.9 - 32**, determinou-se a frequência de ocorrência dos cenários acidentais por faixa de volume. A **Tabela II.9 - 33** apresenta os resultados obtidos. As frequências de ocorrência por faixa de volume serão combinadas com o resultado obtido na modelagem de dispersão de óleo no mar (probabilidade de toque) e, assim, será obtido o Risco Ambiental.

Tabela II.9 - 33: Frequência de ocorrência dos cenários acidentais por faixa de volume

Faixa de Volume	Frequência de Ocorrência (ano^{-1})
Pequeno Vazamento	5,09E-03
Médio Vazamento	5,33E-04
Grande Vazamento	2,94E-04

II.9.4 Avaliação das Consequências

II.9.4.1 Modelagem da Dispersão de Óleo

A seguir serão apresentados os resultados da Modelagem do Transporte do Óleo no Mar, os quais contemplam dois cenários sazonais: Período 1 (novembro a abril) e Período 2 (maio a outubro), e três faixas de volume de vazamento de óleo cru, estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº398/08, conforme a **Tabela II.9 - 34**.

Tabela II.9 - 34: Cenários considerados na modelagem da dispersão do óleo.

Cenário	Período	Volume Vazado (m^3)
1	Período 1	8
2	Período 2	8
3	Período 1	200
4	Período 2	200

Tabela II.9 - 34: Cenários considerados na modelagem da dispersão do óleo.

Cenário	Período	Volume Vazado (m^3)
5	Período 1	238.480,9
6	Período 2	238.480,9

A seguir, são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo para os vazamentos de volume pequeno (8 m^3) (**Figura II.9 - 29**), volume médio (200 m^3) (**Figura II.9 - 30**) e volume de pior caso (238.480.9 m^3) (**Figura II.9 - 31**). Destaca-se que, estes mesmos resultados, assim como a metodologia e relatório completo, encontram-se apresentados no item II.6 (Modelagem Numérica).

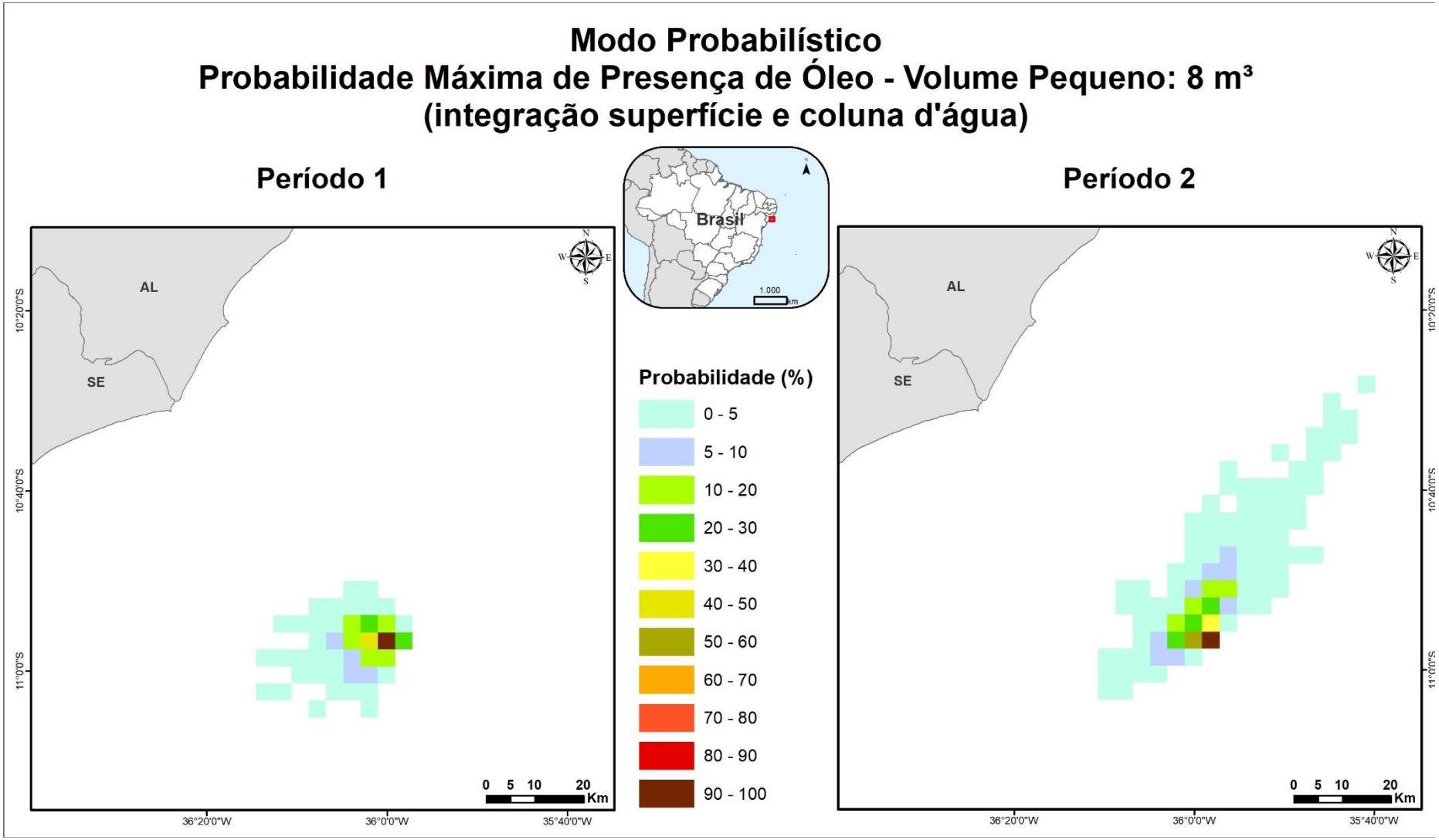


Figura II.9 - 29: Probabilidade de presença de óleo para o CENÁRIO 1 (Período 1; volume: 8 m³; 30 dias de simulação) e CENÁRIO 2 (Período 2; volume: 8 m³; 30 dias de simulação) – integração superfície e coluna d'água.

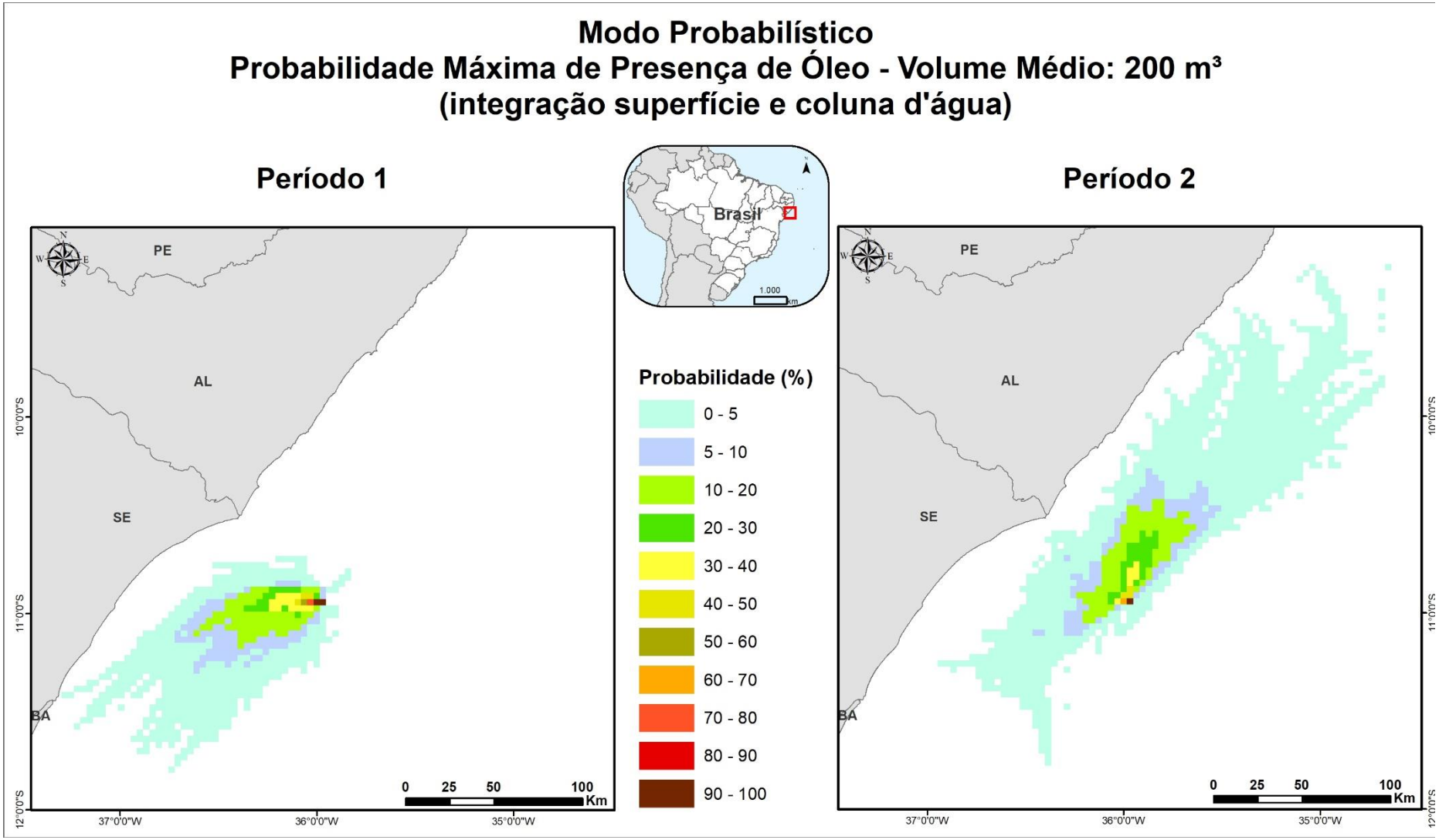


Figura II.9 - 30: Probabilidade de presença de óleo para o CENÁRIO 3 (Período 1; volume: 200 m³; 30 dias de simulação) e CENÁRIO 4 (Período 2; volume: 200 m³; 30 dias de simulação) – integração superfície e coluna d'água.

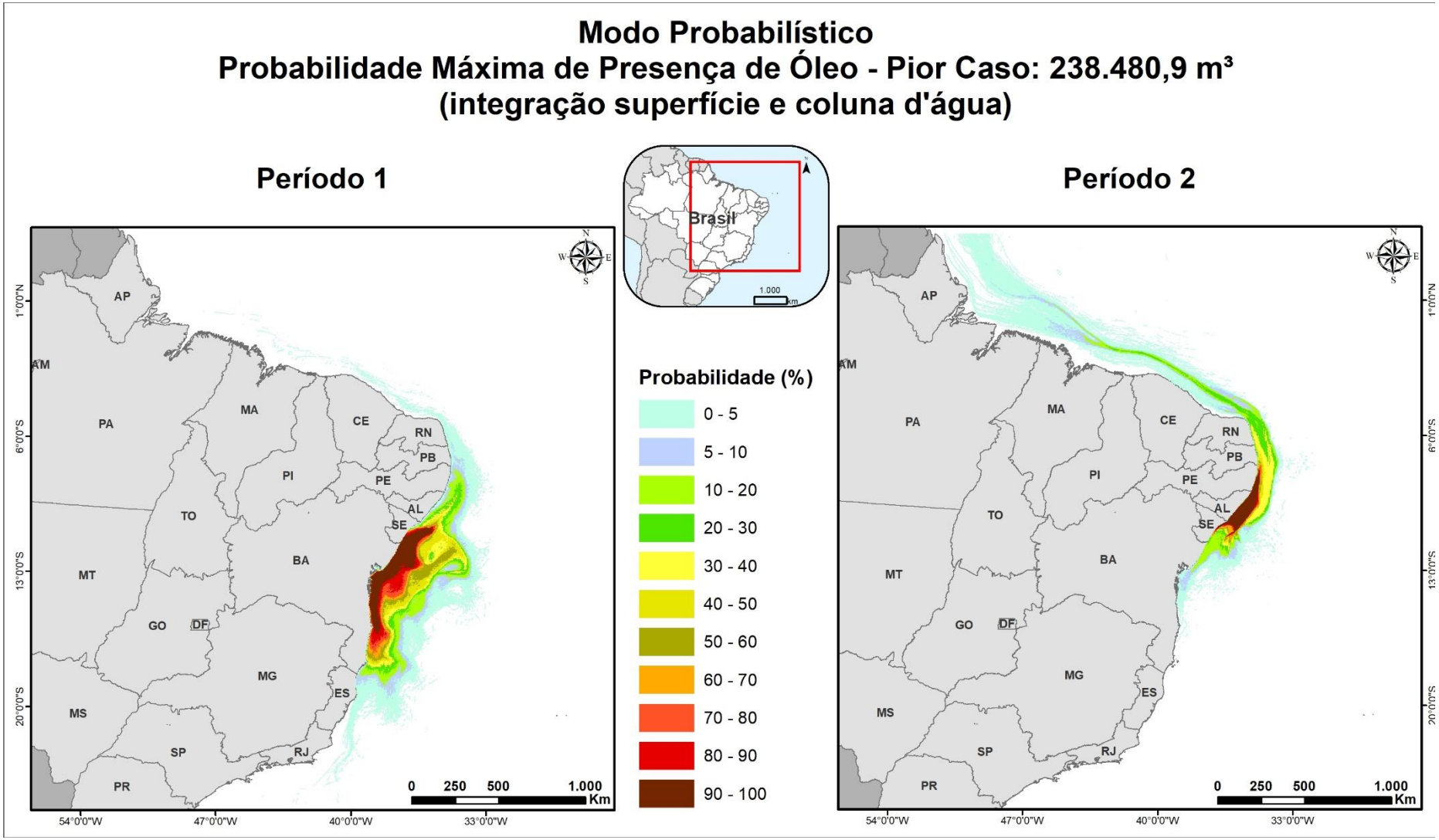


Figura II.9 - 31: Probabilidade de presença de óleo para o CENÁRIO 5 (Período 1; volume: 238.480,9 m³; 60 dias de simulação) e CENÁRIO 6 (Período 2; volume: 238.480,9 m³; 60 dias de simulação) – integração superfície e coluna d'água.

II.9.4.2 Análise de Vulnerabilidade e Identificação dos Componentes com Valor Ambiental

Os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVA e SVA, respectivamente) passíveis de serem atingidos, considerando os resultados da modelagem de óleo para o cenário de pior caso para os blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, foram identificados a partir das informações constantes na Análise de Vulnerabilidade e na Síntese da Qualidade Ambiental, que compõem o Estudo de Impacto Ambiental elaborado para a presente atividade de perfuração.

Foram identificados, ao todo, 19 componentes, sendo 7 comunidades biológicas e 5 ecossistemas. Além disso, foram identificados mais 7 Subcomponentes de Valor Ambiental, que representam áreas de grande importância de concentração, reprodução e/ou concentração de espécies.

Sendo assim, os CVAs/SVA identificados para a presente avaliação, assim como a classificação de cada um quanto à distribuição, pode ser encontrado a seguir.

<u>Recursos Biológicos:</u>

- CVA Recurso Pesqueiro Costeiro – Distribuição Dispersa/Difusa
- CVA Recurso Pesqueiro Oceânico – Distribuição Dispersa/Difusa
  - SVA Camarão – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Cetáceos – Distribuição Dispersa/Difusa
  - SVA Boto-cinza e Boto-vermelho – Distribuição Fixa/Restrita
  - SVA Toninha – Distribuição Fixa/Restrita
  - SVA Reprodução de Baleia-jubarte – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Tartarugas Marinhas – Distribuição Dispersa/Difusa
  - SVA Desova de Tartarugas-marinhas (verde, cabeçuda, de-pente e oliva) – Distribuição Fixa/Restrita
  - SVA Rota Migratório da Tartaruga-Verde (*Chelonia mydas*) – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Sirênios – Distribuição Dispersa/Difusa
  - SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi
- CVA Aves Marinhas Oceânicas – Distribuição dispersa
- CVA Aves Marinhas Costeiras – Distribuição Fixa/Restrita

<u>Ecossistemas:</u>

- CVA Manguezais – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Costões Rochosos – Distribuição Fixa/Restrita

- CVA Recife de Corais – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Praias e Bancos arenosos expostos e abrigados – Distribuição Fixa/Restrita
- CVA Estuários – Distribuição Fixa/Restrita

É importante observar que foram considerados como componentes distintos os recursos pesqueiros oceânicos e recursos pesqueiros costeiros. Esta separação se fundamenta nas diferenças entre os ciclos de vida e as taxas de crescimento das populações presentes nestes dois ambientes.

Uma vez identificados e mapeados os CVAs e SVAs, definiu-se o tempo de recuperação para cada componente. Para a classificação do tempo de recuperação, foi consultada bibliografia especializada sobre impactos de óleo em organismos e ecossistemas e tempos de recuperação, além dos guias da IPIECA (Associação Internacional da Indústria do Petróleo pela Conservação Ambiental - *International Petroleum Industry Environmental Conservation Association*). A sensibilidade dos componentes foi avaliada em função do seu tempo de recuperação.

Vale ressaltar que estabelecer o tempo de recuperação de uma comunidade biológica em região tropical é extremamente difícil e subjetivo, uma vez que os estudos existentes sobre o assunto se limitam a poucas espécies (o que não reflete a comunidade como um todo), cuja maioria habita ambientes temperados ou polares. Diversas bibliografias utilizadas na presente Análise de Risco abordam estudos de caso ocorridos em regiões polares do círculo Ártico, como FALL & FIELD, 1993; MATKIN et al., 2008; EVOSTC, 2010; TAYLOR & PLATER, 2001; DAY et al., 1996; ESLER et al., 2002; PETERSON et al., 2003 e MOSBECH, A. 2002. Destaca-se contudo que ponderações devem ser feitas uma vez que nos ambientes tropicais, onde o clima é mais quente e há mais luminosidade, a degradação do óleo é mais rápida (NOAA, 1994) e espera-se efeitos menos prolongados.

Além disso, em muitos dos vazamentos de óleo relatados na literatura foram adotadas medidas mitigadoras que eventualmente vieram a acelerar ou, em alguns casos, retardar o processo de recuperação observado. Desta maneira, dificulta-se ainda mais o estabelecimento do tempo de recuperação para áreas atingidas que, de acordo com a metodologia proposta, não deve considerar tais interferências.

- **COMPONENTES (CVAS) E SUBCOMPONENTES (SVA) DE VALOR AMBIENTAL**

A seguir serão apresentados os aspectos técnicos relacionados a cada CVA/SVA identificado, como: principais características, espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção (quando se referir a comunidades biológicas), impactos do óleo e estudos de caso que abordem tempos de recuperação.

Além disso, ao final de cada CVA/SVA serão apresentados os resultados de probabilidade de cada componente ambiental ser atingido por óleo. Estes resultados são provenientes do cruzamento da

área de concentração/ocorrência do CVA/SVA com as probabilidades de chegada de óleo, para os seis cenários avaliados. Com isso, é possível que a probabilidade de cada CVA/SVA ser atingido, em cada um dos cenários, seja inferida.

Conforme apresentado no item Metodologia, o cálculo da probabilidade de um dado CVA/SVA de distribuição difusa ser atingido considera a média ponderada das probabilidades de toque em relação à área de ocorrência potencialmente atingida por óleo. No caso do CVA/SVA de distribuição fixa/restrita, utilizou-se a maior probabilidade de toque encontrada, uma vez que este CVA/SVA foi classificado como fixo, em função de apresentar distribuição restrita e alto grau de dependência de uma área específica, conforme orientação do IBAMA.

Vale dizer que para os CVAs que possuem subcomponentes associados, os SVAs serão caracterizados juntamente ao seu componente.

- **CVA RECURSOS PESQUEIROS COSTEIROS E CVA RECURSOS PESQUEIROS OCEÂNICOS**

A separação dos componentes Recursos Pesqueiros Costeiros e Recursos Pesqueiros Oceânicos será feita apenas através do mapeamento, uma vez que o valor de tempo de recuperação considerado para os dois componentes é o mesmo.

Isso se justifica uma vez que as referências encontradas sobre tempo de recuperação e impacto de óleo em recursos pesqueiros não fazem diferenciação espacial entre espécies costeiras e oceânicas (e.g. ITOPF, 2004; HJERMANN *et al.*, 2007; MOSBECH *et al.*, 2000; IPIECA, 2000; TEAL & HOWARTH, 1984). Soma-se a isso o fato de a maior parte dos impactos identificados em recursos pesqueiros se referirem a acidentes que atingiram a região costeira, com os impactos em região oceânica sendo pouco avaliados, até pela dificuldade de se coletar dados nesse ambiente.

As espécies que habitam a região oceânica normalmente são capazes de evitar a contaminação física, já que nadam para longe da área contaminada, evitando, assim, efeitos em longo prazo nas populações locais (MOSBECH *et al.*, 2000). Segundo alguns autores (IPIECA, 2000; ITOPF, 2004), não existem evidências ou informações de um vazamento de óleo que tenha causado a morte de um número suficiente de peixes adultos ou de estágios jovens em mar aberto a ponto de afetar, significativamente, as populações adultas. Isso ocorre, principalmente, porque em mar aberto as concentrações tóxicas são raramente alcançadas (MOSBECH *et al.*, 2000). No entanto, MASCARELLI (2010) afirma que os organismos oceânicos que foram expostos ao óleo quando larva ou embriões podem sofrer sérios danos. Na verdade, podem-se levar muitos anos para entender como a exposição ao óleo no início da vida irá afetar a população de peixes. Aqueles peixes que vivem por décadas, como as garoupas, têm bastante tempo para se recuperar; no entanto, animais que vivem apenas de um a três anos, como os

camarões, poderiam ser altamente afetados se expostos a um evento deste tipo, podendo sofrer uma drástica redução em suas populações por um tempo, afetando também a comunidade de pessoas que depende deste recurso (MASCARELLI, 2010).

Para esse estudo, são entendidos como recursos pesqueiros os peixes, crustáceos e moluscos capturados pelos pescadores e marisqueiros inseridos na área de estudo, que os utilizam, seja para a própria subsistência, seja como atividade comercial. Os organismos considerados são popularmente denominados como "frutos-do-mar" e, em função do ambiente em que ocorrem, são denominados pelágicos, bentônicos ou demersais. A maior parte das espécies comerciais, como atuns, dourados e lulas, é pelágica e vive em profundidades de até 200 m. As espécies bentônicas, por sua vez, são mais sedentárias, vivendo e se alimentando no substrato marinho e incluem peixes como raias, linguados e a maior parte dos crustáceos. Por fim, os organismos demersais são mais vágeis, vivendo e/ou se alimentando sobre ou próximo ao fundo (FROESE & PAULY, 1998 apud HAIMOIVICI & KLIPPEL, 1999; IPIECA, 2000).

Impactos do Óleo sobre os Recursos Pesqueiros

Os efeitos de um vazamento de óleo sobre os recursos pesqueiros, em determinada área, dependem de vários fatores, os quais, em sua maioria, estão associados às condições ecológicas e oceanográficas no momento do acidente. A natureza e a extensão do vazamento, as condições meteorológicas e oceanográficas, a época do ano, o tipo de atividade de pesca e os inúmeros aspectos ecológicos, em conjunto, influenciam na extensão do impacto sobre esse grupo (ITOPF, 2004; HJERMANN *et al.*, 2007). Com isso, alguns acidentes podem impactar consideravelmente os recursos pesqueiros, enquanto outros podem ocasionar pequena ou nenhuma consequência.

Como nenhum fator isolado é um parâmetro confiável para predizer ou mensurar o dano, é necessário um estudo cuidadoso do incidente para se chegar a conclusões corretas. Dessa forma, uma previsão precisa de tempo de recuperação se torna igualmente difícil (ITOPF, 2004).

Encontram-se detalhadas, a seguir, as formas com que os recursos pesqueiros podem vir a ser impactados em caso de um derramamento significativo de óleo.

O óleo, dependendo da sua concentração e composição, pode causar inúmeros efeitos fisiológicos e histopatológicos nos animais (IPIECA, 2000; ITOPF, 2004). Os organismos podem incorporar os componentes do óleo em seus tecidos através da água, sedimento ou da ingestão de presas contaminadas (EPA, 1999).

Em áreas costeiras, onde o óleo pode ficar preso em baías e enseadas, existe uma chance maior de concentrações tóxicas serem alcançadas, podendo causar efeitos letais nos peixes (MOSBECH *et al.*, 2000). Nestes locais, o dano potencial para os organismos é grande, particularmente nas espécies que possuem estoque restrito ou com limitadas áreas de desova (IPIECA, 2000).

É improvável, também, que os componentes do óleo bioacumulem em altas concentrações nos tecidos dos peixes, dada a sua capacidade de metabolizar e excretar esses contaminantes (MOSBECH *et al.*, 2000). Entretanto, os efeitos diretos do óleo em bancos costeiros de moluscos é uma preocupação particular, já que os moluscos sésseis são incapazes de nadar para fora de águas poluídas. Nos acidentes Arrow e Amoco Cadiz, por exemplo, um número significativo de mexilhões foi morto (IPIECA, 2000).

Em alguns casos, esse impacto pode ser revertido, uma vez que muitos peixes são territoriais e geralmente retornam para as áreas impactadas depois de retirado o óleo, podendo restabelecer territórios para alimentação e reprodução (IPIECA, 2000; MOSBECH *et al.*, 2000).

As lagostas e caranguejos, por sua vez, dependem largamente do sentido olfativo para realizar suas atividades, e a exposição ao óleo ou a seus derivados perturba essa percepção de odor. Alguns trabalhos demonstram que isso afeta o comportamento de caça dessas espécies, principalmente no que diz respeito à alimentação e à busca por parceiros em lagostas, e no comportamento de acasalamento em caranguejos. Entretanto, é difícil reproduzir um ambiente tão complexo em laboratório, e alguns estudos de exposição em curto prazo têm sido inconsistentes em termos de condições reais em que os organismos estão expostos durante um vazamento de óleo (IPIECA, 2000).

Os ovos e as larvas de peixe são geralmente mais sensíveis à poluição por óleo do que os peixes adultos (IPIECA, 2000; MOSBECH *et al.*, 2000; FODRIE *et al.*, 2014). Embora ovos e larvas possam sofrer mortalidade causada pela exposição a vazamentos de óleo, existem relativamente poucos casos reportados em que o óleo tenha conclusivamente impactado de forma significativa os estoques pesqueiros (HJERMANN *et al.*, 2007). Entretanto, isso não significa que os estoques pesqueiros não possam ser afetados por vazamentos de óleo. Os estoques podem estar em risco se o vazamento for muito grande, coincidir com períodos de desova ou se o óleo derivar para locais que apresentem espécies com desova restrita a poucas áreas ou a áreas fisicamente restritas (p. ex. baías) (IPIECA, 2000).

A poluição por óleo também pode afetar os peixes indiretamente, através de alterações na rede alimentar ou síndromes de estressores múltiplos. Esses efeitos indiretos são freqüentemente associados a um atraso de tempo notável, porque espécies ou fatores intermediários devem ser afetados primeiro pelos efeitos em cascata resultantes nos ecossistemas (FODRIE *et al.*, 2014).

A maior preocupação é com os HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), componentes do óleo que podem ter efeitos subletais em longo prazo naqueles organismos marinhos que estão no auge da época de desova quando acontece um vazamento de óleo (MASCARELLI, 2010). HPAs podem prejudicar o crescimento dos peixes que, por ficarem menores, deixam de ser predados por peixes maiores, como anchova ou atum, para serem alvo de espécies menores que consomem peixes pequenos. Dessa forma, peixes de níveis mais elevados da cadeia trófica têm sua oferta de alimento reduzida acarretando, ainda, um impacto sobre a pesca. A exposição a esses componentes no início do ciclo de vida também pode levar à infertilidade e a uma série de problemas de desenvolvimento (MASCARELLI, 2010).

Após o acidente com o navio Arco Merchant, em 1976, por exemplo, foram reportados efeitos diretos no ictioplâncton, incluindo a morte de um número mensurável de larvas nas proximidades do vazamento. Entretanto, por causa do grande número de ovos e larvas que são produzidos anualmente e por muitas espécies possuírem extensas áreas de desova, não foram encontrados efeitos no número da subsequente população de adultos (IPIECA, 2000).

Outro exemplo em que foi detectado efeitos do óleo sobre os recursos pesqueiros ocorreu no Golfo do México, após o vazamento Deepwater Horizon, no ano de 2010. Entre os impactos constatados está o desenvolvimento de anormalidades (batimentos cardíacos irregulares, ataques cardíacos, alteração dos genes que atuam em vasos sanguíneos) em muitas espécies de peixes como atum rabilho e albacora (NWF, 2015). Também foi detectado um menor número de indivíduos de pargos e trutas nos anos após o acidente (NWF, 2015). Embriões de peixes de caça expostos a sedimentos oleosos coletados mais de um ano após o derramamento exibiram efeitos significativos, capaz de causar impacto a nível populacional, incluindo taxas reduzidas de eclosão, tamanho menor na eclosão e frequências cardíacas reduzidas (NWF, 2015).

Outro impacto observado após o vazamento do Deepwater Horizon ocorreu durante a estação de desova do caranguejo-azul, quando as fêmeas estavam migrando de estuários protegidos para as águas mais profundas do Golfo para liberar seus ovos (NWF, 2015). Estudos mostraram que houve queda nas populações de caranguejos azuis nos anos após o derramamento, principalmente em 2013. As colheitas de caranguejos-azuis foram aproximadamente 20% mais baixas entre 2011 e 2014 do que nos dez anos anteriores a 2010 (ano do vazamento) (NWF, 2015). Pesquisadores concluiram que o óleo e os dispersantes utilizados podem comprometer a carapaça protetora dos crustáceos, levando a lesões (NWF, 2015).Segundo TEAL & HOWARTH (1984), sem um estudo intensivo e bem desenvolvido, ninguém saberia ou seria capaz de dar um bom palpite quanto à existência de uma conexão entre o dano causado pela poluição por óleo e o fracasso no recrutamento posterior. Com isso, não é possível

definir se as taxas de recrutamento não são simplesmente um fenômeno natural, ou seja, outro ano no qual o recrutamento foi sem sucesso.

Como a área de estudo está inserida na região tropical, onde a produtividade primária e as taxas de degradação são altas, os ecossistemas são relativamente complexos e os estoques pesqueiros frequentemente desovam por um longo período ou durante o ano todo, espera-se que os impactos sobre o ictioplâncton sejam significativamente reduzidos e, portanto, o tempo de recuperação deste grupo a um incidente de vazamento de óleo também.

Tempo de Recuperação

A **Tabela II.9 - 35** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para a pesca e os recursos pesqueiros.

Tabela II.9 - 35: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre a pesca e os recursos pesqueiros.

Vazamento	Efeitos reportados
1969: *Blowout* do poço Santa Barbara, Califórnia- EUA. Volume do óleo derramado: 4.500 a 10.500 toneladas de óleo cru (ITOPF, 2019).	Efeitos negativos em curto prazo na abundância do bonito e da cavala. Sem efeitos em longo prazo na abundância das espécies pelágicas estudadas (IPIECA, 2000b).
1970: Arrow, Baía Chedabucto, Canadá. Cerca de 11.000 toneladas de petróleo (ITOPF, 2019).	Registros mostraram contaminação em tecidos de moluscos e crustáceos, além da diminuição de seu crescimento e estoque. Estudos concluíram que as lagostas atingidas não afetariam o consumo humano, porém, o mesmo foi proibido. Além disso, análises indicaram a presença de óleo no aparelho digestivo e nos órgãos das vieiras (TEAL & HOWARTH, 1984).
1976: Argo Merchant, Estados Unidos. Volume do óleo derramado: 28.000 toneladas de petróleo venezuelano (ITOPF, 2019).	Mortandade de ovos de peixes e redução da densidade de larvas, porém os estoques de peixes estudados entre 1975-1977 não mostraram grandes impactos. O vazamento não ocorreu durante o pico da época de desova. Ocasionalmente, foram observados exemplares de peixes e mariscos contaminados (TEAL & HOWARTH, 1984; IPIECA, 2000b).
1977: Tsesis, Mar Báltico, Suécia. Volume do óleo derramado: 1.000 toneladas de óleo combustível médio (ITOPF, 2019).	Um mês após o vazamento, arenques foram pescados normalmente nas áreas impactadas pelo óleo. Não foi detectada contaminação nos tecidos. Alguns efeitos na desova foram reportados na primavera seguinte, mas estes podem ter outras causas que não o derrame. Após o desastre, foi observado um aumento na mortandade de ovos e larvas de peixes. Apesar de não ter sido observado significativa mortandade de peixes comerciais, a frequência de desovas diminuiu. Os mariscos apresentaram níveis notáveis de contaminação (TEAL & HOWARTH, 1984; IPIECA, 2000b).
1977: Ekofish 'Bravo *blowout*, Mar do Norte. Volume do óleo derramado: 9.000 a 13.000 toneladas de óleo cru (ITOPF, 2019).	Peixes capturados por arrasto de fundo foram analisados para a presença de hidrocarbonetos. Houve evidências de contaminação em peixes duas semanas após a explosão, mas somente em quantidades reduzidas (IPIECA, 2000b).

Tabela II.9 - 35: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre a pesca e os recursos pesqueiros.

Vazamento	Efeitos reportados
1978: Amoco Cadiz. N. Brittany (Bretanha). Volume do óleo derramado: 223.000 toneladas de petróleo do Irã e da Arábia e 4.000 toneladas de combustível (ITOPF, 2019).	Muitas toneladas de peixes foram mortas. Cardumes de um ano de solha, linguado e tainha desapareceram das zonas mais afetadas e demonstraram redução de crescimento, fecundidade e recrutamento. A reprodução e o crescimento de peixes de fundo em baías impactadas e anormalidades histopatológicas ficaram evidentes na região anos depois (IPIECA, 2000b). Duas semanas após o acidente, milhões de moluscos, ouriços-do-mar e outras espécies bentônicas mortas foram encontrados nas praias. Equinodermos e pequenos crustáceos quase desapareceram completamente de algumas áreas, mas a população de muitas espécies se recuperou dentro de um ano. O cultivo de ostra foi seriamente afetado e estima-se que 9.000 toneladas foram destruídas por causa da contaminação ou como medida de segurança (TEAL & HOWARTH, 1984).
1979: Betelgeuse, Bantry Bay, Irlanda. Volume do óleo derramado: Óleo leve cru árabe – explosão pós-vazamento de 18 meses (ITOPF, 2019).	O badejo e a espadilha desovaram normalmente na primavera. Não houve efeitos adversos sérios nos ovos e larvas das espécies comerciais detectadas. Nenhuma redução aparente no processo de reprodução das vieiras em 1979 (IPIECA, 2000b).
1980: Bahrain. Volume do óleo derramado: Estima-se que 3.300 toneladas chegaram a costa (ITOPF, 2019).	Inicialmente, alguns indivíduos mortos de garoupas, xereletes e sardinhas, sem ocorrência de mortalidade massiva (IPIECA, 2000b).
1983: Castillo de Bellver, África do Sul. Volume do óleo derramado: 160.000 a 190.000 toneladas de óleo cru (ITOPF, 2019).	O vazamento se manteve na região oceânica. Impacto aparentemente pequeno nos estoques. Ocorrência e abundância normais de ovos e larvas. O vazamento ocorreu antes da principal temporada de desova (IPIECA, 2000b).
1989: Exxon Valdez, Alasca, EUA. Volume do óleo derramado: 37.000 toneladas de petróleo (ITOPF, 2019).	Após o vazamento do "Exxon Valdez", em uma comparação entre peixes de áreas contaminadas e não contaminadas, foi demonstrada que as taxas de prevalência e de intensidade do parasitismo foram significativamente mais altas em grupos expostos ao óleo. Houve esforços especiais para proteger a pesca. Alguns cientistas contestam a evidência de dano em longo prazo para a fauna e as populações de peixes locais (IPIECA, 2000b). FALL & FIELD (1993) estudaram as consequências do acidente na atividade pesqueira e observaram que a pesca de subsistência havia caido 77% em 10 das 15 comunidades estudadas, em comparação com as médias anteriores ao acidente. O estudo foi realizado durante três anos, em que também analisamos tecidos de invertebrados e de peixes para concentração de hidrocarbonetos. Os resultados indicaram que os peixes de todas as áreas eram seguros para consumo, mas que os invertebrados da zona das marés de algumas áreas específicas não deveriam ser consumidos. Ao final dos três anos de estudo, o nível de coleta de subsistência se recuperou em algumas comunidades, mas ainda estava abaixo das médias observadas antes do vazamento.
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume do óleo derramado: 700.000 a 900.000 toneladas de óleo cru (ITOPF, 2019).	Entre 1991-92, os estoques de camarão mostraram um declínio de 25% na biomassa em relação aos níveis pré-guerra. As causas exatas não foram estudadas (IPIECA, 2000b).

Tabela II.9 - 35: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre a pesca e os recursos pesqueiros.

Vazamento	Efeitos reportados
1993: Braer, Nova Escócia, Canadá. Volume do óleo derramado: 84.700 toneladas de petróleo, além de até 1.500 toneladas de combustível (ITOPF, 2019).	Uma grande variedade de peixes, crustáceos e moluscos presentes em uma área bem grande contaminou-se com óleo, resultando na imposição de uma Zona de Exclusão de Pesca. O salmão cultivado em gaiolas em águas superficiais não conseguiu escapar da contaminação. Após seis anos, realizaram-se novas análises e percebeu-se que os organismos estavam livres de contaminação. Os efeitos do óleo foram localizados e foram encontrados somente impactos temporários sobre os animais. Considerando o tamanho do derramamento, os impactos ambientais foram surpreendentemente limitados (IPIECA, 2000b).
1997: Navio Russo Nakhodka Cerca de 6.500 toneladas de petróleo (ITOPF, 2019).	Moluscos impactados pelo óleo foram monitorados após três anos do vazamento, de modo a avaliar a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Resultados mostraram que os compostos foram eliminados rapidamente e, após 3 anos, os moluscos foram classificados como recuperados (KOYAMA *et al.*, 2004).
2010: Deep Water Horizon, Golfo do México, Estados Unidos. Cerca de 4,9 milhões de barris de petróleo (ITOPF, 2019)	O vazamento durou 87 dias e causou a morte e contaminação de milhares organismos e efeitos crônicos que poderão ser identificados a longo prazo. Mais de 20 milhões de hectares no Golfo do México estavam com a pesca proibida (BARRON, 2012).

Alguns dos estudos realizados abordaram, especificamente, o tempo de recuperação para os principais acidentes. Dentre eles, podemos citar o trabalho realizado por MARTÍNE-GOMEZ *et al.* (2009) após o acidente com o navio-tanque Prestige, no litoral da Espanha, em 2002. Os autores buscaram determinar, através da análise de biomarcadores, se duas espécies de peixes demersais (*Lepidorhombus boscii* e *Callionymus lyra*) tinham tido alguma resposta à exposição por hidrocarbonetos nos anos seguintes ao acidente. Os resultados mostraram uma diminuição significativa na contaminação ao longo do tempo, sendo que três anos após o vazamento, as espécies tinham recuperado seus valores metabólicos normais.

É importante citar, ainda, o vazamento de óleo da sonda Deepwater Horizon, no Golfo do México, em 2010, que ocasionou o vazamento de 4,9 milhões de barris de petróleo e causou a morte de diversos organismos e efeitos crônicos que poderão ser identificados a longo prazo. WHITEHEAD *et al.* (2012) avaliaram durante quatro meses após o incidente os efeitos do óleo sobre peixes residentes que vivem em pântanos atingidos e detectaram exposições subletais biologicamente relevantes, que causaram alterações no genoma e na morfologia. Dois meses após o vazamento atingir a costa, o óleo permanecia no local, porém, após quatro meses, o óleo não era mais detectado nas estações amostradas. No entanto, os autores ressaltam que os efeitos do impacto pelo óleo podem permanecer por muito tempo no ambiente.

Apesar de poucos estudos que abordem tempos de recuperação dos recursos pesqueiros relacionados ao vazamento de Deepwater Horizon, principalmente pela escassez de dados pré-vazamento, SOTO *et al.* (1981) apud TUNNELL (2011) documentaram que dois anos após o vazamento de Ixtoc, na mesma região do Golfo do México, os camarões já haviam retomado às características anteriores ao vazamento, indicando sua recuperação. Os autores sugerem que este grupo pode se recuperar em um ano ou, no máximo, dois, devido ao seu ciclo de vida anual. ROOKER *et al.* (2013), por sua vez, avaliaram as larvas de quatro espécies de peixes mais abundantes no Golfo do México e puderam perceber uma redução larval numérica no ano no acidente, o que pode ter sido gerado pela mudança na distribuição dos adultos.

KUBACH *et al.* (2011) avaliaram grupos de peixes ribeirinhos após um rompimento de um oleoduto onshore, no sul da Califórnia/EUA. O monitoramento ocorreu durante 9 anos após o vazamento de óleo diesel. Inicialmente, as diferenças entre as áreas contaminadas e as áreas de controle eram muito grandes, porém, com o tempo foram diminuindo, até chegar à similaridade máxima, que indicava uma recuperação das comunidades de peixes quatro anos após o vazamento. Os autores perceberam ainda que os peixes presentes em sítios mais contaminados se recuperaram ainda mais rápido do que aqueles em locais menos atingidos, pois estavam próximos a locais não impactados, o que acelerou sua recuperação.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Para realizar o mapeamento, foram consideradas informações oriundas do REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), segundo o qual, os recursos tradicionalmente explorados na zona costeira se estendem até cerca de 100 m de profundidade (MAGRO *et al.*, 2000). Desta forma, considerou-se como limiar entre os recursos costeiros e oceânicos a isóbata de 100 m de profundidade.

Recursos Pesqueiros Costeiros

Os resultados referentes ao CVA - Recursos Pesqueiros Costeiros para os cenários em que houve probabilidade de presença de óleo, são apresentados nas **Figura II.9 - 32** e **Figura II.9 - 33**, assim como na **Tabela II.9 - 36**. Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo para o vazamento de pequeno volume (8m³).

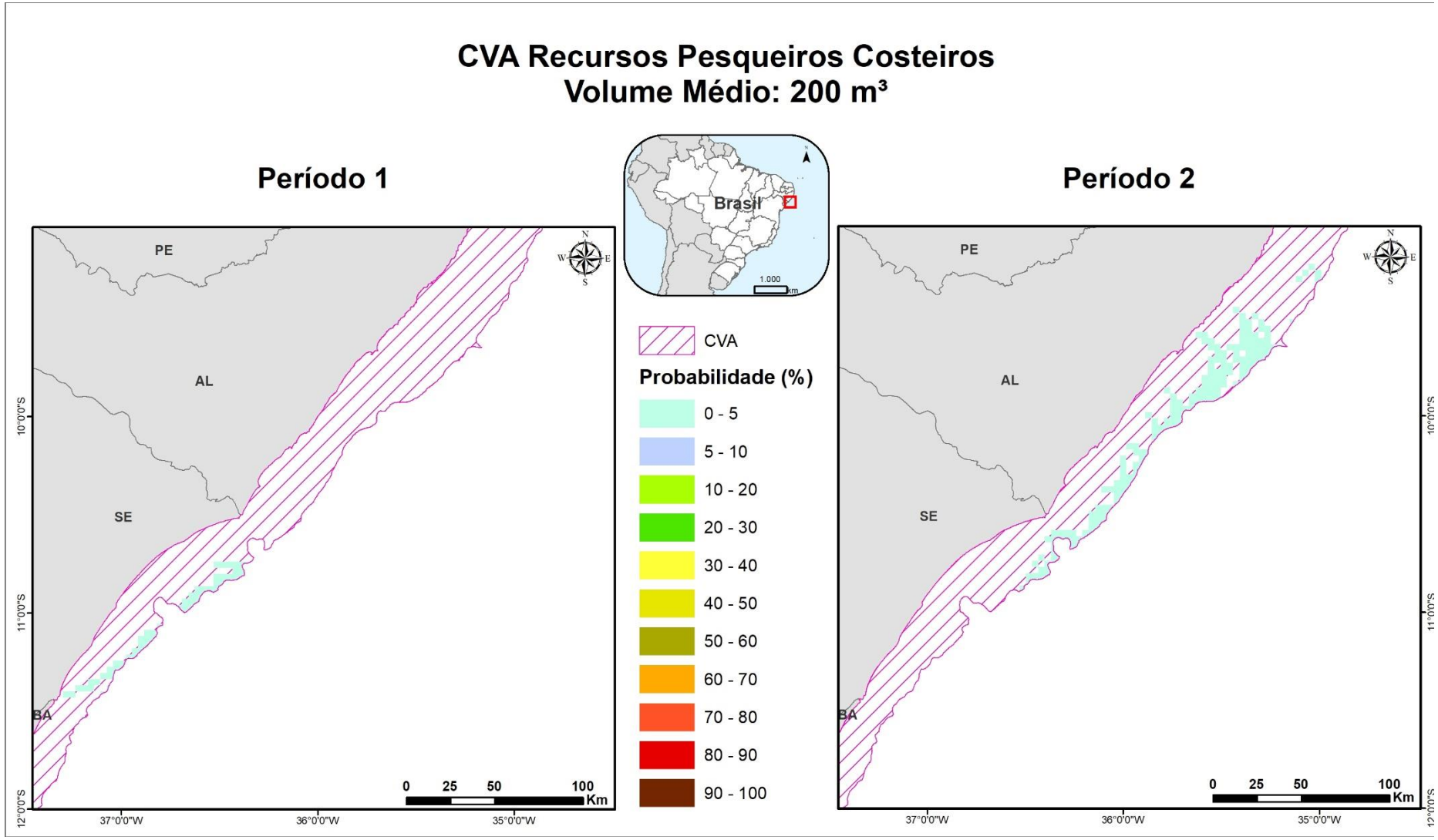


Figura II.9 - 32: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

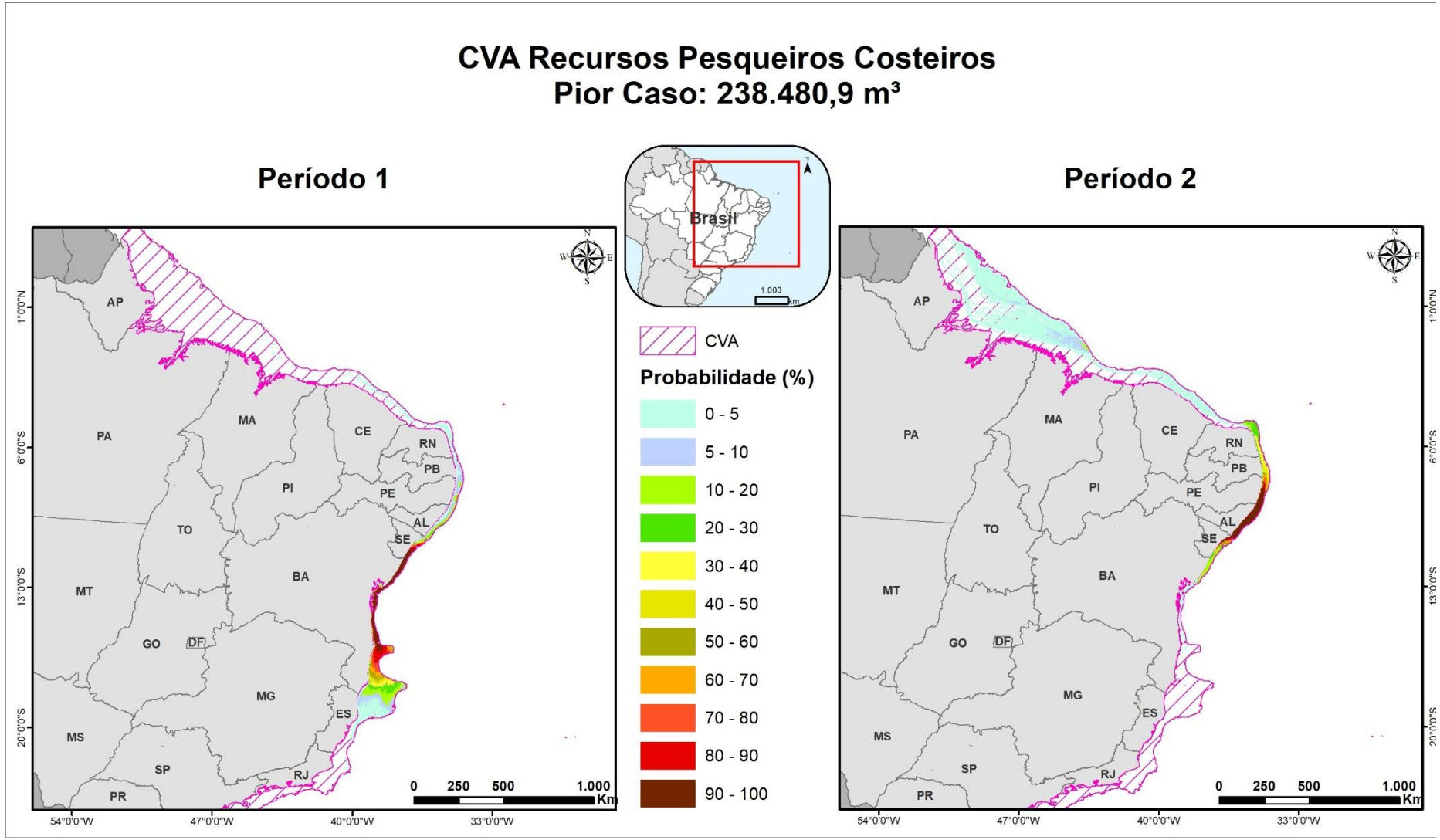


Figura II.9 - 33: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 36: Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	0,80	1,4 dias
4	Período 2	200	0,62	1,4 dias
5	Período 1	238.480,9	28,42	1,4 dias
6	Período 2	238.480,9	10,89	1,4 dias

A maior probabilidade ponderada foi de 28,42% no Cenário 5 (Pior Caso - Período 1), com os valores de probabilidade chegando até a classe entre 90-100% em área marinha adjacente ao estado da Bahia e sul do estado de Sergipe para o Período 1. No Cenário 6 (Pior Caso - Período 2), a probabilidade ponderada é de 10,89%, e as maiores probabilidades (90-100%) ocorrem em área marinha adjacente aos estados de Pernambuco, Alagoas e norte de Sergipe.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi de aproximadamente 1,4 dias para todos os quatro cenários em que há probabilidade de toque de óleo.

Recursos Pesqueiros Oceânicos

Os resultados referentes ao CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos para os seis cenários são apresentados da **Figura II.9 - 34** à **Figura II.9 - 36** e na **Tabela II.9 - 37**.

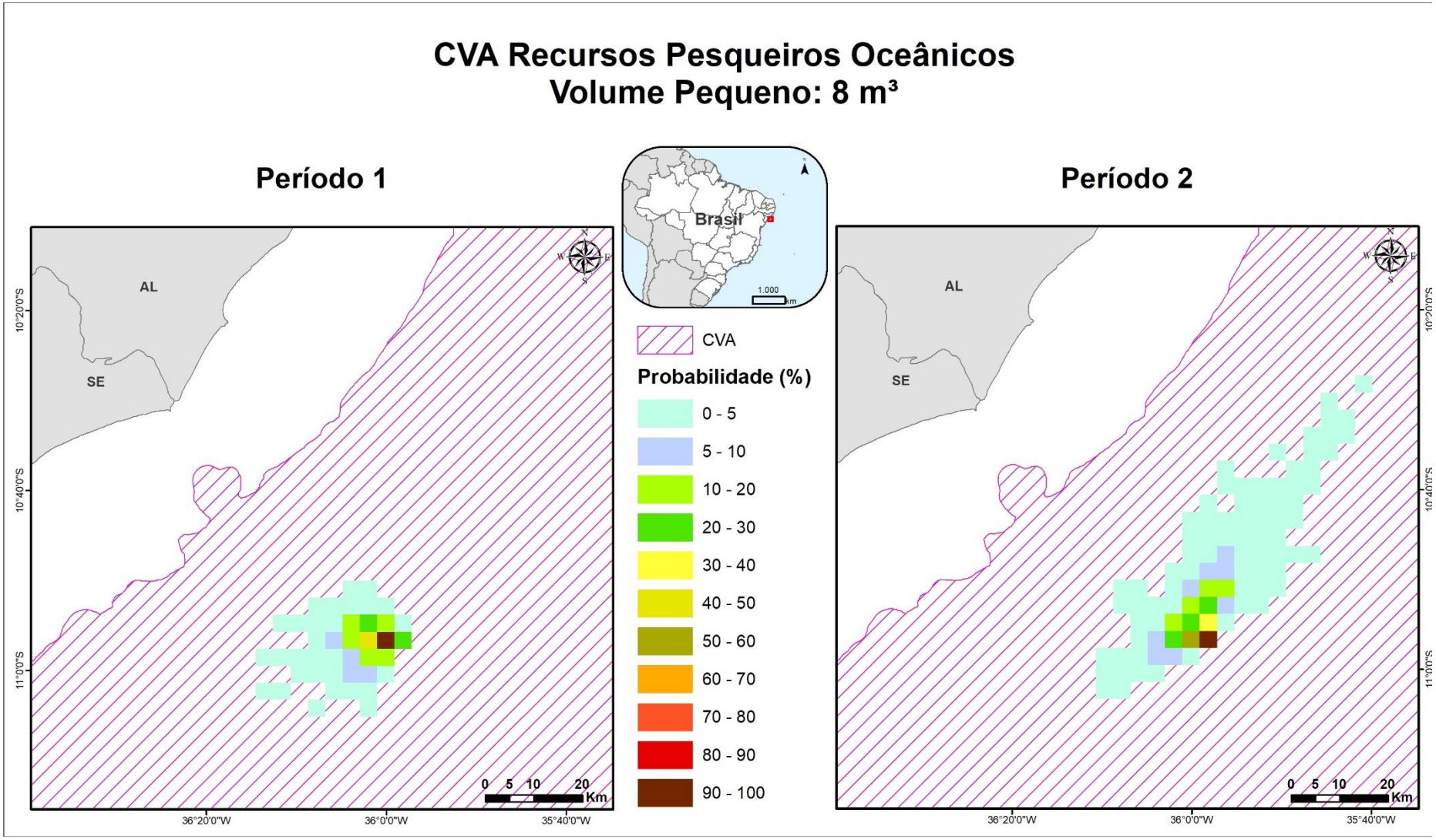


Figura II.9 - 34: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 1 (8 m³ – Período 1) e 2 (8 m³ – Período 2).

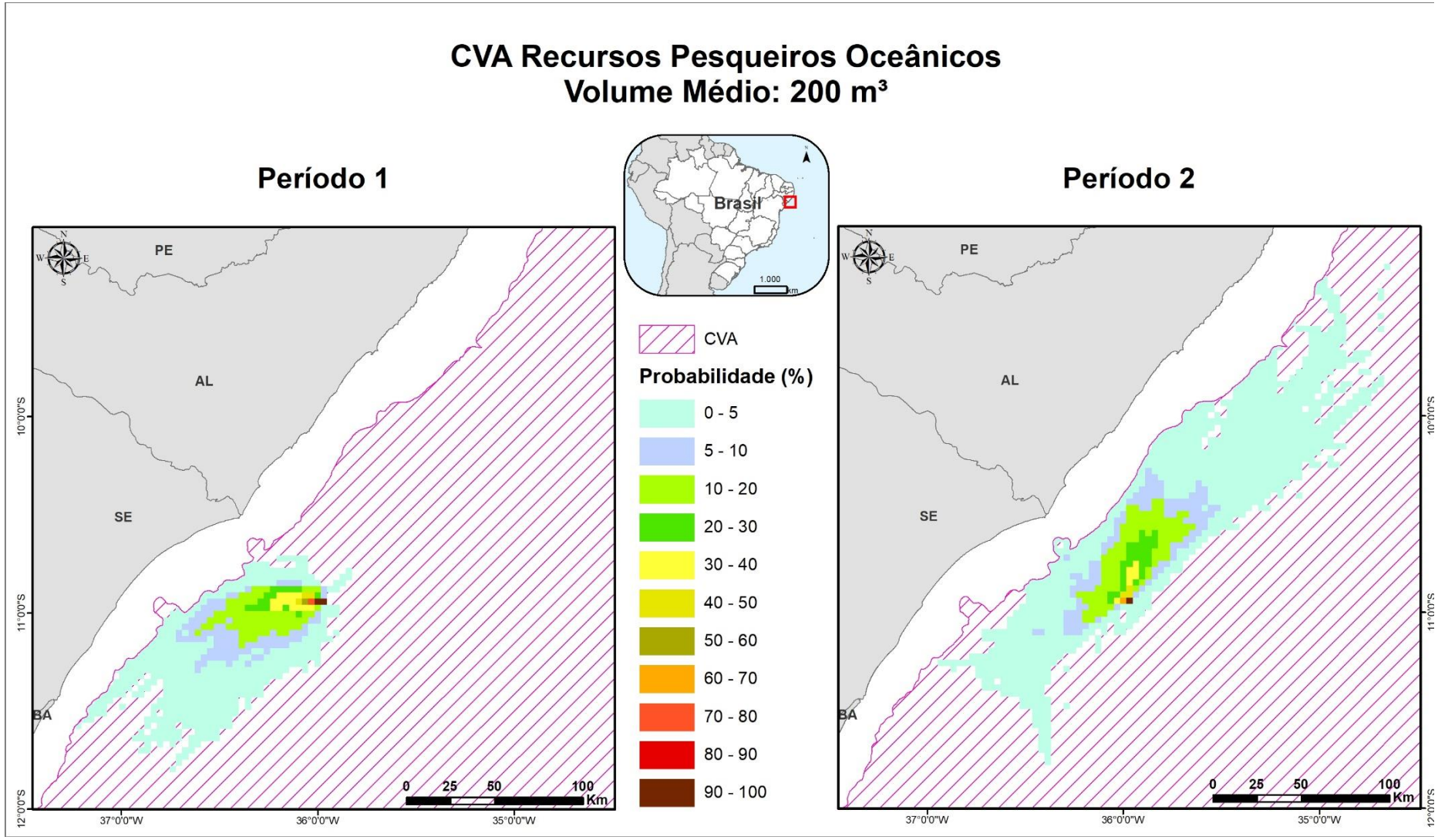


Figura II.9 - 35: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

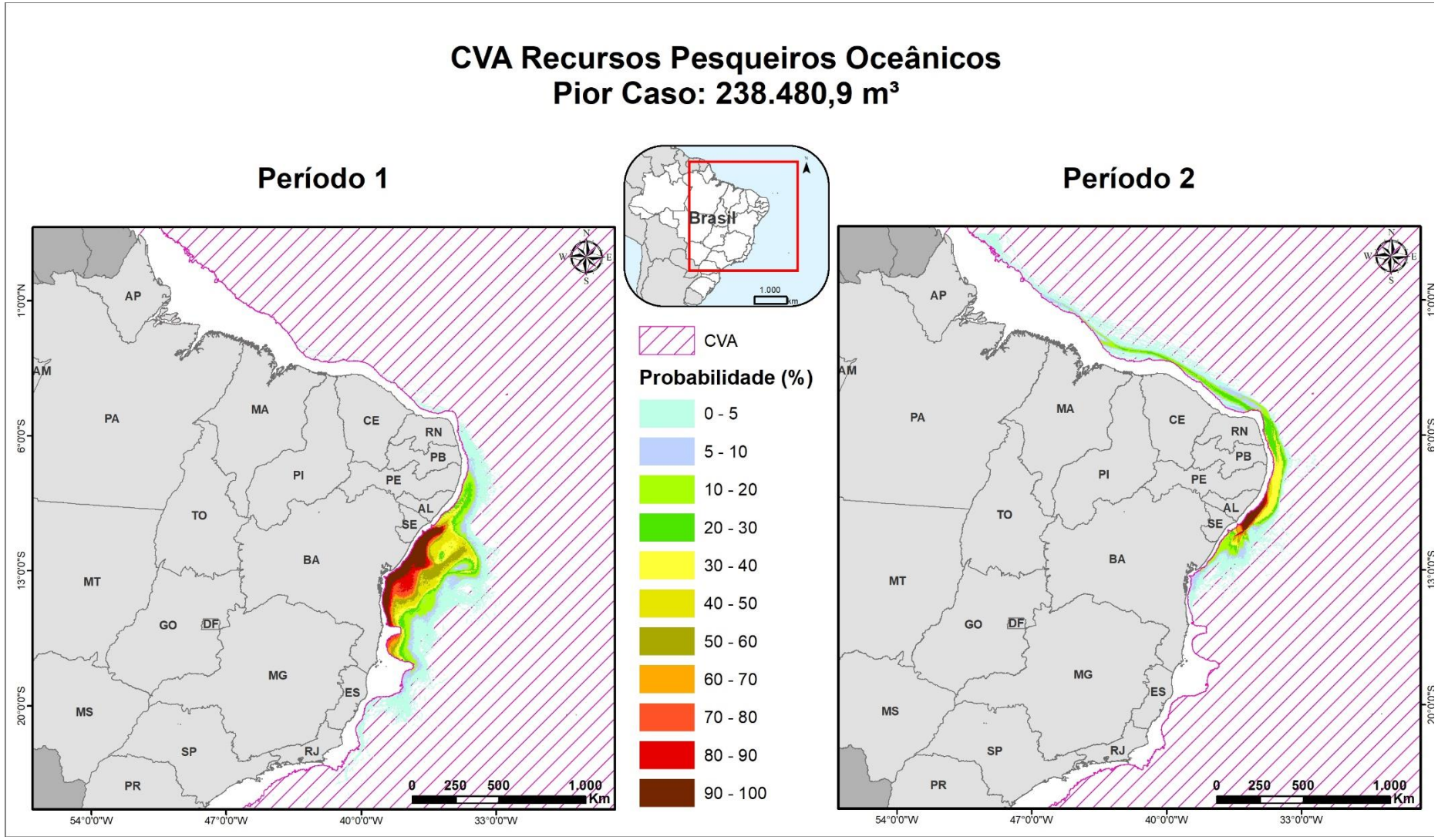


Figura II.9 - 36: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 37: Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Período 1	8	7,65	1 hora
2	Período 2	8	5,19	1 hora
3	Período 1	200	5,75	1 hora
4	Período 2	200	3,92	1 hora
5	Período 1	238.480,9	27,22	1 hora
6	Período 2	238.480,9	13,30	1 hora

Os cenários de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3) apresentam probabilidade ponderada de presença de óleo inferiores a 10%. Nos cenários de vazamento de óleo de pior caso (238.480,9 m^3), a área total com probabilidade de presença de óleo é consideravelmente maior quando comparada aos cenários anteriores. As probabilidades de toque de óleo chegaram a 90-100% na região em frente aos estados de Sergipe e Bahia para o Período 1 e em frente ao estado de Alagoas para o Período 2. A maior probabilidade ponderada foi observada no Cenário 5 (pior caso – Período 1), sendo de 27,22%.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi de 1 hora e igual em todos os cenários pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência do CVA - Recurso Pesqueiro Oceânico.

Conclusão

Considerando o exposto anteriormente, pode-se dizer que os recursos pesqueiros podem ser afetados diretamente por um vazamento de óleo ou indiretamente através dos ecossistemas que os suportam. Entretanto, existe uma grande dificuldade em separar o processo natural do induzido pelo vazamento de óleo na instabilidade das populações, e não existe evidência de que algum vazamento de óleo tenha matado um número suficiente de peixes em mar aberto, a ponto de afetar a população adulta. O impacto potencial é mais significativo em áreas costeiras com águas abrigadas, particularmente para espécies com áreas de reprodução restritas.

Com base nas informações e estudos de tempo de recuperação apresentados acima, considerou-se satisfatório definir que o tempo de recuperação para esses componentes na região está entre 1 e 3 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo, no CVA - Recurso Pesqueiro Costeiro houve probabilidade apenas para os volumes de 200m^3 e de pior caso. Para os cenários relacionados ao vazamento de 200 m^3, as probabilidades médias de toque de óleo foram inferiores a 1%, sendo de

0,8% no Cenário 3 (200m³, Período 1) e 0,62% no Cenário 4 (200m³, Período 2). Para os cenários relacionados ao vazamento de pior caso, a média ponderada foi de 28,42% para o Período 1 (Cenário 5) e 10,89 para o Período 2 (Cenário 6).

Para o CVA - Recurso Pesqueiro Oceânico houve possibilidade de toque de óleo em todas as faixas de volume modeladas (8 m³, 200m³ e pior caso), sendo as médias ponderadas nos períodos 1 e 2, respectivamente, iguais a 7,65% e 5,18% para 8m³, 5,75% e 3,92% para 200m³ e 27,22% e 13,30% para um vazamento de 238.480,9 m³.

A seguir, será descrito o Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionados para esse CVA: SVA Camarão. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para esse SVA é o mesmo estabelecido para o CVA Recursos Pesqueiros Costeiros e CVA Recursos Pesqueiros Oceânicos.

- **SVA CAMARÃO**

A área com probabilidade de presença de óleo apresenta grandes bancos de lama, que reflete os depósitos de matéria orgânica provenientes dos diversos rios que desembocam no litoral dos estados de Alagoas e Sergipe. Tais bancos de lama ou areno-lamosos se caracterizam como importantes áreas de concentração do camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), seguida do camarão-rosa (*Farfantepenaeus subtilis*) e do camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*) (FONTES *et al*., 2018 *apud* ANP/ECOLOGY, 2020).

Destaca-se que o camarão-sete-barbas (*X. kroyeri*) representa um dos principais recursos pesqueiros proveniente das capturas artesanais e de armadores de pesca dos estados de Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco (ANP/ECOLOGY, 2020). Ressalta-se ainda que esta espécie apresenta ciclo de vida curto, realizando desovas contínuas ao longo do ano, com picos nos meses mais quentes (novembro a março) (LOPES, 2014).

As **Figura II.9 - 37**, **Figura II.9 - 38** e **Tabela II.9 - 38** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Camarão, para o cenários 3 e 4 (200 m³) e 5 e 6 (pior caso), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamento de 8m³.

É importante ressaltar que, uma vez que apresentam uma distribuição restrita, considerou-se esse componente como fixo para o cálculo das probabilidades de chegada de óleo (uso da maior probabilidade de toque). O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para os CVAs Recursos Pesqueiros Costeiros e Recursos Pesqueiros Oceânicos, que é de 3 anos.

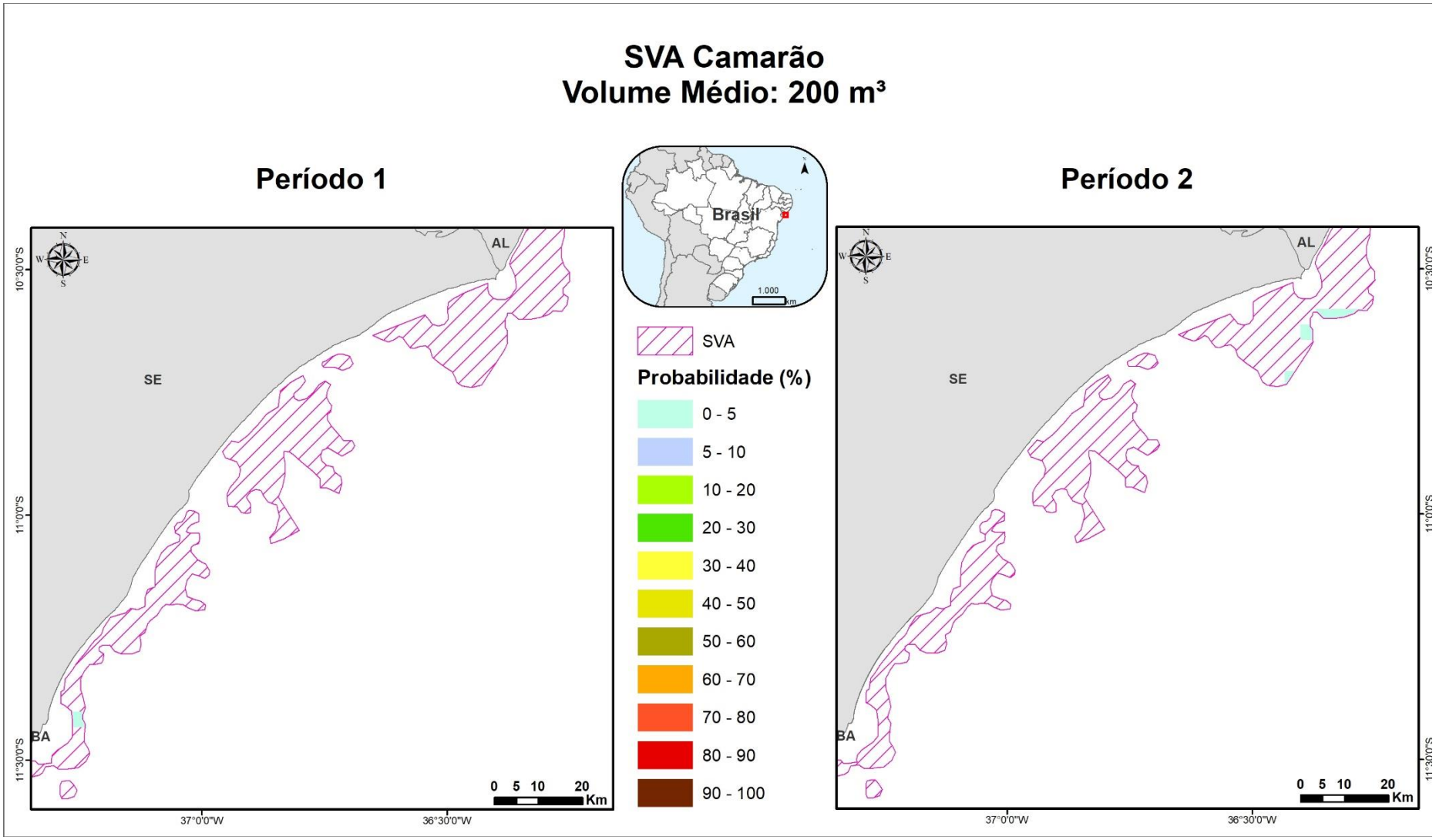


Figura II.9 - 37: Probabilidade de presença de óleo no SVA – Camarão nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

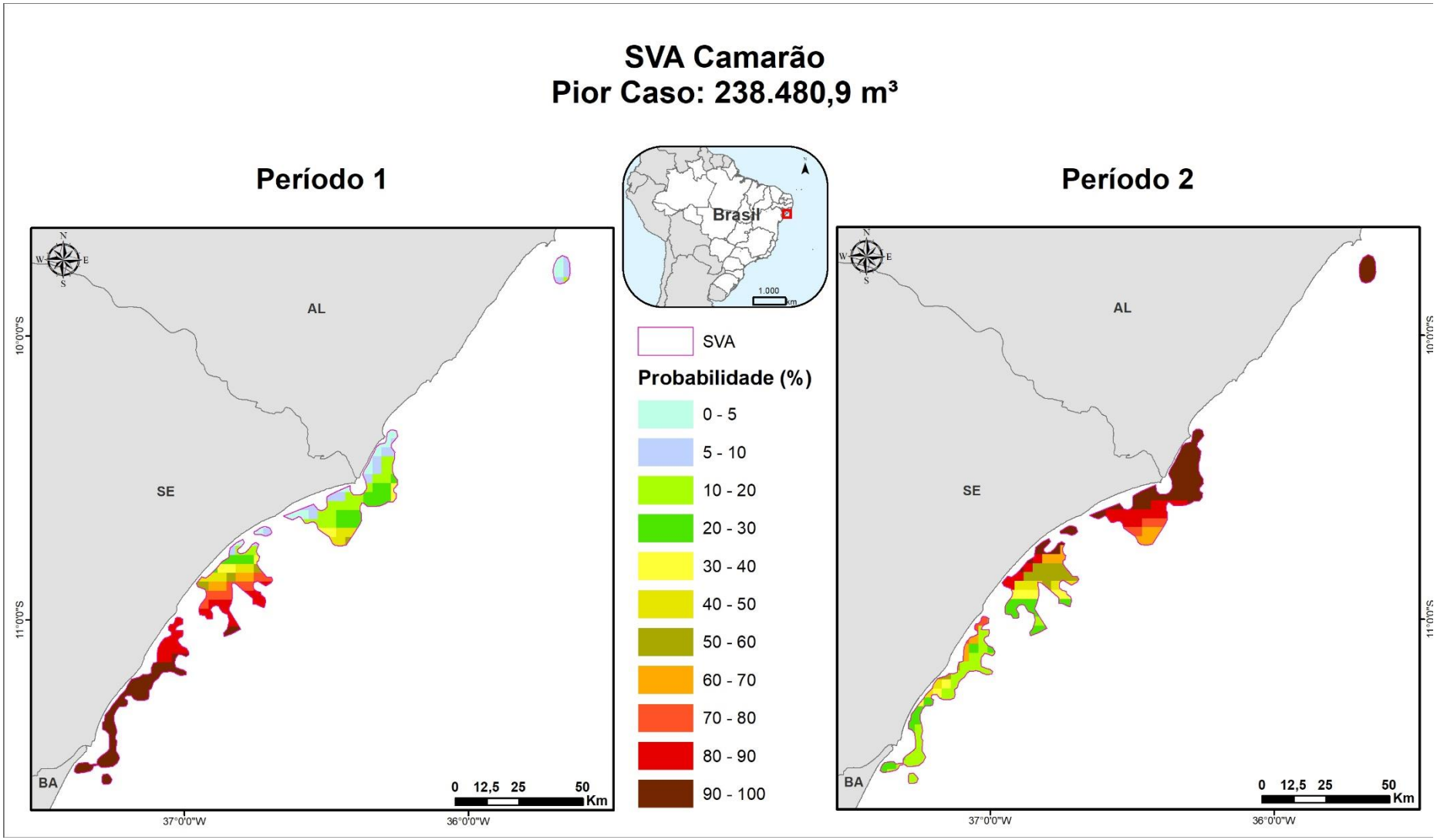


Figura II.9 - 38: Probabilidade de presença de óleo no SVA – Camarão nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 38: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Camarão.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	0,74	2,38 dias
4	Período 2	200	0,74	2,25 dias
5	Período 1	238.480,9	100	2 dias
6	Período 2	238.480,9	100	1,75 dias

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3). Nos cenários que envolvem um vazamento de 200 m^3, as probabilidades máximas de toque de óleo no SVA Camarão foram inferiores a 1%. Em ambos os cenários que envolvem um vazamento de pior caso há probabilidade de 100% de presença de óleo no SVA em questão, em ambos os períodos.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA é de 1,75 dias no cenário 6 (Pior Caso - Período 2).

- **CVA CETÁCEOS**

Na região ocorrem cerca de 30 espécies de cetáceos sendo algumas destas espécies consideradas ameaçadas de extinção no Brasil (ICMBio/MMA, 2018) e/ou no mundo (IUCN, 2019) conforme a **Tabela II.9 - 39.**

Tabela II.9 - 39: Espécies de cetáceos ameaçadas de extinção

Subordem	Nome Científico	Nome Comum	Status de Conservação	
			IUCN (2019)	ICMBio/MMA (2018)
Odontoceti	*Pontoporia blainvillei*	Toninha	VU	CR
	Inia geoffrensis	Boto-vermelho, boto-rosa	EN	EN
	Sotalia guianensis	Boto-cinza	NT	VU
	Physeter macrocephalus	Cachalote	VU	VU
Mysticeti	*Balaenoptera musculus*	Baleia-azul	EN	CR
	Balaenoptera physalus	Baleia-fin	VU	EN
	Balaenoptera borealis	Baleia-sei	EN	EN

A distribuição dessas espécies varia desde águas mais rasas e costeiras (p.e., boto-cinza) até lâminas d'água superiores a 500 m (misticetos, zifídeos e a maior parte dos delfinídeos). Algumas espécies podem, ainda, se aproximar mais da costa durante o período reprodutivo, como é o caso da baleia-jubarte nas regiões sudeste e sul do Brasil (SICILIANO *et al.*, 2006).

Quanto à biologia dos cetáceos, é importante observar que o período de gestação da maioria das espécies é de cerca de um ano, só nascendo um filhote por vez, e que o período de lactação é altamente variável, podendo chegar a muitos anos em alguns odontocetos (JEFFERSON *et al.*, 2008).

Impactos do Óleo sobre os Cetáceos

As ameaças do óleo aos cetáceos variam bastante e irão depender do comportamento de cada espécie, da sua história de vida e das suas adaptações anatômicas e fisiológicas (St AUBIN, 1992). A composição do óleo e o quanto ele está intemperizado também são fatores importantes para determinar os impactos, uma vez que indivíduos atingidos por óleo logo após o vazamento podem ser expostos a mais componentes tóxicos pelo contato direto e ingestão do que indivíduos afetados pelo óleo já intemperizado (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

SMITH *et al.* (1983) levantaram a possibilidade de os cetáceos terem a capacidade de detectar o óleo na superfície da água, e com isso evitá-lo. Experimentos realizados pelos autores com golfinhos nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) em cativeiro mostraram que esses animais conseguem detectar, visualmente, uma lâmina de óleo cru de 1 mm de espessura na superfície da água do mar, evitando ir à superfície em locais onde a água do mar contém uma camada de 1 cm de óleo mineral. No entanto, é importante ressaltar que as condições encontradas durante os experimentos em cativeiro são bem distintas daquelas encontradas em uma situação real de vazamento, não sendo possível garantir que o mesmo comportamento de evitação ocorrerá no oceano.

Estratégias similares têm sido observadas durante outros eventos de vazamento, como o ocorrido com a população de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) residente na Baía de Guanabara (RJ), que foi vista deixando o local após o incidente de vazamento de óleo ocorrido no ano 2000. A população foi para mar aberto, retornando para suas áreas de alimentação antes mesmo das operações de limpeza terem sido finalizadas, sem aparentes alterações de comportamento (BARCELLOS & SILVA, 2003; SHORT, 2003). O fato das áreas de alimentação não terem sido atingidas por óleo, no entanto, pode ter contribuído para isso (SHORT, 2003).

Entretanto, os comportamentos citados acima contrastam com observações feitas em campo por outros autores, com esses e outros cetáceos que, aparentemente, nadaram e se comportaram normalmente no meio de manchas de óleo (MATKIN *et al.*, 2008; NOAA, 2010). Durante o vazamento Mega Borg, no Golfo do México, em 1990, por exemplo, foi reportado que indivíduos de um grupo de *Tursiops* sp. não evitaram o contato com a mancha, nadando através das áreas com óleo (WURSIG & SMULTEA, 1991).Dias *et al*. (2017) também avaliaram cetáceos no Golfo do México. No entanto, após o vazamento Deepwater Horizon, em 2010, detectaram óleo cru ou filme de óleo (*sheen*) em 11 das

21 espécies de cetáceos regularmente avistadas na região. Os autores apresentam ainda que, em mais de 70% dos avistamentos realizados durante o monitoramento aéreo, os cetáceos foram registrados nadando em águas oleadas, fornecendo mais de 20 ocorrências de evidências de exposição direta destes animais ao óleo.

Isso demonstra que, apesar da capacidade de alguns cetáceos em evitar áreas com óleo, o tamanho da mancha, a dependência por comida e uma interação social podem sobrepujar essa estratégia de evitação, com potenciais consequências negativas para essas espécies, tais como efeitos na reprodução e saúde, bem como comprometimento da disponibilidade/captura de alimento e coesão do grupo. Vale ressaltar que isso se aplica, principalmente, a espécies costeiras, que possuem fidelidade a determinadas áreas, enquanto que espécies pelágicas, por sua vez, seriam impactadas apenas se suas áreas de reprodução fossem atingidas.

Mesmo considerando-se que espécies de cetáceos possam ser atingidas por óleo, é importante destacar que este grupo biológico é considerado menos vulnerável a vazamentos de óleo do que outros mamíferos, como pinípedes e mustelídeos, já que não dependem da pele para regular sua temperatura corporal (ITOPF, 2010b; EPA, 1999; MOSBECH, 2002). Além disso, a pele dos cetáceos é diferente da de qualquer outro mamífero, sendo predominantemente lisa e sem calosidades, como nos golfinhos, e com limitadas áreas recobertas com pelos ou superfícies rugosas devido à presença de cracas, como em misticetos (St AUBIN, 1992; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

Em misticetos, apesar do óleo tender a aderir nas partes rugosas (pelos e calosidades dos animais), como estas são limitadas a uma pequena área da pele dos animais, ele não afeta consideravelmente a saúde do animal (St AUBIN, 1992). Já nos golfinhos e outros cetáceos de pele lisa, por não apresentarem pelos nem calosidades, o óleo não se fixa na pele (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

St AUBIN (1992) testou o impacto do óleo sobre o tecido epitelial de golfinhos nariz de garrafa em cativeiro, colocando esponjas embebidas em óleo sobre a pele dos animais por cerca de 75 minutos para determinar os efeitos na integridade, crescimento e função das células da epiderme. Apesar dos resultados terem demonstrado alguns efeitos histopatológicos, após uma semana, nenhum efeito no crescimento ou nas outras funções celulares pôde ser detectado a partir das técnicas utilizadas. Vale ressaltar que as condições desse experimento excedem as que cetáceos estariam normalmente expostos na natureza, exceto para animais em locais confinados, normalmente na região costeira, que no caso em questão não seria atingida. Ainda assim, sem pelo ou pele que retenha óleo, a superfície molhada da pele macia não permite que o óleo se fixe por muito tempo, reduzindo significativamente o efeito na epiderme.

Apesar dos danos causados por óleo à pele destes animais serem em princípio transitórios, a região dos olhos pode ser bastante afetada no caso de exposições prolongadas (ENGELHARDT, 1983; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Além disso, os cetáceos também podem inalar óleo ou vapores tóxicos ao subirem à superfície para respirar, se alimentar de presas contaminadas ou mesmo ficar cansados devido à ausência de alimento ou a incapacidade de encontrar comida.

Segundo RAAYMAKERS (1994), a inalação de porções de óleo, vapores e fumaça é bem provável se a subida dos cetáceos à superfície para respirar se der em uma área oleada, principalmente em se tratando de indivíduos jovens. Exposições ao óleo desta maneira podem danificar as membranas mucosas, as vias aéreas, congestionar os pulmões, causar enfisema intersticial e até a morte (NOAA, 2010; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Orcas, por exemplo, são capazes de permanecer submersas por 3 a 10 minutos contínuos e, quando vão à superfície para respirar, podem ter nadado por centenas de metros (MATKIN *et al.*, 2008).

Os cetáceos podem, ainda, em pânico, ingerir quantidade suficiente de óleo para lhes causar danos severos. Um golfinho estressado, por exemplo, pode se mover mais rapidamente e, com isso, subir mais frequentemente para respirar, aumentando assim sua exposição ao óleo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). A intoxicação aguda por petróleo, entretanto, ainda não está bem estabelecida em cetáceos, não existindo estudos de laboratório que tenham estabelecido a quantidade mínima necessária para causar toxicidade (St AUBIN, 1992).

Em tese, o óleo ingerido poderia causar efeitos tóxicos e disfunção secundária dos órgãos, além de úlcera gastrointestinal e hemorragia (NOAA, 2010; AUSTRALIAN GOVENMENT, 2010). Entretanto, um levantamento realizado com cetáceos encalhados impactados pelo óleo mostrou baixos níveis de hidrocarbonetos em vários tecidos, mostrando que a eliminação do óleo acumulado parece ser rápida. Isto poderia ser explicado pelo fato dos cetáceos terem o potencial para metabolizar óleo devido à presença do Citocromo P-450 no fígado, uma vez que este sistema enzimático está envolvido na quebra de compostos de hidrocarbonetos e foi identificado em varias espécies (ENGELHARDT, 1983).

No caso dos odontocetos, além da ingestão direta, existe ainda a possibilidade de as espécies ingerirem óleo através das suas presas, embora dados publicados sugiram que uma pequena quantidade de óleo ingerida durante a alimentação não seja suficiente para causar danos. Além disso, a maior parte das presas dos odontocetos possui os sistemas enzimáticos necessários para metabolizar hidrocarbonetos de petróleo, reduzindo a possibilidade destas acumularem tais frações em seus tecidos, evitando assim a transferência dos componentes tóxicos através da cadeia alimentar (St AUBIN, 1992).

Contudo, a ingestão de óleo representa um tipo diferente de ameaça aos misticetos, que se alimentam através de ingestão de grandes quantidades de água, utilizando suas cerdas orais para capturar

plâncton e krill (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Estudos de laboratório têm mostrado que, apesar do óleo incrustado entre os fios dessas cerdas restringirem a passagem de água, o fluxo constante com água limpa é capaz de remover a maior parte do óleo em menos de 24h, não sendo notados efeitos residuais após este período. Entretanto, dependendo da magnitude do vazamento, a alimentação pode ser interrompida por muitos dias, causando diminuição da massa corpórea e trazendo consequências para o desenvolvimento do animal, principalmente para migração e reprodução (St AUBIN, 1992).

Além dos efeitos apresentados acima, pode-se citar, também, a possibilidade de infecções secundárias por fungos e bactérias, devido a deficiências causadas pelos componentes tóxicos do óleo no sistema imunológico dos animais (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

Como exemplo mais recente do impacto do óleo em cetáceos, pode-se citar o vazamento Deepwater Horizon, no Golfo do México em 2010. Dados apontam que quatro anos após o vazamento, golfinhos foram encontrados mortos a taxas quatro vezes maiores do que as taxas históricas (NWF, 2015). Wise *et al*. (2018) também avaliaram os efeitos do vazamento sobre os cetáceos, através da verificação concentração de metais pesados nos tecidos de três espécies de baleias presentes no Golfo do México, cachalote (*Physeter macrocephalus*), baleia-piloto-de-barbatana-curta (*Globicephala macrorhynchus*) e baleia-de-Bryde (*Balaenoptera edeni*). Durante os três anos de monitoramento os níneis de metais genotóxicos na pele das baleias apresentou concentrações superiores às médias globais relatadas.

Tempo de Recuperação

Foram encontradas poucas evidências que documentem que populações de cetáceos, principalmente baleias, tenham sido afetadas por vazamentos de óleo, uma vez que a maior parte dos trabalhos analisa indivíduos separadamente, sem considerar a população como um todo.

MATKIN *et al.* (2008) apresenta em seu trabalho um estudo realizado com orcas após o vazamento do Exxon Valdez, contendo dados oriundos de 16 anos de monitoramento após o acidente. Dois grupos foram estudados em detalhe: um grupo residente, chamado de AB, e uma população itinerante, AT1. Ambos os grupos sofreram perdas significativas (33 e 41%, respectivamente) no primeiro ano após o vazamento. O grupo AB (residente) perdeu 13 animais, entre machos e fêmeas, tanto juvenis quanto adultos em idade reprodutiva. Essa taxa de mortalidade no ano do vazamento e no ano subsequente foi 18 vezes maior do que o número esperado para o mesmo período de tempo, levando-se em conta a estrutura sexual e etária do grupo. O grupo AT1 (transeunte) perdeu 9 (nove) de um total de 22 (vinte e dois) animais, sendo importante observar que, nesse grupo, 4 (quatro) animais foram vistos nadando

no óleo logo após o vazamento, e que nenhum recrutamento foi observado nessa população desde 1984.

Até a data da publicação do estudo (19 anos após o acidente), os autores ainda não haviam observado recuperação nos grupos estudados, tendo concluído que, mesmo em condições ótimas, os grupos podem levar décadas para se recuperar, particularmente no caso de perda de fêmeas reprodutivas e/ou fêmeas juvenis.

Vale ressaltar, porém, que entre os anos de 1985 e 1986, período anterior ao acidente, 6 (seis) orcas do grupo AB (residentes) haviam sido perdidas, o que representa uma taxa de mortalidade cinco vezes maior do que o esperado (MATKIN & SAUTILIS, 1997). Com isso, pode-se questionar se essa população já não possuía uma tendência a diminuir, e se outros fatores não poderiam ter atrapalhando a sua recuperação após o vazamento de óleo. Outro estudo que indica que o óleo por si só pode não ter sido a causa da ausência de recuperação nos grupos de orca foi patrocinado pelo Instituto Exxon Valdez *Oil Spill Trustee Council* (EVOSTC, 2010), no qual a espécie foi examinada quanto à presença de contaminantes em seus tecidos. Os resultados encontrados indicaram que os indivíduos da população AT1 (transeuntes) apresentavam elevados níveis de PCBs (bifenilas policloradas), DDT (diclorodifeniltricloroetano) e metabólitos de DDT nos seus tecidos, contaminantes estes não associados a vazamentos de óleo. Além disso, as altas concentrações encontradas são comparáveis aos níveis que causam distúrbios reprodutivos em outros mamíferos marinhos, podendo justificar a ausência de recuperação dessa população.

TAYLOR & PLATER (2001) também estudaram a população residente AB da Baía de Sound durante 26 anos, mesmo antes do acidente com o Exxon Valdez, e indicaram que o óleo foi importante para diminuir o tamanho da população, mas não foi o único fator, com o declínio sendo atribuído a diversos impactos de fontes antropogênicas, como diminuição dos estoques alimentares, distúrbio por barcos de observadores de baleia e tráfego marítimo. Com isso, não se pode afirmar que a ausência de recuperação da população de orcas de *Prince William Sound* tenha sido causada, simplesmente, pelo impacto do Exxon Valdez. Acrescenta-se que MATKIN *et al.* (2008) citam que o fato da população transeunte se alimentar de leões marinhos pode ter influenciado na diminuição do número de indivíduos, pois os leões marinhos são particularmente sensíveis ao óleo e as orcas podem ter se contaminado ao ingerir a presa contaminada.

É importante citar ainda o último grande episódio de vazamento de óleo, que ocorreu no Golfo do México com a plataforma *Deepwater Horizon*, controlada *pela* BP. Neste acidente, cerca de 26.000 espécimes de mamíferos marinhos foram impactados pelo óleo (BERWIG, 2015).

Após este vazamento, alguns estudos com populações de golfinho-de-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) foram realizados a fim de avaliar possíveis impactos sobre essa espécie. SCHWACKE *et al.* (2013) avaliaram o estado de saúde de 32 indivíduos dessa espécie na Baía Barataria, Louisiana (EUA), através de captura, exame veterinário e posterior soltura. Dentre os impactos causados pelo contato com o óleo estão doenças nos pulmões e anormalidades bioquímicas, como a diminuição de hormônios adrenais (cortisol e aldosterona) (SCHWACKE *et al.*, 2013). Mais tarde, LANE *et al.* (2015) estudaram os potenciais efeitos do óleo na reprodução dos indivíduos dessa mesma região, através do monitoramento de 10 espécimes grávidas dos 32 anteriormente amostrados (SCHWACKE *et al.*, 2013). Após 1 ano e 11 meses de monitoramento, os autores confirmaram uma diminuição significante no sucesso reprodutivo e alta mortalidade de indivíduos quando comparados com populações não impactadas pelo óleo. Os autores concluíram que a reprodução e a sobrevivência dos espécimes estão sendo impactadas por doenças crônicas, indicando que os efeitos do vazamento de óleo têm sido de longa duração. Contudo, os autores ressaltam a necessidade de estudos contínuos sobre essas populações (LANE *et al.*, 2015).

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Considerando que os cetáceos podem habitar todo o ambiente marinho (águas costeiras e oceânicas), foi considerada toda a área com probabilidade de presença de óleo em ambos os cenários sazonais (Período 1 e Período 2) como área de ocorrência deste grupo biológico. Portanto, não representa uma área específica de agregação e sim uma área abrangente de ocorrência, e, por isso, este CVA foi classificado como um CVA disperso.

Os resultados da probabilidade de toque de óleo no CVA Cetáceos, para os seis cenários, são apresentados da **Figura II.9 - 39** à **Figura II.9 - 41**, e na **Tabela II.9 - 40.**

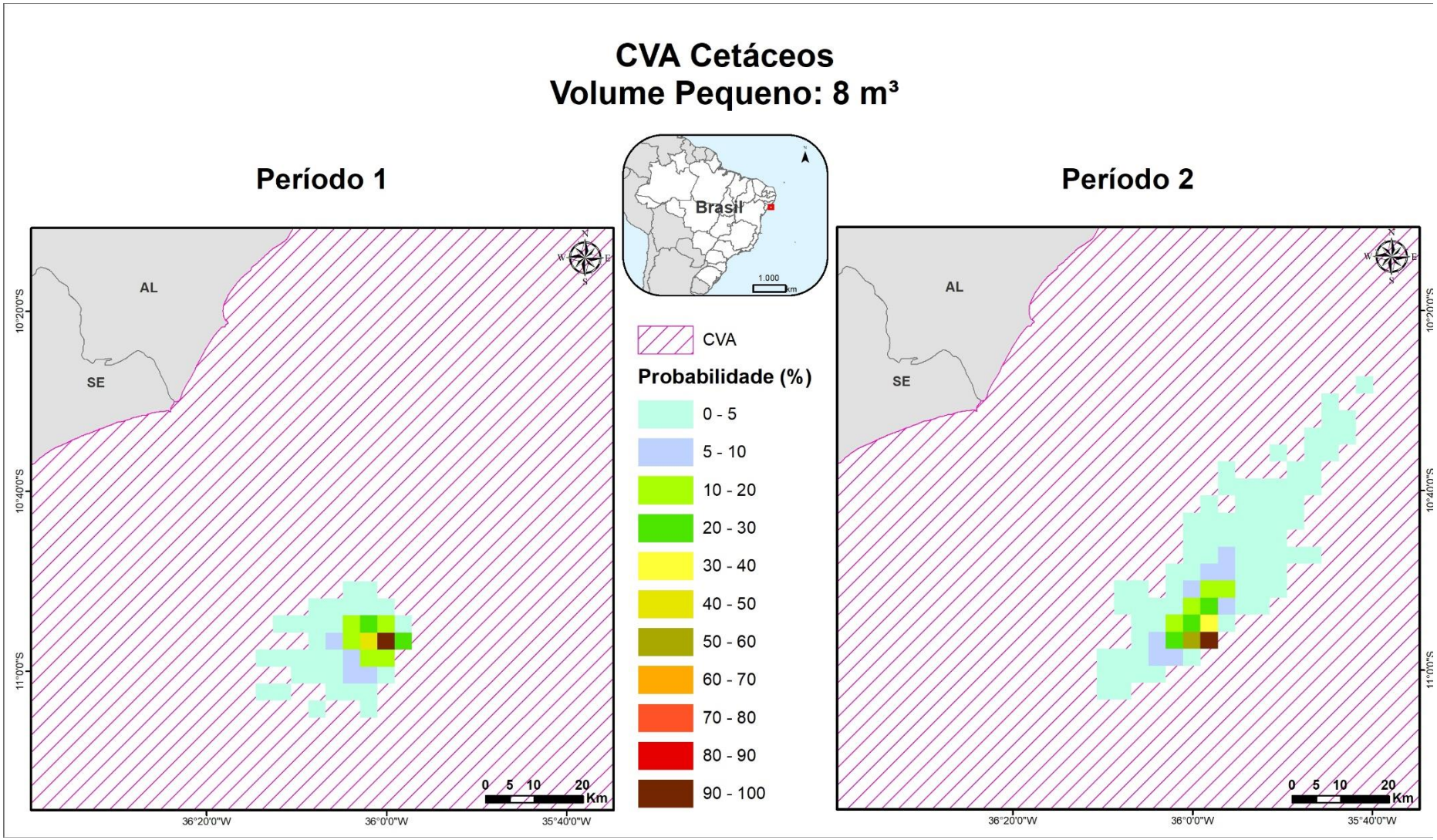


Figura II.9 - 39: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Cetáceos nos cenários 1 (8 m³ – Período 1) e 2 (8 m³ – Período 2).

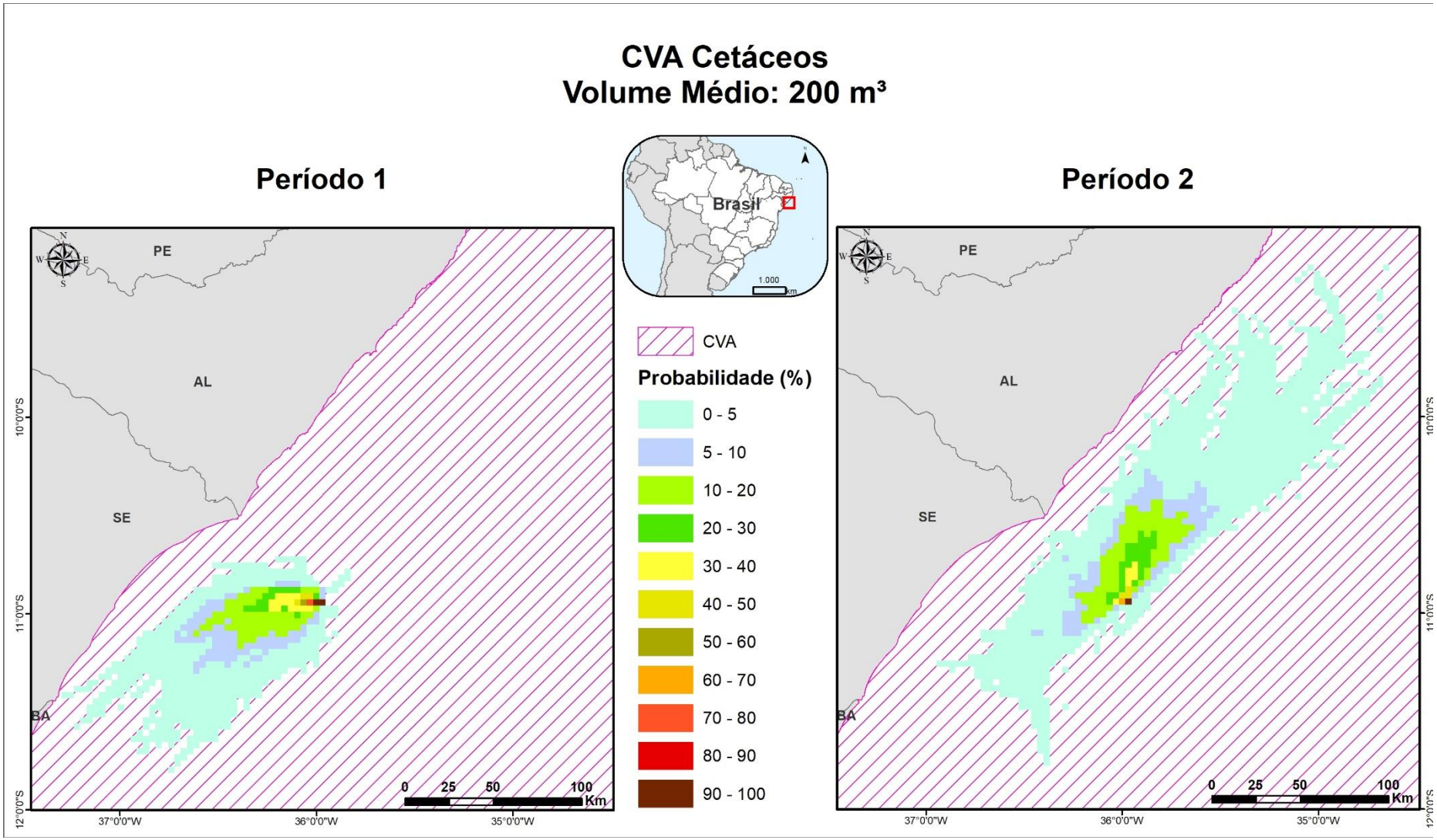


Figura II.9 - 40: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Cetáceos nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

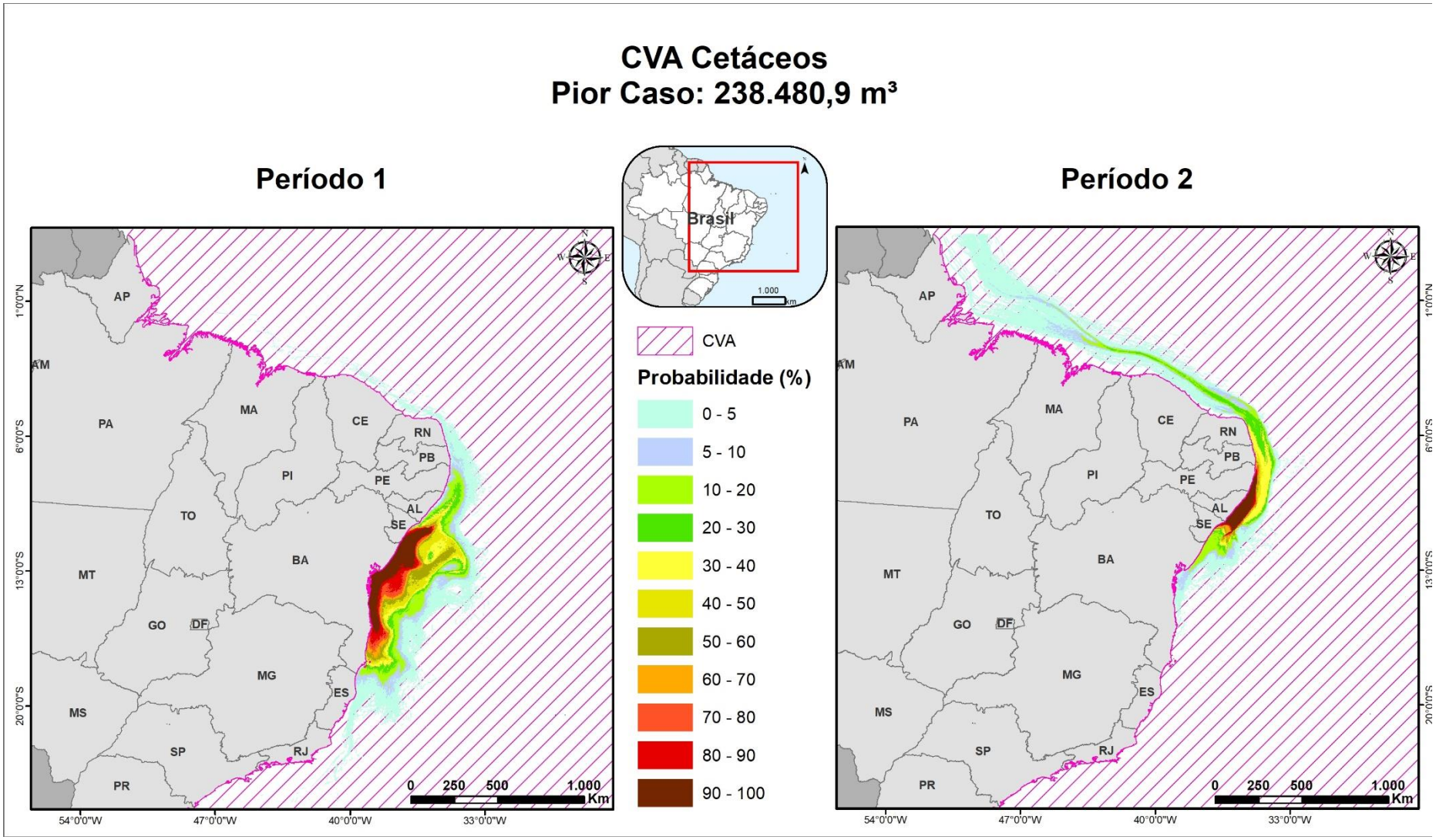


Figura II.9 - 41: Probabilidade de presença de óleo no CVA – Cetáceos nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 40: Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Cetáceos.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	7,65	1 hora
2	Período 2	8	5,19	1 hora
3	Período 1	200	5,59	1 hora
4	Período 2	200	3,63	1 hora
5	Período 1	238.480,9	27,19	1 hora
6	Período 2	238.480,9	12,11	1 hora

Os cenários de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3) apresentam probabilidade ponderada de presença de óleo inferiores a 10%. Nos cenários de vazamento de óleo de pior caso (238.480,9 m^3), a área total com probabilidade de presença de óleo é consideravelmente maior quando comparada aos cenários anteriores. Ocorrem probabilidades entre 90-100% na região oceânica em frente ao sul do estado de Sergipe e estado da Bahia no Período 1 e norte do estado de Sergipe e estado de Alagoas no Período 2.

A maior probabilidade ponderada foi observada no cenário 5 (Pior caso – Período 1), sendo esta de 27,19%.

O tempo mínimo de chegada de óleo ao CVA foi de 1 hora e igual em todos os cenários, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência do CVA.

Conclusão

Os mamíferos marinhos possuem uma ampla gama de sensibilidade ao óleo, demonstrada pela sua diversidade em termos de morfologia, comportamento e ecologia. Desta forma, para se estabelecer apropriadamente os efeitos do petróleo em uma dada espécie, são necessárias maiores informações sobre a sua história natural e fisiologia, além de mais estudos sobre as características toxicológicas do óleo nesses animais.

Os únicos estudos encontrados que abordam os efeitos de vazamento de óleo em populações de cetáceos são aqueles referentes ao acidente do Exxon Valdez, no Alasca. Este vazamento ocorreu em condições muito distintas daquelas encontradas na área de estudo da atividade da ExxonMobil na bacia de Sergipe-Alagoas, já que o vazamento ocorreu próximo à costa, em uma região de clima polar e com estudos dos efeitos do óleo sobre uma única espécie, a orca (*Orcinus orca*).

Como ressaltado anteriormente, as populações de orcas foram monitoradas por duas décadas após o vazamento de óleo, e os resultados encontrados sugerem que os efeitos ainda persistem.

É importante destacar, entretanto, que segundo KINGSTON (2002), vazamentos que ocorrem em locais afastados da costa apresentam menor gravidade aos grupos biológicos que habitam ambientes costeiros,

uma vez que fenômenos de evaporação e dispersão de partículas de óleo ocorrem durante a sua viagem até a costa. Dessa forma, o óleo perde grande parte de seus componentes tóxicos e não se configura tão impactante quanto um óleo em seu primeiro estágio de vazamento (NOAA, 2002). Além disso, IPIECA (1993) defende que a degradação do óleo é significativamente mais rápida em regiões tropicais.

Levando-se em consideração as informações apresentadas acima, além do fato de o tempo de recuperação ser definido para a comunidade como um todo e a região apresentar grande relevância para os cetáceos, funcionando como área de reprodução e abrigando grupos residentes em alguns locais específicos, estima-se que o tempo para que a comunidade de cetáceos se recupere aos níveis anteriores ao de um acidente com vazamento de óleo seja de 20 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Cetáceos, houve probabilidade de toque de óleo em todas as faixas de volume modeladas (8 m³, 200m³ e pior caso), sendo as médias ponderadas nos períodos 1 e 2, respectivamente, iguais a 7,65% e 5,19% para 8m³, 5,59% e 3,63% para 200m³ e 27,19% e 12,11% para um vazamento de 238.480,9 m³.

A seguir, será descrito os Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionados para esse CVA: SVA Boto-cinza e Boto-vermelho, SVA Toninha e SVA Reprodução de Baleia-jubarte. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para esses SVAs é o mesmo estabelecido para o CVA Cetáceos.

A escolha do subcomponente “boto-cinza e boto-vermelho” foi motivada pelo fato de existirem populações limitadas ou concentradas a determinadas áreas e que, caso os indivíduos sejam perdidos, o reestabelecimento dessa população dificilmente será feito por indivíduos de populações adjacentes. As duas espécies de cetáceos já citadas foram agrupadas nesse SVA devido à similaridade de suas características ecológicas e, ainda, por ocuparem, na maioria das vezes, as mesmas áreas, vivendo simpatricamente na região norte do Brasil.

No caso do SVA Toninha, a escolha deste subcomponente foi motivada pelo fato de existirem populações que apresentam distribuição restrita a determinadas áreas e que, caso os indivíduos sejam perdidos, o reestabelecimento dessa população dificilmente será feito por indivíduos de populações adjacentes. Além disso, a espécie *Pontoporia blainvillei* encontra-se criticamente ameaçada de extinção no Brasil.

Já no caso do SVA baleia-jubarte, destaca-se a presença de área de especial relevância para a reprodução da espécia no Banco dos Abrolhos, nordeste do Brasil (ENGEL, 1996; MARTINS *et al*., 2001; MORETE *et al*., 2003; ANDRIOLO *et al*., 2006, 2010). Esta área representa o principal sítio reprodutivo da espécie em todo o Oceano Atlântico Sul Ocidental (SICILIANO et al., 2006).

- **SVA BOTO-CINZA (*Sotalia guianensis*) E BOTO-VERMELHO (*Inia geoffrensis*)**

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é a espécie de odontoceto de hábitos costeiros com maior número de registros ao longo do litoral brasileiro. Contudo, as informações a respeito da espécie ainda são poucas, pois os dados biológicos são coletados de forma oportuna e a maioria dos estudos é desenvolvida em áreas restritas. Devido a esses fatores, a IUCN classifica a espécie como "Insuficientemente Conhecida" (IUCN, 2019), sendo ainda considerada como uma das espécies prioritárias no Plano de Ação para Mamíferos Aquáticos do IBAMA (IBAMA, 2001) e uma espécie ameaçada da mastofauna brasileira, sendo classificada como Vulnerável (ICMBio/MMA, 2018).

O boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) é essencialmente fluvial, podendo chegar até praias próximas à desembocadura de rios. É o maior dos golfinhos de rio, sendo endêmico das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (DA SILVA, 2004). Assim como as outras espécies aquáticas, a reprodução do boto está fortemente associada ao ciclo hidrológico da região. Cópulas e nascimentos ocorrem entre os meses de maio/junho a setembro, durante o final da cheia e durante a vazante na Amazônia Central (DA SILVA, 1994; 2004). Neste período, os peixes estão mais concentrados, favorecendo a captura das presas e menor gasto energético (DA SILVA, 1994; 2004). Durante a estação de vazante e seca, os botos saem dos lagos e canais de várzea em direção ao canal do rio principal, acompanhando os peixes e evitando ficar encalhados ou presos (ICMBio/MMA, 2011).

Para o boto-cinza e o boto-vermelho, as áreas de ocorrência consideradas no presente estudo foram definidas a partir dos trabalhos de SICILIANO *et al*., 2008; EMIN-LIMA *et al*., 2010; SANTOS *et al.,* 2012 e do MAREM, 2020, sendo considerados os locais onde existem populações residentes.

As **Figura II.9 - 42** e **Figura II.9 - 43** e a **Tabela II.9 - 41** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Boto-cinza e Boto-vermelho para os cenários 3 e 4 (200 m³) e 5 e 6 (pior caso), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamentos de 8m³ .

Ressalta-se que, uma vez que as populações são entendidas como residentes, o SVA boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) foi considerado um subcomponente fixo, para o qual foi utilizado o maior valor de probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental.

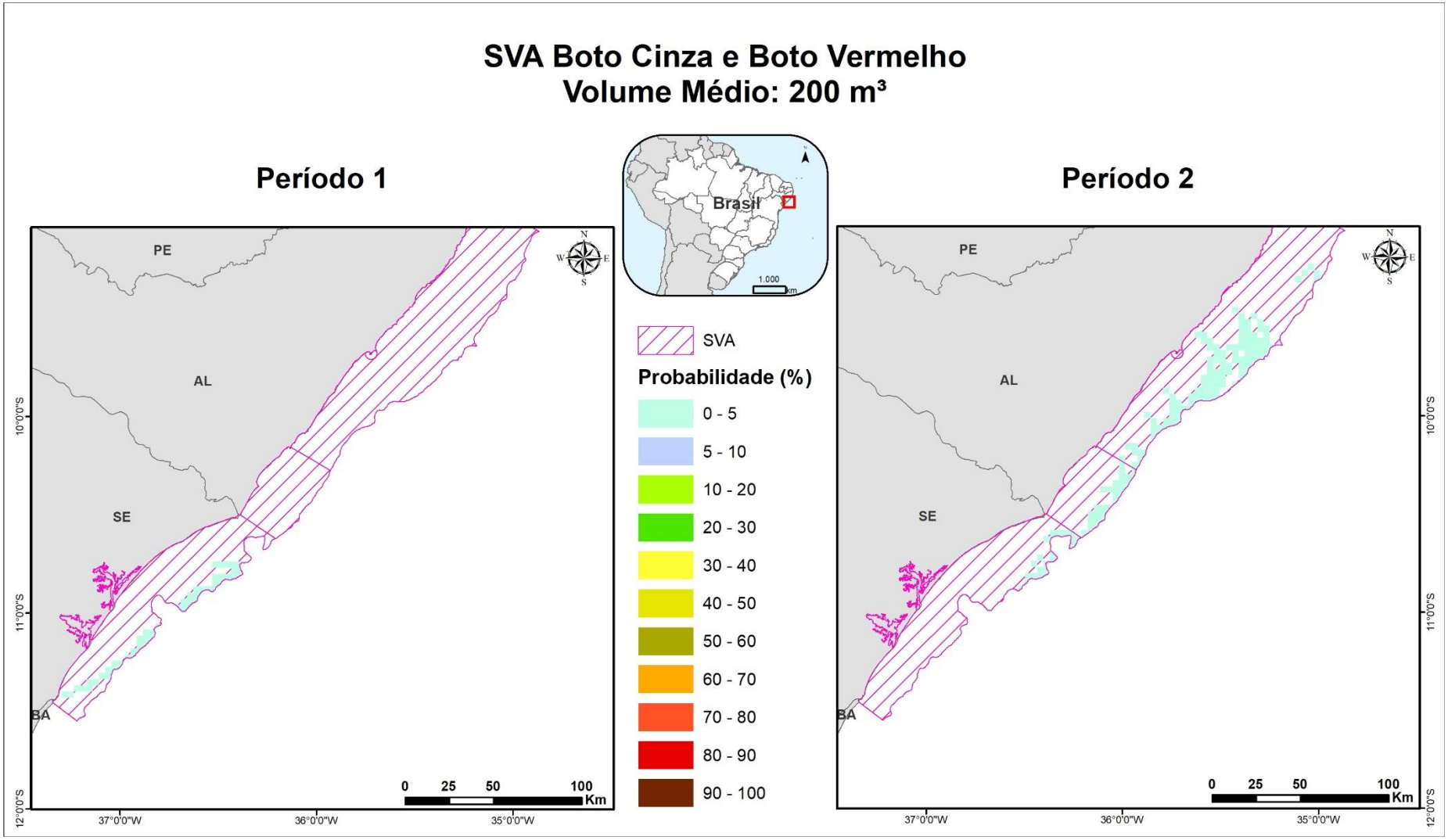


Figura II.9 - 42: Probabilidade de presença de óleo no SVA – *Sotalia guianensis* (boto-cinza) e *Inia geoffrensis* (boto-vermelho) nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (Pior caso – Período 2).

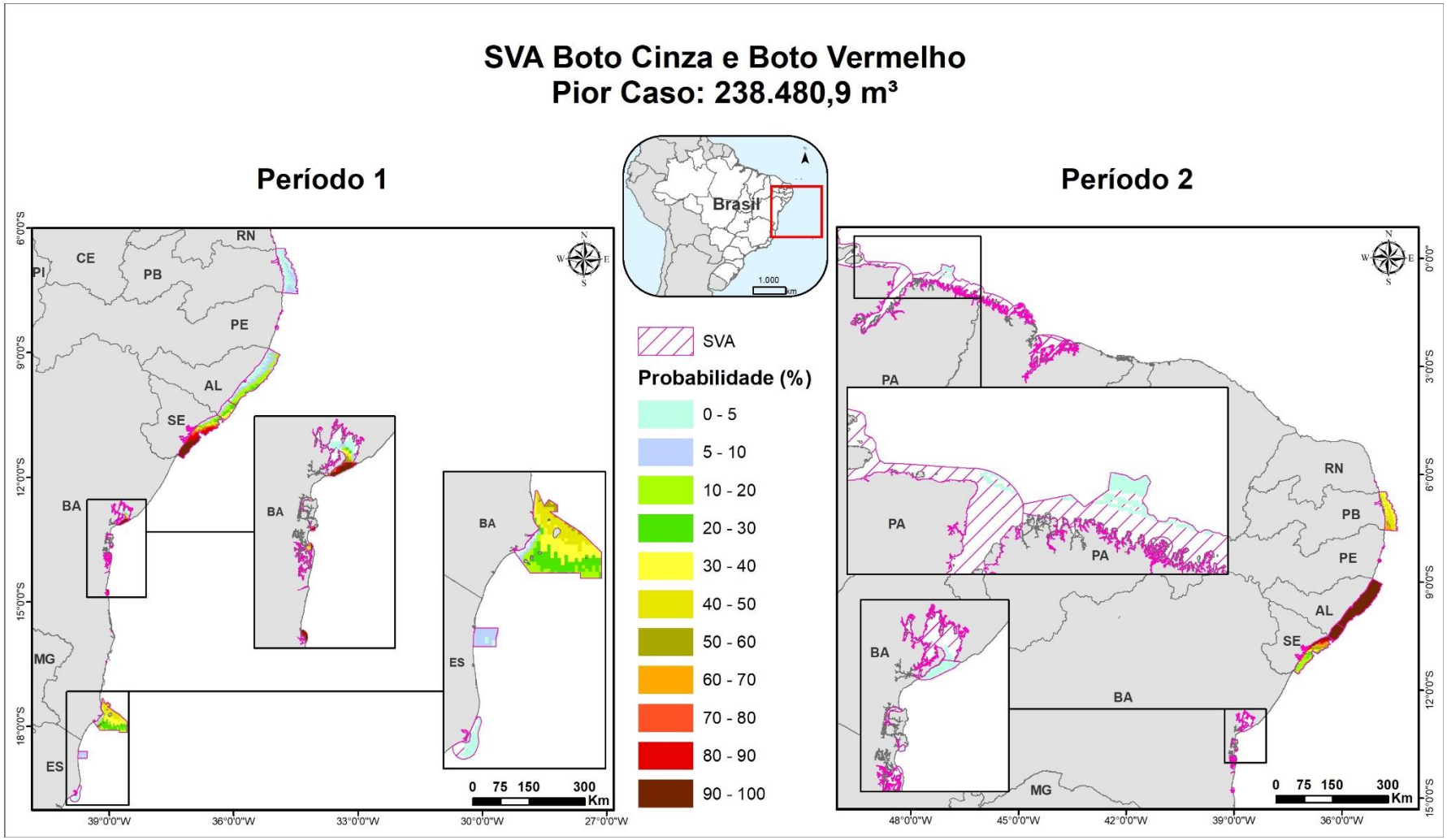


Figura II.9 - 43: Probabilidade de presença de óleo no SVA – *Sotalia guianensis* (boto-cinza) e *Inia geoffrensis* (boto-vermelho) nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 41: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Boto cinza e Boto-vermelho.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	3,70	1,42 dias
4	Período 2	200	3,33	1,54 dias
5	Período 1	238.480,9	100	1,46 dias
6	Período 2	238.480,9	100	1,50 dias

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3). Nos cenários que envolvem um vazamento de 200 m^3, as probabilidades máximas de toque de óleo no SVA boto-cinza e boto-vermelho foram inferiores a 4%. Em ambos os cenários que envolvem um vazamento de pior caso, há probabilidade de 100% de presença de óleo no SVA em questão, em ambos os períodos.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA é de 1,42 dias no cenário 5 (Pior Caso - Período 1).

- **SVA TONINHA (*Pontoporia blainvillei*)**

A toninha (*Pontoporia blainvillei*) apresenta distribuição restrita às águas costeiras entre o Espírito Santo e a Região do Prata, na Argentina. Evidências indicam que sua distribuição não é contínua ao longo da costa do Oceano Atlântico Sul Ocidental, havendo um hiato situado entre as localidades de Macaé (RJ) e Ubatuba (SP) e outro ao norte de Atafona (RJ) até o Rio Doce (ES). Normalmente não chegam além da isóbata de 30 m, com alguns registros em águas de até 50 m e a 55 km da costa, mas com uma densidade de animais muito pequena (JEFFERSON *et al.*, 2008). É um dos menores cetáceos, sendo que indivíduos adultos podem chegar a no máximo 1,75 m de comprimento. Geralmente habita águas mais escuras. Não há evidências de realização de migrações e pouco se conhece sobre a extensão de seus movimentos diários (SICILIANO *et al.*, 2006).

A toninha é ainda o pequeno cetáceo mais ameaçado no Atlântico Sul Ocidental, devido aos altos níveis de mortalidade acidental em redes de emalhe. Encontra-se em diversas listas de animais ameaçados de extinção. Na IUCN (2016) está na categoria “Vulnerável” e no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio/MMA, 2018) é considerada “Criticamente em Perigo”, categoria que antecede a extinção.

A área estabelecida para a toninha (*P. blainvillei*) foi determinada a partir do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Pequeno Cetáceo – Toninha *Pontoporia blainvillei* (MMA/ICMBio, 2010). Foram

delimitadas três áreas de concentração: Norte do Espírito Santo; Norte do Rio de Janeiro e Ubatuba (São Paulo) até o extremo sul do Brasil.

No mapeamento realizado para o presente estudo, a delimitação de profundidade foi até a isóbata de 30 m, uma vez que há fortes indícios de ocorrência restrita dessa espécie até essa profundidade (PINEDO *et al.*, 1989; DI BENEDITTO & RAMOS, 2001).

A **Figura II.9 - 44** e a **Tabela II.9 - 42** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Toninha para o cenário 5 (pior caso, Período 1), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamentos de 8m³, 200m³ e no Período 2 de Pior Caso.

É importante ressaltar que, uma vez que apresentam uma distribuição restrita, considerou-se esse componente como fixo para o cálculo das probabilidades de chegada de óleo (uso da maior probabilidade de toque). O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para o CVA Cetáceos, que é de 20 anos.

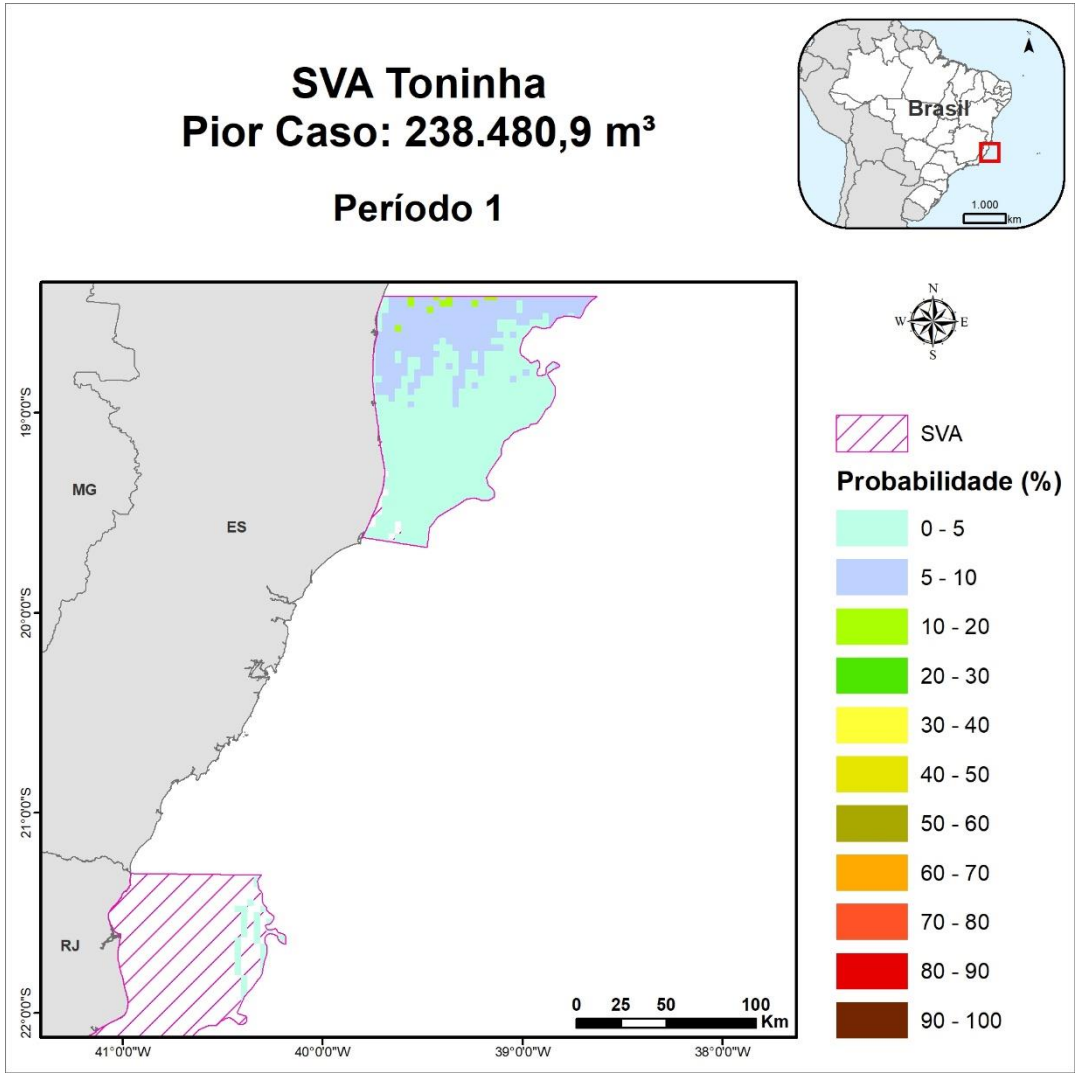


Figura II.9 - 44: Probabilidade de presença de óleo no SVA – Toninha nos cenários 5 (Pior caso – Período 1).

Tabela II.9 - 42: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Toninha.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	11,48	19 dias
6	Período 2	238.480,9	-	-

Para o único cenário em que ocorre probabilidade de toque de óleo neste SVA (Cenário 5 – Pior caso, Período 1), a maior probabilidade encontrada foi de 11,48%. A região com probabilidade de presença de óleo localiza-se próxima aos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro e o tempo mínimo de chegada de óleo no SVA é de 19 dias.

- **SVA ÁREA DE REPRODUÇÃO DE BALEIA-JUBARTE**

As baleias-jubarte (*Megaptera Novaeagliae)* são animais cosmopolitas, ou seja, podem ser encontradas em todos os oceanos e em ambos os hemisférios. Suas populações apresentam um padrão de migração anual, estando presentes em áreas de alimentação situadas nas regiões polares durante o verão e o outono austral, e em áreas de reprodução e cria de filhotes situadas em regiões tropicais e sub-tropicais durante o inverno e a primavera (SICILIANO *et al*. 2006).

A temporada reprodutiva das baleias-jubarte ocorre entre julho e novembro na região do Banco dos Abrolhos, nordeste do Brasil, região reconhecida como principal área de concentração da espécie (ENGEL, 1996; MARTINS *et al*. 2001; MORETE *et al.* 2003; ANDRIOLO *et al.* 2006, 2010), em especial em sua porção sul, com densidade relativa máxima da mesma (SICILIANO, 2006).

Estimativas populacionais realizadas pelo Instituto Baleia Jubarte desde o Rio Grande do Norte até o Rio de Janeiro estimaram cerca de 6.404 baleias em 2005 (ANDRIOLO *et al.* 2010) e 9.330 baleias em 2008 (WEDEKIN *et al.* 2010), das quais 5.973 (93,26%) e 8.531 (91,4%), respectivamente, foram avistadas no Banco dos Abrolhos. Entretanto, este número decresce em regiões mais ao norte, confirmando a importância do trecho da região do Banco dos Abrolhos como área de concentração de jubartes durante a temporada reprodutiva (SICILIANO, 2006).

Devido aos hábitos costeiros e nado relativamente lento, as baleias-jubarte foram um dos primeiros alvos da caça pelo homem, acarretando uma queda brusca do número de indivíduos existentes

(SICILIANO *et al*. 2006). No entanto, devido a esforços de conservação, a espécie deixou de integrar a lista de espécies ameaçadas do MMA em 2014, passando a ser "Quase Ameaçada".

Atualmente, os principais impactos sobre as populações de baleia-jubarte estão relacionados às rotas de navegação de barcaças e corredores de navegação próximos ao Banco de Abrolhos e outras áreas de concentração para a espécie, localizadas próximas à costa baiana, às atividades de exploração de hidrocarbonetos e ao crescimento na atividade de observação de baleias, principalmente na região de Abrolhos (MORETE *et al*., 2003; MARTINS, 2004).

Deve-se salientar, portanto, que devido ao fato da região do Banco dos Abrolhos representar o principal sítio reprodutivo da baleia-jubarte (*M. Novaeangliae*) em todo o oceano Atlântico Sul Ocidental (SICILIANO *et al*., 2006), somando-se o fato de que a localidade apresenta densidade relativa máxima da espécie durante o período de reprodução, e considerando-se ainda a probabilidade da mesma ser atingida por óleo em caso de vazamento de pior caso a partir dos Blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, essa área foi considerada um SVA.

Para delimitação dessa área foram utilizadas as informações presentes na proposta de ampliação da área protegida presente na região do Banco de Abrolhos, a qual tem, entre outros objetivos, o de proteger essa espécie migratória (MMA, 2012).

A **Figura II.9 - 45** e a **Tabela II.9 - 68** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Área de Baleia-jubarte, para os cenários 5 e 6 (pior caso), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamentos de 8m³ e 200m³.

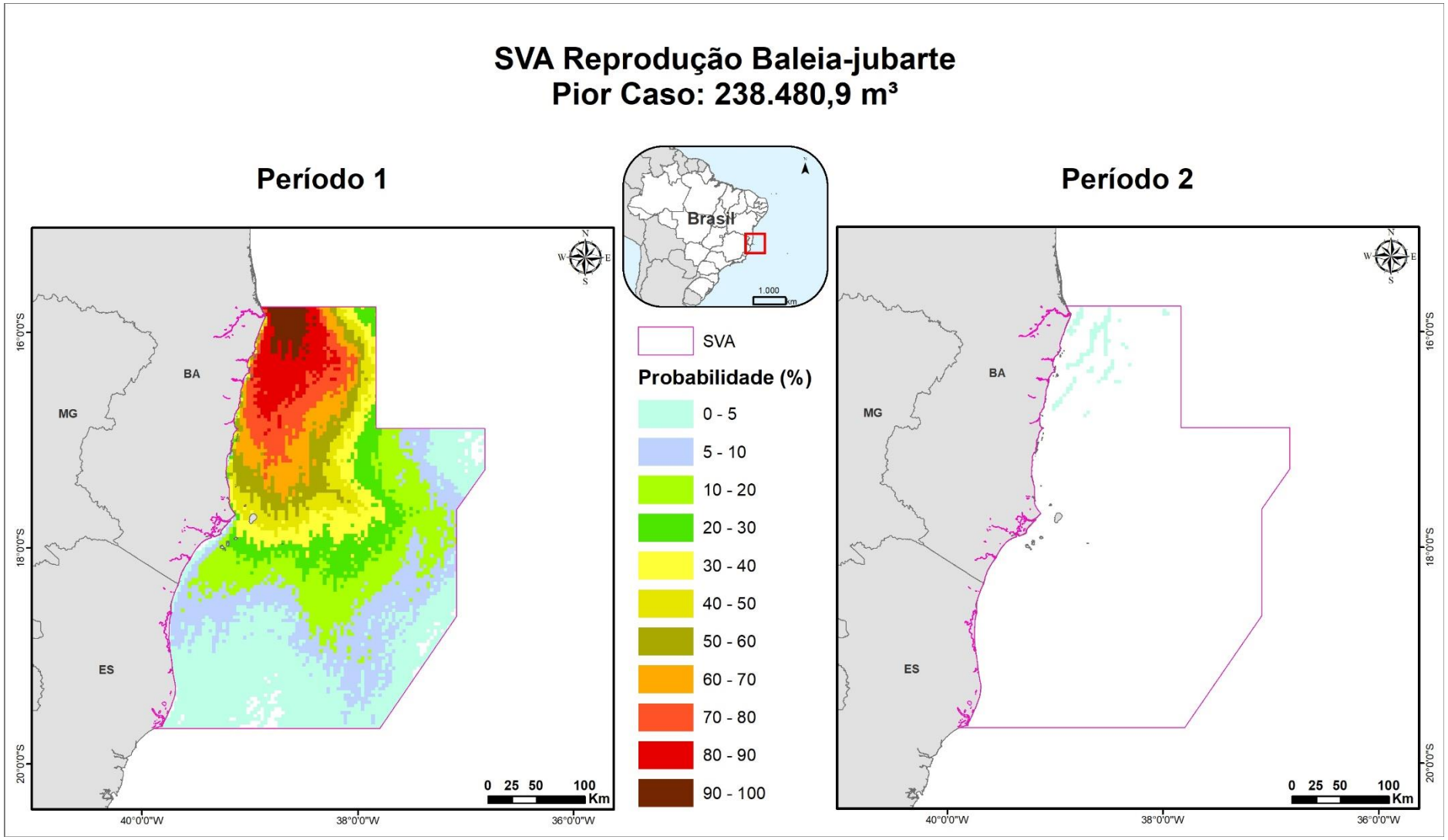


Figura II.9 - 45: Probabilidade de presença de óleo no SVA – Área de Reprodução de Baleia-jubarte nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 43: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Área de Reprodução de Baleia-jubarte.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	98,52	11 dias
6	Período 2	238.480,9	1,11	54 dias

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3). Para os cenários que envolvem um vazamento de pior caso, observa-se grande diferença em relação aos períodos modelados. No Período 1 a probabilidade máxima de toque de óleo neste SVA foi de 98,52%, enquanto no Período 2 a maior probabilidade encontrada foi de apenas 1,11%.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA Área de Reprodução de Baleia-jubarte é de cerca de 11 dias no cenário 5 (Pior Caso - Período 1).

- **CVA TARTARUGAS-MARINHAS**

Na região com probabilidade de presença de óleo podem ser encontradas as cinco espécies de tartarugas-marinhas existentes no Brasil. Nas bacias de Santos e Campos ocorrem ainda áreas de concentração para alimentação, crescimento, pontos de desova e corredor migratório (ALMEIDA *et al.*, 2011a; ALMEIDA *et al.*, 2011b; CASTILHOS *et al.*, 2011; MARCOVALDI *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011). No entanto, é válido destacar que não há probabilidade de toque de óleo em áreas de desova.

Todas as espécies presentes na região de estudo são mundialmente consideradas ameaçadas de extinção pela União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (IUCN, 2019), bem como nacionalmente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MMA, 2018). A **Tabela II.9 - 44** apresenta as espécies encontradas no litoral da área de estudo e seu status de conservação.

Tabela II.9 - 44: Lista de espécies de tartarugas marinhas encontradas na área de estudo.

Espécie	Nome Comum	IUCN (2019)	ICMBIO/MMA (2018)
Caretta caretta	Tartaruga-cabeçuda	VU	EN
Chelonia mydas	Tartaruga-verde	EN	VU
Eretmochelys imbricata	Tartaruga-de-pente	CR	CR
Lepidochelys olivacea	Tartaruga-oliva	VU	EN

Tabela II.9 - 44: Lista de espécies de tartarugas marinhas encontradas na área de estudo.

Espécie	Nome Comum	IUCN (2019)	ICMBIO/MMA (2018)
Dermochelys coriacea	Tartaruga-de-couro	VU	CR

Categorias segundo ICMBio/MMA (2018) e IUCN (2019):

EN (Em perigo) - "Endangered" - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo.
VU (Vulnerável) – "Vulnerable" - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo.
CR (Em perigo crítico), "Critically endangered". Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato;

A maior parte das tartarugas marinhas atinge a maturidade sexual entre os 20 e 30 anos, embora espécies como a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivavea*) alcancem a maturidade entre 11 e 16 anos. A partir daí, passam a viver em áreas de alimentação, de onde saem apenas na época da reprodutiva, quando migram para as praias na qual nasceram. Estima-se que, de cada mil filhotes, apenas um ou dois atingem a idade adulta, sendo que a maioria acaba por servir de alimento para crustáceos, aves e peixes. O acasalamento ocorre no oceano, em águas profundas ou costeiras, muitas vezes próximas às áreas de desova (PROJETO TAMAR, 2014).

Impactos do Óleo sobre as Tartarugas Marinhas

As tartarugas marinhas são particularmente sensíveis à contaminação por óleo, uma vez que não possuem o comportamento de evitar águas oleosas, apresentam alimentação indiscriminada e realizam grandes inalações pré-mergulho (SHIGENAKA, 2003, NOAA, 2010). Entretanto, alguns aspectos de sua morfologia podem diminuir sua chance de mortalidade como, por exemplo, a incapacidade de limpar oralmente seu corpo devido a limitações da sua carapaça e a pouca flexibilidade.

Por serem altamente migratórias, as tartarugas marinhas também são vulneráveis em todos os seus estágios de vida (ovos, recém-nascidos, juvenis e adultos). A severidade, a taxa e os efeitos da exposição irão variar dependendo do estágio de maturidade, sendo que os indivíduos jovens possuem um risco maior que os adultos. As razões para isso são muitas como, por exemplo, o mecanismo metabólico que um animal usa para desintoxicar seu organismo pode ainda não estar desenvolvido em um animal juvenil. Além disso, nos estágios iniciais de vida, estes animais podem conter mais lipídios em seu corpo, no qual muitos contaminantes como hidrocarbonetos de petróleo se ligam (SHIGENAKA, 2003).

É válido informar que em acidentes que envolvem a chegada de óleo nas praias, as tartarugas marinhas podem ser impactadas em seus locais de desova e os ovos podem ser expostos ao óleo durante a incubação, resultando em um aumento potencial da mortalidade dos ovos e/ou a possibilidade de desenvolver defeitos nos recém-nascidos. Os filhotes que emergem dos seus ninhos podem encontrar

o óleo na praia ou na água logo que eles começam sua vida no mar (SHIGENAKA, 2003). É válido ressaltar, contudo, que não foram identificados locais de desova nas áreas com probabilidade de toque de óleo.

A exposição crônica pode não ser letal por si só, mas pode prejudicar a saúde da tartaruga, tornando-a mais vulnerável a outros estresses (SHIGENAKA, 2003).

As tartarugas marinhas podem ser expostas aos agentes químicos do óleo de duas maneiras: internamente (comendo ou engolindo óleo, consumindo presas contaminadas ou inalando) ou externamente (nadando no óleo) (SHIGENAKA, 2003).

Efeitos internos

Alguns estudos demonstram que o óleo cru não é percebido pelos quelônios como sendo algo perigoso e que, portanto, não é evitado (GRAMMETZ, 1988). Estudos comportamentais em tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) não mostraram evidências de que essas espécies detectam e evitam áreas contaminadas ou distinguem o óleo intemperizado (tarball[10]) de um item alimentar (LUTZ & LUTCAVAGE, 2010). Além disso, uma vez que esses animais sobem com frequência à superfície para respirar, no evento de um grande vazamento, esses animais podem ser expostos a químicos voláteis durante a inalação (GRAMMETZ, 1988).

A inalação de orgânicos voláteis do óleo pode causar irritação respiratória, dano ao tecido e pneumonia. A ingestão de óleo pode resultar em inflamação gastrointestinal, úlceras, sangramento, diarreia e má digestão. A absorção pela inalação ou ingestão de químicos pode danificar órgãos como o fígado e o rim, resultando em anemia e imunossupressão, ou levar a uma falha reprodutiva e até à morte (SHIGENAKA, 2003).

Em um estudo que avaliou as alterações fisiológicas e clinicopatológicas em tartarugas cabeçudas cronicamente expostas ao óleo, foram encontradas anormalidades nas células epiteliais, alterações nos padrões respiratórios e disfunções nas células sanguíneas. O óleo foi observado agarrado nas narinas, olhos e esôfago superior, além de encontrado nas fezes. Tartarugas contaminadas tiveram um aumento de até quatro vezes na quantidade de células brancas sanguíneas e uma redução de 50% na quantidade de hemácias. As mudanças celulares na epiderme são uma preocupação em particular, pois isso pode aumentar sua susceptibilidade a infecções. Muitos dos danos fisiológicos observados parecem ter sido resolvidos após 21 dias de recuperação. Entretanto, os efeitos a longo prazo do óleo nas tartarugas se mantêm completamente desconhecidos (LUTCAVAGE *et al.*, 1995).

[10] *Tarballs* são pequenos pedaços, geralmente esféricos, de óleo intemperizado remanescentes de um vazamento. As *Tarballs* são muito persistentes no ambiente marinho e podem se deslocar por centenas de milhas (NOAA, 2010).

Efeitos externos

Em relação aos efeitos externos, pode-se citar a incrustação por óleo. KELLER & ADAMS (1983), examinando tartarugas impactadas por óleo, notaram que o óleo intemperizado selou a boca e as narinas das tartarugas pequenas. Estas também podem ser imobilizadas e morrerem devido à exaustão quando expostas a grandes quantidades de óleo (KELLER & ADAMS, 1983).

Em estudo de MIGNUCCI-GIANNONI (1998) apud SABA & SPOTILA (2003), os autores concluíram que tartarugas marinhas reabilitadas (*Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*), quando comparadas a aves marinhas, tiveram maiores chances de sobrevivência após terem sido expostas a um vazamento de óleo em Porto Rico, em 1994. Entretanto, isso não quer dizer que essas tartarugas não tivessem óleo residual presente nos seus tecidos após a reabilitação.

Efeitos indiretos também podem afetar as tartarugas marinhas, podendo-se citar a perda da sensibilidade olfativa devido à contaminação por agentes químicos voláteis, causando mudanças substanciais no comportamento, uma vez que o sentido do olfato é importante para a orientação e navegação destes indivíduos. Outro efeito que pode ser citado é a diminuição da quantidade de alimento disponível, uma vez que o óleo pode causar a morte de outros animais importantes na dieta das tartarugas (LOPES *et al.*, 2007).

A **Tabela II.9 - 45** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para as tartarugas marinhas.

Tabela II.9 - 45: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as tartarugas marinhas.

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
1983: campo de Nowruz, Golfo Pérsico, águas territoriais iranianas. Volume de óleo derramado: 260.000 toneladas de óleo cru.	Foram encontradas 56 tartarugas mortas das espécies pente (*Eretmochelys imbricata*) e verde (*Chelonia mydas*), embora se estime um número bem maior de óbitos, já que apenas uma parte da costa foi monitorada. BURCHARD (citado em NOAA, 2010) estima que cerca de 500 tartarugas das duas espécies tenham morrido, representando quase que a total aniquilação da população de tartarugas-de-pente e a maior parte da população da tartaruga-verde (SHIGENAKA, 2010).
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume de óleo derramado: 700.000 a 900.000 toneladas de óleo cru.	Estima-se que o número de tartarugas marinhas mortas durante os vazamentos da Guerra do Golfo esteja na faixa de dezenas a centenas, mas esta ocorrência não foi bem documentada. Uma tartaruga-verde encalhada morta foi necropsiada e continha mais de 4.000 ppm de óleo em seu fígado e 310 ppm no estômago, mas não havia indicação de óleo na parte externa (SHIGENAKA, 2010).
1991: Barge Vistabella, mar do Caribe Volume de óleo derramado: 2.000 toneladas de óleo combustível pesado	Restos de óleo e *tarballs* atingiram as praias da região, mas apenas uma tartaruga-de-pente foi encontrada com óleo (atribuído ao acidente) em uma praia de Porto Rico (SHIGENAKA, 2010).

Tabela II.9 - 45: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as tartarugas marinhas.

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
1993 Barge Bouchard B155 Volume de óleo derramado: 336.000 galões de óleo combustível pesado nº 6.	Áreas de desova e de forrageamento foram atingidas. Tartarugas cabeçudas, as mais comuns, foram impactadas mais severamente: 4 recém-nascidos foram encontrados mortos e 12 vivos, sendo que entre eles, 3 indivíduos encontravam-se oleados e os demais estavam perturbados por causa do método utilizado na limpeza. Vários ninhos foram atingidos e muitos filhotes ainda não tinham nascido. 115 ninhos foram marcados como em risco, 96 estavam em praias com óleo e 2 estavam inundados por óleo e tiveram uma taxa de sucesso de nascimento menor do que o normal (5% dos ovos, comparado com 50-90% normalmente). No total, 212 recém-nascidos foram mortos e 2.177 foram potencialmente impactados pela exposição ao óleo e atividades de resposta (SHIGENAKA, 2010).
2010: Deep Water Horizon, Golfo do México, Estados Unidos. Cerca de 4,9 milhões de barris de petróleo	Maior vazamento de óleo da história dos Estados Unidos, os efeitos do vazamento de grandes proporções ainda vêm sendo estudados para avaliar os impactos que tiveram sobre as tartarugas-marinhas. Registros indicam um declínio populacional de indivíduos adultos (LEUNG, 2012; BARRON, 2012). Tartarugas-de-kemp monitoradas desde a década de 1970 vinham aumentando o número de ninhos a uma taxa exponencial de cerca de 15 a 18% ao ano. No entando após o acidente, o número de ninhos caiu 35%. O número de ninhos anuais se recuperou para os níveis anteriores ao derramamento em 2011 e 2012, mas caiu novamente em 2013 e 2014 (NWF, 2015). Cientistas estão tentando determinar se a diminuição dos ninhos se deve apenas ao aumento da mortalidade ou se as fêmeas adultas podem ter se tornado menos saudáveis e, portanto, menos capazes de se reproduzir. Esse efeito na saúde pode ter sido causado pela exposição ao óleo ou por uma redução no suprimento de comida disponível, como o caranguejo-azul (NWF, 2015). LAURITSEN *et al*. (2017) avaliaram os efeitos do vazamento sobre as tartarugas-cabeçuda, comparando, através de modelagem estatística, os registros históricos de desova da espécie e os registros após o acidente. Segundo os autores as densidades de ninhos da espécie nas praias do noroeste da Flórida em 2010 foram reduzidas em 43,7% (intervalo de confiança de 95%: 10-65%) em relação às taxas de nidificação esperadas na ausência de óleo DWH e esforços de limpeza. Isso equivale a uma perda de aproximadamente 251 ninhos não realizados a partir da temporada de nidificação de 2010, atribuída a efeitos diretos e indiretos relacionados ao incidente.

Tempo de Recuperação

HALL *et al.* (1983) analisaram três tartarugas marinhas encontradas mortas após o massivo vazamento de óleo do poço Ixtoc I atingir a costa do México em 1979, onde por um período de meses, de 10.000-15.000 barris de óleo vazaram diariamente do poço no Golfo do México. Os animais foram necropsiados e seus tecidos analisados em busca de resíduos de hidrocarbonetos de petróleo.

Apesar de em todos os tecidos examinados de três tartarugas ter-se encontrado a presença de óleo, não foram encontradas evidências de que este tivesse causado lesões no trato alimentar ou que a

contaminação tivesse ocorrido através de aspiração pulmonar. A análise dos indivíduos também demonstrou que existia uma eliminação seletiva de partes desse óleo. Tanto a presença de resíduos em vários tecidos, quanto a eliminação seletiva indicaram que a exposição ao óleo foi crônica, portanto, as tartarugas evidentemente ficaram expostas a ele por algum tempo, e não apenas o encontrado pouco tempo antes de sua morte.

A exposição prolongada ao óleo pode ter causado as condições precárias do corpo das tartarugas, talvez perturbando o comportamento alimentar. Em tais condições de fraqueza, as tartarugas podem ter sucumbido a algum componente tóxico do óleo ou algum agente ainda não descoberto. No entanto, os exames microscópicos não indicaram a causa da morte.

Além deste estudo, é de suma importância detalhar os efeitos adversos do vazamento de Deepwater Horizon sobre as tartarugas, no Golfo do México. Nessa região ocorrem desovas regulares de *Caretta caretta* que, ao nascerem, se deslocam até o Mar de Sargaços (LEUNG *et al.*, 2012). Estes mesmos autores criaram, então, um modelo para avaliar os impactos do vazamento sobre elas, simulando a chegada do óleo em três locais de reprodução: um no Golfo (severamente impactado por vazamentos), um na Flórida e outro na costa da Carolina. Para avaliar os efeitos crônicos do vazamento, os autores simularam 20 anos de monitoramento e puderam perceber que após a inserção do vazamento de óleo, há um declínio mais acelerado das populações. No entanto, os resultados sugerem que o declínio da população da tartaruga marinha *Caretta caretta* não é acelerado por um único evento de derramamento de óleo e sim por eventos cumulativos (LEUNG *et al.*, 2012).

É válido destacar que diversas tartarugas-marinhas foram encontradas mortas após o vazamento da Deepwater Horizon e que centenas foram encontradas vivas, porém, oleadas, de acordo com o trabalho de BARRON (2012), encontrado na **Figura II.9 - 46**.

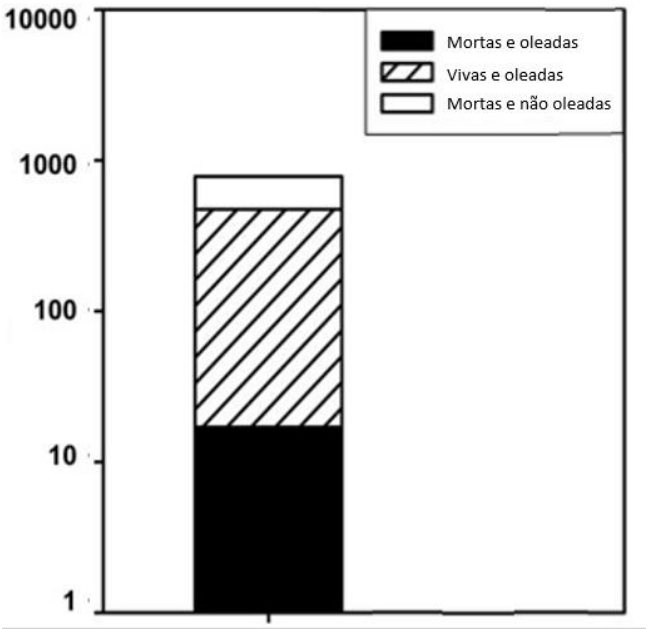


Figura II.9 - 46: Número de tartarugas reportadas durante o vazamento de óleo da Deepwater Horizon (Fonte: BARRON, 2012).

Segundo CROWDER & HEPPELL (2011) a recuperação das tartarugas é particularmente difícil, porque o potencial de crescimento da população é limitado pela idade tardia para alcançar a maturidade sexual e, ainda, pela baixa fertilidade. Por muito tempo os esforços de conservação das tartarugas se limitaram a proteção de ninhos e fêmeas no momento da nidificação. No entanto, modelos populacionais recentes elaborados para tartaruga-cabeçuda indicaram que a estratégia de proteção dos ninhos apenas prolongaria o momento da extinção (CROWDER & HEPPELL, 2011). Sendo assim, para diminuir o tempo de recuperação das tartarugas, deve-se ter como foco principal a proteção de indivíduos juvenis e organismos mais velhos em alto mar.

Após o vazamento da plataforma Deepwater Horizon, tartarugas-de-kemp foram atingidas pelo óleo, porém, acredita-se que sua recuperação será mais rápida do que tartarugas-cabeçuda, uma vez que alcançam a maturidade sexual muito mais cedo (cerca de 12 anos) do que as demais tartarugas (CROWDER & HEPPELL, 2011). No entanto, por apresentarem uma distribuição geográfica limitada e um conhecimento recente de sua biologia, as tartarugas-de-kemp são consideradas as mais vulneráveis a um vazamento de óleo (CROWDER & HEPPELL, 2011). É válido destacar ainda que não há registro desta espécie na costa brasileira.

O modelo matemático criado para avaliar a recuperação das tartarugas-de-kemp mostrou que após 20 anos do vazamento no Golfo do México, a taxa de recuperação está relacionada à forma como o impacto cai ao longo dos anos (CROWDER & HEPPELL, 2011). Porém, apenas o tempo irá dizer como o vazamento da plataforma Deepwater Horizon afetou, de fato, as populações de tartarugas no Golfo do México.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade do Componente à Presença de óleo

O mapeamento deste CVA considerou as áreas de ocorrências não reprodutivas de tartarugas marinhas nas áreas com probabilidade de chegada de óleo.

Considerando que as tartarugas podem ocorrer em todo ambiente marinho (águas costeiras e oceânicas), foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo em ambos os períodos. Portanto, não representa uma área específica de agregação e sim uma área abrangente de ocorrência, e, por isso, este CVA foi classificado como um CVA disperso.

Os resultados referentes ao CVA Tartarugas Marinhas para os seis cenários são apresentados da **Figura II.9 - 47** à **Figura II.9 - 49**, e na **Tabela II.9 - 46**. Ressalta-se que, em função do CVA abranger toda área com probabilidade de presença de óleo, os resultados encontrados para este CVA são iguais aos resultados apresentados no CVA Cetáceos (página 105).

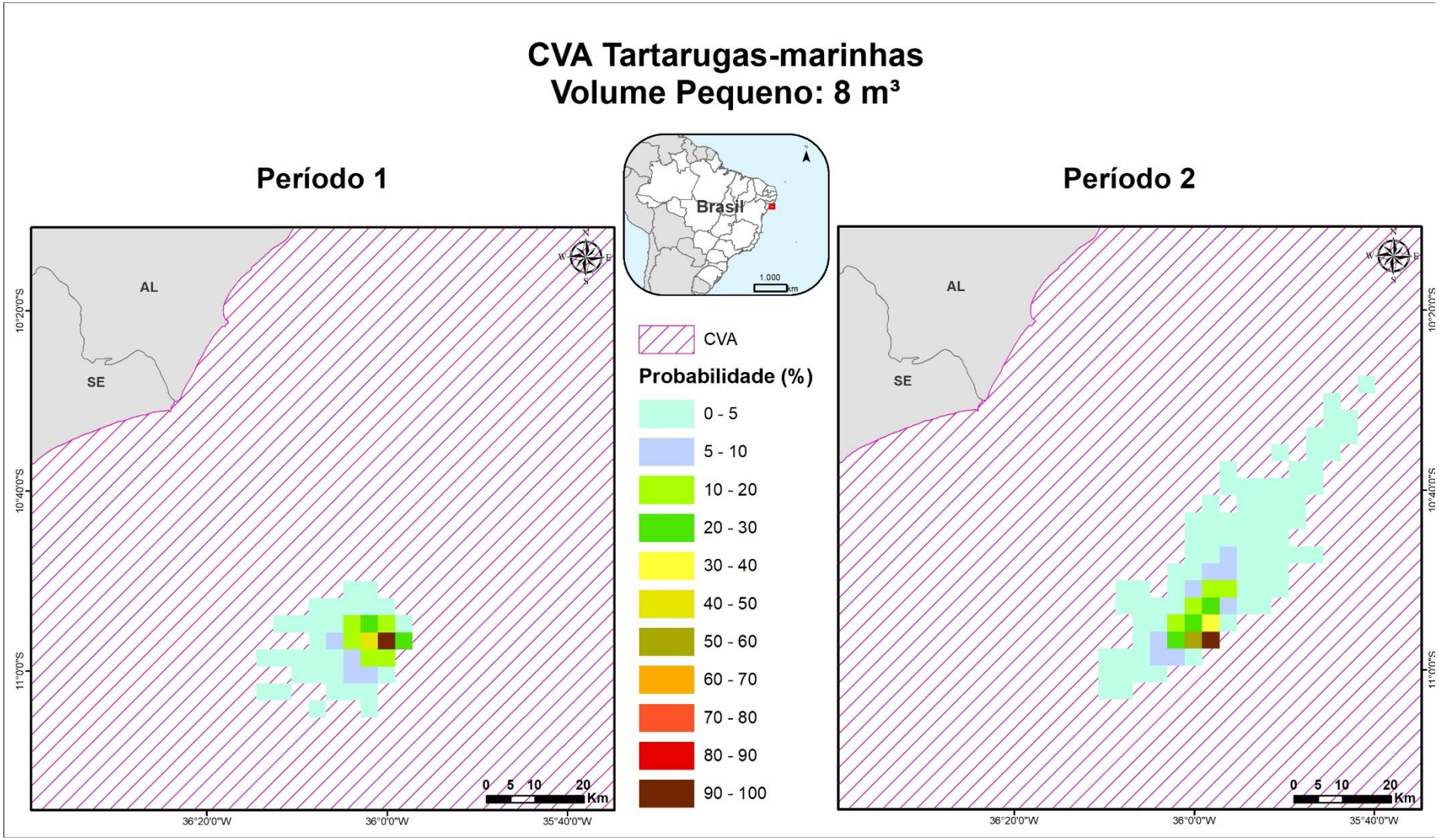


Figura II.9 - 47: Probabilidade de presença de óleo no CVA Tartarugas Marinhas nos cenários 1 (8 m³ – Período 1) e 2 (8 m³ – Período 2).

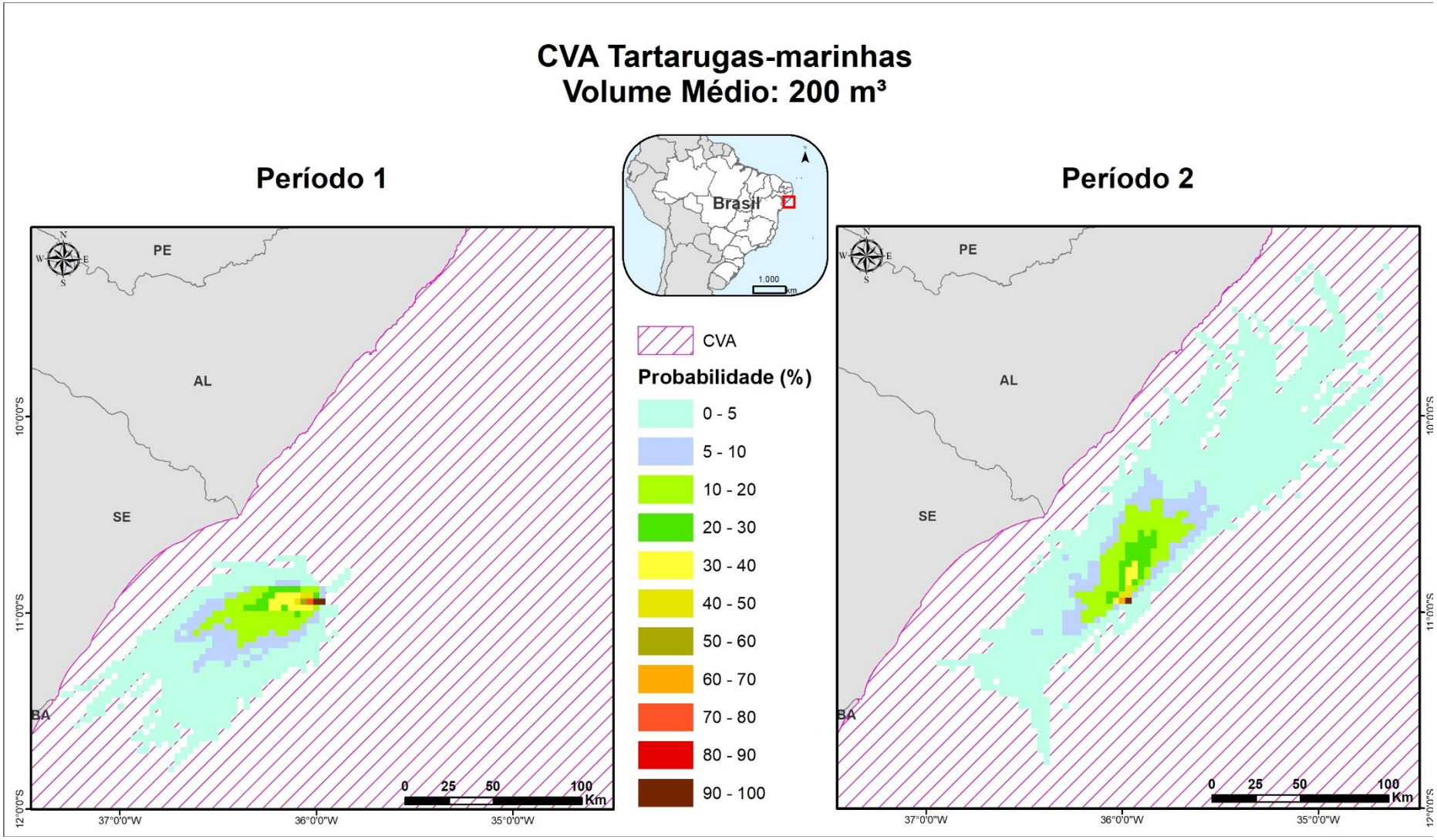


Figura II.9 - 48: Probabilidade de presença de óleo no CVA Tartarugas Marinhas nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

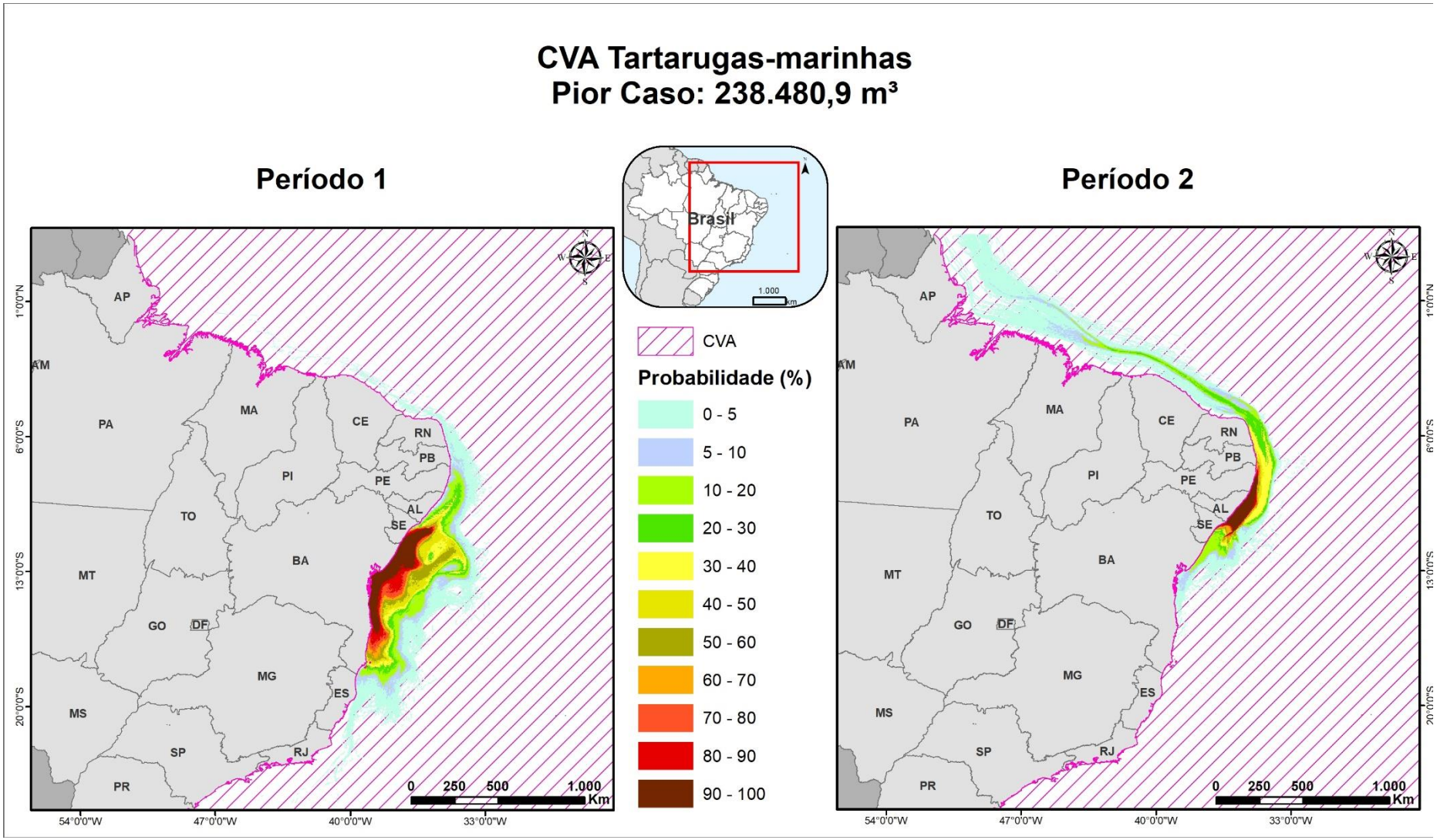


Figura II.9 - 49: Probabilidade de presença de óleo no CVA Tartarugas Marinhas nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 46 : Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA Tartarugas Marinhas em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	7,65	1 hora
2	Período 2	8	5,19	1 hora
3	Período 1	200	5,59	1 hora
4	Período 2	200	3,63	1 hora
5	Período 1	238.480,9	27,19	1 hora
6	Período 2	238.480,9	12,11	1 hora

Os cenários de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3) apresentam probabilidade ponderada de presença de óleo inferiores a 10%. Nos cenários de vazamento de óleo de pior caso (238.480,9 m^3), a área total com probabilidade de presença de óleo é consideravelmente maior quando comparada aos cenários anteriores. Ocorrem probabilidades entre 90-100% na região oceânica em frente ao sul do estado de Sergipe e estado da Bahia no Período 1 e norte do estado de Sergipe e estado de Alagoas no Período 2.

A maior probabilidade ponderada foi observada no cenário 5 (Pior caso – Período 1), sendo esta de 27,19%.

Os tempos mínimos de chegada de óleo ao CVA foram iguais em todos os cenários, de 1 hora, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência do CVA.

Conclusão

Embora relativamente poucos estudos tenham analisado o impacto do óleo em tartarugas marinhas, muitos aspectos da sua biologia fazem com que elas estejam expostas ao risco em potencial (ausência do comportamento de evitação, alimentação indiscriminada em áreas de convergência e grandes inalações antes de mergulhar) decorrente de vazamentos de óleo. Outros comportamentos, entretanto, evitam a sua mortalidade, como a incapacidade de limpar oralmente o seu corpo.

Na bibliografia científica existem poucos registros de quelônios e áreas de desova contaminadas por óleo ou machucadas em resposta a um vazamento de óleo. Segundo SHIGENAKA (2003), atualmente, a principal ameaça às tartarugas não vem do óleo cru e sim de vazamentos envolvendo combustíveis de barcos pesqueiros ou de carga, onde é estimado que apenas 1% dos encalhes de quelônios marinhos estejam associados a petróleo. No entanto, como os estudos de caso anteriormente citados atestam, alguns autores reportam a presença de indivíduos mortos após acidentes com vazamentos de óleo.

A ausência de estudos de efeitos populacionais e de tempo de recuperação de populações de tartarugas marinhas faz com que esse item seja difícil de ser avaliado. No entanto, com base na literatura disponível, é possível estimar que o tempo de recuperação deste grupo biológico é de 15 anos, considerando o impacto sobre áreas de ocorrência.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Tartarugas Marinhas, houve probabilidade de toque de óleo em todas as faixas de volume modeladas (8 m³, 200m³ e pior caso), sendo as médias ponderadas nos períodos 1 e 2, respectivamente, iguais a 7,65% e 5,19% para 8m³, 5,59% e 3,63% para 200m³ e 27,19% e 12,11% para um vazamento de 238.480,9 m³.

A seguir, serão descritos os Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionados para esse CVA: SVA Desova de Tartarugas-marinhas e SVA Rota Migratória de Tartaruga-verde. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para esses SVAs são o mesmo estabelecido para o CVA Tartarugas-marinhas.

- **SVA DESOVA DE TARTARUGAS-MARINHAS**

Quatro das cinco espécies de tartarugas-marinhas presentes no Brasil apresentam áreas de desova regular na área com probabilidade de presença de óleo, sendo elas: tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriácea*), tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivácea).* Por isso, as áreas de desova foram selecionadas como um SVA específico devido à ameaça de extinção das espécies. Isso significa que suas populações podem desaparecer num futuro imediato, caso medidas de manejo e conservação para a espécie não sejam implantadas e respeitadas. De um modo geral, as áreas de reprodução e desova das tartarugas marinhas no Brasil foram muito reduzidas quando comparadas às áreas no passado (SANTOS *et al*., 2011).

A tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) possui como principal área de desova conhecida no Brasil o litoral norte do Espírito Santo (ALMEIDA et al., 2011b). Há relatos de desovas ocasionais nos estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SOTO et al., 1997, BARATA & FABIANO, 2002), além de registros de ocorrências reprodutivas no litoral do Piauí (LOEBMANN et al., 2008). Sua população apresenta um número muito baixo de fêmeas (estimada entre 1 e 19 indivíduos) desovando a cada temporada reprodutiva (ALMEIDA et al., 2011b).

As áreas prioritárias de desova para a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) estão localizadas em Sergipe, norte da Bahia, norte do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro. Áreas secundárias ocorrem em alguns pontos do litoral sul do Espírito Santo e sul da Bahia (SANTOS *et al*., 2011). Durante a temporada não reprodutiva, os indivíduos em diferentes estágios de vida podem ser encontrados em

praticamente todo o litoral do país, desde o Rio Grande do Sul até o Pará, em áreas costeiras ou oceânicas (SANTOS et al., 2011).

A população de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) que desova no litoral da Bahia é significativamente distinta das demais populações de tartarugas-de-pente existentes no mundo (LARA-RUIZ et al., 2006 apud MARCOVALDI et al., 2011). Um recente trabalho realizado pelo Grupo de Especialistas em Tartarugas Marinhas da IUCN define a população do Brasil como uma Unidade de Manejo independente e caracterizada como máxima prioridade de conservação (WALLACE et al., 2010 apud MARCOVALDI et al., 2011). Hoje, a principal área de ocorrência reprodutiva da tartaruga-de-pente está localizada no norte da Bahia e em Sergipe, com uma área importante no litoral sul do Rio Grande do Norte (MARCOVALDI et al., 2007), no entanto, áreas de desova secundárias ocorrem no sul da Bahia, em municípios como Nova Viçosa e Mucuri.

Já as tartarugas-oliva (*Lepidochelys olivácea*) apresentam os principais sítios de desova entre o litoral sul de Alagoas e o litoral norte da Bahia com maior densidade de desovas no estado do Sergipe (ICMBio/MMA, 2011). Ocorrências reprodutivas, em menor densidade, também são registradas no Espírito Santo (CASTILHOS et al., 2011). Registros raros e esporádicos são encontrados no Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro (ICMBio/MMA, 2011).

É importante observar que devido à sua alta filopatria (*homing* - capacidade das fêmeas de voltarem para se reproduzir na praia onde nasceram), é praticamente impossível a recolonização das praias por fêmeas oriundas de outras populações (CASTILHOS et al., 2011). Sendo assim, a destruição de uma área de reprodução regular pode significar a perda de uma população de tartarugas marinhas.

A seguir, são apresentadas as áreas prioritárias de desova de tartarugas marinhas, juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. Para a definição dessas áreas foram usadas as informações contidas no documento "Avaliação do Estado de Conservação das Tartaruga Marinha *D. coriacea* (ALMEIDA et al., 2011b), *C. caretta* (SANTOS et al., 2011) e *E. imbricata* (MARCOVALDI et al., 2011) e no "Guia de Licenciamento de Tartarugas Marinhas" (ICMBio, 2017).

Ressalta-se que, mesmo que o CVA Tartarugas marinhas seja um componente difuso, o SVA Desova de tartarugas marinhas passa a ser considerado fixo, usando para o cálculo do seu risco ambiental, a probabilidade máxima de toque de óleo neste subcomponente. Essa é, sem dúvida, uma estratégia conservadora, uma vez que nem toda a área é atingida com a mesma probabilidade.

Os resultados referentes ao SVA Desova de Tartarugas-marinhas para os cenários 3 e 4 (200 m³) e 5 e 6 (pior caso) são apresentados da **Figura II.9 - 50** à **Figura II.9 - 51**, e na **Tabela II.9 - 47**. Destaca-se que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA em caso de um vazamento de pequenas proporções (8 m³).

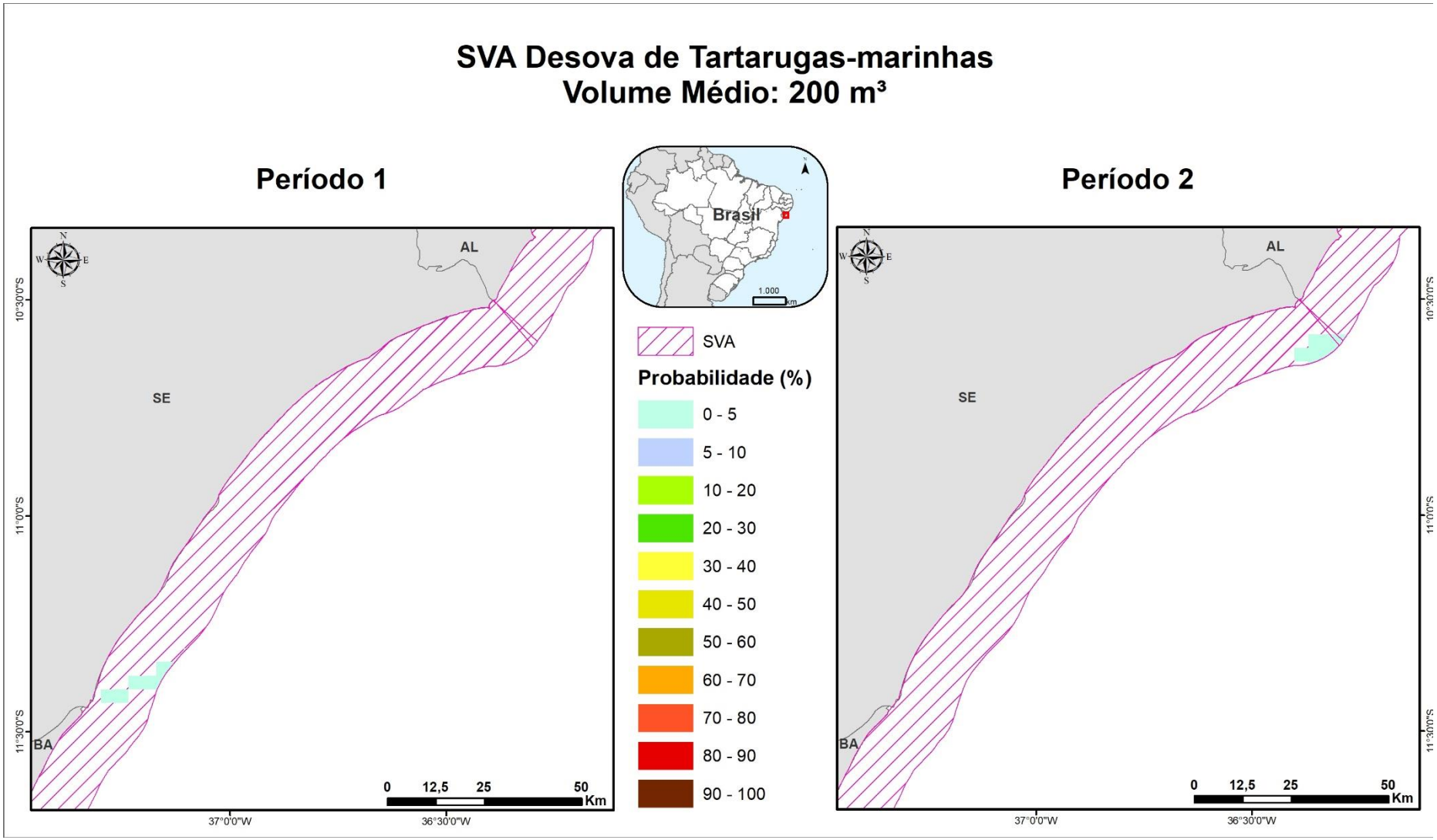


Figura II.9 - 50: Probabilidade de presença de óleo no SVA Desova de Tartarugas-marinhas nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

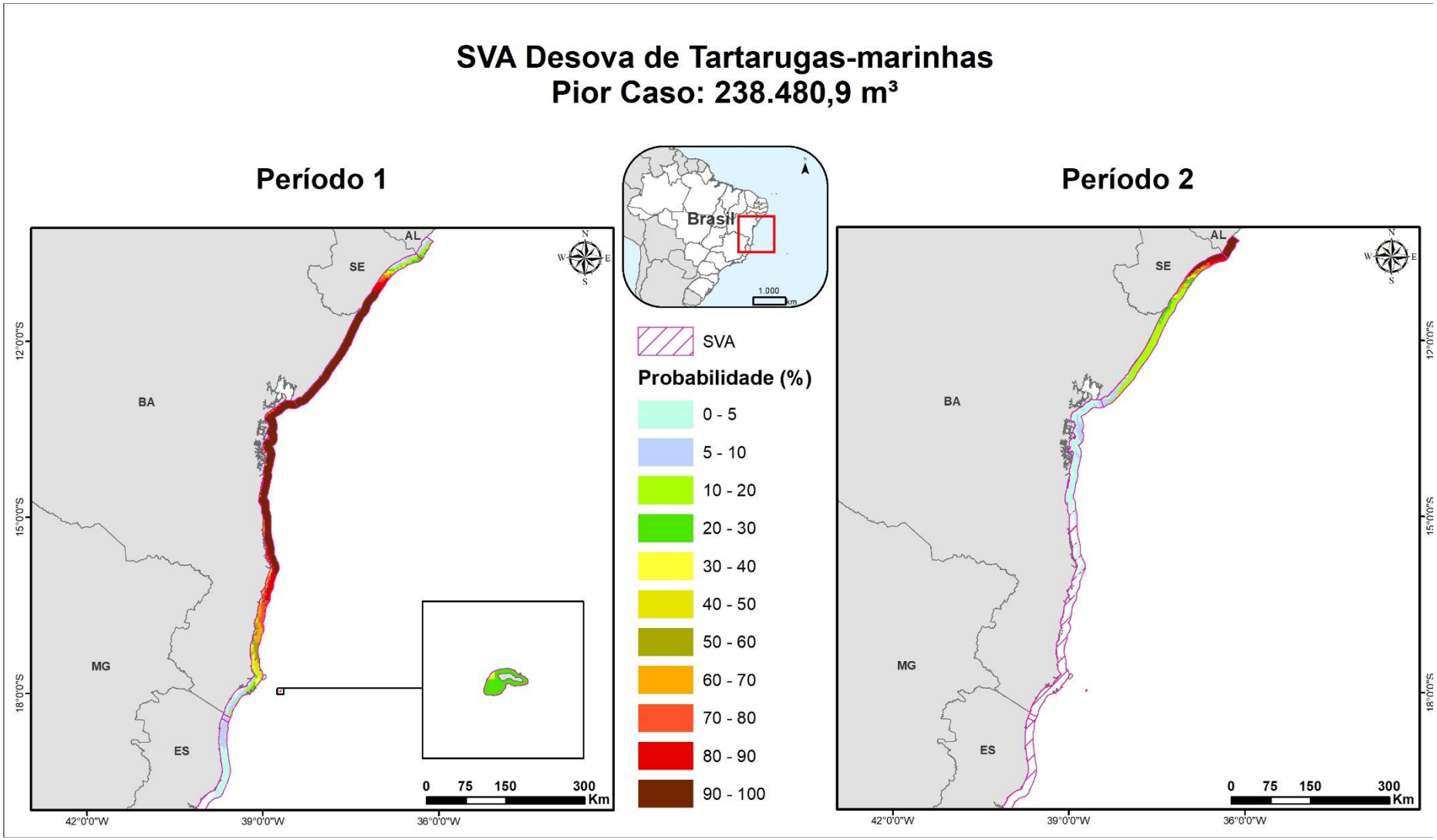


Figura II.9 - 51: Probabilidade de presença de óleo no CVA Desova de Tartarugas-marinhas nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 47 : Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA Desova de Tartarugas-marinhas em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	0,37	3 dias
4	Período 2	200	0,74	2,5 dias
5	Período 1	238.480,9	100	2 dias
6	Período 2	238.480,9	100	1,7 dia

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3). Nos cenários que envolvem um vazamento de 200 m^3, as probabilidades máximas de toque de óleo no SVA desova de tartarugas-marinhas foram inferiores a 1%. Em ambos os cenários que envolvem um vazamento de pior caso há probabilidade de 100% de presença de óleo no SVA em questão, em ambos os períodos.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA é de 1,7 dias no cenário 6 (Pior Caso - Período 2).

- **SVA ROTA MIGRATÓRIA DE TARTARUGA-VERDE**

A região da Bacia da Foz do Amazonas representa uma importante rota de migração da tartaruga-verde, por conectar áreas de reprodução e alimentação dessa espécie, considerada ameaçada de extinção a nível nacional e global (MMA, 2014; IUCN, 2015; BAUDOUIN *et al*., 2015; CHAMBAULT *et al*., 2015). Segundo SEMINOFF *et al*. (2002) e WALLACE *et al*. (2010) *apud* BAUDOUIN *et al*. (2015), o nordeste da costa da América do Sul, incluindo os países da Guiana Francesa e do Suriname, é um importante local de nidificação de tartaruga-verde, relativamente abundante nas praias desses dois países durante o período de nidificação. Após o período de desova, alguns espécimes migram dessa região para locais conhecidos de alimentação, como a costa do Brasil, mais especificamente o estado do Ceará (BAUDOUIN *et al*., 2015; CHAMBAULT *et al*., 2015).

Buscando aumentar o conhecimento sobre a rota de migração das tartarugas-verde, BAUDOUIN *et al*. (2015) realizaram um experimento de marcação satelital com o objetivo de obter informações sobre os padrões de deslocamento de indivíduos de tartaruga-verde que nidificam na fronteira entre Guiana Francesa e o Suriname e se alimentam na costa do Brasil. Neste estudo, 16 espécimes de tartarugas-verde foram marcados e monitorados através de GPS. Destas, 13 migraram após o período de desova (abril, maio e junho), alcançando o estado do Ceará, no Brasil, onde permaneceram por pelo menos um mês, entre os meses de junho e outubro. Um único indivíduo prosseguiu alcançando o litoral de

Natal (RN) e Recife (PE) (700 km depois) e outros dois perderam o sinal do GPS e, provavelmente, devem ter sido capturados por pescadores (BAUDOUIN *et al*., 2015).

BAUDOUIN *et al.* (2015) ressaltam que os 13 espécimes monitorados seguiram uma rota similar ao longo dessa trajetória, próximo à costa, entre 10 e 15 km, exceto ao cruzarem a pluma do Rio Amazonas que, segundo os autores, empurrou os indivíduos para distâncias que variaram de 30 a 200 km da costa. Ao longo da migração, os indivíduos realizaram algumas paradas, indicando possíveis áreas de descanso ou alimentação (ainda não confirmadas cientificamente). Os autores identificaram seis principais pontos de parada: (1) ao longo da costa da Guiana; (2) no estuário do Rio Oiapoque (AP); (3) antes da região da Foz do Amazonas (canal do Varador de Maracá, no município do Amapá); (4) logo após a Foz do Amazonas; (5) na costa do estado do Maranhão; e (6) na região costeira entre os estados do Piauí e Ceará. Apenas quatro espécimes seguiram a rota direto, sem parar (BAUDOUIN *et al*., 2015).

Estes mesmos autores destacam, ainda, o estuário do Rio Oiapoque e uma localidade antes do delta amazônico (canal do Varador de Maracá), no município do Amapá, como áreas de particular interesse ao longo do corredor migratório, devido ao elevado tempo de permanência de alguns indivíduos nesses locais durante a trajetória (BAUDOUIN *et al*., 2015). No entanto, destaca-se que não há probabilidade de toque de óleo nessas áreas.

A **Figura II.9 - 52** e a **Tabela II.9 - 48** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Rota Migratória da Tartaruga Verde para os cenários 5 e 6 (pior caso), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamentos de 8m³ e 200m³.

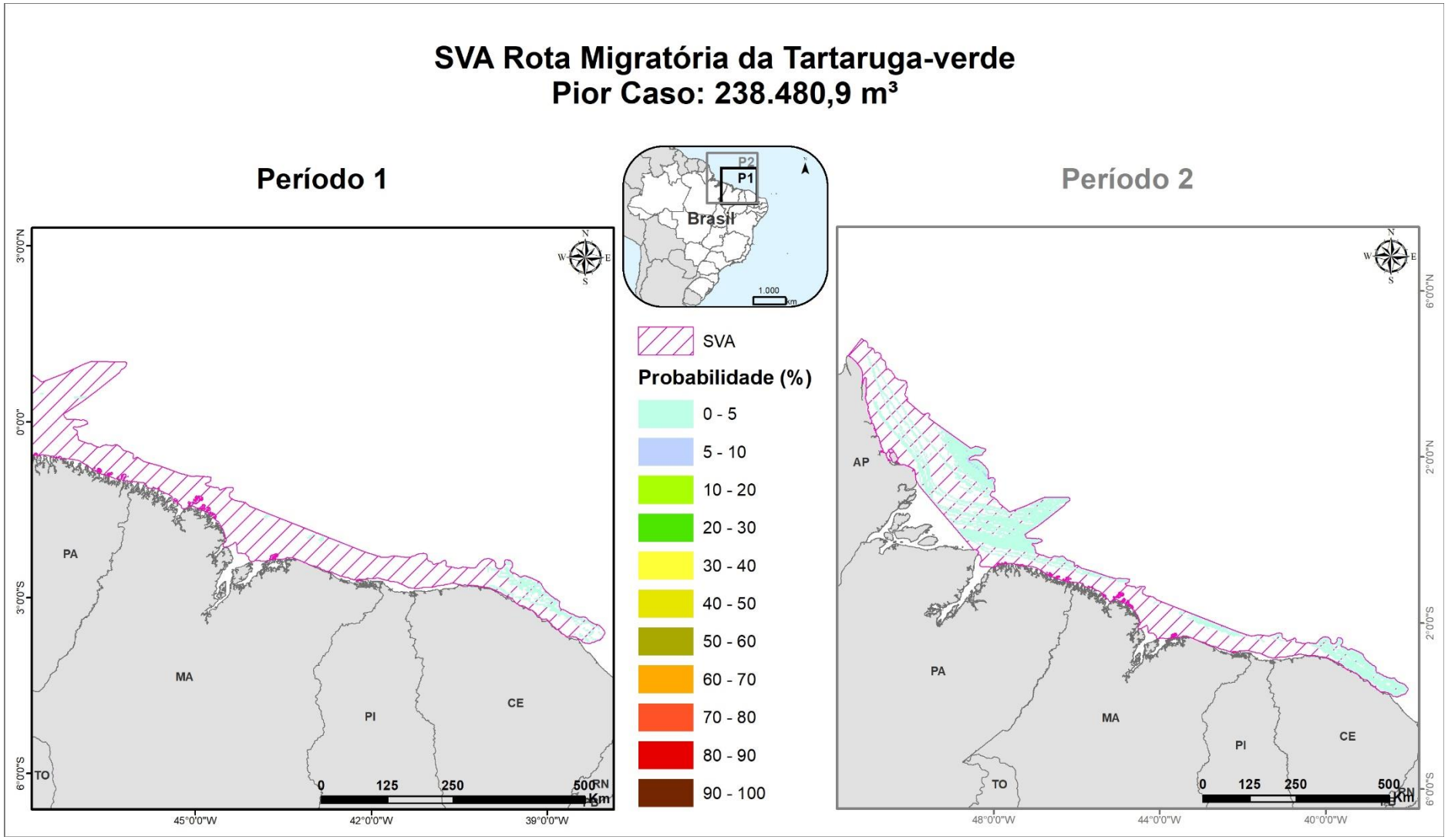


Figura II.9 - 52: Probabilidade de presença de óleo no SVA –Rota migratória de tartaruga-verde nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 48: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Rota migratória de tartaruga-verde.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	1,48	40 dias
6	Período 2	238.480,9	8,89	24 dias

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3). Para os cenários que envolvem um vazamento de pior caso, observa-se que, em ambos os períodos modelados, a probabilidade máxima de toque de óleo neste SVA foi inferior a 10%, sendo de 1,48% no Período 1 e de 8,89% no Período 2.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA Rota migratória de tartaruga-verde é de cerca de 24 dias no cenário 6 (Pior Caso - Período 2).

- **CVA SIRÊNIOS**

A ordem Sirenia (sirênios) inclui as espécies de peixes-boi marinhos e de água doce, os dugongos e a vaca-marinha de Steller. A vaca marinha de Steller é considerada extinta desde 1768 e os dugongos têm sua distribuição limitada à região do Indo-Pacífico (REYNOLDS & ODELL, 1991). Portanto, serão tratados nesse item, dentro da ordem Sirenia, somente os peixes-boi, uma vez que são os únicos representantes presentes na região de estudo.

No Brasil, são encontradas duas espécies de peixes-boi: *Trichechus manatus manatus* (peixe-boi-marinho) e *Trichechus inunguis* (peixe-boi-amazônico). Este último tem sua distribuição praticamente limitada à Bacia Amazônica, podendo ocorrer na desembocadura com o Oceano Atlântico e regiões adjacentes (DOMMING, 1981; BEST & TEIXEIRA, 1982). Na região de estudo ocorrem as duas espécies, porém será dada maior ênfase ao peixe-boi marinho, pois os poucos estudos que existem se referem a essa espécie e ela possui maior chance de ser impactada no caso de um acidente com derramamento de óleo no mar.

Os peixes-boi são tidos como consumidores oportunistas herbívoros. Uma vez que o valor alimentício das plantas é pequeno, eles devem ingerir grandes quantidades de alimento que atingem 5% a 11% do peso corporal por dia. Como consequência, os animais passam até oito horas diárias se alimentando. A distribuição das potenciais áreas de forrageio do peixe-boi no litoral norte/nordeste é ampla,

considerando-se a grande diversidade de espécies vegetais levantadas como itens alimentares de *Trichechus manatus manatus*. Contudo, esta vegetação encontra-se agrupada em manchas descontínuas. Deste modo, os peixes-boi marinhos vivem principalmente a pouca profundidade, raramente mergulhado a mais de doze metros, visto que as plantas das quais se alimentam crescem em grandes quantidades em águas rasas ou na superfície da água (PALUDO, 1998).

A distribuição do peixe-boi marinho no Brasil é descontínua e restrita às regiões norte e nordeste. As populações remanescentes de *Trichechus manatus manatus* estão distribuídas entre os estados de Alagoas e Amapá, havendo áreas de descontinuidade em Pernambuco, Ceará, Maranhão e Pará (ALBUQUERQUE & MARCOVALDI, 1982; LIMA et al., 1992; LUNA et al., 2008a; LIMA et al., 2011; ALVES et al., 2013). Essa descontinuidade de ocorrência reforça a hipótese de que os peixes-boi não realizam grandes migrações no litoral brasileiro, além de sugerir certo grau de isolamento entre os grupos remanescentes (LUNA, 2001).

Os estuários do litoral norte e nordeste do Brasil são ideais para a ocorrência do peixe-boi-marinho, pois neles se encontram extensos e preservados manguezais que formam habitats para a espécie (com importantes boiadouros, abrigos, disponibilidade de alimento e berçário) (LUNA, 2001; LIMA et al., 2011). Além disso, as águas dos estuários são permanentemente renovadas pelo contínuo fluxo de água do mar, mantendo a salinidade similar àquela do ambiente marinho (LUNA, 2001). Os peixes-boi-marinhos procuram fontes de água doce para beber, como desembocaduras de rios e olhos d´água (LIMA et al., 1992).

É válido dizer ainda que o peixe-boi-marinho encontra-se, atualmente, ameaçado de extinção. Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2019), a espécie se encontra na categoria “Vulnerável”. Nacionalmente, segundo o Ministério do Meio Ambiente (ICMBio/MMA, 2018), o peixe-boi-marinho encontra-se na categoria “Em perigo”.

Impactos do Óleo sobre os Peixes-boi

Infelizmente, os peixes-boi vêm enfrentando sérios problemas relacionados à caça indiscriminada pela sua carne e gordura, além de capturas acidentais seguidas de morte intencional (LIMA, 1997 *apud* MMA/IBAMA, 2011). Isto, associado a sua baixa taxa reprodutiva, distribuição descontínua e números populacionais pequenos (LUNA, 2001), faz com que esse grupo faunístico seja considerado extremamente vulnerável. No entanto, é importante observar que existem pouquíssimos estudos sobre o impacto do óleo em peixes-boi.

Características anatômicas e fisiológicas específicas distinguem os peixes-boi dos outros mamíferos marinhos como, por exemplo, a sua dieta herbívora. Como os cetáceos, eles são considerados

exclusivamente aquáticos, embora possam emergir da água para pastar sobre a vegetação que está acima da linha da costa. Normalmente, os peixes-boi concentram suas atividades em águas relativamente rasas e frequentemente descansam na ou bem próximos da superfície, comportamento que poderia fazê-los entrar em contato com o óleo derramado (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Os efeitos na temperatura corporal de peixes-boi adultos como resultado do contato direto com o óleo são insignificantes, pois eles possuem uma camada de gordura para isolamento. Entretanto, assim como nos outros grupos marinhos, a exposição ao óleo pode irritar as mucosas e os olhos. Os peixes-boi também podem ser afetados através da inalação de hidrocarbonetos voláteis quando subirem à superfície para respirar ou através do consumo de alimentos contaminados com óleo cru. A ingestão de óleo cru pode interferir na atividade de secreção das suas glândulas gástricas e prejudicar sua flora intestinal, vital para a digestão (St AUBIN & LOUSBURY, 1988; EPA, 1999; CAMPAGNA et al., 2011).

Devido ao seu hábito alimentar não seletivo, os peixes-boi também podem consumir *tarballs*[11] junto com sua dieta normal. Apesar de ser provável que um peixe-boi encontre *tarballs*, sua ocorrência é raramente reportada (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

A necessidade dos peixes-boi de ocupar habitats restritos também os coloca em uma posição particularmente vulnerável. Vazamentos de óleo ou qualquer outra perturbação ambiental dentro dos limites dos sistemas fluviais e de seus canais preferenciais poderia colocar toda a população local em perigo (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Assim como para a maioria dos animais, os jovens possuem mais risco de contaminação. Os filhotes podem ser afetados através da ingestão de óleo pelas mamas contaminadas. Além disso, os juvenis apresentam uma camada de gordura subcutânea mais fina que os indivíduos adultos, dificultando sua proteção (DEFENDERS, 2010). Também poderão ocorrer efeitos crônicos a longo prazo, como resultado da migração através de águas contaminadas (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Os peixes-boi podem não ser severamente afetados por um vazamento de óleo através do contato direto, porém eles são sensivelmente afetados pelos distúrbios de hábitat e ferimentos, como colisões com barcos e hélices, que podem ocorrer durante as ações de resposta (EPA, 1999).

Tempo de Recuperação

Não foram encontrados estudos de caso que citam impactos sobre peixes-boi. Os maiores impactos citados para esses animais são geralmente ocasionados por colisões com embarcações, destruição do

[11] *Tarballs* são pequenos pedaços, geralmente esféricos, de óleo intemperizado remanescentes de um vazamento. As *Tarballs* são muito persistentes no ambiente marinho e podem se deslocar por centenas de milhas (NOAA, 2010b).

hábitat e caça intencional. Além disso, alguns autores sugerem impactos por óleo baseados no seu comportamento e fisiologia, porém não há casos de acidentes reais que comprovem tais informações.

De acordo com DEFENDERS (2010), pouco se sabe sobre os impactos do óleo nos peixes-boi. O resultado mais próximo encontrado pelo autor cita o vazamento de óleo bruto no Golfo Pérsico em 1983. Na ocasião, 37 dugongos, que são parentes dos peixes-boi, apareceram mortos, porém nenhum exame das carcaças foi realizado para que as causas da morte fossem seguramente identificadas.

Após o acidente ocorrido em 20 de abril de 2010 com a plataforma Deepwater Horizon no Golfo do México, a cerca de 80 km de Luisiana, EUA, a ONG Save the Manatee Club fez um levantamento aéreo e não foram constatadas mortes de peixe-boi causadas por contaminação por óleo. Além disso, foram vistos dois peixes-boi adultos aparentemente saudáveis brincando em ondas na costa do Alabama (SMC, 2011).

Para esse acidente foi estabelecido que o maior problema para os peixes-boi seria o contato com o óleo na superfície e a sua exposição poderia ocasionar irritação dos olhos e pulmões. Em relação aos seus hábitos alimentares pouco seletivos, os peixes-boi poderiam também ingerir o óleo cru através de alimentos contaminados (SMC, 2011).

Alguns peixes-boi não morreram pelo impacto do óleo em si, mas devido às águas frias. Isso ocorreu pois, uma vez que suas áreas de vida foram atingidas, as populações locais tiveram que escapar para águas mais frias, onde o estresse térmico causou a morte dos indivíduos (SMC, 2011).

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade do Componente à Presença de óleo

Vale dizer que os peixes-boi-marinhos vivem principalmente em áreas com pouca profundidade, raramente mergulhando a mais de 12 m, podendo esta característica estar relacionada com a disponibilidade de alimento (HARTMAN, 1979, OLIVERA-GÓMEZ & MELLINK, 2005, RODAS-TREJO *et al*., 2008, LANGTIMM *et al*., 2011). No Brasil, estudos anteriores afirmaram que a profundidade das áreas de ocorrência variava apenas entre 0,4 e 5,6 m (BOROBIA & LODI, 1992; PALUDO & LANGGUTH, 2002; COSTA, 2006). No entanto, um levantamento aéreo realizado em 2010, com uma cobertura mais eficiente em águas mais profundas, verificou que os animais são mais frequentemente avistados entre profundidades de 6 e 8 m, chegando até 14,8 m (ALVES *et al*., 2013a).

Desta forma, o mapeamento deste CVA considerou, de forma conservadora, as áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho reportadas na bibliografia científica até a batimetria de 20 metros.

Considerando que os peixes-bois podem ocorrer em todo os polígonos mapeados para este CVA, em águas costeiras, foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo em ambos os períodos. Portanto, não representa uma área específica de agregação e sim uma área de ocorrência, e, por isso, este CVA foi classificado como um CVA disperso.

Destaca-se que não houve probabilidade de toque de óleo neste CVA em caso de vazamento de 8 m³ e no Período 1 do vazamento de 200 m³ (Cenário 3). Os resultados referentes ao CVA Sirênios para os cenários em que há probabilidade de toque de óleo (Cenários 4, 5 e 6) são apresentados da **Figura II.9 - 53** à **Figura II.9 - 54**, e na **Tabela II.9 - 49.**

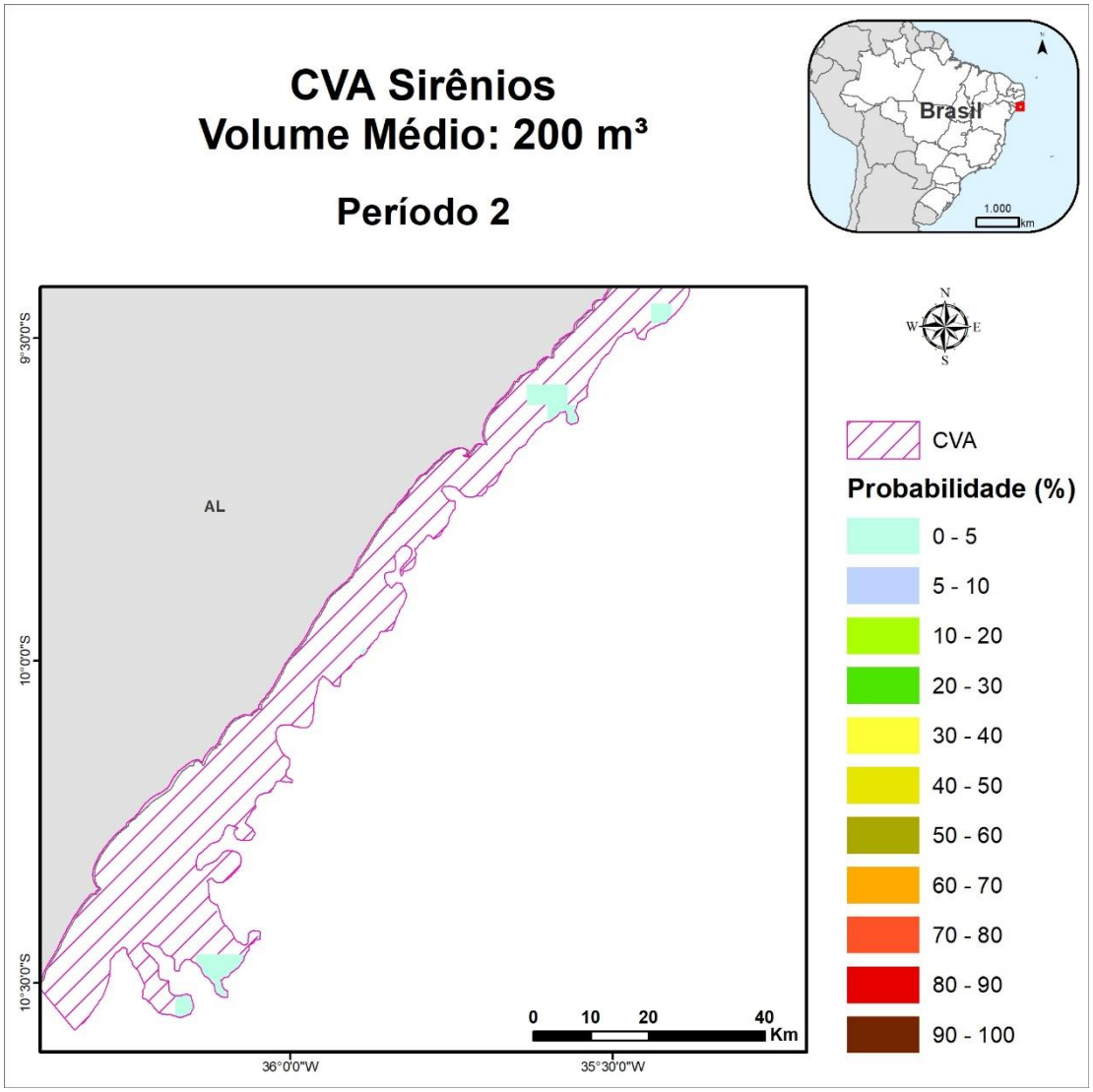


Figura II.9 - 53: Probabilidade de presença de óleo no CVA Sirênios no cenário 4 (200 m³ – Período 2).

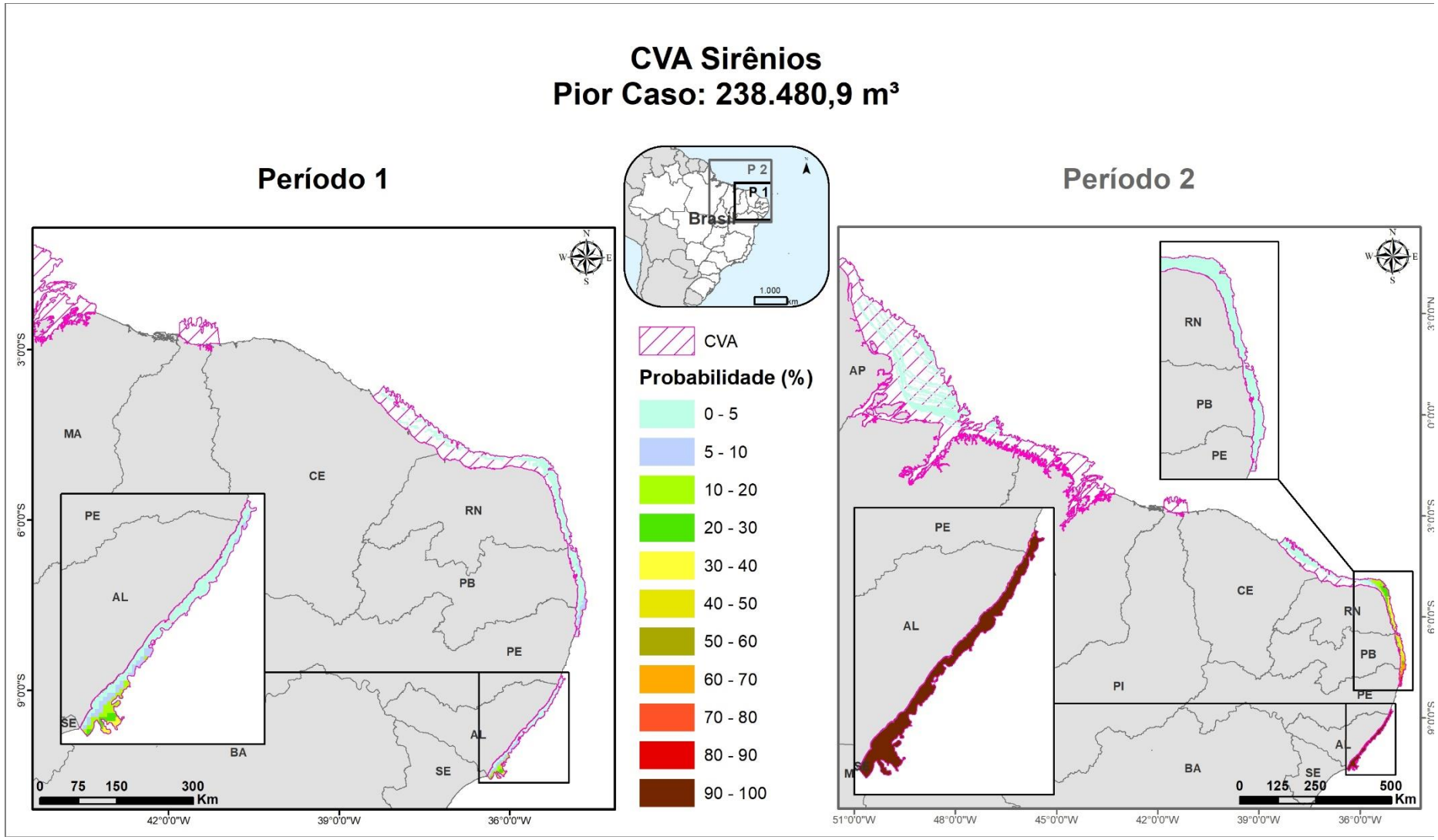


Figura II.9 - 54: Probabilidade de presença de óleo no CVA Sirênios nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 49 : Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA Sirênios em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	0,68	1,8 dias
5	Período 1	238.480,9	3,73	5,9 dias
6	Período 2	238.480,9	13,50	1,5 dias

Os cenários 4 e 5 (200 m^3- Período 2 e Pior caso – Período 1, respectivamente) apresentaram probabilidades ponderadas de presença de óleo inferiores a 4%.

Já no cenário 6 (Pior caso, Período 2) ocorrem probabilidades entre 90-100% na região adjacente ao sul do estado de Pernambuco e estado de Alagoas.

A maior probabilidade ponderada foi observada no cenário 6 (pior caso – Período 2), sendo esta de 13,5%. O tempo mínimo de chegada de óleo ao CVA foi de 1,5 dias, também no cenário 6.

Conclusão

Apesar dos impactos das águas oleosas sobre peixes-boi serem provavelmente semelhantes àqueles descritos para baleias e golfinhos (irritação das mucosas, principalmente dos olhos e da boca, inflamação dos pulmões, lesões na pele e infecções), é importante salientar que os peixes-boi apresentam características peculiares como baixa taxa reprodutiva, com intervalos de 2 a 5 anos e de 1 a 2 anos de dependência maternal, o que faz o impacto sobre os indivíduos ser crítico.

Os peixes-boi apresentam capacidade de migração, o que possibilita sua saída de locais contaminados, porém esses animais exigem condições ambientais específicas para sua ocorrência, que geralmente é bem restrita. Sendo assim, ainda que se desloquem para outras áreas, podem acabar sofrendo com impactos secundários, como estresse térmico, e morrendo. Além disso, os peixes-boi apresentam baixa variabilidade genética, o que pode afetá-los negativamente quando submetidos a variações ambientais (TUCKER et al., 2012).

Sendo assim, considerando-se o comportamento diferenciado dos peixes-boi, os poucos estudos sobre impactos de óleo nesses animais, o pequeno número de espécimes encontrados no Brasil, assim como o fato das espécies presentes na região estarem ameaçadas de extinção tanto em escala nacional quanto global, acredita-se que o tempo para que a população de sirênios se recupere aos níveis

anteriores ao de um acidente com vazamento de óleo esteja acima de 10 anos, podendo chegar até 20 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Sirênios, houve probabilidade de toque de óleo apenas no Período 2 do volume de 200m³ (Cenário 4 – probabilidade média de 0,68%) e em ambos os períodos relacionados ao volume de pior caso (Cenários 5 - probabilidade média de 3,73% e Cenário 6 - probabilidade média de 13,5%).

A seguir, será descrito o Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionado para esse CVA: SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para esse SVA é o mesmo estabelecido para o CVA Sirênios.

- **SVA ZONA DE CONSERVAÇÃO DA VIDA MARINHA (ZCVM) DO PEIXE-BOI**

A Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi é uma área que se estende da Barreira do Boqueirão, em Japaratinga, até São Miguel dos Milagres (AL), destinada à proteção do peixe-boi-marinho, assim como seu hábitat (ICMBio, 2020; ANP/ECOLOGY, 2020). A proposição desta área foi realizada pela equipe de gestão da Área de Proteção Ambiental (APA) da Costa dos corais, uma Unidade de Conservação de esfera federal com o objetivo de organizar espacialmente a área da unidade de conservação em zonas que demandam ações de manejo distintas.

Além disso, a ZCVM visa proteger os sítios de fidelidade de espécies ameaçadas, como o peixe-boi; compatibilizar o uso dos recursos com a sustentabilidade ambiental da UC; permitir o desenvolvimento de alternativa de renda para a população; recuperar e renovar os estoques pesqueiros (exportação); e aumentar a produção pesqueira local (ICMBio, 2020).

A **Figura II.9 - 55** e a **Tabela II.9 - 50** apresentam os resultados da probabilidade de toque de óleo no SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi, para os cenários 5 e 6 (pior caso), uma vez que não há probabilidade de toque de óleo neste SVA no caso de vazamentos de 8m³ e 200m³.

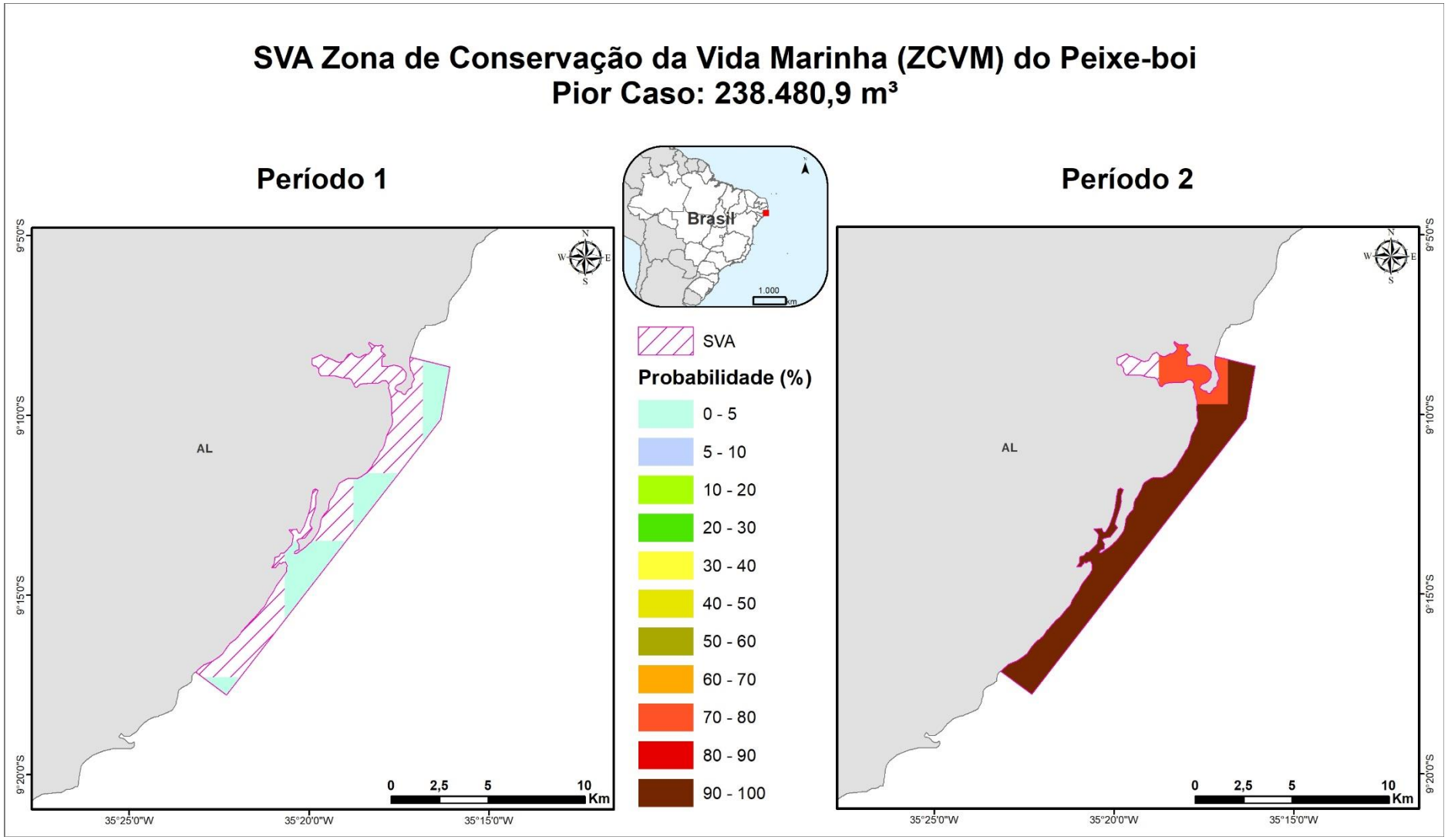


Figura II.9 - 55: Probabilidade de presença de óleo no SVA – Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 50: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	3,33	34 dias
6	Período 2	238.480,9	98,89	5 dias

Não houve probabilidade de presença de óleo no cenário de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3). Para os cenários que envolvem um vazamento de pior caso, observa-se grande diferença em relação aos períodos modelados. No Período 1, a probabilidade máxima de toque de óleo neste SVA foi de 3,33%, enquanto no Período 2 a maior probabilidade encontrada foi de 98,89%.

O tempo mínimo de chegada de óleo no SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi é de cerca de 5 dias no cenário 6 (Pior Caso - Período 2).

- **CVA AVIFAUNA MARINHA COSTEIRA E CVA AVIFAUNA MARINHA OCEÂNICA**

Ao longo da evolução técnica das Análises de Risco identificou-se a relevância de se mapear separadamente as aves marinhas costeiras e aves marinhas oceânicas, e considerá-las na análise da ARA, como dois CVAs distintos. É importante esclarecer que a separação desses componentes será feita apenas através do mapeamento, sendo o valor de tempo de recuperação o mesmo para ambos.

Isso se justifica, uma vez que as referências encontradas sobre tempo de recuperação e impacto de óleo sobre a avifauna marinha não fazem diferenciação entre espécies costeiras e oceânicas (e.g. GERTLER, 1992; EPA, 1999; MOSBECH, 2002; HEUBECK *et al.*, 2003; CARTER, 2003; BURGER, 2003; KINGSTON, 2002; WIENS, 2004; IRONS *et al.*, 2000; EDWARDS & WHITE, 2010; BARROS *et al.*, 2014; MORENO *et al.*, 2013).

Podem ser encontradas diversas espécies de aves marinhas na região de estudo. Dentre as ordens presentes na região, destaca-se a ordem Charadriiformes, que é a mais representativa em riqueza de espécies. Este grupo que engloba aves limícolas e costeiras foi destacado nos diversos estudos consultados (SCHULZ-NETO *et al.*, 1996; NASCIMENTO, 1998; RODRIGUES, 2013; SOUZA *et al.*, 2008) por possuir elevada abundância na região.

É importante destacar que algumas espécies são consideradas ameaçadas de extinção no Brasil e no mundo (ICMBio/MMA, 2018 e IUCN, 2019) (**Tabela II.9 - 51**).

Tabela II.9 - 51: Aves ameaçadas de extinção com registros na área de estudo e status de conservação no Brasil (ICMBio/MMA, 2018) e no mundo (IUCN, 2019).

Nome específico	Nome comum	Status de Conservação		
		ICMBio/MMA, 2018	IUCN, 2020	CITES, 2020
Amadonastur lacernulatus	Gavião-pombo-pequeno	VU	NE	NL
Leptodon forbesi	Gavião-de-pescoço-branco	EN	EN	APÊNDICE II
Charadrius wilsonia	Batuíra-bicuda	VU	LC	NL
Calidris canutus	Maçarico-de-papo-vermelho	CR	NT	NL
Calidris pusilla	Maçarico-rasteirinho	EN	NT	NL
Limnodromus griseus	Maçarico-de-costas-brancas	CR	LC	NL
Sterna dougallii	Trinta-réis-róseo	VU	LC	NL
Sterna hirundinacea	Trinta-réis-de-bico-vermelho	VU	LC	NL
Thalasseus maximus	Trinta-réis-real	EN	LC	NL
Fregata ariel	Tesourão-pequeno	CR	LC	NL
Fregata minor	Tesourão-grande	CR	LC	NL
Morus capensis	Atobá-do-Cabo	LC	EN	NL
Sula sula	Atobá-de-pé-vermelho	EN	LC	NL
Phaethon aethereus	Rabo-de-palha-de-bico-vermelho	EN	LC	NL
Phaethon lepturus	Rabo-de-palha-de-bico-laranja	EN	LC	NL
Diomedea epomophora	Albatroz-real	VU	VU	NL
Diomedea exulans	Albatroz-gigante	CR	VU	NL
Thalassarche chlororhynchos	Albatroz-de-nariz-amarelo	EN	EN	NL
Oceanodroma leucorhoa	Painho-de-cauda-furcada	LC	VU	NL
Procellaria aequinoctialis	Pardela-preta	VU	VU	NL
Pterodroma arminjoniana	Pardela-de-Trindade	CR	VU	NL
Pterodroma deserta	Grazina-de-Desertas	CR	VU	NL
Pterodroma hasitata	Diablotim	NA	EN	NL
Pterodroma incerta	Grazina-de-barriga-branca	EN	EN	NL
Pterodroma madeira	Grazina-da-Madeira	EN	EN	NL
Puffinus lherminieri	Pardela-de-asa-larga	CR	LC	NL

EN (Em perigo) - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo;
VU (Vulnerável) - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo;
CR (Criticamente em perigo) - Risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato;
NT (Quase ameaçado) – Não se enquadra em nenhuma categoria de ameaça, mas é provável que venha a se enquadrar em um futuro próximo;
LC (Pouco preocupante) - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima;
NA (Não aplicável) - Categoria de um táxon considerado inelegível para ser avaliado em nível regional;
NE (Não avaliado) - Táxon ainda não avaliado sob os critérios IUCN;
Apêndice II – Espécies não necessariamente ameaçadas de extinção, mas cujo comércio deve ser controlado; Apêndice III - Espécies que são protegidas em pelo menos um país.
NL: Não Listado

Impactos do Óleo sobre a Avifauna

De todos os grupos impactados por óleo, as aves provavelmente atraem a maior preocupação do público (KINGSTON, 2002). Grandes vazamentos costumam impactar um grande número de aves, que

são muito sensíveis, tanto aos efeitos externos quanto internos do óleo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010; HEUBECK *et al.*, 2003; ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

As aves marinhas são particularmente sensíveis e têm um alto risco de contato com o óleo vazado devido à quantidade de tempo em que ficam sobre, ou perto, da superfície do mar, ou em áreas costeiras afetadas, além de possuírem baixas taxas reprodutivas (EPA, 1999; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Populações de aves com um pequeno número de indivíduos, distribuição geográfica restrita ou com espécies ameaçadas (EPA, 1999) também são bastante afetadas.

Após o vazamento Deepwater Horizon, em 2010 no Golfo do México, por exemplo, foram registradas mais de 7.000 aves mortas entre os meses de maio de outubro do mesmo ano (TRAN et al., 2014). Estima-se que 12% dos pelicanos e 32% das gaivotas-alegre tenha morrido após este incidente (NWF, 2015).

Os danos causados por incidentes variam com o tipo e volume do óleo, condições ambientais e a área e época do ano onde o acidente ocorreu, mas sempre há consequências ambientais (HEUBECK *et al.*, 2003). Os possíveis efeitos do óleo sobre as aves podem ser encontrados a seguir:

<u>Contaminação externa dos indivíduos</u>

Entre os efeitos causados pela contaminação externa das aves, pode-se citar o colapso das penas e alterações na plumagem, que causam a diminuição do isolamento térmico. A queda das penas também é outro fator a ser considerado, pois pode alterar a cobertura e dificultar severamente a habilidade das aves para voar. A quebra na impermeabilização e no isolamento térmico proporcionado pelas penas pode levar à hipotermia. As penas encharcadas com óleo, por sua vez, provocam uma diminuição ou perda de flutuabilidade, podendo levar ao afogamento pelo aumento do peso ou da falta de aeração entre as penas. O óleo pode, ainda, irritar a pele, os olhos, a boca e a cavidade nasal, além de inibir o comportamento de procura por alimento, como o mergulho e o nado (MOSBECH, 2002; ITOPF, 2010b; BURGER, 2003; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

É importante observar que experimentos de campo demonstram que aves adultas, quando contaminadas mesmo que levemente, podem transferir óleo para os ovos durante a incubação, com consequente diminuição do sucesso de nascimento (LEWIS & MALECKI, 1984 apud MOSBECH, 2002).

Um estudo sobre os efeitos do óleo no comportamento alimentar do maçarico-branco (*Calidris alba*) e da batuíra de bando (*Charadrius semipalmatus*), ambos presentes na área de estudo do presente relatório, realizado após um vazamento de óleo na costa atlântica de Nova Jersey, mostrou que o tempo gasto por essas espécies na alimentação diminui quanto maior a presença de óleo em suas penas. Isso ocorre, pois aves contaminadas gastam mais tempo se limpando e ajeitando suas penas do

que as não contaminadas. Tal alteração de comportamento aumenta o estresse energético durante a migração. Para espécies que capturam o alimento na água, o aumento da demanda energética é combinado com a redução da habilidade da ave em se alimentar, devido à perda de flutuabilidade das penas encharcadas (BURGUER, 1997 apud MOSBECH, 2002).

Contaminação interna dos indivíduos

As aves podem ingerir óleo ao realizar a manutenção da plumagem através do alisamento das penas com o bico ou quando se alimentam de presas contaminadas, podendo sofrer efeitos a longo prazo (EPA, 1999; ITOPF, 2010b).

A ingestão de óleo causa envenenamento e intoxicação, além de irritação gastro-intestinal, rompimento da glândula adrenal, níveis anormais de corticosteróides (hormônios de estresse), danos no fígado, disfunção renal, anemia e disfunção da glândula de sal. As células sanguíneas também podem ser destruídas, causando distúrbios no sistema imune. Entre os efeitos na reprodução, pode-se citar a redução da habilidade de se reproduzir e do número de ovos previsto, diminuição da fertilidade dos ovos, da espessura da casca, e interrupção do comportamento normal de incubação (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010; BURGER, 2003; MOSBECH, 2002).

Exemplos sobre os impactos do óleo sobre as aves estão relacionados ao vazamento Deepwater Horizon, ocorrido em 2010 no Golfo do México. O monitoramento dos níveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em mobelhas, aumentaram nos dois anos seguintes ao incidente, mas as concentrações gerais permaneceram relativamente baixas (NWF, 2015). Em 2013, no entanto, muitas mobelhas tinham níveis de HPA altos o suficiente para causar danos, indicando que esses compostos oleosos estavam sendo transmitidos na cadeia alimentar, e bioacumulando nos animais (NWF, 2015). Pritsos *et al*. (2017) relataram que a ingestão de peixes contaminados com óleo resultou em aumento significativo do estresse oxidativo nos tecidos hepáticos dos cormorões-de-orelha (*Phalacrocorax auritus*), o que pode ter impactos negativos na história de vida das aves. A maior colônia de pelicanos-brancos em Marsh Lake também foi avaliada e dois anos após o incidente 90% dos ovos testados apresentavam compostos de petróleo (NWF, 2015).

É importante destacar que não se sabe, ao certo, se aves marinhas são capazes de intencionalmente evitar áreas com manchas de óleo. Contudo, evidências encontradas em um experimento realizado na Noruega sugerem fortemente que a espécie fulmar-glacial (*Fulmarus glacialis*) evita se estabelecer na superfície marinha poluída com óleo pesado (LORENTSEN & ANKER-NILSSEN, 1993 apud MOSBECH, 2002). Isso pode ser verdade, também, para outras espécies de aves, entretanto, ainda são necessários muitos estudos para que isso seja comprovado. Essa espécie também não ocorre na área de estudo, porém, foi considerada para colaborar com o embasamento teórico do relatório.

Efeitos a longo prazo nos indivíduos

Efeitos a longo prazo são muito difíceis de serem detectados e monitorados, pois as aves podem colocar seus ovos a centenas de milhares de quilômetros do local do acidente. Além disso, os efeitos do óleo podem ser sutis, afetando as populações por longos períodos e diminuindo o sucesso reprodutivo e o recrutamento. Contudo, esses efeitos devem ser avaliados, pois podem vir a influenciar fortemente no tempo de recuperação de uma população (BURGER, 2003).

Entre os efeitos a longo prazo, pode-se citar o atraso na maturação dos ovários em fêmeas, alteração nos níveis hormonais, redução na sobrevivência e crescimento de embriões e filhotes cujos pais tenham sido externamente contaminados por óleo, supressão da imunidade e da resistência à doenças, efeitos mutagênicos, interrupção da monogamia (caso um dos pares esteja contaminado e deixe de reproduzir temporariamente) e redução da sobrevivência no inverno após o acidente (BURGER, 2003). Corroborando com essas informações, estudos envolvendo pinguins africanos (Spheniscus demersus) impactados por óleo proveniente de dois grandes vazamentos, revelaram uma redução da capacidade reprodutiva da espécie após exposição prolongada ao óleo (WOLFAARDT *et al.*, 2001; SHERLEY, 2010).

A costa Atlântica, local de ocorrência da rota dos pingüins-de-magalhães, também é rota de navios petrolíferos. Esses animais ingerem o petróleo ao limpar suas penas, têm dificuldade de flutuação e principalmente podem ter a manutenção da temperatura corporal comprometida (MÄDER, 2011).

Além da queda da capacidade reprodutiva, HENKEL *et al.* (2012) descrevem a ocorrência da anemia hemolítica, que reduz a capacidade de transportar oxigênio no sangue. Isso afeta diretamente as aves que realizam atividades aeróbicas e, por isso, possuem alta demanda de oxigênio, como as aves migratórias que realizam longos deslocamentos. Como resposta à destruição de células vermelhas a partir da ingestão de óleo, existe um aumento compensatório na produção de eritrócitos, o que resulta em imunossupressão e diminuição da produção de glóbulos brancos (HENKEL *et al.*, 2012).

MORENO *et al.* (2013) destacam que o monitoramento a longo prazo da ecologia alimentar de aves marinhas tem o potencial de fornecer informações valiosas acerca da dinâmica da cadeia alimentar devido à contaminação por hidrocarbonetos, refletindo o estado dos ecossistemas adjacentes afetados.

Efeitos na População

O impacto do óleo sobre uma população de aves ocorre em função de dois fatores: grau (i.e. o número inicial de aves mortas) e duração (i.e. o tempo que a população impactada leva para recuperar a condição pré-vazamento) (ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

Para detectar efeitos na população são necessárias informações das espécies envolvidas, sua origem reprodutiva e geográfica, idade e estrutura sexual dos indivíduos que morreram. A composição etária dos indivíduos também é importante, pois algumas espécies levam muitos anos até atingir a idade reprodutiva. Se, por exemplo, a maioria das vítimas estiver na idade adulta, um efeito pode ser detectado no próximo período reprodutivo, enquanto que, se a maioria for imatura, os efeitos podem demorar anos para aparecer (HEUBECK *et al.*, 2003).

Exemplos históricos mostram que populações de aves, em geral, se recuperam a partir de grupos muito pequenos, dificultando que uma extinção da população ocorra (RYAN & SIEGFRIED, 1994 apud MOSBECH, 2002). Entretanto, são relatados casos de extinção de espécies de aves em algumas regiões, principalmente devido à destruição do habitat e à caça predatória (MOSBECH, 2002).

Um exemplo a ser citado é o caso das populações marginais de papagaios-do-mar na região da Bretanha, onde uma colônia destes animais sofreu grandes perdas pela combinação de causas naturais e poluição por óleo, após o naufrágio do Amoco Cadiz, tendo que ser repovoada com indivíduos de outras colônias (HOPE JONES *et al.* 1978 apud MOSBECH, 2002). Além disso, no sul da Califórnia, uma colônia de pombos Guillemot foi dizimada em 1980, principalmente devido ao grande número de vazamentos de óleo que ocorreram na região (PARKER *et al.*, 1997 apud MOSBECH, 2002).

Adicionalmente, é importante observar que o volume de óleo vazado não está necessariamente correlacionado com o número de aves mortas, uma vez que outros fatores podem possuir efeitos mais fortes como, por exemplo, a densidade de aves na água no momento do acidente, o comportamento das aves afetadas, a proximidade das colônias e de outras agregações, a direção do vento, a ação das ondas, a temperatura e o tipo do óleo. Contudo, pequenos vazamentos de poucas toneladas podem matar milhares de aves se este ocorrer em uma área com grande concentração de indivíduos (BURGER, 1993).

Tempo de Recuperação

Apesar de haver relatos, na literatura disponível, de tempos de recuperação para espécies após acidentes com vazamentos de óleo, modelagens matemáticas são, atualmente, as ferramentas mais utilizadas para a obtenção de tais estimativas, já que dificilmente são encontrados estudos a longo prazo de populações impactadas. Devido à escassez de estudos que abordem tempos de recuperação de aves disponíveis na literatura científica, os casos levantados abordarão espécies contaminadas em ambientes costeiros, onde a contaminação tende a ser mais crítica, uma vez que pode atingir espécies estritamente costeiras e colônias reprodutivas.

É difícil determinar o tempo de recuperação de uma população de aves, uma vez que a reposição ou recuperação de uma população não é somente o retorno ao número de indivíduos anterior, mas também de toda a estrutura da população. A dinâmica populacional e a ecologia alimentar de aves marinhas são complexas e informações importantes para modelagens matemáticas ainda são escassas (MOSBECH, 2002).

Como as aves marinhas têm uma alta expectativa de vida, com alta sobrevivência e diferentes expectativas por classe etária, estudos de populações a longo prazo são extremamente necessários para entender e predizer um tempo de recuperação.

De modo a recuperar uma população, os indivíduos podem tender a usar estratégias que agilizem esse processo, como colocar mais ovos que o habitual, reproduzir-se mais frequentemente ou inserir aves jovens nos grupos reprodutivos. Embora esses processos possam ajudar, ainda assim a recuperação pode levar muitos anos e irá depender de outros fatores como, por exemplo, o alimento disponível. Embora seja comum que ocorra a perda de indivíduos a curto e médio prazo, existem poucos registros de que vazamentos tenham causado prejuízos a longo prazo em populações de ovos ou causado declínio permanente em uma colônia (ITOPF, 2010b).

Atualmente, o estabelecimento de um tempo de recuperação relativamente curto para as populações de aves tem sido justificado pelas boas taxas demográficas (p. ex. taxas de sobrevivência) observadas e pela flutuação normal no número de indivíduos dentro das populações, demonstrando a resiliência das espécies. Em contraste, longos tempos de recuperação têm sido prescritos com base em evidências de declínio das populações, na idade tardia da primeira reprodução, no baixo sucesso reprodutivo da maioria das espécies e na grande mortalidade (ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

Em relação às espécies impactadas pelo vazamento com o Exxon Valdez, é muito importante citar o artigo de DAY *et al.* (1996), no qual estudou-se o uso de habitats afetados por óleo por 42 espécies de aves marinhas, dois anos e meio após o acidente. Os autores consideraram a população como recuperada quando já não se podia mais detectar uma relação significativa entre a abundância de espécies e o nível de óleo. Os resultados encontrados mostram que 23 (55%) das 42 espécies estudadas não mostraram impactos negativos iniciais no uso de seu habitat. Das 19 espécies que apresentaram impactos negativos, 13 (68%) mostraram evidências de recuperação dentro dos 2 anos e meio de monitoramento. Apenas 6 (seis) espécies não mostraram clara evidência de recuperação dentro do período estudado, ou seja, menos de 15% das espécies estudadas. A proporção de espécies registradas em campanhas individuais que mostraram impactos negativos diminuiu ao longo do estudo, de 54% na primeira campanha (1989) para 10% na última (1991). Ressalta-se que as espécies que não mostraram sinais de recuperação tendiam a se alimentar e residir na zona entremarés, sendo que essas

características também existiram para algumas espécies que não apresentaram os impactos iniciais. Os autores, portanto, concluem que o vazamento do Exxon Valdez impactou o uso de habitat para quase metade das espécies estudadas, sugerindo efeitos iniciais na adequação de habitat por essas espécies. Entretanto, para a maioria das espécies afetadas, os impactos persistiram por menos de 2 anos e meio. Essa taxa de recuperação no uso de habitat, paralelamente à rápida recuperação da abundância das espécies (geralmente menor que dois anos) também foi documentada para outras comunidades afetadas pelo óleo (invertebrados da região entremarés, peixes e aves) que foram estudadas no Alaska e em outros locais (DAY *et al.*, 1996).

Outro exemplo no qual foi observada recuperação após um vazamento de óleo de grandes proporções é o da águia americana (*Haliaeetus leucocephalus*), espécie residente e abundante na região costeira da área atingida pelo óleo oriundo do vazamento do Exxon Valdez, onde um total de 151 carcaças foi recuperado da área atingida, sendo importante considerar que a região fornece habitat permanente e sazonal para cerca de 6000 águias. Foi estimado que, dentro da baía, 250 aves morreram como resultado do vazamento. Adicionalmente à mortalidade direta, a produtividade foi reduzida nas áreas impactadas. Entretanto, observou-se um retorno da taxa reprodutiva aos valores de pré-vazamento entre 1990 e 1991. Da mesma forma, vistoria aérea realizada em 1995 indicou que a população tinha retornado ou até excedido os valores pré-vazamento dentro da baía. Em setembro de 1996, o Trustee Council classificou a águia americana como recuperada dos efeitos do vazamento de óleo do Exxon Valdez (EVOSTC, 2010). Portanto, essa espécie se recuperou e pode até ter excedido o número inicial de indivíduos seis anos após o vazamento.

KINGSTON (2002) reporta que estudos com airos (*Uria aalge*), cujos sítios reprodutivos foram atingidos pelo vazamento de óleo, demonstraram que o número de indivíduos encontrado foi geralmente similar às estimativas históricas do final dos anos 70, evidenciando a questão da flutuação natural das populações e a boa capacidade de recuperação de espécies de aves. A recuperação rápida dos sítios reprodutivos de airos no Alaska sugere que o número de animais mortos deve ser menor que a estimativa inicial ou que pares reprodutores foram repostos por aves jovens que vieram do oceano (BOERSMA *et al.*, 1995 apud KINGSTON, 2002).

GERTLER (1992) cita em seu trabalho um estudo focado em espécies que utilizam as áreas entremarés e zonas rasas do infralitoral, áreas muito contaminadas pelo óleo. Todas as espécies que vivem nesses ambientes se alimentam de invertebrados como mexilhões e continuam a ficar expostas ao petróleo remanescente através da sua alimentação. Os arlequins (*Histrionicus histrionicus*), que fazem parte desse grupo, foram as aves mais impactadas pelo vazamento, com cerca de 33% de indivíduos coletados no inverno de 1989-1990 apresentando más condições corporais e cerca de 40% com os

tecidos contaminados. Resultados preliminares indicam que o arlequim pode ter sido impactado nas suas áreas reprodutivas.

ESLER *et al.* (2002), também estudando os impactos do acidente do Exxon Valdez sobre a população de arlequins (*Histrionicus histrionicus*) entre 1995 e 1998, apresentaram estudos de recuperação. Foram avaliadas as eventuais limitações, como exposição ao óleo residual, redução da disponibilidade de comida, limitações demográficas intrínsecas e taxas de crescimento populacional. Concluiu-se que as populações ainda não tinham se recuperado totalmente em 1998 (nove anos após o acidente). Além disso, os efeitos adversos continuaram a ser registrados, em contraste com o paradigma convencional de que os efeitos do óleo em populações de aves têm vida curta.

Também é importante citar o estudo realizado por BARCELLOS & SILVA (2003) com as aves impactadas após o vazamento de óleo que ocorreu na Baía de Guanabara em 2000, em que o biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) foi a espécie mais afetada devido ao seu comportamento de mergulho. No entanto, estudos anteriores sobre a abundância e a distribuição dessas populações na região não permitiram determinar o grau de impacto na população local.

Outro vazamento de grande proporção que causou graves consequências para as aves foi o vazamento de 60.000 toneladas de óleo do navio Prestige, na costa da Espanha, em 2002. O óleo atingiu o Parque Nacional das Ilhas Atlânticas de Galícia e foi considerado a maior catástrofe desse tipo ocorrida na Europa. Sendo assim, avaliando a inexistência de dados robustos sobre um monitoramento a longo prazo, MORENO *et al.* (2013) avaliaram as concentrações de componentes químicos oriundos do vazamento de óleo em três colônias distintas de aves. Os resultados mostraram, de maneira geral, que em 2007 (5 anos após o vazamento) havia um retorno gradual da concentração dos componentes para níveis pré-vazamento. Os autores detectaram ainda que, após o incidente, as aves mudaram sua dieta alimentar (MORENO *et al.*, 2013).

Outro estudo que avaliou os impactos a longo prazo do vazamento de Prestige foi elaborado por BARROS *et al.* (2014). Os autores tiveram como objetivo avaliar o sucesso reprodutivo da espécie *Phalacrocorax aristotelis*, após 10 anos do vazamento, uma vez que óleo residual ainda vinha sendo encontrado nove anos depois do incidente. De acordo com os autores, essa espécie foi fortemente afetada pelo derrame inicial e, cinco anos após o vazamento, as colônias eram 70% menores. A deficiência reprodutiva permaneceu por pelo menos 10 anos após vazamento (BARROS *et al.*, 2014).

ALONSO-ALVAREZ *et al.* (2007) também avaliaram os impactos do vazamento de Prestige sobre a espécie de gaivota *Larus michahellis* e constataram a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em filhotes, 17 meses após o vazamento. No entanto, é importante destacar que esses filhotes nunca tiveram contato com o óleo e seus pais também não apresentavam sinais aparentes de

contaminação, indicando que os hidrocarbonetos foram incorporados através da cadeia alimentar (ALONSO-ALVAREZ *et al.*, 2007). Essa hipótese foi corroborada por ZUBEROGOITIA *et al.* (2006), que verificaram a presença de hidrocarbonetos em ovos de falcão peregrino em áreas adjacentes ao vazamento de Prestige, indicando a ingestão de presas contaminadas e consequente transmissão da contaminação para os ovos.

Outro local que merece destaque pelos impactos gerados por vazamentos de óleo é o Golfo do México, tendo estes vazamentos de óleo afetado diversos ecossistemas e organismos. O vazamento de Ixtoc, em 1979, ocasionou o vazamento de aproximadamente 476.190 toneladas de óleo, causando a morte de um grande número de aves (TUNNELL, 2011). Infelizmente, como na maioria dos grandes vazamentos, não houve estudos a longo prazo para monitorar os impactos crônicos nas espécies e ecossistemas (TUNNELL, 2011). Avaliações de curto prazo revelaram a recuperação das aves apenas um ano após o vazamento (CHAPMAN 1979, 1981 apud TUNNELL, 2011).

Mais recentemente, no acidente com a plataforma Deepwater Horizon, foram contabilizados inúmeros casos de aves marinhas afetadas. BARRON (2011) descreveu mais de 3.000 indivíduos mortos recolhidos nas praias e mais de 10.000 de alguma forma afetados. Já HANEY *et al.* (2014), através de modelo matemático, apresentaram números ainda mais alarmantes, com uma média de 200.000 indivíduos mortos.

A região do Golfo do México representa o primeiro ponto de parada de aves migratórias neárticas que se deslocam anualmente em direção a América do Sul (HENKEL *et al.*, 2012). De todas as espécies afetadas pelo vazamento, 28 delas eram aves migratórias (HENKEL *et al.*, 2012). Durante o ano seguinte ao vazamento, 85 aves migratórias vivas e mortas foram coletadas, dentre as quais 23 estavam visivelmente sujas de óleo (USFWS 2011 apud HENKEL *et al.*, 2012). No entanto, considerando o pequeno tamanho desses animais e a dificuldade de localização, os autores acreditam que esse número possa estar subestimado.

HENKEL *et al.* (2012) avaliaram os efeitos agudos do óleo sobre as populações de aves, assim como os efeitos a longo prazo, já que muitas aves migratórias possuem grande fidelidade a seus pontos de parada para descanso, o que as fazem repetidamente suscetíveis ao óleo toda vez que retornam de sua migração anual. As aves migratórias, devido a sua ecologia alimentar e padrões de uso do habitat, possuem especial suscetibilidade aos impactos do óleo, através de um conjunto diversificado de vias de contaminação (HENKEL *et al.*, 2012). Além disso, a incapacidade de obter recursos suficientes para sua engorda antes dos deslocamentos migratórios pode atrasar a partida para seus locais de reprodução, diminuindo o sucesso reprodutivo (HENKEL *et al.*, 2012).

MONTEVECCHI *et al.* (2011) avaliaram os impactos do óleo sobre uma espécie de atobá migrante na região do Golfo do México. Ainda que a maioria dos adultos tenham retornado logo em seguida ao vazamento para suas colônias de origem no Canadá, muitos indivíduos imaturos morreram pelo contato com o óleo, o que provavelmente irá gerar um decaimento do tamanho populacional ou um processo histórico de vida relacionado à idade dos indivíduos que sobreviveram (MONTEVECCHI *et al.*, 2011). Um ano após o vazamento ainda foi possível encontrar espécimes com manchas escuras que muito se assemelhavam a óleo, porém, testes químicos não foram realizados para confirmar a hipótese (MONTEVECCHI *et al.*, 2011).

É válido ressaltar que a quantificação da intensidade e duração dos impactos sobre as populações e ecossistemas devido a desastres ambientais exige o reconhecimento de que níveis anteriores ao vazamento foram alcançados. No entanto, para isso, se faz necessário ter conhecimento da região antes mesmo da ocorrência do incidente. Infelizmente, no caso do vazamento de Deepwater Horizon, do Golfo do México, muito pouco era conhecido sobre a densidade das populações, uso de habitats ou idade (HENKEL *et al.*, 2012).

HENKEL *et al.* (2012) destacam que, em regiões de clima quente, o incremento da atividade microbiana sugere uma persistência menor de hidrocarbonetos e, consequentemente, efeitos menos severos sobre as aves.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Avifauna marinha costeira

Para o mapeamento das aves marinhas costeiras são consideradas as áreas de concentração deste grupo biológico, em função de comportamentos alimentares e/ou reprodutivos, além de todas as ilhas costeiras e oceânicas (MAREM, 2020).

Os resultados referentes ao CVA Avifauna Marinha Costeira, para o cenário em que houve probabilidade de presença de óleo (pior caso – Períodos 1 e 2), são apresentados nas **Figura II.9 - 56** e **Figura II.9 - 57**, e na **Tabela II.9 - 52**. Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo em caso de vazamentos de pequeno e médio volumes (8m³ e 200 m³, respectivamente).

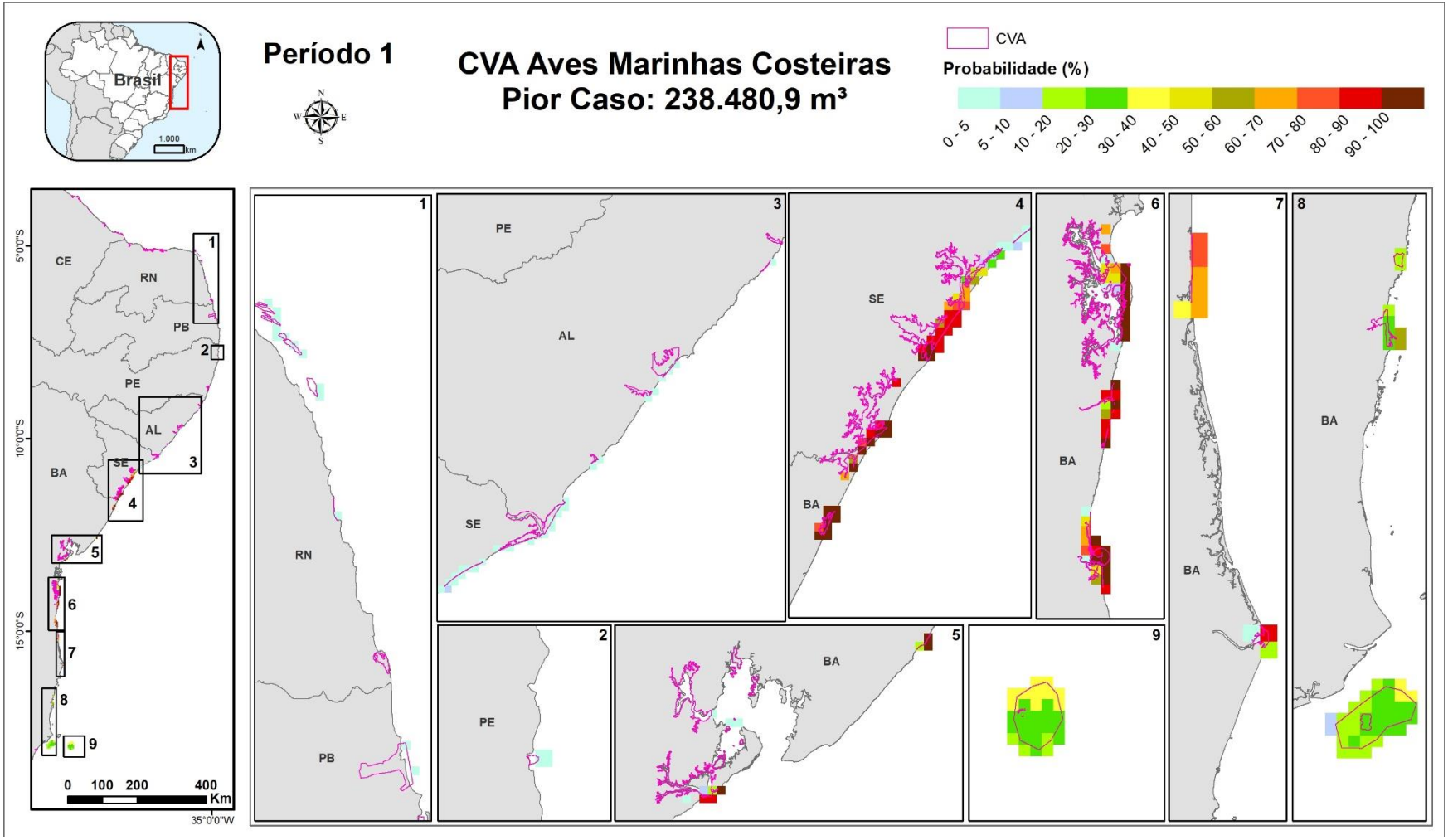


Figura II.9 - 56: Probabilidade de presença de óleo no CVA Avifauna Marinha Costeira no Cenário 5 (Pior caso – Período 1).

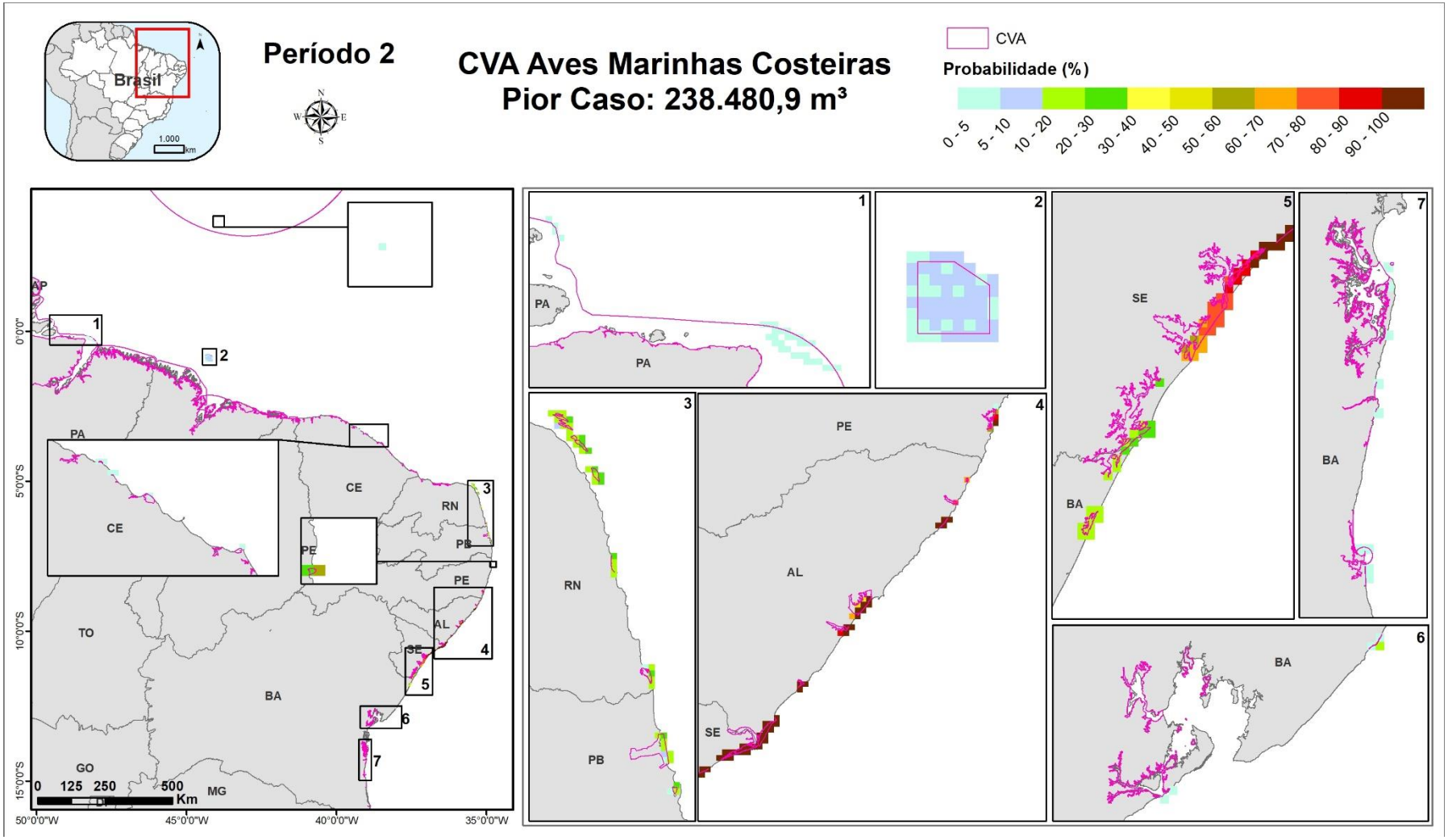


Figura II.9 - 57: Probabilidade de presença de óleo no CVA Avifauna Marinha Costeira no Cenário 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 52: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Avifauna Marinha Costeira.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	100	2,96
6	Período 2	238.480,9	100	2,41

Em ambos os cenários de pior caso (Cenários 5 e 6), a probabilidade máxima de toque de óleo neste CVA foi de 100% e o tempo mínimo de chegada de óleo foi de aproximadamente 2 dias.

Avifauna marinha oceânica

Considerando que as aves oceânicas podem ocorrer em todo ambiente marinho (águas costeiras e oceânicas), foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo em ambos os cenários. Portanto, não representa uma área específica de agregação e sim uma área abrangente de ocorrência, e, por isso, este CVA foi classificado como um CVA disperso.

Os resultados referentes ao CVA Avifauna Marinha Oceânica para os seis cenários são apresentados da **Figura II.9 - 58** à **Figura II.9 - 60** e na **Tabela II.9 - 53**.

Ressalta-se que, em função do CVA abranger toda área com probabilidade de presença de óleo, os resultados encontrados para este CVA são iguais aos resultados apresentados no CVA Cetáceos (página 105) e CVA Tartarugas Marinhas (página 126).

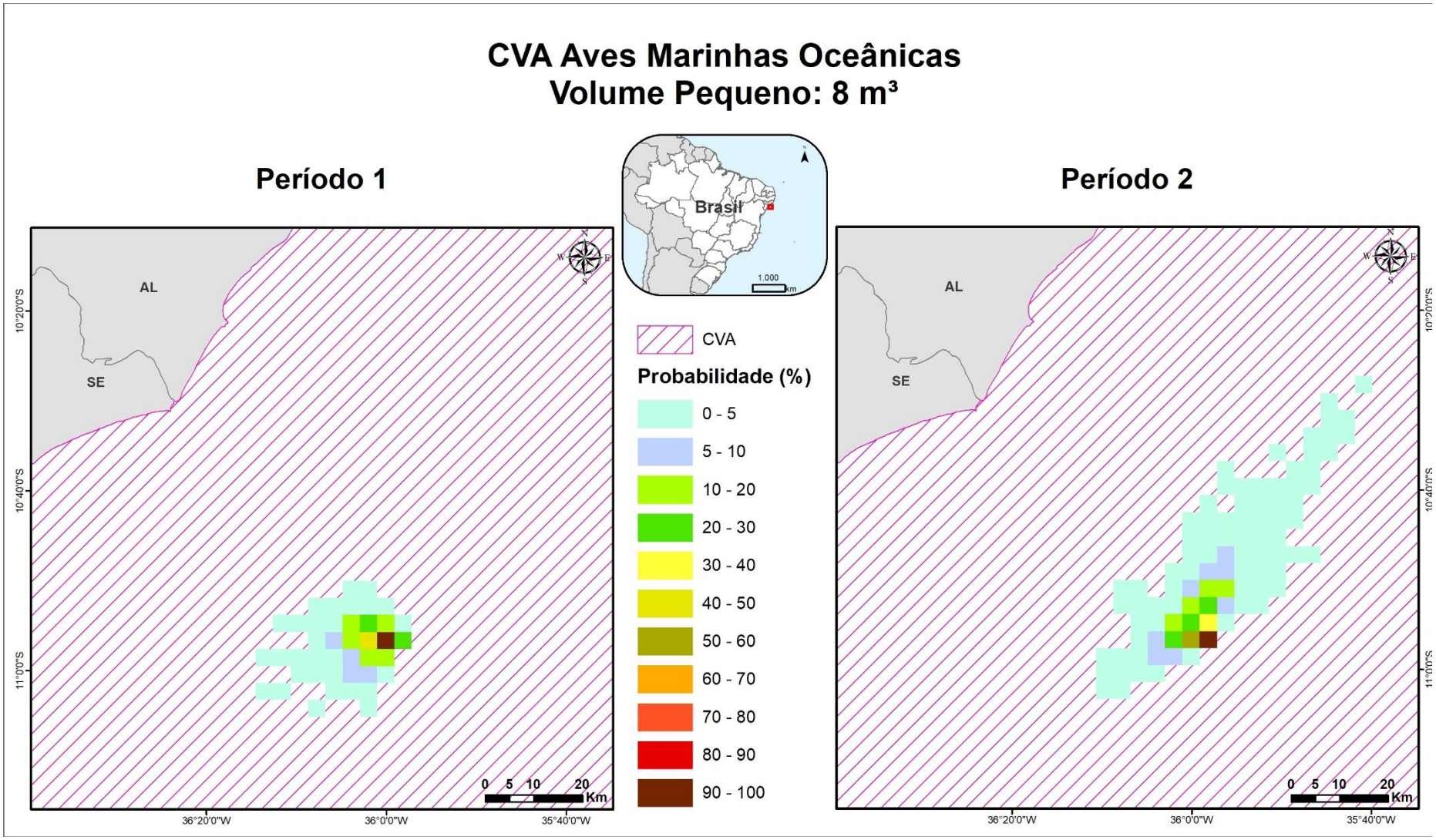


Figura II.9 - 58: Probabilidade de presença de óleo no CVA Avifauna Marinha Oceânica nos cenários 1 (8 m³ – Período 1) e 2 (8 m³ – Período 2).

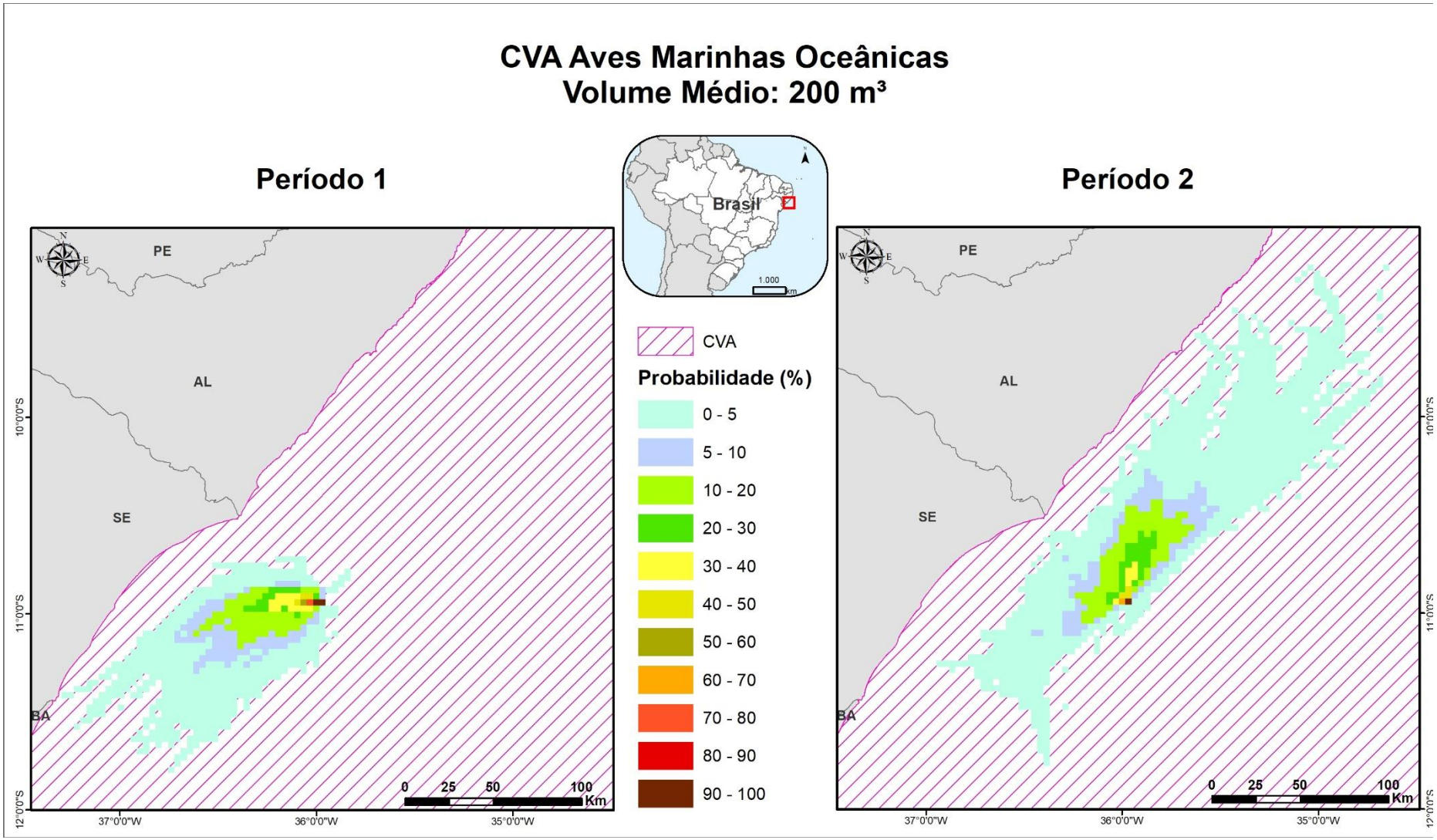


Figura II.9 - 59: Probabilidade de presença de óleo no CVA Avifauna Marinha Oceânica nos cenários 3 (200 m³ – Período 1) e 4 (200 m³ – Período 2).

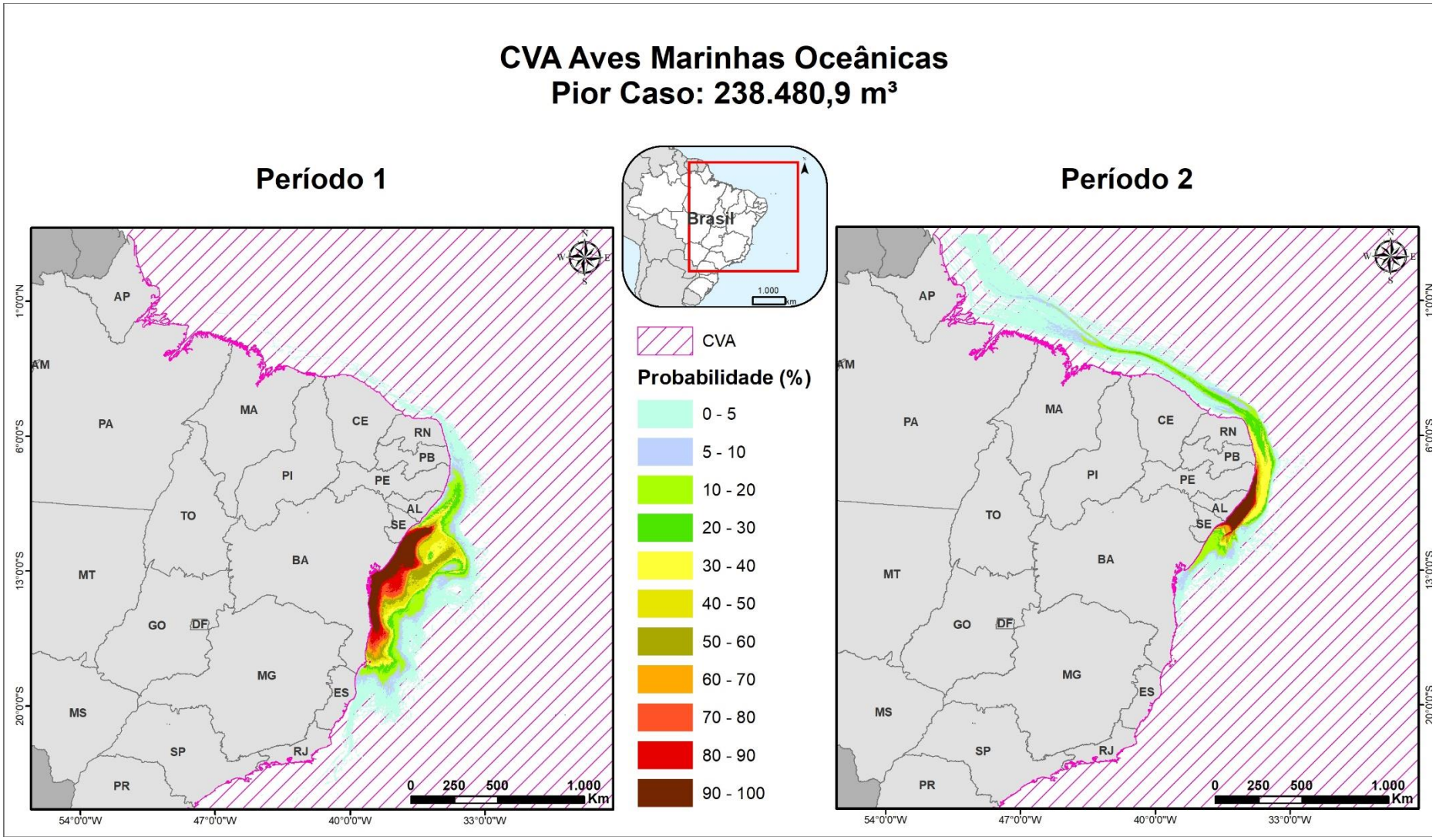


Figura II.9 - 60: Probabilidade de presença de óleo no CVA Avifauna Marinha Oceânica nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 53: Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA Avifauna Marinha Oceânica em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	7,65	1,0 hora
2	Período 2	8	5,19	1,0 hora
3	Período 1	200	5,59	1,0 hora
4	Período 2	200	3,63	1,0 hora
5	Período 1	238.480,9	27,19	1,0 hora
6	Período 2	238.480,9	12,11	1,0 hora

Os cenários de volume pequeno (8 m^3) e médio (200 m^3) apresentam probabilidade ponderada de presença de óleo inferiores a 10%. Nos cenários de vazamento de óleo de pior caso (238.480,9 m^3), a área total com probabilidade de presença de óleo é consideravelmente maior quando comparada aos cenários anteriores. Ocorrem probabilidades entre 90-100% na região oceânica em frente ao sul do estado de Sergipe e estado da Bahia no Período 1, e norte do estado de Sergipe e estado de Alagoas no Período 2.

A maior probabilidade ponderada foi observada no cenário 5 (Pior caso – Período 1), sendo esta de 27,19%.

Os tempos mínimos de chegada de óleo ao CVA foram iguais em todos os cenários, de 1 hora, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência do CVA.

Conclusão

Considerando o exposto anteriormente, pode-se dizer que a variação natural e a enorme gama de fatores que influenciam as estatísticas populacionais de aves tornam difícil relacionar o impacto e a recuperação deste grupo a um evento único, como o vazamento acidental de óleo.

Grandes vazamentos de óleo têm o potencial de esgotar populações de aves. Entretanto, experimentos com vazamentos indicaram uma considerável resiliência de aves marinhas a um único evento catastrófico, sendo improvável que um vazamento de óleo possa aniquilar uma população sem a influência de outros fatores (como a caça e a captura em redes de pesca), especialmente no caso da atividade em questão, em que não existe probabilidade de presença de óleo na costa.

Embora a literatura científica apresente alguns estudos sobre recuperação de populações de aves após eventos de vazamento de óleo, a ausência de estudos prévios na região de estudo dificulta qualquer predição sobre o tempo de recuperação das populações de aves numa determinada região.

Levando-se em consideração, portanto, estudos com espécies características de locais temperados e em áreas onde houve contaminação costeira, adaptando-se à realidade local, considerou-se, conservadoramente, para fins desta análise, que o tempo de recuperação para a avifauna na região está entre 3 e 10 anos.

Para o CVA - Aves Marinhas Costeiras houve probabilidade de toque de óleo apenas nos cenários relacionados ao vazamento de pior caso (Cenário 5: pior caso – Período 1 e Cenário 6: pior caso – Período 2), ainda que este represente probabilidade máxima de 100%.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA - Aves Marinhas Oceânicas, houve probabilidade de toque de óleo em todas as faixas de volume modeladas (8 m³, 200m³ e pior caso), sendo as médias ponderadas nos períodos 1 e 2, respectivamente, iguais a 7,65% e 5,19% para 8m³, 5,59% e 3,63% para 200m³ e 27,19% e 12,11% para um vazamento de 238.480,9 m³.

- **CVA MANGUEZAIS**

Manguezal é um ecossistema que se destaca por sua alta produtividade e diversidade funcional, possuindo elevada importância ecológica, econômica e social (SOARES *et al*., 2006). É dominado por espécies vegetais típicas, às quais se associam outros componentes da flora e da fauna, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés com grandes variações de salinidade. Além disso, atuam na estabilização da costa, evitando a erosão e, também, constituem barreiras físicas e geoquímicas para os contaminantes (LEWIS *et al*., 2011).

Segundo REZENDE *et al*. (2009), estudos mostram que a distribuição da vegetação do mangue pode variar conforme as características, a localização e o gradiente de inundação do estuário. Exemplo desta dinâmica, segundo o autor, pode ser evidenciado em estudos sobre a distribuição das espécies no litoral do estado do Maranhão, visto que apresentam um padrão de distribuição quase completos seguindo de jusante para montante no estuário do Rio Preguiças, com a seguinte sequência: *Rizophora mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*. Entretanto, padrões de zonação das espécies de mangue, ou seja, as formações de faixas bem delimitadas de vegetação característica ao longo do gradiente de inundação, na grande maioria dos manguezais, são difíceis de identificar.

Dessa maneira, a zona costeira da região passível de ser atingida caso ocorra um vazamento de óleo de pior caso é rica em manguezais, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. Entretanto, observa-se que muitos desses ecossistemas encontram-se degradados devido à ação antrópica (ANP/ECOLOGY, 2020). Segundo BAHIATURSA (2000), pode-se destacar os seguintes impactos nesses ambientes: aterros e consequente assoreamento; pesca predatória e mariscagem por

pessoas que não fazem parte das comunidades locais; não respeito à época do defeso dos crustáceos; lixo e esgoto sanitário.

Apesar do quadro de degradação em que os manguezais brasileiros se encontram, no tocante ao aspecto legal, são ecossistemas protegidos pelo Código Florestal Brasileiro no artigo 2, de número 4.771 do ano de 1965, o qual prevê que toda área de manguezal é de preservação permanente, protegendo, assim, a flora e a fauna destes ambientes tropicais. Além disso, o ecossistema faz parte das zonas úmidas de importância internacional da Convenção de Ramsar de 1971.

CPRH (1991) apud SCHAEFFER-NOVELLI (2014) descreve as áreas ocupadas pelo ecossistema de manguezal na região nordeste do Brasil. O estado da Bahia possui um litoral de 1.188 km e apresenta um grande número de estuários, cujas bordas caracterizam-se pela formação de manguezais (BAHIATURSA, 2000). A presença desses ambientes é constante desde a região de Mangue Seco, no norte do estado, até a região de Mucuri, localizada ao sul. Na Bahia, esses ecossistemas costeiros são importantes para a economia regional e destacam-se pela riqueza de material orgânico, flora e fauna (FARIAS, 2007). Ainda no estado da Bahia, merece destaque o município de Canavieiras, que apresenta uma área de 137.563,6 hectares, compreendendo cerca de 7.403 ha de manguezal, que corresponde a 5.4% da área total do município (SANTOS *et al*., 2002).

Assim como ocorre na Bahia, o padrão de distribuição da vegetação do mangue em Alagoas e Sergipe também se encontra associada aos rios estuarinos. No estado do Sergipe, a sua distribuição ocorre nos rios das bacias do São Francisco, Rio Japaratuba, Sergipe, Vasa Barris, Piauí e Real (CELMM *apud* CORREIA & SOVIERZOSKI). Destaca-se ainda que, especificamente no município de Aracaju, os manguezais situados ao longo da desembocadura do rio Sergipe estão em acelerado processo de degradação (ARAÚJO, 2006; LANDIM & GUIMARÃES, 2006; SANTOS, 2014 apud ANP/ECOLOGY, 2020).

No litoral norte alagoano, os manguezais ocorrem nos estuários dos rios Santo Antônio, Tatuamunha, Porto de Pedras e Persinunga e na porção sul ocorre nos rios do Complexo Mundaú-Manguaba, Jequiá, Lagoa do Roteiro, Coruripe e na Foz do Rio São Francisco. Entre os manguezais considerados mais impactados ao longo do litoral de Alagoas estão os do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM *apud* CORREIA & SOVIERZOSKI). MMA (2002) destaca a importância ecológica deste complexo, por se tratar de uma área de berçários de peixes e crustáceos marinhos.

De acordo com um levantamento realizado em manguezais localizados entre os estados do Piauí e Pernambuco, as maiores áreas ocorrem no estado do Ceará, seguido do Rio Grande do Norte e Pernambuco (MONTEIRO *et al*., 2009). De acordo com um levantamento realizado por LABOMAR/ISME (2005), o estado do Ceará conta com uma área de 185,06 km^2 de manguezais, e o Rio Grande do Norte com 129,71 km^2. A região é marcada pela presença de planícies flúvio-marinhas com manguezais de

extensão variada, sendo os mais importantes encontrados no Rio Potengi (RN); região estuarina Galinhos-Guamaré (RN); região estuarina do Rio Mossoró (RN), região estuarina Barra Grande Icapuí (CE); Rio Jaguaribe (CE); região estuarina dos rios Cocó e Ceará (CE) e Estuário do Rio Curu (CE) (MMA, 2004). Ocorrem também faixas estreitas desses ecossistemas junto à linha de costa, associadas a afloramentos de água doce na base da Formação Barreiras (MMA, 2004).

No estado da Paraíba a representatividade de manguezais é menor em função da ocorrência de uma costa retilínea em vários pontos, o que ocasiona a presença de poucos rios entrecortados (ICMBio, 2018). Merecem destaque os manguezais do entorno do rio Mamanguape e aqueles presentes na Reserva Extrativista Acaú-Goiana, nos municípios de Pitimbu e Caaporã.

Nessa região, a flora desse ecossistema é predominantemente composta por representantes de mangue-vermelho (*Rizophora mangle*), principalmente nas porções marginais, mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), mais abundante nas áreas mais arenosas, e pelas duas espécies de mangue-preto (*Avicenia germinans* e *A. shaueriana*), com raízes aéreas, servindo de alimentação e proteção para diversos organismos, além de uma espécie do mangue-botão (*Conocarpus erectus*) (MMA, 2004).

No que se refere à fauna dos manguezais da região, uma ampla diversidade faunística está relacionada aos mesmos, como peixes, crustáceos, aves e moluscos. A ictiofauna, especificamente, é composta tanto por grupos restritos a ambientes estuarinos, como por diversas espécies marinhas das famílias Gobiidae (maria-da-toca), Soleidae (linguados), Centropomidae (camurins), Gerreidae (carapebas e carapucus), Mugilidae (saínas e tainhas) e Belonidae (agulhas). A conservação deste sistema natural é de fundamental importância para auxiliar a preservação dessas espécies (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Dessa maneira, a zona costeira da região passível de ser atingida caso ocorra um vazamento de óleo de pior caso é rica em manguezais, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. É importante destacar que toda área de manguezal é de preservação permanente, protegendo, assim, a flora e a fauna deste ecossistema tropical. Além disso, esse ecossistema faz parte das zonas úmidas de importância internacional da Convenção de Ramsar de 1971.

Impactos do Óleo sobre os Manguezais

Os manguezais são considerados um dos ecossistemas mais sensíveis ao óleo (JACOBI & SCHAEFFER-NOVELLI, 1990; NOAA, 2002) e áreas prioritárias de proteção em caso de vazamentos. De acordo com o MMA (2001), os manguezais possuem Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a derrames de óleo de valor 10, ou seja, o valor máximo de sensibilidade. O que torna o impacto do óleo nos manguezais extremamente danoso e delicado é a persistência do mesmo nesses ecossistemas, podendo prolongar os efeitos letais e subletais, bem como retardar seu processo de recuperação (SOARES, 2003). De

acordo com o mesmo autor, o impacto do óleo nos manguezais irá depender de diversos fatores, como o tipo e a quantidade de óleo derramado, características geomorfológicas, frequência de inundação pelas marés, energia das marés, características do sedimento, espécies vegetais, atividade da macrofauna bentônica e atividades microbianas.

Os manguezais são áreas de baixa energia de ondas e de difícil atuação de limpeza (BAKER, 1982; NOAA, 2002). Muitas vezes, a limpeza pode causar mais danos que o próprio óleo e, nestes casos, a recuperação natural pode ser a melhor opção, sendo a escolha adequada no caso de óleos leves, como a gasolina e o querosene de aviação (GETTER & LEWIS, 2003). No caso de óleos pesados, a recuperação natural deve ser considerada apenas se o pisoteio puder causar penetração do óleo no sedimento (NOAA, 2002; GETTER & LEWIS, 2003).

De acordo com GETTER *et al*. (1984), os efeitos do óleo sobre o ecossistema de manguezal podem ser agudos, se manifestando a curto prazo, ou crônicos, se manifestando em médio e longo prazos. O impacto inicial pode levar à mortalidade em massa dos bosques de mangue devido à asfixia e, posteriormente, o impacto crônico pode levar a uma gradual expansão da área morta. Isso ocorre devido ao enfraquecimento de indivíduos que sobreviveram ao impacto inicial e aos efeitos residuais do impacto agudo associados à exposição crônica a produtos tóxicos que permanecem no substrato. Além disso, há o efeito da alta toxicidade de alguns constituintes do petróleo sobre a cobertura vegetal. De acordo com SOARES *et al.* (2006), diversos autores relatam a mortalidade em massa e imediata de bosques de mangue afetados por derramamentos de petróleo e derivados.

O óleo penetra nos manguezais durante a maré alta e, então, é depositado nas raízes aéreas e na superfície do sedimento quando a maré retrocede. Os organismos que vivem neste ecossistema são afetados de duas formas: primeiro poderá haver altas taxas de mortalidade como resultado direto do contato com o óleo e, depois, haverá perda de habitat para os organismos que vivem nos ramos e copas das árvores e no sistema de raízes aéreas (IPIECA, 1993). Os impactos no mangue podem levar ao amarelecimento das folhas, desfolhamento e morte das árvores (JACOBI & SCHAEFFER-NOVELLI, 1990; NOAA, 2002; RODRIGUES *et al*., 1989). É importante ressaltar que, quando um manguezal é atingido, nem todas as árvores recobertas por óleo são mortas, o que, em geral, ocorre apenas em parte da área afetada (GETTER *et al*., 1984; BURNS *et al*., 1993; KELLER & JACKSON, 1993; GARRITY *et al*., 1994; DUKE *et al*., 1997; DUKE *et al*., 1999; YENDER *et al*., 2008), possivelmente naquelas onde a retenção de óleo foi maior (KELLER & JACKSON, 1993).

Outros impactos na vegetação dos manguezais incluem a ramificação de pneumatóforos, falha na germinação, redução da cobertura vegetal, aumento da taxa de mutação e uma maior sensibilidade a outras perturbações (NOAA, 2002). De acordo com o mesmo trabalho, a quantidade e o período de

tempo que o óleo foi derramado no manguezal são variáveis essenciais para determinar a severidade do impacto.

Tempo de Recuperação

A fauna de invertebrados e as macroalgas associadas à vegetação, em geral, apresentam elevada mortalidade, mas com rápida recuperação (CHAN, 1977; NADEAU & BERGQUIST, 1977; GILFILLAN *et al*., 1981; LEVINGS *et al*., 1994; OTITOLOJU *et al*., 2007; MELVILLE *et al*., 2009). Os impactos de mais longo prazo estão associados ao óleo retido nos sedimentos, que pode persistir por muitos anos (CORREDOR *et al*., 1990; BURNS *et al*., 1994; WARD *et al*., 2003) e vir a ser uma fonte crônica de contaminação, sendo liberado continuamente para o ambiente e causando potencialmente efeitos subletais (BURNS *et al*., 1993; GARRITY *et al*., 1993; SNEDAKER *et al*., 1996).

A recuperação de todo o ecossistema de manguezal dependerá dos processos naturais subsequentes. No caso de manguezais reflorestados estudados por SOARES (2003), a regeneração imediata não foi possível devido à persistência de óleo no sedimento, o que provocou a inibição do recrutamento de propágulos e a morte de plantas adultas. Sendo assim, um banco de plantas jovens saudável se faz fundamental para o processo de recuperação dos bosques de mangues contaminados por hidrocarbonetos (SOARES, 2003).

As evidências de um vazamento de óleo podem permanecer nos manguezais por décadas e, de acordo com alguns autores, o ecossistema pode não voltar completamente ao estado original (NOAA, 2002; WASSERMAN *et al*., 2002). GETTER *et al*. (1984) afirmam que a recuperação do manguezal em termos estruturais não garante que esse sistema tenha se recuperado em termos da sua funcionalidade, incluindo a interação com ecossistemas costeiros adjacentes. Por outro lado, esses autores destacam que uma função similar à do sistema original pode ser observada num bosque com estrutura diferente da original. É válido salientar que, em seus trabalhos, WHITE & BAKER (1998) e KINGSTON (2002) definem o conceito de "recuperação" como sendo o momento em que a saúde da comunidade biológica é reestabelecida e não necessariamente quando as características estruturais do ecossistema estão totalmente igualadas ao momento prévio ao impacto.

É raro encontrar estudos sobre a recuperação de manguezais a longo prazo. A maior parte se resume a avaliações realizadas poucos anos após o vazamento. É ainda mais raro encontrar estudos que avaliem as comunidades de invertebrados associadas. A maioria dos estudos se limita à avaliação das árvores por si só (NOAA, 2002). A densidade de árvores de mangue e a saúde destas são os únicos indicadores amplamente medidos em várias situações de impactos pelo vazamento de óleo. A **Tabela II.9 - 54** mostra os tempos de recuperação de manguezais no mundo, porém baseados somente em

dados da vegetação. É preciso ter em mente que o tempo indicado provavelmente será maior se for considerada a recuperação do ecossistema como um todo (NOAA, 2002).

Tabela II.9 - 54: Impactos e tempo de recuperação de árvores de manguezais em oito vazamentos de óleo e cinco locais.

Localização	Tipo de Óleo	Impactos no manguezal	Tempo de Recuperação	Bibliografia
Era, Austrália Agosto, 1992	Bunker (combustível)	*Avicennia marina* 75-100 ha impactados	>4 anos	WARDROP *et al.*, 1997
Santa Augusta, Ilhas Virgens (EUA), 1971	Óleo cru	*Rhizophora mangle*	>7 anos (pouca ou nenhuma recolonização)	LEWIS, 1979
Zoe Colocotronis, Porto Rico Março, 1973	Venezuela cru	*Rhizophora mangle* *Avicennia nitita*	>6 anos (área exposta)	NADEAU & BERGQUIST, 1977; GILFILLAN *et al.*, 1981
**Witwater* Panamá, 1968	Óleo cru	49 ha desmatados	23 anos (franja – área exposta) >23 anos (área abrigada)	DUKE *et al.*, 1997
Peck Slip, Porto Rico: 1978	Nº 6 (combustível)	26 km de costa impactados. Cobrimento e desfolhação das raízes dos manguezais.	< 1,5 ano	NOAA, 2014
Bahía las Minas, Panamá Abril, 1986	Combustível de aviação (JP-5)	*Rhizophora mangle* *Laguncularia racemosa* *Avicennia germinans* *Pelliciera rhizophorae*	>5 anos (mangue exposto) >6 anos (recuperação em andamento)	GARRITY *et al.*, 1994; DUKE *et al.*, 1997
Roosevelt Roads, Porto Rico Novembro de 1986 a Outubro de 1999	Nº 6 & Nº 2 (combustível)	*Laguncularia racemosa* 6 ha mortos (1986)	>1 ano	BALLOU & LEWIS, 1989; WILKINSON *et al.*, 2001
		31 acres impactados (1999)	>1,5 ano	
Barcaça *Vesta Bella*, Ilhas Virgens americanas:1991	Nº 6 (combustível)	Dois tipos de mangues foram atingindos pelo óleo, o mangue branco e o mangue vermelho. Apenas uma parcela das raízes foi coberta por óleo e houve desfolhação do mangue branco. No mangue vermelho o impacto do óleo foi muito pequeno.	>1 ano (Nenhuma árvore do mangue branco morta era observada, mas sinais de estresse podiam ser identificados). No caso dos mangues vermelhos, depois de um ano não havia sinais visíveis de impacto do óleo.	DAHLIN *et al.*, 1994
Baía Tampa, Florida Agosto de 1993	Combustível Nº 6, gasolina Jet-A e diesel	*Avicennia germinans* *Rhizophora mangle* *Laguncularia racemosa* 5,5 acres impactados	>2 anos	LEVINGS & GARRITY, 1995

Tabela II.9 - 54: Impactos e tempo de recuperação de árvores de manguezais em oito vazamentos de óleo e cinco locais.

Localização	Tipo de Óleo	Impactos no manguezal	Tempo de Recuperação	Bibliografia
Refinaria de Duque de Caxias, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro: 2000	Óleo combustível MF380	Mortalidade massiva de mangues jovens (26-98%)	>5 anos	SOARES *et al*., 2006

Legenda: * Único estudo em que foi observada a recuperação das árvores da região exposta do manguezal.

Nos ambientes tropicais, onde o clima é mais quente e há mais luminosidade, a degradação do óleo é mais rápida (NOAA, 1994), assim como nas áreas do manguezal onde a inundação é maior, onde os teores de hidrocarbonetos irão diminuir mais rapidamente (GARRITY *et al*., 1994). A recuperação da vegetação pode ser avaliada pela restauração das clareiras, já que esse processo acontece através do recrutamento periódico e sobrevivência de plântulas e propágulos nas áreas afetadas, gerando a recomposição do bosque. Durante todo esse processo, os efeitos tóxicos da contaminação crônica pela redisponibilização do óleo enterrado no sedimento e o impacto físico da queda e arraste de árvores e raízes mortas costumam causar atrasos na recuperação (GETTER & LEWIS, 2003). Após cinco a sete anos do evento, a estrutura do bosque se torna mais estável e a contaminação se torna menor.

Alguns autores sugerem que os manguezais podem levar entre 10 e 50 anos para se recuperar, sendo esse valor determinado não apenas pela taxa de degradação do óleo, mas também pelo restabelecimento de todo o equilíbrio ecológico do ecossistema, incluindo o repovoamento com árvores e consequente recuperação de toda fauna e flora associadas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2003).

Em um estudo realizado no Panamá, 10 anos após um vazamento de óleo, foi observado que a população de árvores viáveis era apenas metade da original (BOYD *et al*., 2001). Em outro estudo, 20 anos de observação e amostras de substrato revelaram a persistência do óleo no ambiente e a diminuição do repovoamento dos manguezais, bem como a erosão do substrato (SCHULER & BACA, 2007).

BURNS *et al.* (1993) estimaram um período de 20 anos de recuperação para um derramamento de óleo em manguezal no Panamá. DUKE & BURNS (1999) verificaram que um manguezal impactado por óleo na Austrália só se recuperou 25 anos após o evento, quando não foi mais detectado óleo no sedimento.

De acordo com NOAA (2002), a dinâmica de marés é crítica para determinar a recuperação do manguezal, podendo o ecossistema levar mais de 30 anos para se recuperar. Após 29 anos de um vazamento de óleo em Porto Rico, as florestas exteriores tinham se recuperado totalmente, no

entanto, parte da floresta que ocupava a zona de marés ainda estava se recuperando. BARTH (2002) considera que a recuperação dos manguezais no Kuait, no vazamento ocorrido durante a Guerra do Golfo, foi mais rápida do que a dos marismas da região, devido à fortes correntes, uma alta taxa de inundação e uma rede de estreitos canais, o que facilitou a limpeza natural do ecossistema.

WASSERMAN *et al*. (2002) propõem o estabelecimento de uma ordem de grandeza temporal para a recuperação de manguezais atingidos por vazamentos de óleo, levando-se em consideração a taxa de degradação do óleo no ambiente, conforme **Tabela II.9 - 55**.

Tabela II.9 - 55: Ordem de grandeza temporal de cada um dos processos de degradação do ambiente manguezal quando de significativa contaminação por óleo.

Tempo de exposição	Impactos observados
Agudo	
0 a 15 dias	Morte de aves, tartarugas, peixes e invertebrados.
15 a 30 dias	Desfoliação, morte de pequenas árvores de mangue e desaparecimento das comunidades associadas às raízes.
Crônico	
30 dias a 1 ano	Desfoliação e morte de árvores maiores (1 a 3 m), danos irreparáveis aparecem nos tecidos das raízes.
1 a 5 anos	Morte das grandes árvores de mangue (mais de 3 m). Nas sobreviventes, ocorre perda das raízes sujas de óleo e crescimento de outras raízes (mas frequentemente deformadas).
1 a 10 anos	Redução da produção de serrapilheira, redução da capacidade de reprodução e redução da sobrevida de plântulas.
10 a 50 anos (?)	Recuperação completa.

Fonte: WASSERMAN *et al.*, 2002.

Os manguezais têm sidos expostos ao óleo tanto por vazamentos individuais, geralmente associados a efeitos agudos, como por poluição crônica, associados a pequenos vazamentos de refinarias e descartes de tanques de armazenamento. De acordo com NOAA (2002), a extensão dos danos aos manguezais não é aparente por muitos meses ou anos após um incidente, independentemente do tipo de combustível e a extensão da resposta. A **Tabela II.9 - 56** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos manguezais.

Tabela II.9 - 56: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os manguezais.

Vazamento	Efeitos reportados
1973: *Zoe Colocotronis*, La Parguera, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 1,58 milhões de galões de óleo cru.	Houve desfolhação e morte da vegetação durante os três anos após o vazamento. Um estudo realizado oito meses após o vazamento identificou que, apesar da concentração de óleo permanecer alta, a substância já estava altamente degradada, sugerindo que os componentes tóxicos já teriam sido eliminados após cerca de meio ano. Entretanto, onze anos após o vazamento foi encontrada uma concentração de 10.000 a 100.000 ppm em uma camada de 6 cm abaixo do sedimento aparentemente limpo.

Tabela II.9 - 56: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os manguezais.

Vazamento	Efeitos reportados
1978: *Peck Slip*, Porto Rico. Volume do óleo derramado: entre 440.000 e 450.000 galões de óleo.	Foi estimado que 3,5 toneladas de óleo cobriram as raízes dos manguezais. Com dois a três meses houve desfolhação em alguns manguezais, que continuou ocorrendo na vegetação mais atingida entre 10 e 18 meses depois.
1986 e 1999: *Jet Fuel*, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 1986 – 59.000 galões de combustível. 1999 – 112.000 galões de combustível.	1986: Após dez dias do vazamento foram observados efeitos visíveis em árvores adultas. Pesquisas detalhadas realizadas cinco meses depois encontraram a maioria das árvores adultas mortas ou desfolhadas. 1999: Neste incidente, os manguezais da enseada de maré foram altamente danificados. Em uma das áreas foi observada alguma recuperação após dois anos do vazamento. No entanto, em outra área, não houve sinais de recuperação. Do total de 50 acres de manguezal afetado, aproximadamente 30 acres não mostraram sinais de recuperação após dois anos.
1991: Barcaça *Vesta Bella*, Ilhas Virgens americanas. Volume do óleo derramado: desconhecido.	Os mangues brancos do local sofreram alta desfolhação, mas também alto crescimento após seis a doze meses do vazamento. Houve algum sinal de clorose e nenhum sinal de óleo nas raízes. Os mangues vermelhos continuaram saudáveis.
1992: Navio-tanque *Era*, Sul da Austrália. Volume do óleo derramado: 974.000 galões de uma mistura de diesel e óleo residual pesado.	O óleo penetrou 50 m no manguezal, cobrindo folhas, caules, troncos e sedimento. Três meses após o vazamento foi observada uma extensiva desfolhação em uma determinada área e, após os quatro anos de estudo, a área afetada ainda não havia se recuperado.
1968 e 1986: Tanques de armazenamento Witwater e Texaco, Bahia Las Minas, Panamá. Volume do óleo derramado: 1968: 588.000 galões de óleo diesel e combustível. 1986: 10,1 milhões de galões de óleo cru.	1968 (Witwater): Tanto as árvores de mangue vermelho como de mangue preto foram altamente atingidas pelo óleo e a maioria das mudas de mangue vermelho foi morta. O óleo também danificou muitos organismos que habitam o manguezal e 4% da área total da floresta de mangue foi completamente desmatada cinco anos após o vazamento. Grande parte da área tinha novo recrutamento onze anos após o vazamento, porém 3 ha foram perdidos pela invasão do mar. Vinte e três anos após o vazamento os impactos do óleo permaneciam no manguezal. 1986 (Texaco): Um total de 82 km de costa foi altamente impactado pelo óleo, incluindo alguns manguezais recuperados do vazamento de 1968. Um estudo detalhado das árvores do manguezal mostrou que as mudas de um a dois anos sobreviveram, enquanto as árvores adultas ao redor não. Estudos posteriores indicaram que a recuperação estava bem avançada em 1992 devido, em parte, a uma extensiva restauração. No entanto, aproximadamente 5 ha de floresta foram perdidos pela invasão do mar e houve grandes diferenças entre as áreas expostas e abrigadas. Mesmo a quantidade de óleo derramada no vazamento de 1986 sendo dez vezes maior do que em 1968, os danos para os manguezais não foram dez vezes maior. Diversos fatores como ventos mais calmos, marés mais baixas, diferentes tipos de óleo e o longo tempo de intemperismo antes do impacto resultaram em uma menor toxicidade.
1993: Barcaça *Bouchard B-155*, Baía de Tampa, Flórida. Volume do óleo derramado: 338.000 galões de óleo combustível.	Árvores adultas de mangue vermelho se deterioraram com moderada a alta desfolhação e apodrecimento de raízes. Um a dois anos após o derramamento e limpeza da área, estudos sugeriram que efeitos subletais podem ser comuns em mangues com óleo.

Tabela II.9 - 56: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os manguezais.

Vazamento	Efeitos reportados
2000: Refinaria de Duque de Caxias, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Volume do óleo derramado: 1,3 milhões de litros de óleo combustível.	O acidente resultou na morte massiva de grande parte da vegetação de mangue e, devido ao período da maré, grande parte do óleo acumulou-se no fundo, causando grande impacto na comunidade bentônica. Após cinco anos de monitoramento, observou-se que a floresta indicou apenas um processo de regeneração em estágio inicial. Entretanto, ainda existem vários indícios de que o óleo presente no substrato local ainda esteja afetando esse processo de forma a limitar o potencial máximo de regeneração.

Fonte: NOAA (2002); SOARES *et al.* (2006).

É importante salientar que muitos autores estimam tempos de recuperação para manguezais impactados por óleo, porém, deve-se atentar para o fato de que nem todos representam a realidade encontrada neste estudo, pois contam com agentes que agravam o impacto gerado. Como exemplo, podem-se citar alguns casos:

- SANTOS *et al.* (2012) analisaram o impacto de um vazamento de óleo cru ocasionado pelo rompimento de um oleoduto em terra sobre manguezais às margens do canal de Bertioga, na Baixada Santista (SP), Sudeste do Brasil. Comparando com dados anteriores ao vazamento, foi possível identificar uma recuperação progressiva, com uma diminuição no número de lacunas entre as árvores, aumento de área das zonas interna e de franja e diminuição da área da zona de transição. Os resultados mostram que 22 anos após o vazamento, o manguezal estava coberto por árvores mais baixas e com menor diâmetro do que as árvores que ocupavam o mesmo ambiente antes do incidente. Mesmo assim, esse caso não reflete a realidade já que, segundo estudo feito por KINGSTON (2002), deve-se considerar que vazamentos costeiros apresentam maior gravidade do que vazamentos ocorridos em áreas oceânicas. O mesmo autor afirma ocorrer evaporação e dispersão de partículas de óleo durante a sua viagem até a costa. Dessa forma, o óleo perde grande parte de seus componentes tóxicos e não se mostra tão impactante quanto um óleo em seu primeiro estágio de vazamento (NOAA, 2002).
- Ao analisarem as estimativas de tempos de recuperação para manguezais atingidos por vazamentos de óleo na Austrália e no Panamá, DUKE *et al*. (1999) obtiveram um valor médio de 36 anos. Uma vez que entre os casos analisados estão incidentes ocorridos na costa e em locais posteriormente atingidos por catástrofes climáticas como furacões (o que aumenta o tempo de recuperação), o tempo médio de recuperação sofre automaticamente um aumento. Desta forma, esse valor não deve ser tomado como base para recuperação de manguezais atingidos por evento único de vazamento em alto mar. Além disso, DUKE *et al*. (1999) afirmam em seu estudo que todos os manguezais australianos estudados pertencem a ambientes temperados e que, por esse motivo, possuem tempo de recuperação maior quando

comparados aos manguezais de regiões tropicais. Esse argumento é corroborado pela IPIECA (1993), em estudo que defende que a degradação do óleo é significativamente mais rápida em regiões tropicais.

- No trabalho realizado por GETTER & LEWIS (2003), observações feitas através do levantamento de estudos sobre manguezais que sofreram impactos com vazamento de óleo demonstraram que após 21-30 anos, a maioria dos manguezais estava praticamente recuperado em sua totalidade, com copas fechadas, porém, com árvores de tamanhos menores. Deve-se considerar que, entre os manguezais avaliados, estavam também aqueles afetados por múltiplos vazamentos ou catástrofes ambientais, o que, como já visto, contribui para o aumento do tempo de recuperação.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

As áreas ocupadas por manguezais foram delimitadas a partir do mapeamento mais recente publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018). Os resultados encontrados são apresentados nas **Figura II.9 - 61** e **Figura II.9 - 62** e na **Tabela II.9 - 57**. Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo para vazamentos de pequeno e médio volumes (8m³ e 200 m³, respectivamente).

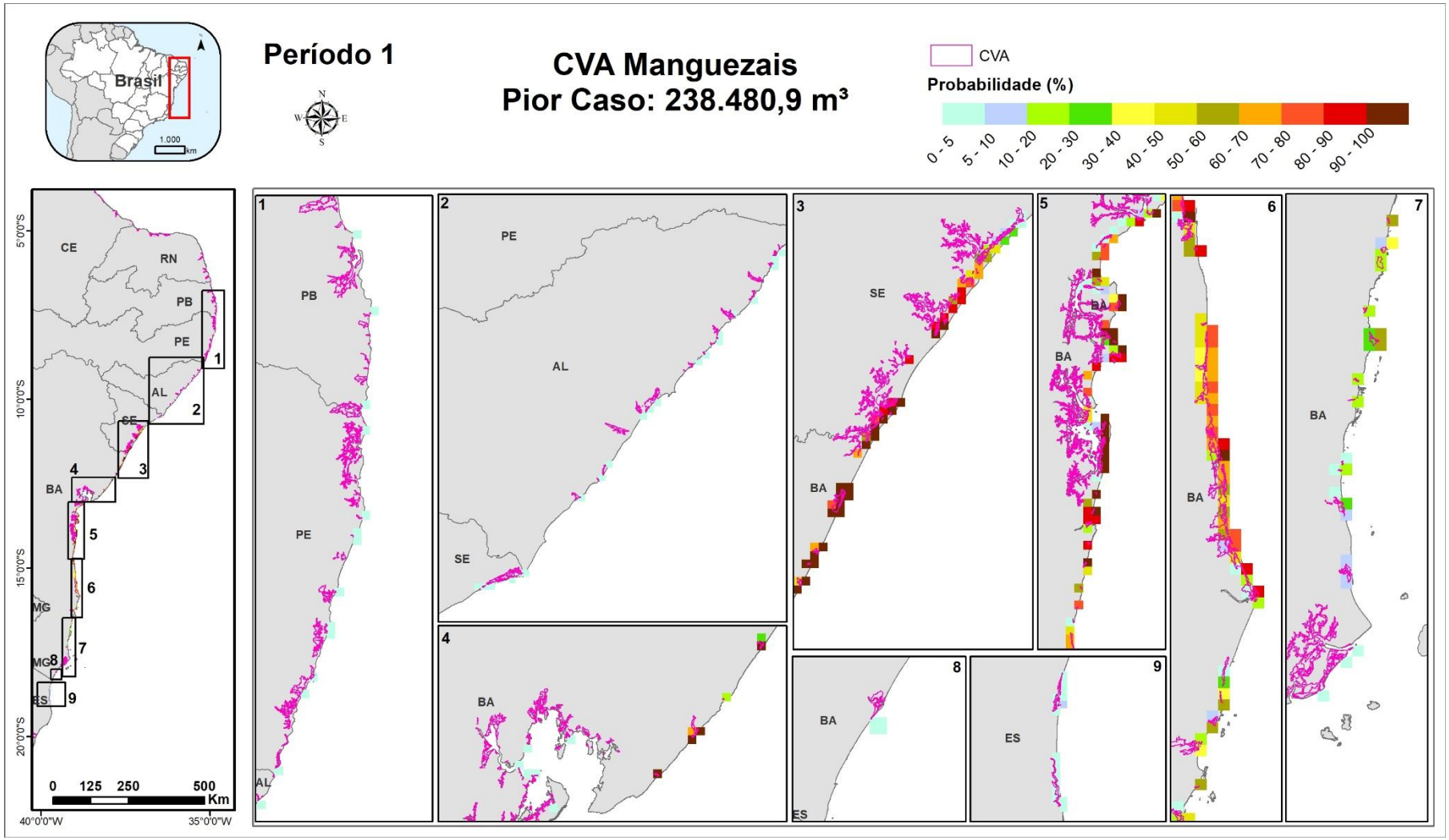


Figura II.9 - 61: Probabilidade de presença de óleo no CVA Manguezais no Cenário 5 (Pior caso – Período 1).

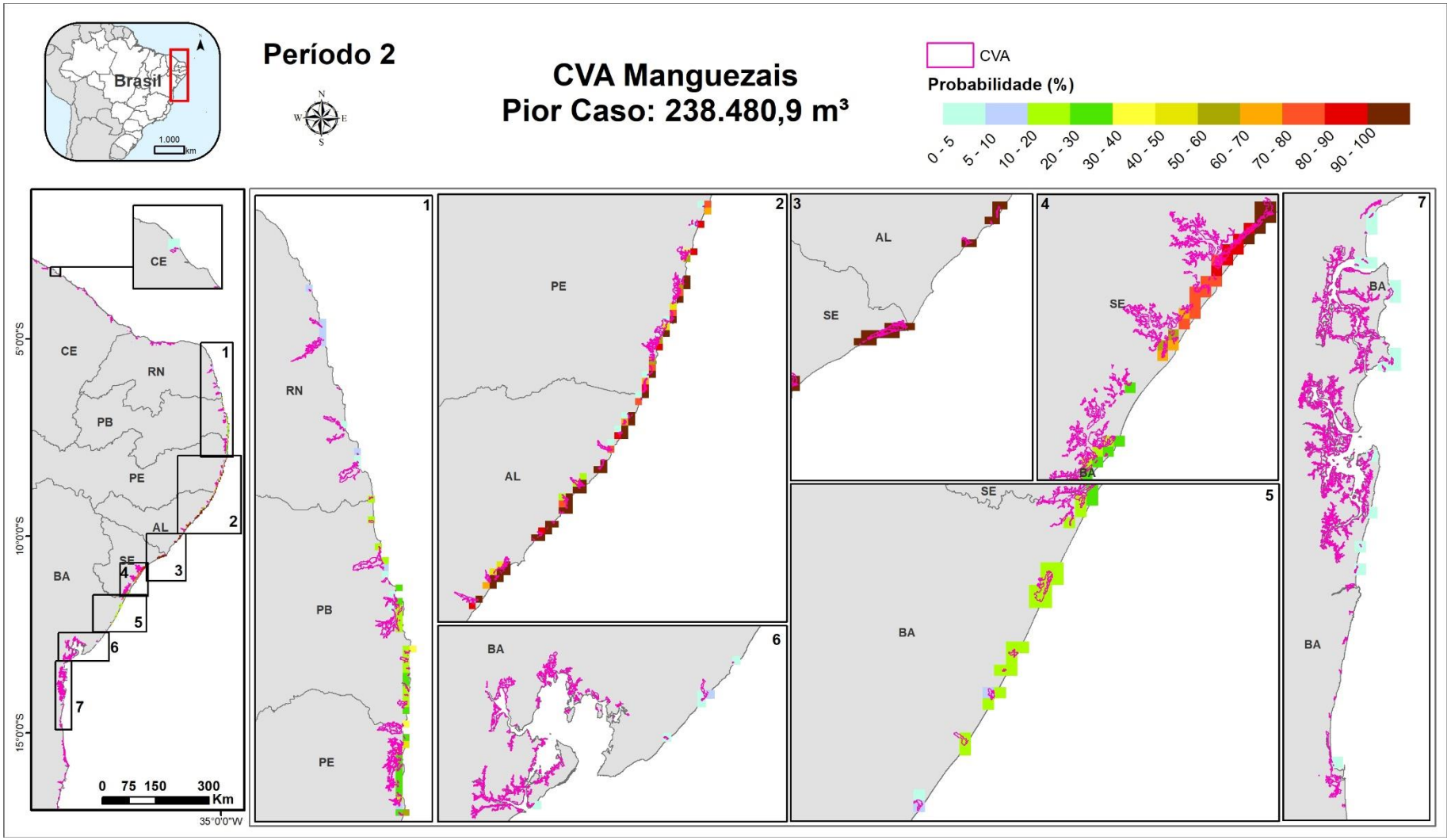


Figura II.9 - 62: Probabilidade de presença de óleo no CVA Manguezais no Cenário 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 57: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Manguezais.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	100	2,9 dias
6	Período 2	238.480,9	100	2,4 dias

A probabilidade máxima de toque neste CVA foi de 100% em ambos os cenários relacionados a um vazamento de pior caso. Destaca-se ainda que, para os volumes de 8m³ e 200m³, não houve probabilidade de toque de óleo no CVA Manguezais. O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi elevado, sendo de aproximadamente 2,4 dias.

Conclusão

A região com probabilidade de toque de óleo está localizada em área de clima tropical e, por isso, espera-se que a degradação do óleo seja substancialmente mais rápida do que aquelas descritas neste documento, com base em estudos dirigidos a áreas de clima temperado.

Ainda assim, reconhece-se a importância dos manguezais como filtro biológico e habitat para espécies produtoras e exportadoras de detritos, controladoras da hidrodinâmica e da erosão, além de estabilizadoras da linha costeira (KILCA *et al.*, 2010). Por esse motivo, o tempo de recuperação desse componente será definido como sendo maior de 10 anos, podendo chegar até 30 anos.

Com relação à probabilidade de toque de óleo no CVA Manguezais, ela ocorreu no Cenário 5 (Pior caso – Período 1) e no Cenário 6 (Pior caso – Período 2), com probabilidade máxima de toque de 100%.

- **CVA COSTÕES ROCHOSOS**

Os costões rochosos constituem ecossistemas marinhos de substrato consolidado. Tais afloramentos rochosos podem formar paredões verticais que, além de ocuparem a região de influência das marés, podem se estender por vários metros acima e abaixo do nível da água, ou então apresentar-se na forma de rochas fragmentadas (MORENO & ROCHA, 2012). Dependendo da orientação, podem apresentar diferentes graus de exposição às ondas (MORENO & ROCHA, 2012). Dentre os ecossistemas marinhos costeiros, os costões rochosos são considerados de grande relevância, pois apresentam alta riqueza de espécies de importância ecológica e econômica, grande biomassa e alta produtividade, em

virtude do grande aporte de nutrientes oriundos dos sistemas terrestres (COUTINHO & ZALMON, 2009).

Quanto à composição faunística, os costões rochosos apresentam uma rica e complexa comunidade. O substrato duro favorece a fixação de larvas de diversas espécies de invertebrados, sendo comum a ocupação do espaço por faixas densas de cracas, mexilhões e ostras, além de diversas espécies de macroalgas, muitas das quais formando também densas coberturas na rocha (LOPES, 2007). Os organismos sésseis fornecem abrigo e proteção para uma grande variedade de animais, servindo também como substrato para a fixação de outros organismos (LOPES, 2007). Os grupos animais mais comuns nesse ambiente são crustáceos, moluscos, poliquetas, esponjas, tunicados, equinodermos, cnidários e briozoários. Entre as algas, as vermelhas (Rhodophyta) são as mais abundantes quanto ao número de espécies, seguidas pelas verdes (Chlorophyta) e pardas (Phaeophyta) (COUTINHO, 2004; LOPES, 2007).

Na porção sob efeito das marés, os costões rochosos são subdivididos nas zonas supralitoral, que recebe apenas os borrifos das ondas e marés excepcionalmente altas; mediolitoral, que se encontra sob ação direta das marés; e infralitoral, região do costão rochoso permanentemente submersa (COUTINHO, 2004). Costões rochosos entremarés são tipicamente ambientes de transição, em que as variáveis físicas podem sofrer consideráveis alterações diárias devido à exposição periódica ao meio aéreo nas marés baixas (LOPES, 2007). Durante esses períodos, a comunidade exposta é submetida a variações de temperatura, dessecação, aumento ou redução da concentração salina corpórea (pela evaporação ou diluição), redução do fornecimento de oxigênio e nutrientes e acúmulo de excretas (LOPES, 2007).

Devido à presença destes fatores ambientais de estresse, a comunidade apresenta estrutura espacial peculiar, denominada de zonação, que ocorre de acordo com o grau de sensibilidade de cada espécie aos gradientes ambientais verticais, em associação com as interações biológicas intra e interespecíficas, como predação e competição (COUTINHO, 1995). Dois fatores ambientais de grande importância tomam parte na complexidade das comunidades de costão rochoso: o grau de hidrodinamismo, determinado principalmente pelo impacto das ondas, e a complexidade do substrato (CARVALHAL & BERCHEZ, 2005). Em relação ao hidrodinamismo, reconhece-se basicamente dois tipos de costão rochoso: exposto/batido e protegido. No primeiro tipo, o elevado grau de hidrodinamismo é um dos principais responsáveis pela mortalidade de organismos mais frágeis, o que resulta em um ambiente com menor diversidade de espécies. Os costões rochosos abrigados, por sua vez, apresentam alto nível de complexidade, resultando numa grande riqueza de espécies (CARVALHAL & BERCHEZ, 2005).

Impactos do Óleo sobre os Costões Rochosos

Os efeitos do óleo nos costões rochosos podem ser tanto físicos quanto químicos, com potenciais impactos agudos e efeitos subletais. O aumento da biomassa das espécies menos sensíveis e o declínio daquelas mais sensíveis aos efeitos tóxicos do óleo são consequências bem conhecidas dos derrames de óleo nos costões rochosos (KOTTA *et al*., 2008). Em geral, os impactos agudos costumam ser a mortalidade dos herbívoros, que são mais sensíveis, especialmente os gastrópodes, podendo levar à proliferação posterior de algas verdes oportunistas (SOUTHWARD & SOUTHWARD, 1978; HOUGHTON *et al*., 1996; MORRELL, 1998). Os depositívoros costumam se beneficiar do aumento da matéria orgânica, enquanto os efeitos negativos podem ser os impactos físicos do recobrimento por óleos pesados nos organismos, o que pode causar asfixia ou o entupimento do aparato alimentar dos filtradores (ELMGREN *et al*., 1983; BERGE, 1990). Dentre os efeitos subletais pode-se destacar a narcotização, especialmente com relação aos óleos leves como o diesel, que desprende o animal da rocha e o deixa vulnerável ao impacto das ondas (STIRLING, 1977).

De maneira geral, a persistência do óleo em costões rochosos expostos é baixa, uma vez que o mesmo não penetra no substrato, sendo rapidamente removido pela ação das ondas. No entanto, os costões rochosos podem ter micro-ecossistemas, como fendas abrigadas, fissuras e poças, onde espécies vulneráveis encontram proteção, assegurando a manutenção de suas populações (NOAA, 2005).

De acordo com NOAA (2005), durante diferentes acidentes com vazamentos de óleo, foram observados os seguintes efeitos em costões rochosos expostos: o óleo depositado é rapidamente removido das partes expostas; o óleo mais resistente pode permanecer como uma faixa acima ou na linha da maré alta e os impactos nas comunidades entremarés são esperados como sendo de curta duração (uma exceção poderia ser onde altas concentrações de produto leve refinado chega à costa rapidamente).

Os costões rochosos abrigados são muito mais sensíveis ao efeito do óleo do que os costões rochosos expostos. Nesses ambientes, há uma grande dificuldade do óleo ser disperso e eliminado naturalmente, uma vez que a ação das ondas e correntes é mínima. Assim, o óleo pode permanecer nas rochas por muitos anos, impedindo ou dificultando o processo de recuperação da comunidade atingida (LOPES, 2007). Além disso, os organismos que vivem nos costões rochosos abrigados são mais sensíveis ao óleo pois, muitas vezes, não possuem conchas ou carapaças para sua proteção (LOPES, 2007).

Tempo de Recuperação

Dentre os fatores que podem ser destacados por influenciar mais diretamente no tempo de recuperação dos costões rochosos, os principais são: o grau de exposição às ondas, a presença de áreas menos impactadas próximas (que atuem como fontes de larvas) e o tipo de óleo vazado no acidente (MILANELLI, 1994; KINGSTON, 2002). Alguns tipos de óleos são mais resistentes à degradação e agravam os possíveis impactos causados por danos físicos, enquanto outros, mais leves, porém mais tóxicos, têm um maior potencial para gerar impactos químicos no ambiente. Outros fatores que também são passíveis de influenciar na recuperação são a inclinação e a porosidade do costão, além da época de ocorrência do acidente (BAKER, 1999; IPIECA, 1996).

O processo de recuperação consiste, primeiramente, num aumento das espécies oportunistas e, depois, na sua gradual substituição pelas mais sensíveis Ao longo do tempo, a riqueza de espécies se recompõe e, posteriormente, a abundância retorna a valores semelhantes aos de antes do evento, dentro da faixa de variabilidade esperada para esses ambientes. Devido à forte interação biológica entre todos os componentes das comunidades bentônicas dos costões rochosos e que determinam muito da dinâmica do sistema, qualquer alteração na abundância de alguma espécie chave é capaz de produzir fortes efeitos diretos e indiretos nos outros componentes (PAINE, 1966; MENGE *et al*., 1994; PETERSON *et al*., 2003).

IPIECA (1996) afirma que, mesmo que os danos sejam consideráveis, as comunidades presentes em costões rochosos se recuperam em três ou quatro anos, pois muitas das espécies presentes têm grande potencial de se restabelecer. Entretanto, efeitos em longo prazo podem ocorrer em certas circunstâncias, por exemplo, se grandes quantidades de óleo viscoso atingir uma área costeira protegida da ação das ondas. Algumas espécies de moluscos podem ser mais sensíveis e um tipo de óleo particularmente tóxico pode causar a morte de um grande número de organismos.

LOPES *et al*., (1997) realizou um estudo em 17 costões rochosos localizados ao longo do Canal de São Sebastião, litoral de São Paulo, entre novembro de 1992 e maio de 1995, após um derramamento de óleo, com o objetivo de avaliar os possíveis efeitos nesses ambientes. Os resultados mostraram que, apesar do petróleo ser um produto pesado e, portanto, com efeito potencial de recobrimento, e exibir elevada toxicidade, os métodos empregados não constataram qualquer efeito adverso (mortalidade) sobre as populações de craca (*Chthamalus* sp.) atingidas. Isso possivelmente ocorreu porque o óleo não chegou a recobrir essas populações e as condições meteorológicas favoráveis na ocasião dos derrames diminuíram a toxicidade dos produtos.

A Tabela II.9 - 58 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos costões rochosos e áreas marinhas adjacentes, mostrando a complexidade e variabilidade desse tipo de acidente.

Tabela II.9 - 58: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os costões rochosos.

Vazamento	Efeitos reportados
1968: Navio-tanque SS Witwate, Panamá. Volume do óleo derramado: 20.000 barris de óleo diesel.	Um estudo conduzido dois meses após do vazamento mostrou que não houve grandes impactos aos corais. Isso ocorreu, provavelmente, porque os corais da região não são expostos, não havendo contato direto com o óleo (NOAA, 2010a).
1987: Navio Nella Dan, Macquarie Island (região sub-antártica). Volume do óleo derramado: 120 toneladas de óleo diesel e 5 toneladas de óleo lubrificante.	Um estudo sobre o impacto do acidente na Ilha Macquarie mostrou que comunidades da macrofauna de costões rochosos ainda mostravam evidências de impacto sete anos após o acidente (SMITH & SIMPSON, 1998).
1989: Navio Exxon Valdez, Alasca. Volume do óleo derramado: 41 milhões de litros de petróleo.	Em 1991 a cobertura de algas e a abundância de invertebrados nos costões rochosos atingidos pelo óleo tinham retornado às condições semelhantes àquelas observadas em áreas não atingidas. Entretanto, a ampla flutuação da cobertura de algas nas áreas contaminadas causou uma subsequente alteração na estrutura da comunidade. O dossel de *Fucus* foi inicialmente eliminado na maioria das áreas que sofreram limpeza profunda, eliminando assim, a proteção contra predação, dessecação e abrasão fornecida por essa alga para os organismos da região entremarés. Até 1997, as populações de *Fucus* ainda não tinham se recuperado totalmente na zona superior dos costões rochosos voltados diretamente para o sol, mas em muitos locais, a recuperação da comunidade entremarés tem sido substancial (EVOSTC, 2010).
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume do óleo derramado: 6,3 milhões de barris de óleo.	No vazamento de óleo ocorrido durante a Guerra do Golfo, todos os costões rochosos foram danificados. No entanto, a ação das ondas acelerou a degradação do óleo e ajudou na regeneração desses ecossistemas. De acordo com BARTH (2001), dois anos após o acidente todas as espécies-chave estavam presentes e, após quatro anos, foi observada a recuperação da abundância de espécies, quando os costões estavam completamente recuperados.
1994: Canal de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Ruptura de um duto. Volume do óleo derramado: 2.700 m³.	Resultados de testes estatísticos não indicaram diferenças significativas entre o percentual de cobertura das populações monitoradas (mexilhões e mariscos) das amostras feitas antes e após o vazamento. A ausência de mortalidade não significa que o estresse subletal não esteja presente nos indivíduos. Os indivíduos poderiam estar estressados, mas sua resposta fisiológica não resultou em morte ou em outra mudança em abundância. Os testes de toxicidade crônicos e agudos mostraram alta toxicidade ao óleo. A ausência de estresse (i.e. mortalidade) nas populações pode estar associada a fatores como, por exemplo, a área amostrada ter sido altamente contaminada, apesar da grande quantidade de óleo que alcançou as áreas adjacentes. Não existiam efeitos físicos ou químicos do óleo suficientes para alterar a densidade das populações que são consideradas moderadamente resistentes ao óleo (LOPES *et al.*, 1997).

Tabela II.9 - 58: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os costões rochosos.

Vazamento	Efeitos reportados
1999: Navio Erika, Brittany (França). Volume do óleo derramado: 41 milhões de litros de petróleo.	Um ano após o acidente com o petroleiro Erika, foi realizado um estudo na Ilha Groix, França. A macrofauna de diferentes costões rochosos foi monitorada e cada habitat mostrou respostas específicas para os impactos, tendo diferentes padrões de sucessão. Em um dos ambientes houve mudança em termos de abundância, porém não houve variação na riqueza de espécies; nas fendas, ocorreu tanto o desaparecimento de algumas espécies, como a imigração de outras espécies oportunistas; em outro ambiente houve a perda de muitas espécies e, um ano após o vazamento, o ambiente ainda não havia se reestruturado (LE HIR & HILY, 2002).

IPIECA (1996) afirma que mesmo que os danos sejam consideráveis, as comunidades presentes em costões rochosos se recuperam em três ou quatro anos, pois muitas das espécies presentes têm grande potencial de se restabelecer. Entretanto, efeitos em longo prazo podem ocorrer em certas circunstâncias, por exemplo, se grandes quantidades de óleo viscoso atingirem uma área costeira protegida da ação das ondas.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

As áreas ocupadas por costões rochosos foram delimitadas a partir do índice de sensibilidade do litoral mais recente disponível no Brasil, publicado em 2014 (MAREM, 2020). Foram considerados neste CVA os trechos de costa com ISL 1, 2, 6 e 8.

Ressalta-se que para esse mapeamento foi realizado, de maneira conservadora, um buffer, ou seja, ou polígono no entorno da linha de ISL com 20 metros de distância. Com isso, o mapeamento do CVA Costões Rochosos compreendeu também 20 metros da linha da costa para para o mar, onde estão localizados os arenitos de praia, onde é possível encontrar crustáceos, vermetídeos, poliquetas, bivalves, gastrópodes, equinodermos, peixes e cnidários bentônicos, como hidróides, zoantídeos e corais, além de algas calcárias (FERREIRA-JÚNIOR, 2005; PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002; SOARES et al., 2004; SOUSA, 2006; ZANETTI et al., 2013). Dessa forma, as áreas ocupadas pelos costões rochosos contemplam não somente a extensão dos costões rochosos, mas também sua faixa marinha adjacente.

Os resultados referentes ao CVA Costões Rochosos para os cenários em que houve probabilidade de presença de óleo são apresentados nas **Figura II.9 - 63** e **Figura II.9 - 64** e na **Tabela II.9 - 59**. Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo para vazamentos de pequeno e médio volumes (8m³ e 200 m³, respectivamente).

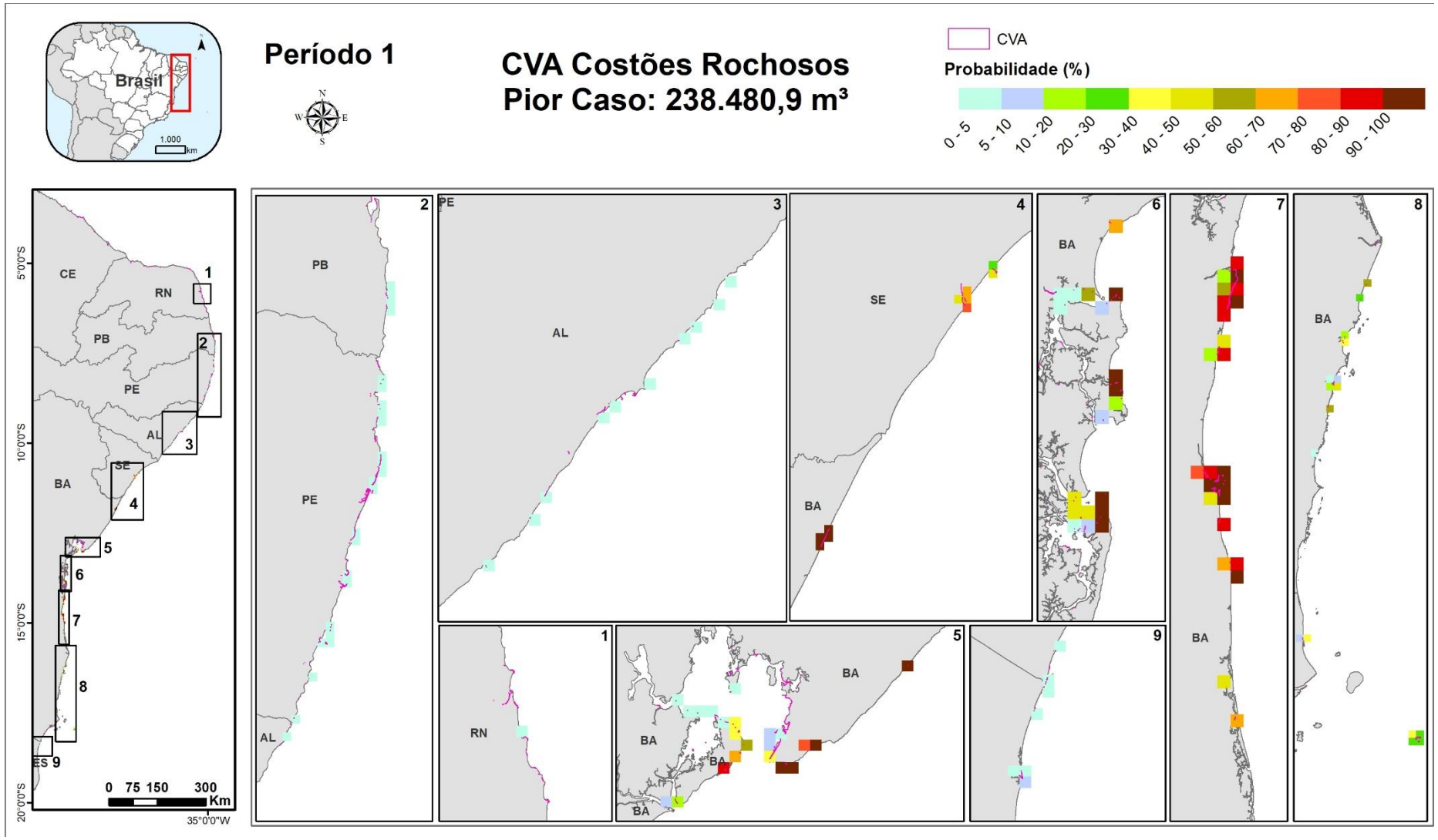


Figura II.9 - 63: Probabilidade de presença de óleo no CVA Costões Rochosos no Cenário 5 (Pior caso – Período 1).

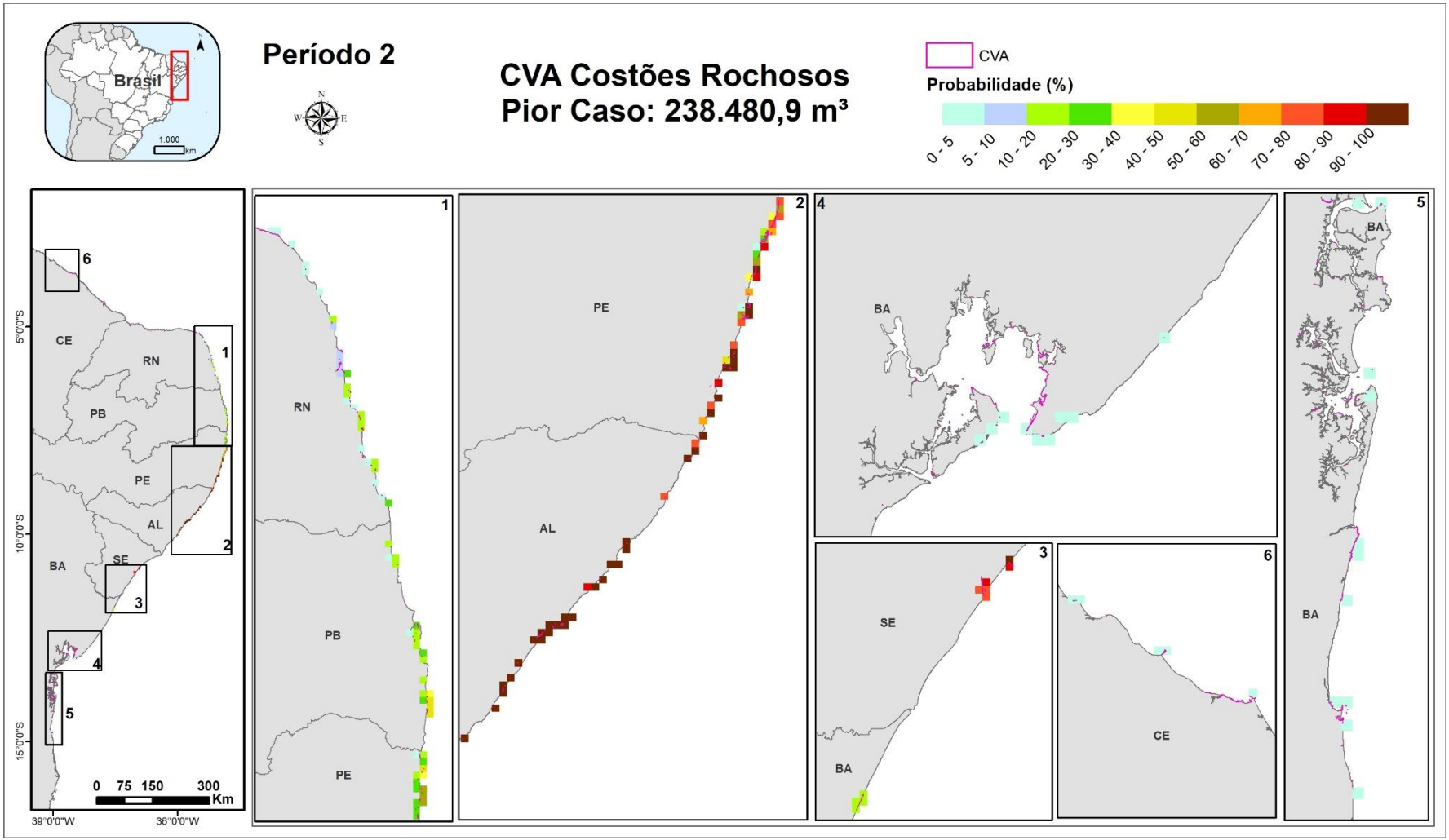


Figura II.9 - 64: Probabilidade de presença de óleo no CVA Costões Rochosos no Cenário 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 59: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Costões Rochosos.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	100	2,9 dias
6	Período 2	238.480,9	100	2,8 dias

A probabilidade máxima de toque neste CVA foi de 100% em ambos os cenários relacionados a um vazamento de pior caso. Destaca-se ainda que para os volumes de 8m³ e 200m³ não houve probabilidade de toque de óleo no CVA Costões Rochosos. O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi de aproximadamente 2,8 dias.

Conclusão

Os costões rochosos são considerados um dos ambientes mais resistentes aos efeitos do óleo, principalmente porque estão expostos à ação de ondas e marés, sendo limpos relativamente rápido pela ação natural (DICKS, 1999; NOAA, 2005; LOPES, 2007). No entanto, costões rochosos abrigados são muito mais sensíveis, pois o óleo pode permanecer por muitos anos nas rochas, dificultando o processo de recuperação.

Em geral, os costões rochosos se recuperam entre três ou quatro anos (IPIECA, 1996), porém efeitos em longo prazo também podem ser observados, principalmente em regiões de clima muito frio, onde há evidência de impactos após sete anos do vazamento (SMITH & SIMPSON, 1998).

De acordo com DICKS (1999), o completo restabelecimento do ambiente pode levar muitos anos em situações extremas, onde áreas muito grandes são afetadas ou onde espécies estão próximas do limite do seu alcance geográfico e a recolonização será lenta. Sendo assim, considerando a importância biológica dos costões rochosos, e também as características da atividade e da região possível de ser impactada, conclui-se que o tempo de recuperação desses ambientes será de três a dez anos.

Com relação à probabilidade de toque de óleo no CVA Costões Rochosos, ela ocorreu no Cenários 5 (Pior caso – Período 1) e no Cenário 6 (Pior caso – Período 2), com probabilidade máxima de toque de 100%.

- **CVA RECIFE DE CORAIS INTERMAREAIS**

Os recifes de corais são, do ponto de vista geomorfológico, uma estrutura rochosa e rígida, edificada por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcário (LEÃO, 1994). Do ponto de vista biológico, recifes coralíneos são estruturas construídas através da ação de comunidades de cnidários, denominados genericamente de corais (LEÃO, 1994). Embora a estrutura básica dos recifes biogênicos seja, em geral, formada pelo acúmulo dos esqueletos de corais, para sua formação é necessária a atuação conjunta de uma infinidade de outros organismos, formando uma complexa teia de associações e de eventos em sucessão. Em alguns recifes, inclusive do Brasil, o crescimento de outros organismos, como as algas calcárias, pode assumir uma relevância igual ou maior que a dos próprios corais (KIKUCHI & LEÃO, 1997).

Os recifes de corais formam ecossistemas altamente diversificados, ricos em recursos naturais e de grande importância ecológica, econômica e social, abrigando estoques pesqueiros importantes e contribuindo para a subsistência de várias comunidades costeiras tradicionais (MMA/SBF, 2002). Dentre os grupos animais presentes nesses ambientes estão as esponjas, cnidários, moluscos, crustáceos, equinodermos, poliquetas, peixes e tartarugas marinhas, além de algas calcárias (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002; CASTRO, 2000).

No Brasil, comunidades coralíneas foram inicialmente registradas do Parcel de Manuel Luís (MA) até os recifes de Viçosa, na área de Abrolhos (BA), além de ilhas oceânicas, como o Atol das Rocas e Fernando de Noronha. Algumas comunidades significativas também são observadas mais ao sul, na chamada “zona de desaparecimento das comunidades coralíneas”, estendendo-se até Cabo Frio (RJ). Os recifes e comunidades coralíneas do Brasil apresentam poucas espécies de corais, sendo que as suas principais espécies formadoras ocorrem somente em águas brasileiras (CASTRO, 2000; MMA/SBF, 2002).

Recentemente, em 2016, MOURA *et al*. descreveram um sistema recifal disposto em uma vasta região geográfica que se estende por 9.500 km^2 entre as bacias sedimentares da Foz do Amazonas, do Pará-Maranhão e de Barreirinhas. Este recife também se destaca por sustentar rendimentos pesqueiros consideráveis, especialmente lagostas (Crustacea: Palinuroidea) e pargos (Perciformes: Lutjanidae), que são alvo de centenas de barcos artesanais e comerciais através de linhas de mão e armadilhas (MOURA *et al*., 2016). Pode-se dizer ainda que os rendimentos de lagostas no sistema recifal amazônico (principalmente *Panulirus argus*, mas também incluindo cinco outras espécies) são equivalentes a 5% da captura total de lagostas nos 23 países do Caribe que exploram esse recurso.

Merece destaque, na área com probabilidade de presença de óleo, os recifes de Maragogi e de Tamandaré, que fazem parte da APA Costa dos Corais, unidade de conservação criada em 1997, cujo

um dos objetivos gerais é garantir a conservação dos recifes de corais e de arenitos. Com uma área aproximada de 400 mil hectares, esta APA abrange desde a região costeira até as 18 milhas náuticas da costa, incluindo toda a plataforma continental e borda do talude (FERREIRA & CAVA, 2001 apud ANP/ECOLOGY, 2020). Os Recifes do litoral de Pernambuco e Alagoas desenvolvem-se em manchas ou bancos alongados, alguns conectados ou em faixas paralelas à costa em profundidades de 5 m a 10 m (LEÃO *et al*.,2016). A grande extensão e complexidade destes ambientes recifais, assim como a alta diversidade, presença de espécies endêmicas e de interesse para conservação, motivaram, em 1997, a criação da APA "Costa dos Corais", localizada entre os municípios de Tamandaré (Pernambuco) e Paripuera (Alagoas) (ANP/ECOLOGY, 2020).

É válido dizer que o ecossistema recifal encontra-se associado ao leito oceânico, que funciona como uma base para crescimento do recife. No entanto, a maior parte dos recifes de corais presentes na área com probabilidade de presença de óleo, em função da variação de marés na região nordeste, fica exposto parte do dia, denominando-se recifes intermareais.

Impactos do Óleo sobre os Recifes de Corais

A severidade dos impactos da exposição dos corais ao óleo e o tempo de recuperação podem variar de acordo com uma série de fatores, como o tipo e quantidade de óleo, a composição e estrutura das espécies e a natureza da exposição ao óleo (IPIECA, 1992; NOAA, 2010a). O óleo pode matar o coral dependendo da espécie e exposição. Corais com colônias arborescentes são mais sensíveis aos impactos por óleo do que corais de colônias massivas. Estudos apontam que a exposição prolongada a baixos níveis de óleo pode matar os corais, assim como exposições com menor duração e maior concentração (LOYA & RINKEVICH, 1980; NOAA, 2010a). A toxicidade crônica do óleo impede a reprodução dos corais, seu crescimento e desenvolvimento. A época do ano em que ocorre um vazamento também pode ser crítica, uma vez que a reprodução e os corais nos primeiros estágios de vida são particularmente sensíveis. No entanto, o cálculo do risco nos corais é complexo e depende de diversos fatores, como o tipo de óleo e as condições do mar (NOAA, 2010a).

De acordo com NOAA (2010a), a toxicidade aguda pode não ser o melhor indicador dos impactos de óleo, pois os efeitos adversos aos corais podem ser percebidos em longo prazo. Resultados de um estudo realizado por Harrison mostrou que exposições a baixos níveis de óleo desintegraram quase completamente os tecidos dos corais depois de 48 horas. Os resultados sugerem que exposições mais longas (4-48 horas) a baixas concentrações de óleo podem ser mais tóxicas do que exposições mais curtas a altas concentrações (NOAA, 2010a), apesar de não haver maiores detalhes sobre os valores dessas concentrações. LEGORE (1989) constatou ainda, após um ano de testes, que os corais de recifes

saudáveis conseguem tolerar exposições breves (1 a 5 dias) ao óleo flutuante, não havendo efeitos observáveis sobre eles. Portanto, apesar de ligeiramente conflitantes, as informações encontradas na literatura científica mostram, em linhas gerais, que eventos de vazamento de óleo crônicos são mais impactantes para os corais do que uma única exposição, mesmo que esta seja mais visível (IPIECA, 1992; LOYA & RINKEVICH, 1980). De acordo com BLUMER et al. (1971) apud LOYA & RINKEVICH (1980), muito tempo após traços visíveis de óleo provenientes de um vazamento em Buzzards Bay desaparecerem, muitas frações de óleo continuaram presentes em quantidades consideráveis nos sedimentos de fundo, a 13 m de profundidade.

Ao contrário dos estudos com toxicidade aguda, quase todos os estudos com efeitos crônicos, ou seja, após determinado tempo, mostram mudanças subletais nos corais expostos, podendo matar toda a colônia. Mesmo envolvendo menores concentrações de hidrocarbonetos, os efeitos crônicos da exposição ao óleo parecem ter maior potencial de comprometimento sobre os corais. Em Israel, por exemplo, dois terminais de petróleo próximos a uma comunidade recifal liberaram pequenas quantidades de óleo ao longo de 10 anos de operação (1969-1979). A exposição crônica ao óleo afetou a reprodução do sistema coralíneo e provocou a queda da diversidade de espécies recifais (corais e peixes) e a diminuição da colonização do recife por corais hermatípicos (LOYA & RINKEVICH, 1979 apud LOYA & RINKEVICH, 1980). O óleo reduz a fertilidade do coral, diminui o sucesso reprodutivo e inibe o desenvolvimento dos estágios primários de vida. A substância também prejudica dois componentes fundamentais para toda a comunidade recifal: a produção primária pelas zooxantelas simbiontes e a transferência de energia através do muco de corais. Outro efeito adverso é a bioacumulação de forma rápida nos tecidos dos corais. Além dos efeitos nos corais, o óleo irá impactar os organismos associados como plantas, peixes e invertebrados, causando danos a todo ecossistema (NOAA, 2010a).

Segundo MARCHIORO & NUNES (2003), os riscos mais elevados de efeitos letais são atribuídos aos recifes da zona entremarés e aos recifes rasos, devido ao contato direto destes com o óleo. Os corais se recuperam lentamente de distúrbios, sejam naturais ou causados pelo homem. O tempo de recuperação de um recife de coral depende de vários fatores, como o grau e tipo de dano, a localização, as espécies afetadas e muitos outros fatores. Segundo NOAA (2010a), a recuperação pode ser medida usando-se o percentual da cobertura de coral afetada, a diversidade de espécies, a altura média da colônia e, em geral, a cor e a saúde do coral. Se os corais foram danificados, mas não foram mortos, os sobreviventes podem se regenerar. No entanto, se a maioria dos corais for morta, a recuperação dependerá quase que exclusivamente do recrutamento e crescimento das larvas provenientes de outras áreas, sendo esse um processo muito mais lento.

No caso de exposição ao óleo, a capacidade de recuperação do coral depende também da viscosidade do derivado de petróleo a ele exposto. Em um estudo realizado em ambientes coralíneos do Caribe, observou-se que as colônias expostas a hidrocarbonetos apresentaram um padrão eficiente de rejeição ao óleo aderido em sua superfície, dependendo do tamanho e densidade das partículas de sedimento de petróleo. O padrão de rejeição é típico de espécies de corais e apresenta taxas mínimas e máximas. A viscosidade do óleo determina o tamanho das partículas. Partículas diminutas (>0,06 mm) são naturalmente removidas através da eliminação da camada mais superficial do tecido do coral. Nesse caso, o contato com partículas físicas aparenta ser menos prejudicial para os corais que os efeitos tóxicos dos óleos (BAK & ELGERSHUIZEN, 1976 apud NOAA, 2010a).

Tempo de Recuperação

A **Tabela II.9 - 60** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos recifes de coral, mostrando a complexidade e variabilidade desse tipo de acidente.

Tabela II.9 - 60: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os recifes de corais.

Vazamento	Efeitos reportados
1967: Navio-tanque RC Stoner, Wake Island, Oceano Pacífico Norte. Volume do óleo derramado: 600.000 galões de mistura de combustível.	O impacto aos corais foi pouco mencionado. Um óleo de cor preta foi observado impregnando corais após a passagem de um furacão no local (NOAA, 2010a).
1968: Navio-tanque SS Witwate, Panamá. Volume do óleo derramado: 20.000 barris de óleo diesel.	Um estudo conduzido após dois meses do vazamento mostrou que não houve grandes impactos aos corais. Isso ocorreu provavelmente porque os corais da região não são expostos, não havendo contato direto com o óleo (NOAA, 2010a).
1973: Navio-tanque Zoe Colocotronis, Bahia Súcia, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 37.000 barris de óleo cru.	Como nos outros casos citados, nesse derramamento também não foi dada a devida atenção aos impactos potenciais do petróleo nos recifes de coral (NOAA, 2010a).
1986: Rompimento de refinaria, Bahia Lãs Minas, Panamá. Volume do óleo derramado: 60.000 a 100.00 barris de óleo cru.	O incidente mostrou ter efeitos letais e subletais em todos os ambientes, incluindo os recifes de coral. A cobertura, tamanho e diversidade dos recifes de coral diminuíram substancialmente após o vazamento. Logo após o vazamento, estudos relataram uma mortalidade extensiva de várias formas e espécies de coral (NOAA, 2010a).
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume do óleo derramado: 6,3 milhões de barris de óleo.	Apesar da grande quantidade de óleo derramada, pode-se dizer que o impacto foi bem menor que o esperado. Alguns recifes de coral foram impactados nesse derramamento, com a morte de várias colônias. No entanto, foi observado um novo crescimento dos corais na parte impactada (NOAA, 2010a).
1993: Navio Pesqueiro Jin Shiang Fa, Refúgio Nacional da Vida Selvagem Rose Atol, Samoa. Volume do óleo derramado: 100.000 galões de óleo diesel, 500 galões de óleo lubrificante e 1,1 toneladas de amônia.	Devido ao naufrágio do navio, houve diversos impactos físicos ao atol. No entanto, os pesquisadores afirmam que os impactos mais graves e generalizados foram devido ao óleo diesel (NOAA, 2010a).

Fonte: NOAA, 2010a.

Apesar dos casos encontrados na bibliografia abordarem efeitos de incidentes em recifes de coral, pouquíssimas informações a respeito do tempo de recuperação dos mesmos após o impacto foram encontradas.

Segundo NOAA (2010a), um ano após o rompimento da refinaria Bahia Lãs Minas, no Panamá, em 1986, ainda era possível encontrar corais recém-mortos. Após três anos do mesmo incidente, ainda era possível observar uma desaceleração do crescimento dos corais e consequente diminuição da sua cobertura no fundo marinho, havendo diminuição de 76% em pequenas profundidades (0.5 - 3 m) e 56% em profundidades um pouco maiores (3 - 6 m). Ainda é válido ressaltar que uma espécie de coral, apesar de ter praticamente desaparecido do local impactado, aumentou sua ocupação em locais não impactados em 38%. Foi também observado que espécies do gênero *Zoanthus* retomaram seus níveis de abundância originais um ano e meio após o incidente (JACKSON et al., 1989).

Em um incidente ocorrido com o navio pesqueiro Jin Shiang Fa, observou-se a necessidade de se realizar a remoção adicional de resíduos provenientes do vazamento cinco anos após o mesmo, tendo havido uma retirada de mais de 100 toneladas de óleo. Sendo assim, análises de monitoramento ambiental mostraram ligeira recuperação dos recifes de coral atingidos, nove anos após o vazamento (NOAA, 2012).

Em seu trabalho, LOYA & RINKEVICH (1980) afirmam que, após o impacto de um vazamento de óleo, a comunidade recifal pode sofrer alterações por longos períodos. O incidente de Tampico Maru, no México, acarretou impactos que determinaram a diferença da abundância de espécies mesmo 12 anos após seu acontecimento (MITCHEL *et al.*, 1970 apud LOYA & RINKEVICH, 1980). No mar vermelho, um incidente com dois terminais de óleo causaram impactos na reserva natural de corais de Eliat, havendo um abalo da estrutura dos corais por efeitos crônicos do óleo, comprometendo sua estrutura reprodutiva. Dez anos após esse incidente, o recife de coral atingido ainda não havia retomado a sua estrutura original (LOYA, 1976 *apud* LOYA & RINKEVICH, 1980).

CONNEL *et al.* (1997) identificaram, a partir da observação das comunidades de corais atingidos por óleo na Grande Barreira de Corais da Austrália que, após 30 anos, foi possível perceber a recuperação total dos distúrbios agudos nesses organismos. Acredita-se que os distúrbios crônicos apresentem um tempo ainda maior de recuperação, porém esta é uma estimativa incerta, haja vista que em muitas situações a recuperação é interrompida por novos incidentes que retardam ainda mais a recuperação completa.

GIRARD & FISHER (2018) avaliaram os impactos do vazamento Deepwater Horizon (ocorrido em 2010 no golfo do México) sobre os corais de água fria do gênero *Paramuricea* sp., que geralmente apresentam vida longa, crescimento lento e, portanto, são particularmente vulneráveis ao impacto

antropogênico, foram monitorados após o vazamento. As colônias foram fotografadas anualmente entre 2011 e 2017 em cinco locais, e as imagens foram digitalizadas para quantificar a saúde, o crescimento de hidróides, identificar a perda de galhos e rastrear os padrões de recuperação. O efeito do impacto inicial na recuperação entre anos consecutivos ainda era visível sete anos após o derramamento, indicando um impacto a longo prazo, não agudo, nas colônias. Os corais feridos também tiveram maior probabilidade de perder galhos, e a perda de galhos ainda era significativamente maior em alguns dos locais afetados entre 2016 e 2017, indicando um efeito contínuo do derramamento, o que pode levar a um atraso na mortalidade (GIRARD & FISHER, 2018).

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Para o mapeamento deste CVA foram usadas as informações provenientes do documento "Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA Nº 09, de 23 de janeiro de 2007" (MMA, 2007), disponível no banco de dados geográficos do Ministério do Meio Ambiente. O arquivo considerado é denominado "Áreas Prioritárias para Conservação de Recifes", para o qual foram selecionados todos os polígonos cuja prioridade fora classificada como alta, muito alta ou extremamente alta.

É válido dizer que os recifes costeiros da região nordeste apresentam carcterística peculiar de exposição durante parte do dia em função da grande variação de maré, conferindo a classificação de recifes intermareais. Por este motivo, ao contrário do que se é usualmente apresentado em análises de risco (utilização de modelagem de óleo no sedimento), foi utilizada a integração da modelagem de coluna d'água e superfície para identificação dos recifes de corais com probabilidade de toque de óleo.

Destaca-se ainda que foram avaliados os recifes localizados afastados da costa, para os quais não há possibilidade de emersão, como o recife biogênico da Foz do Amazonas (MOURA et al, 2016) e o banco de Abrolhos na Bahia. Para estes foi considerada a modelagem de óleo no substrato marinho. No entanto, não foi identificada probabilidade de toque em nenhum recife de coral neste caso.

Considerando que os recifes de corais são ecossistemas estáticos, foram considerados como um CVA fixo. Sendo assim, não houve probabilidade de toque de óleo neste CVA em caso de vazamento de 8 m³ e no Período 1 do vazamento de 200 m³ (Cenário 3). Os resultados referentes ao CVA Recife de Corais para os cenários em que há probabilidade de toque de óleo (Cenários 4, 5 e 6) são apresentados da **Figura II.9 - 65** à **Figura II.9 - 66** e na **Tabela II.9 - 61**.

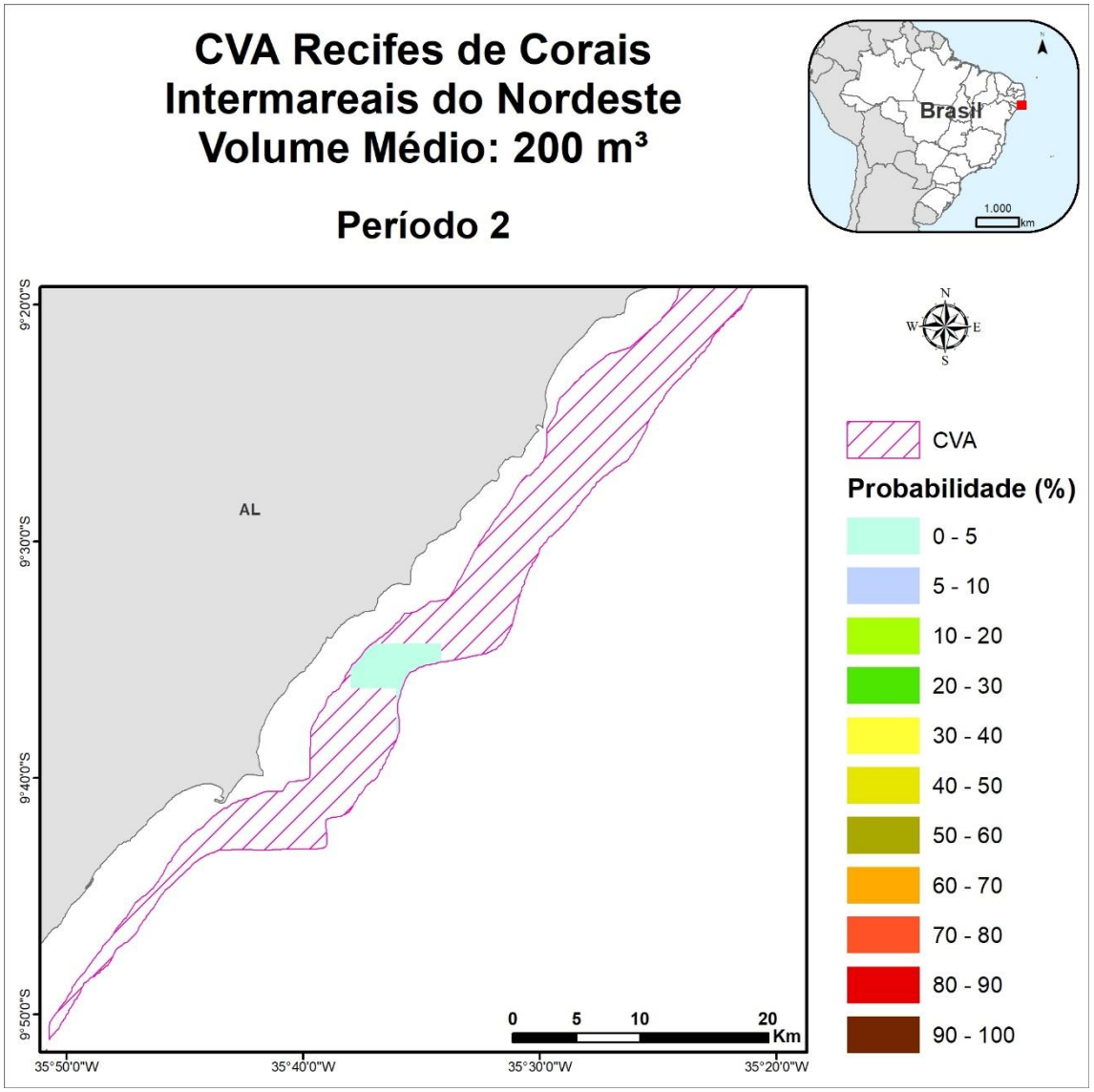


Figura II.9 - 65: Probabilidade de presença de óleo no CVA Recife de Corais Intermareais no cenário 4 (200 m³ – Período 2).

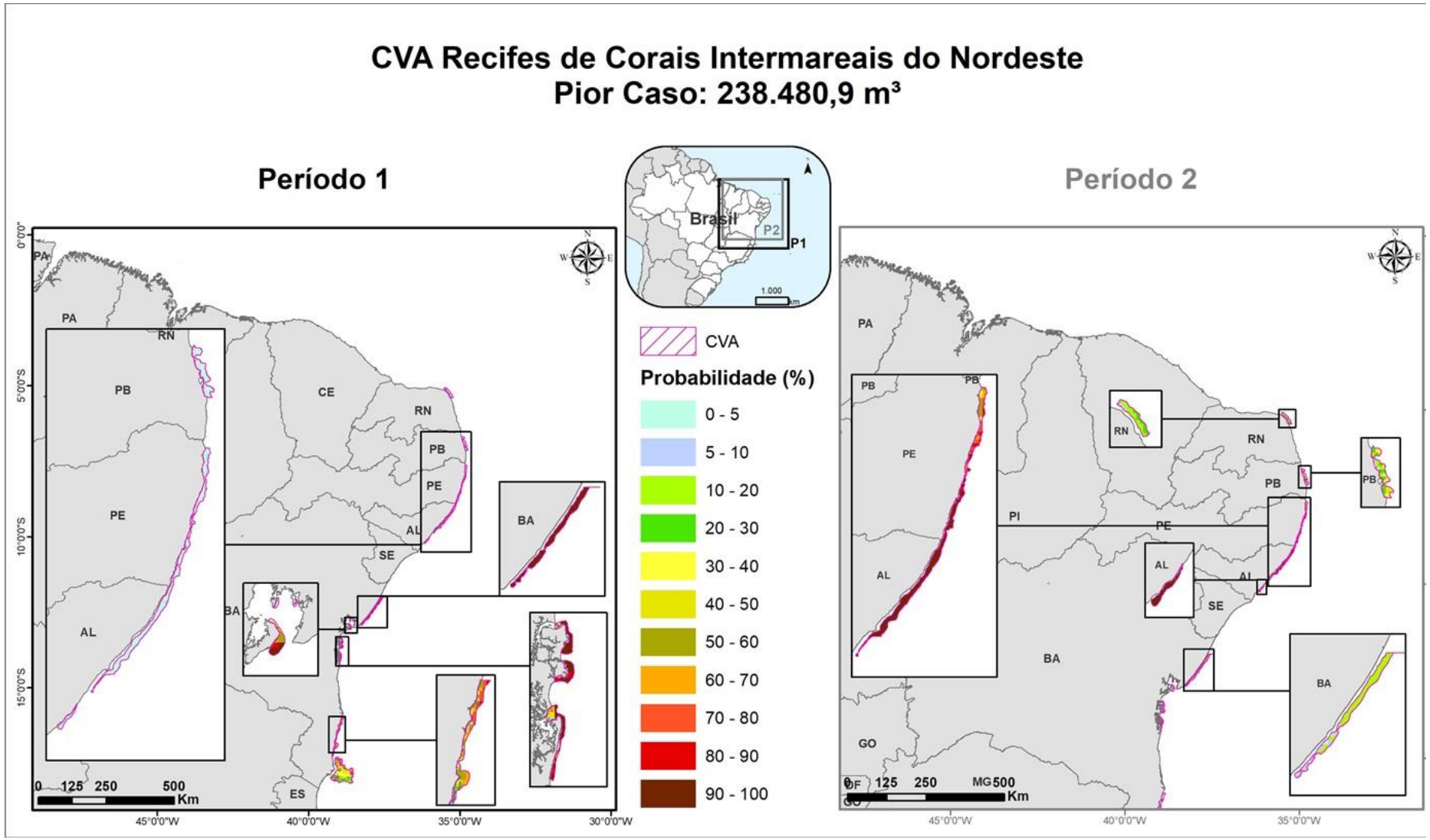


Figura II.9 - 66: Probabilidade de presença de óleo no CVA Recife de Corais Intermareais nos cenários 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 61 : Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA Recife de Corais intermareais em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	0,37	5,6 dias
5	Período 1	238.480,9	100	4 dias
6	Período 2	238.480,9	100	2,5 dias

No cenário 4 (200m³ - Período 2), a probabilidade de toque de óleo foi bem baixa, igual a 0,37%. Já os cenários 5 e 6 (Pior caso – Período 1 e Período 2, respectivamente) apresentaram a mesma probabilidade máxima de toque de óleo, igual a 100%.

O tempo mínimo de chegada de óleo ao CVA foi de 2,5 dias, no cenário 6.

Conclusão

Ainda que existam alguns estudos sobre a recuperação dos recifes de coral, eles se concentram em análises em curto prazo, não prevendo os impactos crônicos (em longo prazo) dos vazamentos de óleo, dificultando a estimativa do seu tempo de recuperação. Alguns estudos científicos publicados na área concentram seu objetivo na análise laboratorial da toxicidade do óleo sobre os corais. Apesar de serem importantes fontes de consulta, essas publicações possuem limitações quanto ao uso em ambientes naturais. Em vazamentos reais, as concentrações de óleo variam e começam a declinar rapidamente devido às próprias ações atmosféricas (NOAA, 2010a) e, por isso, não podem ser igualadas às condições impostas nos ensaios laboratoriais.

Deve-se considerar, ainda, que os efeitos agudos e crônicos causados em corais não são considerados iguais para todas as espécies presentes nos ambientes recifais. Por esse motivo, o estabelecimento do tempo de recuperação do ecossistema de recife de coral de maneira mais ampla se torna ainda mais complexo (JACKSON *et al.*, 1989).

É importante salientar, ainda, que a recuperação dos recifes de coral após a exposição ao óleo irá depender parcialmente da recuperação de outras comunidades associadas, como manguezais e bancos de algas marinhas, os quais podem ser mais seriamente afetados (NOAA, 2010a). Os manguezais possuem uma função primordial na proteção dos ambientes recifais, já que exercem função de berçário para juvenis de muitas espécies lá encontradas, além de exercerem importante papel na filtração da água e no escoamento costeiro (NOAA, 2010a).

Sendo assim, com base nas informações consultadas na literatura, conclui-se que o tempo de recuperação dos recifes de coral a um vazamento de óleo será superior a 10 anos, podendo chegar a 30 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Recife de Corais Intermareais, houve probabilidade de toque de óleo apenas nos cenários 4 (200 m³ - Período 2), 5 (Pior caso – Período 1) e 6 (Pior caso – Período 2), sendo as probabilidades máximas de toque de óleo iguais a 0,37%, 100% e 100%, respectivamente.

- **CVA PRAIAS ARENOSAS (EXPOSTAS E ABRIGADAS)**

As praias constituem sistemas dinâmicos, onde elementos básicos como ventos, água e areia interagem, resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (BROWN & MCLACHLAN, 1990). Podem ser divididas em uma porção subaérea (supra e mediolitoral) e outra subaquática (infralitoral), que inclui a zona de arrebentação e se estende até a base das ondas (WRIGHT & SHORT, 1983).

Quanto ao grau de exposição, as praias podem ser identificadas desde muito expostas a muito protegidas, sendo a variabilidade física resultante da combinação de parâmetros, como nível energético das ondas e granulometria do sedimento. Destes, dependem a morfologia do fundo, o padrão de circulação e a dinâmica de correntes (VILLWOCK, 1987 apud AMARAL *et al.*, 2002).

No que diz respeito à composição biológica dos ecossistemas de praia, a configuração é extremamente variável, dependendo principalmente das características geomorfológicas e hidrodinâmicas dos locais. Dessa maneira, quanto maior o diâmetro do grão e, consequentemente, a declividade da praia, menor a biodiversidade e abundância de espécies (AMARAL *et al.*, 2002). Em contrapartida, as praias de areia média, fina e/ou mista são biologicamente mais ricas, sendo superadas apenas pelas praias lamosas que apresentam uma enorme diversidade e abundância de espécies (LOPES, 2007). Assumindo-se que a comunidade biológica tem suas características definidas pelas condições ambientais, nas praias de areia grossa, pobres em matéria orgânica e fisicamente instáveis, há predominância de animais filtradores, enquanto nas praias lodosas há o predomínio de espécies depositívoras, estimuladas pela maior quantidade de matéria orgânica (LOPES, 2007).

A fauna de praias é composta, principalmente, por animais permanentes, normalmente com distribuição agregada, e pode ser classificada de acordo com o modo de vida (epifauna e infauna) e tamanho dos indivíduos (macrofauna, meiofauna e microfauna). Além disso, devem ser incluídos à fauna de praias arenosas os organismos que visitam temporariamente a praia e/ou dela dependem como fonte essencial de alimento.

De uma maneira geral, a fauna de praias é representada por diversos grupos taxonômicos, tais como Cnidaria, Turbellaria, Nemertea, Nematoda, Annelida, Mollusca, Echiura, Sipuncula, Crustacea, Pycnogonida, Brachiopoda, Echinodermata e Hemichordata. Entre esses, os numericamente mais importantes são Polychaeta, Mollusca e Crustacea. Muitas espécies têm importância econômica direta, como é o caso dos crustáceos e moluscos utilizados na alimentação humana ou como isca para pesca (BROWN & MCLACHLAN, 1990 apud AMARAL *et al.*, 2002).

Outro aspecto importante das praias arenosas é que, devido a disposição junto a um corpo de água, as praias constituem forte atração para o lazer, com significativas implicações econômicas por meio das atividades associadas ao turismo e esportes náuticos. Formam, ainda, importante elemento paisagístico, cuja estética e balneabilidade precisam ser preservadas (MATUELLA, 2007).

Impactos do Óleo sobre as Praias Arenosas

De acordo com MONTEIRO (2003), o ciclo das praias arenosas, representado pela entrada e saída de areia em diferentes épocas do ano, é um fator importante no grau de impacto do petróleo nesses ambientes. Se o contato ocorrer previamente à fase em que há entrada de areia na praia, o petróleo sofre um soterramento pelo sedimento, dando a falsa impressão de que a praia está limpa. No entanto, o óleo se encontra abaixo da areia, chegando a um metro de profundidade em algumas praias e tende a recontaminar o ambiente com a chegada do ciclo destrutivo (retirada do sedimento).

O tipo de substrato também irá influenciar no grau de impacto. Nos substratos não consolidados, como em praias arenosas, o petróleo penetra verticalmente no sedimento, atingindo camadas mais profundas. Quanto maior o tamanho do grão, maior a penetração do óleo no sedimento. Outros fatores que influenciarão no impacto são o tipo de óleo, a presença de tocas de animais e poros de raízes (IPIECA, 2000a). O tipo de comunidade presente também influenciará no grau de impacto. As praias arenosas são ambientes muito dinâmicos, com elevado estresse físico, portanto, possuem espécies mais resistentes e menor diversidade. Organismos que possuem conchas e carapaças externas, como cracas e mexilhões, são mais resistentes, pois a superfície do corpo não entra em contato direto com o petróleo (MONTEIRO, 2003).

Quando o petróleo atinge o sedimento das praias, principalmente a zona entremarés, todos os componentes da comunidade podem ser diretamente afetados. Os danos imediatos são consequência do recobrimento e intoxicação (MONTEIRO, 2003). Poderão ocorrer alterações na estrutura e composição das comunidades, uma vez que haverá alterações nas características físicas e químicas do sedimento, como aumento da temperatura e redução da circulação e renovação da água intersticial. Poderá haver bioacumulação de petróleo pela comunidade biológica de praias, principalmente através

do processo de filtragem da água intersticial pelas espécies filtradoras e pela ingestão direta de sedimento pelas espécies depositívoras. Além disso, algumas perturbações poderão levar a uma redução na diversidade e riqueza, com aumento da dominância de espécies oportunistas e resistentes (MONTEIRO, 2003).

O processo de recuperação das praias afetadas por vazamento de óleo é muito variável, dependendo de diversos fatores, como hidrodinamismo, tipo de sedimento, tempo de permanência do óleo no ambiente, circulação de massas d'água e proximidade de centros de dispersão de espécies. Outro fator importante é a sensibilidade dos organismos presentes no ecossistema (IPIECA, 2000a).

Tempo de Recuperação

Em um estudo sobre o efeito do vazamento da Exxon Valdez no Alaska, em 1989 (PETERSON *et al.*, 2003), constatou-se que a abundância de infauna dos sedimentos declinou e a densidade de moluscos foi reduzida diretamente, sendo que mais de oito anos após o vazamento, a recuperação não era completa. No mesmo estudo foi constatado que os impactos em habitats do infralitoral foram menos intensos do que na zona entremarés. A abundância de caranguejos e estrelas-do-mar foi muito reduzida, com a recuperação de algumas espécies de maior mobilidade ocorrendo em dois anos. Durante quatro anos após o acidente houve redução da densidade de grama marinha e dos animais associados. A abundância de anfípodas declinou drasticamente e não havia se recuperado mais de seis anos após o vazamento. Porém, em geral, muitos invertebrados da infauna do infralitoral aumentaram em abundância, especialmente oligoquetas e alguns poliquetas. De acordo com o autor, esse fato pode ter ocorrido por um aumento de bactérias degradadoras de hidrocarbonetos no sedimento, mas reflete também uma redução de predadores.

BARTH (2008) realizou um estudo sobre os efeitos do vazamento de óleo durante a Guerra do Golfo nos ecossistemas costeiros 10 anos depois. O autor cita que todas as praias foram cobertas por óleo em 1991 e em torno de 80% delas haviam se recuperado em 2001, embora os resíduos de óleo continuassem na areia. Apesar disso, a composição das espécies era similar aos locais de controle sem óleo. Na maioria dos casos a energia física das ondas é suficiente para remover parte do óleo em dois a quatro anos. Além disso, a grande concentração de O_2 na maioria das praias arenosas leva a uma significativa degradação do óleo de uma maneira que há a colonização de organismos depois de cinco anos.

Outro vazamento que merece destaque é o vazamento Deepwater Horizon, que ocorreu em 2010, no Golfo do México e causou impactos em aproximadamente 965 km de extensão de praias. O óleo estava presente nas ondas por três meses, resultando na incorporação de óleo nos sedimentos, em

profundidades que podiam chegar a 1 metro. Ao longo do tempo, os sedimentos oleados foram remobilizados, quebrados no solo e enterrados novamente à medida que as praias sofriam erosão. No entanto, os trabalhos que abordam tempos de recuperação estão associados a eventos onde foram empregadas diversas ações de limpeza, descaracterizando a recuperação natural abordada na metodologia da Análise de Risco Ambiental.

Na **Tabela II.9 - 62** são apresentados outros casos de vazamento com impacto em praias arenosas:

Tabela II.9 - 62: Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as praias.

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
1996: Navio-tanque Sea Empress, País de Gales. Volume do óleo derramado: 72.000 toneladas de óleo cru.	Apesar de a região ser dominada por costões, algumas praias arenosas foram atingidas. O maior impacto nessas praias foi o desaparecimento ou diminuição no número de anfípodes e outros crustáceos e poliquetas e a substituição temporária desses por espécies oportunistas. No entanto, estudos realizados após um ano sugeriram que houve uma grande recuperação da fauna (EDWARDS & WHITE, 2010).
2001: Navio-tanque Jessica, Ilhas Galápagos. Volume do óleo derramado: 600 toneladas de diesel e 300 toneladas de óleo combustível.	Foi o maior vazamento de óleo nas Ilhas Galápagos e tinha potencial para causar danos irreparáveis à vulnerável e exclusiva fauna marinha do local. Felizmente, a ação de ventos e correntes levou o óleo para longe da costa de San Cristóbal, ilha onde ocorreu o acidente, sendo rapidamente dispersado. Apesar de muitas ilhas serem impactadas, foi encontrado pouco óleo e houve um pequeno impacto imediato na biota. A contaminação por óleo foi medida em 13 diferentes locais e foi considerada baixa em todos eles, não excedendo a 50ppm, considerado um nível em que há pouca probabilidade da fauna ser afetada. Em estudo realizado 14 dias após o vazamento, foi constatado que as praias arenosas próximas ao naufrágio estavam livres da contaminação por hidrocarboneto (KINGSTON *et al.*, 2002).

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

As áreas ocupadas por praias arenosas foram delimitadas a partir do índice de sensibilidade do litoral mais recente disponível no Brasil, publicado em 2014 (MAREM, 2017). Foram considerados neste CVA os trechos de costa com ISL 3, 4 e 5.

Os resultados referentes ao CVA Praias Arenosas para os cenários em que houve probabilidade de presença de óleo são apresentados nas **Figura II.9 - 67** e **Figura II.9 - 68** e na **Tabela II.9 - 63**. Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo para vazamentos de pequeno e médio volumes (8m³ e 200 m³, respectivamente).

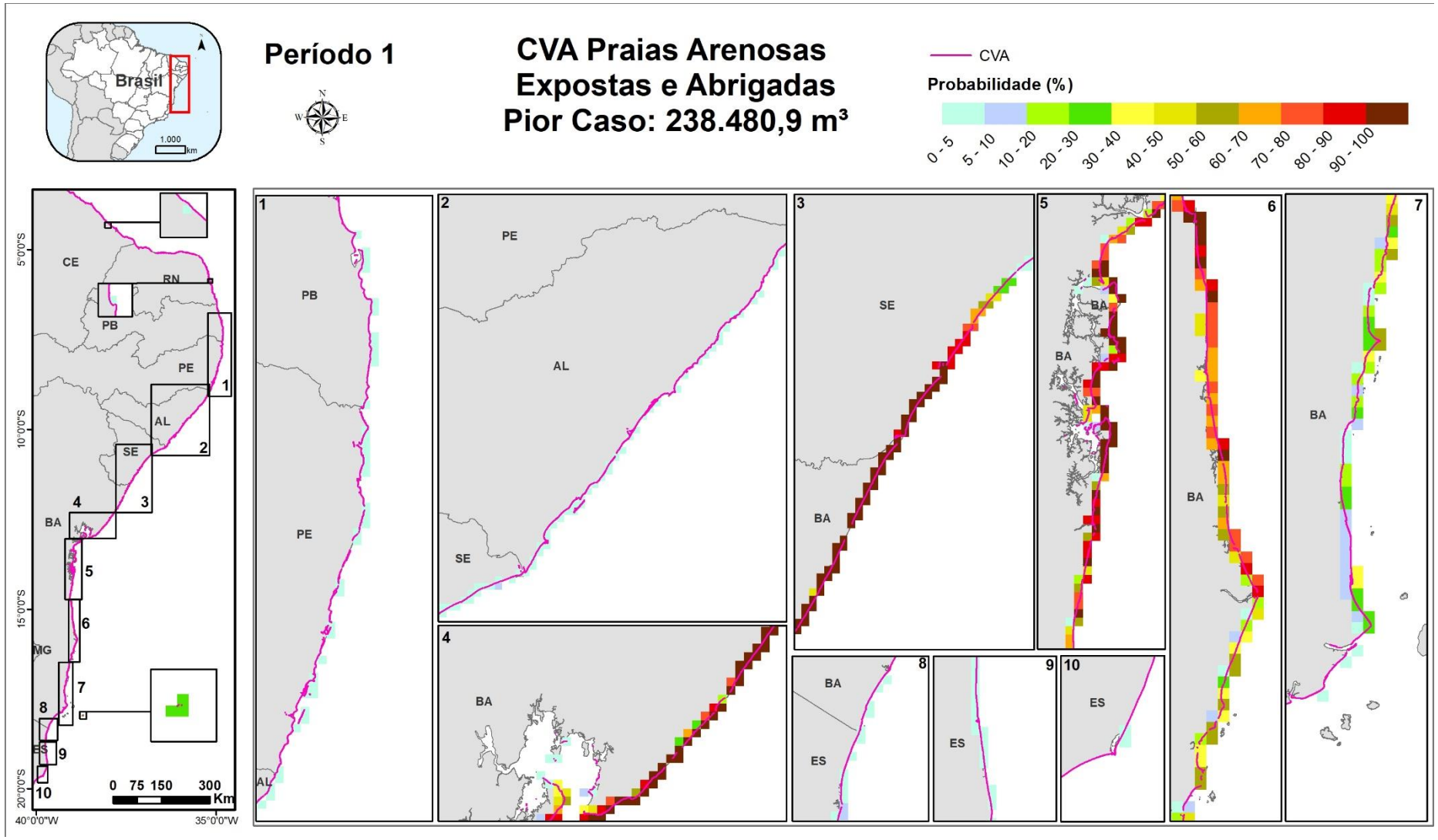


Figura II.9 - 67: Probabilidade de presença de óleo no CVA Praias Arenosas (expostas e abrigadas) no Cenário 5 (Pior caso – Período 1).

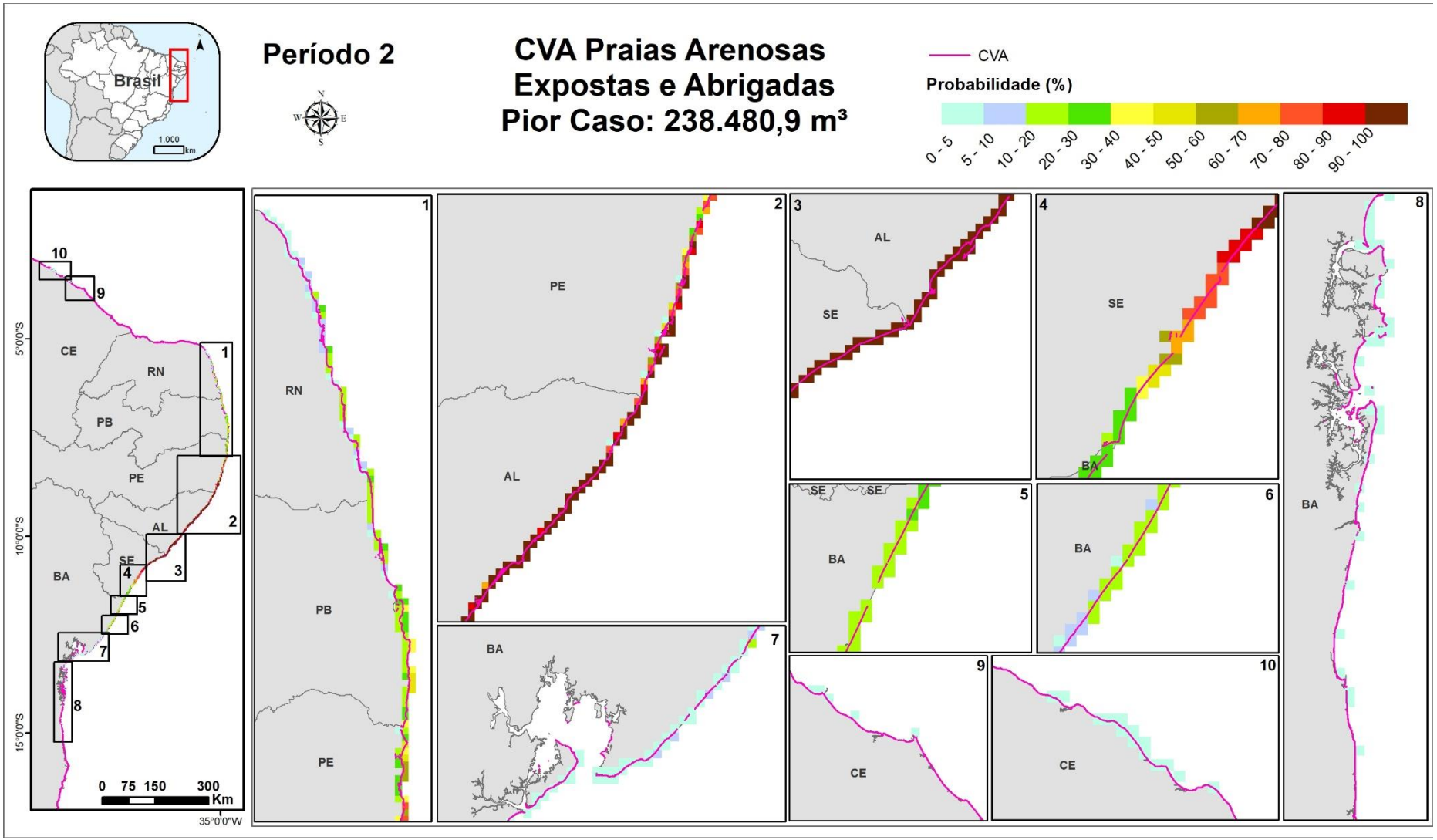


Figura II.9 - 68: Probabilidade de presença de óleo no CVA Praias Arenosas (expostas e abrigadas) no Cenário 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 63: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Praias Arenosas (Expostas e Abrigadas).

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	-	-
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	100	2,8 dias
6	Período 2	238.480,9	100	2,4 dias

A probabilidade máxima de toque neste CVA foi de 100% em ambos os cenários relacionados a um vazamento de pior caso. Destaca-se ainda que, para os volumes de 8m³ e 200m³, não houve probabilidade de toque de óleo no CVA Praias Arenosas (Expostas e Abrigadas). O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi elevado foi de aproximadamente 2,4 dias.

Conclusão

Por serem ambientes dinâmicos onde, na maioria dos casos, a energia física das ondas é suficiente para remover os resquícios de óleo entre dois e quatro anos após um vazamento de óleo, além da grande concentração de oxigênio na maioria dos sedimentos arenosos levar a uma degradação significativa do óleo, podendo haver recolonização da fauna em torno de cinco anos, o tempo de recuperação das praias foi considerado entre 3 e 10 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Praias Arenosas, houve probabilidade de toque de óleo apenas nos cenários relacionados ao vazamento de pior caso, sendo a probabilidade máxima de toque de óleo igual a 100% tanto para o Período 1 como para o Período 2.

- **CVA ESTUÁRIOS**

Os ecossistemas estuarinos são caracterizados por serem corpos costeiros semi-fechados, onde há uma variação mensurável da salinidade devido à mistura de água salina proveniente do oceano e água doce proveniente de drenagens continentais (PERILLO, 1995). As comunidades que habitualmente colonizam os estuários são constituídas tipicamente por um conjunto de espécies endêmicas e espécies que neles penetram vindas do mar, além de um pequeno número de espécies com a capacidade osmorreguladora, que lhes permite entrar ou sair do meio da água doce (ODUM, 1997).

Do ponto de vista ecológico, a importância dos estuários se traduz pela alta diversidade, constituindo-se em berçários e habitats para inúmeros organismos bentônicos (REMANE & SCHLIEPER, 1971;

WOLFF, 1983), nectônicos (MELLO & MOCHEL, 2013) e planctônicos (SERPE *et al.*, 2010), além de componentes da avifauna (ARAUJO *et al.*, 2006). Por ser uma interface entre o rio e o oceano, todas as espécies presentes nos estuários apresentam grande tolerabilidade a variações de componentes físicos como salinidade e temperatura.

Os estuários exercem um papel importante no equilíbrio do meio ambiente por proporcionarem condições para manutenção das teias tróficas (MELLO & MOCHEL, 2013). Esses ambientes sofrem influência constante das correntes, havendo intensas trocas de água e energia (HICKENBICK *et al.*, 2004). Sua alta produtividade primária torna-se ainda mais elevada, porque associados aos estuários, existem áreas de manguezal. Os manguezais, por sua vez, funcionam como verdadeiros exportadores de nutrientes para os ambientes estuarinos, visto que, por serem províncias lênticas, acumulam muita matéria orgânica (HICKENBICK *et al.*, 2004).

Impactos do Óleo sobre os Estuários

Estudos a respeito do impacto do óleo em ambientes estuarinos ainda são escassos na literatura científica. Apesar de existir um volume considerável de informações quanto aos impactos do óleo em marismas e manguezais, muito pouco se é abordado a respeito propriamente dos estuários.

Os ambientes estuarinos são altamente sensíveis ao vazamento de óleo por serem áreas muito complexas que abrigam um mosaico de ecossistemas sensíveis e uma alta biodiversidade, além de fonte de extração de recursos por muitas comunidades (CANTAGALLO *et al.*, 2008). Ao atingir um estuário, o óleo impacta animais e plantas marinhas, pois impede que o oxigênio penetre na água e, consequentemente, acarreta na asfixia de diversas espécies mais sensíveis. No caso das aves marinhas o impacto também é significativo, levando em consideração que, quando atingidas pelo óleo, podem sofrer asfixia ou ainda perder a impermeabilização das penas, gerando posterior quadro de hipotermia, que pode levar à morte.

Analisando o conjunto de fatores de sensibilidade em um estuário, pode-se concluir que o impacto de um vazamento de óleo nesse ambiente pode ser definido como direto, quando são considerados os efeitos em organismos presentes naquele próprio ecossistema, ou ainda indiretos, quando são considerados os efeitos em outros organismos através da cadeia trófica e/ou da ciclagem de nutrientes. Apesar do tempo de recuperação de ambientes estuarinos atingidos por óleo ser desconhecido, sabe-se que esse ecossistema pode se tornar mais frágil a cada impacto sofrido, uma vez que a recuperação é lenta e pode ocorrer acúmulo espaço-temporal de efeitos antrópicos de origens diferenciadas (MEAGHER, 2010).

O impacto de óleo nos estuários varia em função de vários fatores, incluindo a quantidade de óleo derramado, o tipo de óleo, distância da fonte de vazamento, latitude, estação do ano e ainda a estrutura física e biológica dos próprios estuários como fluxo de correntes marinhas (GETTER *et al*, 1984).

Tempo de Recuperação

GUNDLACH & HAYES (1978) descreveram dois incidentes onde houve impacto em ambientes estuarinos. O primeiro deles foi o vazamento de Metula, no Chile, em Agosto de 1974, onde nenhuma medida de controle foi tomada devido ao acesso remoto à área. Cerca de 53 mil toneladas de óleo vazaram, atingindo 150 km de costa e afetando praias e estuários. O segundo incidente descrito foi o de Urquiola, na Espanha, em maio de 1976, quando houve o vazamento de 110 mil toneladas de óleo que atingiram cerca de 215 km de costa e afetaram diversos ecossistemas entre praias, estuários e pântanos. Vale ressaltar que, em ambos os casos, não houve um detalhamento profundo dos incidentes e nem do acompanhamento da recuperação dos estuários impactados.

Em outro estudo, HAWKINS *et al*. (2002) descreveram o impacto de um vazamento no estuário de Mersey, na Inglaterra, e previram um tempo de recuperação de 40 anos para o mesmo. Porém, esse valor não poderá ser tomado como base para a estimativa do tempo médio de recuperação de estuários atingidos por óleo, tendo em vista que considera um ambiente previamente impactado por efluentes industriais. Segundo os autores, as consequências do impacto pelo óleo foram relativamente pequenas quando comparadas àquelas causadas pelo impacto de décadas de despejo de efluentes industriais.

Mais recentemente, destaca-se o acidente Deepwater Horizon, no Golfo do México, que impactou diversos estuários na região. VAN DER HAN & MUTSERT (2014) avaliaram os impactos do óleo em estuários extremamente oleados e estuários não afetados através da comparação da abundância e tamanho de espécies de camarão presentes em ambos os estuários no estado da Lousiana. De acordo com os autores, não foram encontradas diferenças significativas entre locais saudáveis e locais impactados por óleo. Para ambos, a densidade de camarões aumentou e o tamanho dos organismos permaneceu o mesmo. O aumento da densidade pode estar associado à presença de HPAs, que retardou o amadurecimento e a migração de juvenis para o oceano, além da proibição da pesca, que diminui a pressão sobre este recurso.

Mapeamento e Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

As áreas ocupadas por estuários foram delimitadas a partir de dados publicados no banco de dados do MAREM (2020), que mapeou todas as fozes de rio da costa brasileira.

Os resultados referentes ao CVA Estuários para os cenários em que houve probabilidade de presença de óleo são apresentados nas **Figura II.9 - 69** à **Figura II.9 - 71** e na **Tabela II.9 - 64.** Destaca-se que não houve probabilidade deste CVA sofrer toque de óleo para vazamentos de pequeno volume (8m³) e, ainda, no Período 2 de um vazamento de 200 m³.

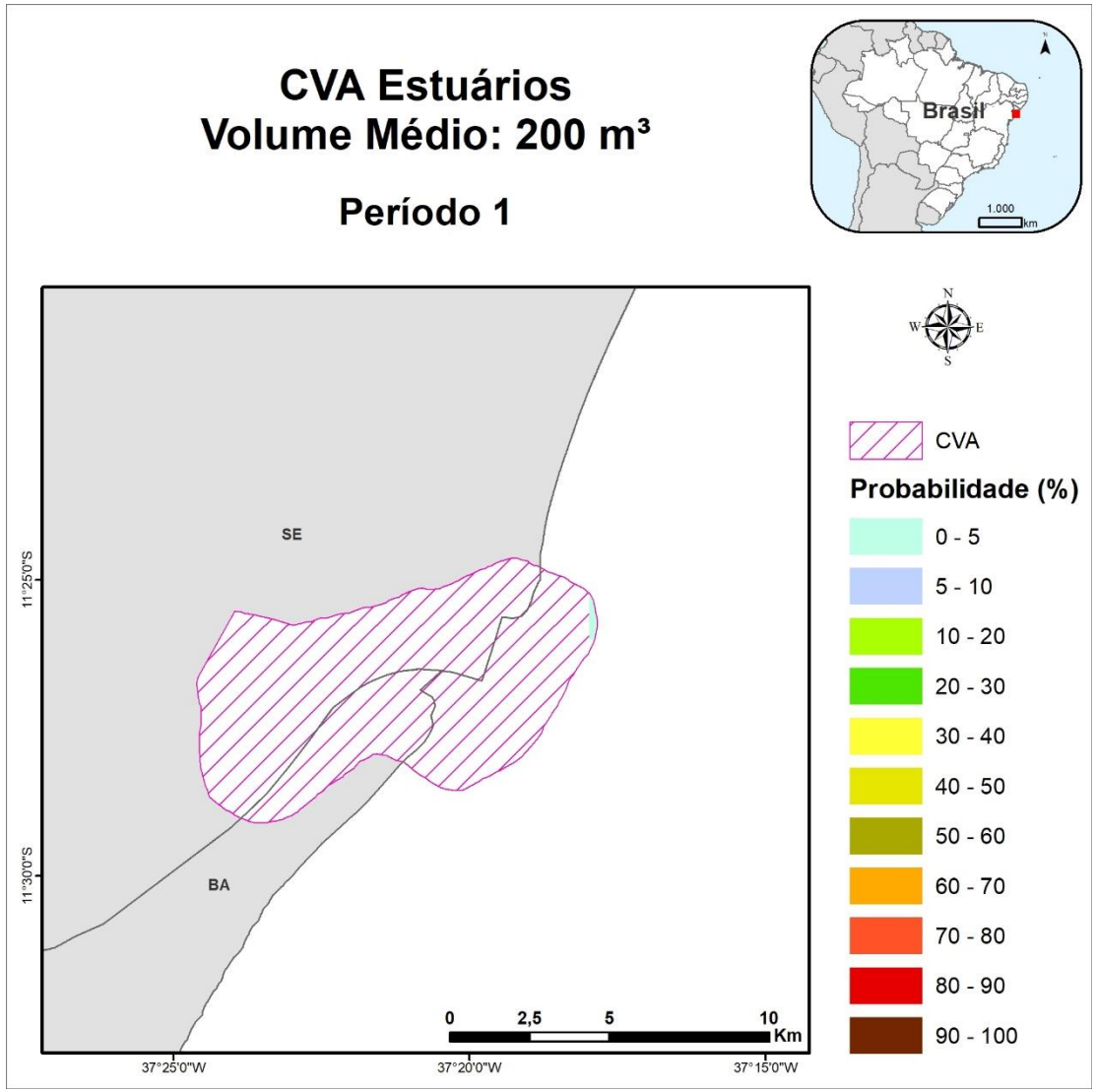


Figura II.9 - 69: Probabilidade de presença de óleo no CVA Estuários no Cenário 3 (200 m³ – Período 1).

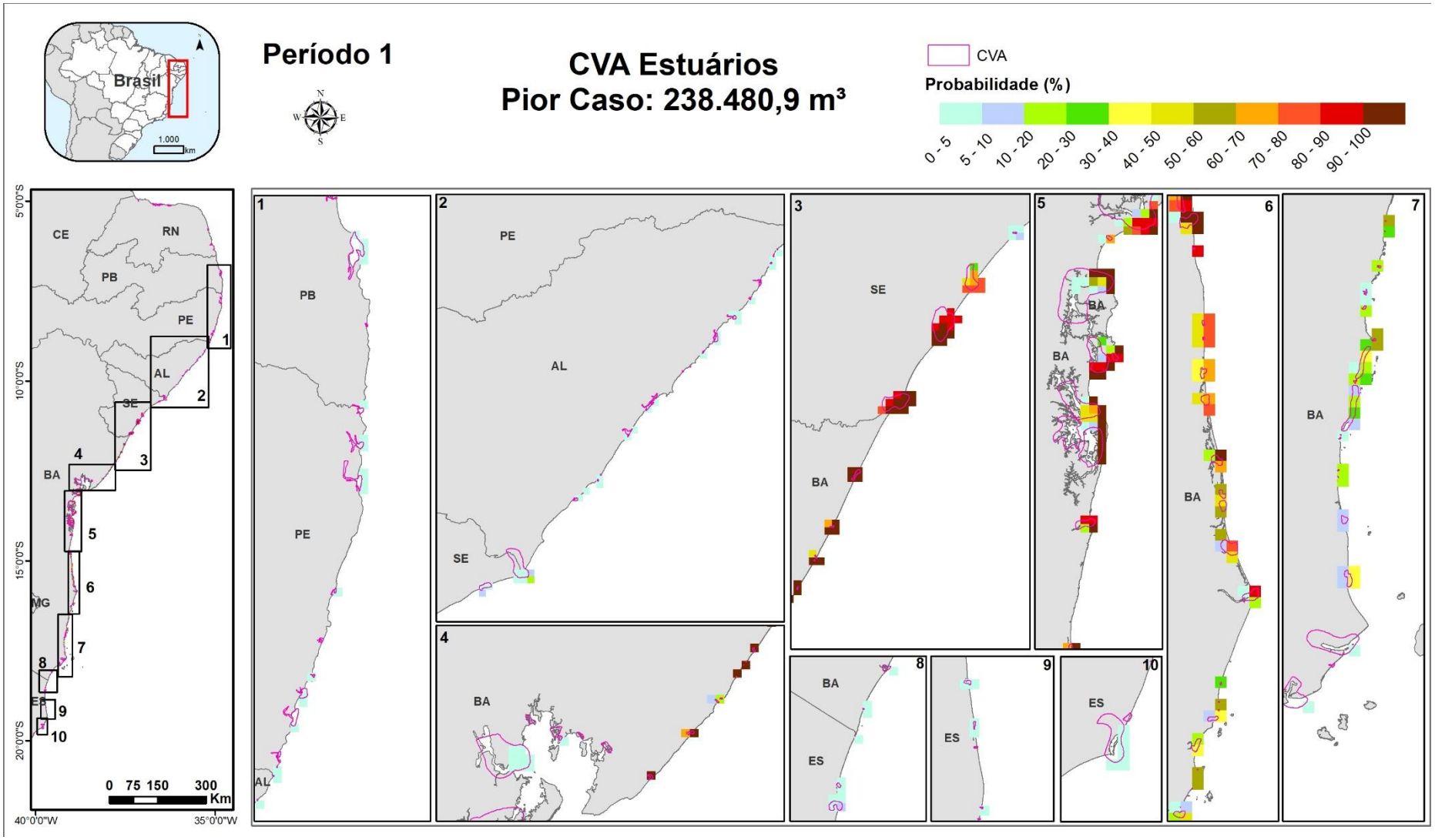


Figura II.9 - 70: Probabilidade de presença de óleo no CVA Estuários no Cenário 5 (Pior caso – Período 1).

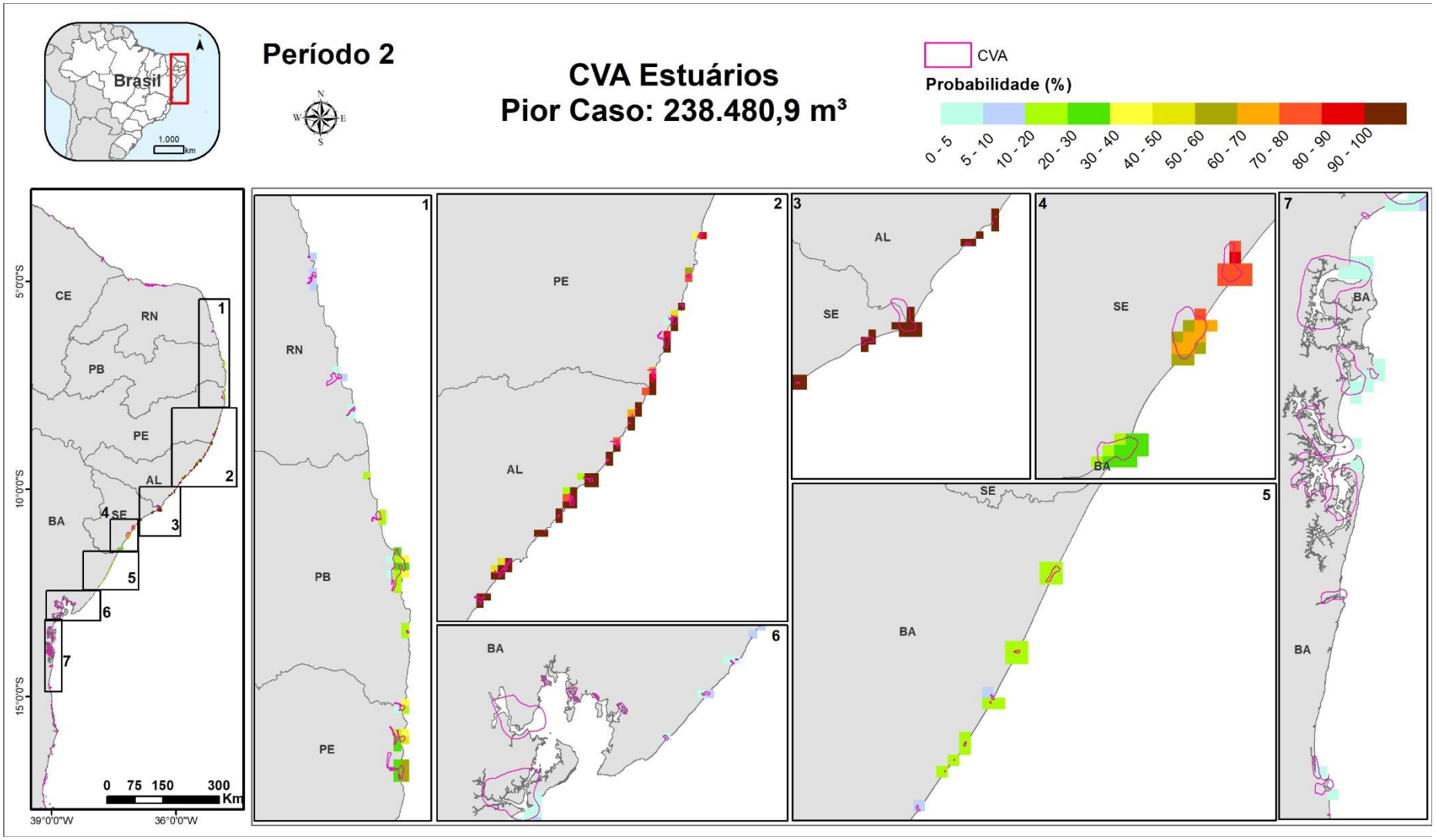


Figura II.9 - 71: Probabilidade de presença de óleo no CVA Estuários no Cenário 5 (Pior caso – Período 1) e no Cenário 6 (Pior caso – Período 2).

Tabela II.9 - 64: Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Estuários.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m^3)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
1	Período 1	8	-	-
2	Período 2	8	-	-
3	Período 1	200	0,37	4 dias
4	Período 2	200	-	-
5	Período 1	238.480,9	100	3 dias
6	Período 2	238.480,9	100	2 dias

A probabilidade máxima de toque neste CVA foi de 100% nos cenários 5 (Pior Caso – Período 1) e 6 (Pior Caso – Período 2). Destaca-se ainda que, para o volume de 8m³ e no Período 2 do volume de 200m³ não houve probabilidade de toque de óleo nos estuários.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi elevado, sendo de aproximadamente 2 dias no cenário 6 e 3 dias no cenário 5.

Conclusão

Entende-se que o conhecimento sobre o tempo de recuperação específico para estuários atingidos por óleo ainda é incipiente devido à escassez de trabalhos publicados na área. Ainda assim, deve-se destacar que GETTER & LEWIS (2003) descrevem um tempo de recuperação muito maior para locais abrigados, como os manguezais e marismas, do que para locais expostos como os estuários. Por sofrerem forte interferência da ação das correntes de marés, os estuários apresentam constante renovação das águas e esse dinamismo, por sua vez, acelera o processo de recuperação. Sendo assim, o tempo de recuperação do CVA Estuário deve ser considerado menor do que o tempo estimado para manguezais e, dessa forma, será definido como 20 anos.

Com relação às probabilidades de toque de óleo no CVA Estuários, houve probabilidade de toque de óleo apenas nos cenários 3 (200 m³ - período 1), 5 (pior caso – Período 1) e 6 (pior caso – Período 2), sendo as probabilidades máximas de toque de óleo iguais a 0,31%, 100% e 100%, respectivamente.

➢ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O impacto de um vazamento de óleo na vida marinha depende, em sua maioria, das características químicas e físicas do óleo derramado e da maneira como ele se altera com o tempo, em um processo conhecido como intemperismo. Alguns importantes processos físicos que atuam no óleo são a evaporação, a dispersão natural e, em menor grau, a dissolução e a sedimentação. O tempo predominante e as correntes marinhas também irão determinar o movimento do óleo vazado, sendo a gravidade específica, a viscosidade, a composição química e a toxicidade do poluente as principais propriedades que determinarão o provável impacto do óleo nos organismos marinhos (ITOPF, 2004).

Além disso, a gravidade do impacto está diretamente relacionada à atividade desenvolvida pelos organismos. Por exemplo, quando agregações reprodutivas ou alimentares são atingidas, o impacto é considerado muito mais grave.

A tabela a seguir apresenta um resumo das informações apresentadas no item II.9.4.2, mostrando em que classes de tempo de recuperação os CVAs e SVA identificados foram dispostos e qual valor foi utilizado para o cálculo da tolerabilidade. A tabela mostra ainda a probabilidade de cada CVA/SVA ser atingido por óleo em cada cenário sazonal (Período 1 e Período 2) nos diferentes volumes modelados (8m³, 200m³ e 238.480,9 m³).

Tabela II.9 - 65: CVA/SVAs identificados e suas principais informações associadas: classificação, tempo de recuperação e probabilidade de toque de óleo por faixa de volume e cenário sazonal.

Componentes e Subcomponentes	Classificação	Tempo de Recuperação	Probabilidade de presença de óleo utilizada no cálculo de Risco (%)					
			8m³ P1	8m³ P2	200m³ P1	200m³ P2	238.480,9 m³ P1	238.480,9 m³ P2
CVA Recursos pesqueiros costeiros – difuso	Disperso	3 anos	-	-	0,8	0,6	28,4	10,9
CVA Recursos pesqueiros oceânicos - difuso	Disperso	3 anos	7,6	5,2	5,8	3,9	27,2	13,3
SVA Camarão	Fixo	3 anos	-	-	0,7	0,7	100,0	100,0
CVA Tartarugas-marinhas – difuso (igual cetáceos)	Disperso	15 anos	7,6	5,2	5,6	3,6	27,2	12,1
SVA Desova de Tartarugas-marinhas (verde, cabeçuda, de-pente e oliva)	Fixo	15 anos	-	-	0,4	0,7	100,0	100,0
Rota Migratório da Tartaruga-Verde (Chelonia mydas)	Fixo	15 anos	-	-	-	-	1,5	8,9
CVA Cetáceos - difuso	Disperso	20 anos	7,6	5,2	5,6	3,6	27,2	12,1
SVA Boto-cinza e boto-vermelho	Fixo	20 anos	-	-	3,7	3,3	100,0	100,0
SVA Toninha	Fixo	20 anos	-	-	-	-	11,5	-
SVA Reprodução baleia-jubarte	Fixo	20 anos	-	-	-	-	98,5	1,1
CVA Sirênios	Disperso	20 anos	-	-	-	0,7	3,7	13,5
SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi	Fixo	20 anos	-	-	-	-	3,3	98,9
CVA Aves Marinhas Costeiras	Fixo	10 anos	-	-	-	-	100,0	100,0
CVA Aves Marinhas Oceânicas	Disperso	10 anos	7,6	5,2	5,6	3,6	27,2	12,1
CVA Manguezais	Fixo	30 anos	-	-	-	-	100,0	100,0
CVA Costões Rochosos	Fixo	10 anos	-	-	-	-	100,0	100,0
CVA Recifes de corais	Fixo	30 anos	-	-	-	0,4	100,0	100,0

Tabela II.9 - 65: CVA/SVAs identificados e suas principais informações associadas: classificação, tempo de recuperação e probabilidade de toque de óleo por faixa de volume e cenário sazonal.

Componentes e Subcomponentes	Classificação	Tempo de Recuperação	Probabilidade de presença de óleo utilizada no cálculo de Risco (%)					
			8m³ P1	8m³ P2	200m³ P1	200m³ P2	238.480,9 m³ P1	238.480,9 m³ P2
CVA Praias e Bancos arenosos expostos e abrigados	Fixo	10 anos	-	-	-	-	100,0	100,0
CVA Estuários	Fixo	20 anos	-	-	0,4	-	100,0	100,0

Legenda:
P1: Período 1 (setembro a fevereiro)
P2: Período 2 (março a agosto)
- : Ausência de probabilidade de toque de óleo no CVA/SVA.
* Valor utilizado seguindo orientações do IBAMA em usar o limite superior da Classe de Tempo de Recuperação para efeito do cálculo da tolerabilidade, visando ao conservadorismo.

As características diferenciadas de cada incidente descrito nas bibliografias consultadas, associadas à dificuldade de estabelecer adequadamentee tempos de recuperação para ambientes onde não existem estudos que corroborem tais números, faz com que seja preciso criar categorias onde ocorre a maior parte dos valores para cada componente. É válido ressaltar que, mesmo que categorias sejam estabelecidas, são usados valores específicos para o cálculo do risco ambiental e, conforme citado acima, tais valores foram selecionados como o valor máximo da classe na qual o componente se encontra.

II.9.5 Cálculo dos Riscos Ambientais

Com base na frequência de ocorrência dos cenários acidentais por faixa de volume (**Tabela II.9 - 33**) e as probabilidades de alcance de óleo em cada CVA/SVA apresentadas na Tabela II.9 - 53, determinou-se os Riscos Ambientais inerentes a cada CVA/SVA por faixa de volume e cenário sazonal. Para o cálculo do Risco Ambiental foi utilizada a **Equação II.9 - 3**.

As **Tabela II.9 - 66** apresenta os valores de Risco Ambiental obtidos e a **Figura II.9 - 72** apresenta a sua distribuição.

Tabela II.9 - 66: Cálculo do Risco Ambiental para cada CVA/SVA por faixa de volume e período.

#	Componente de Valor Ambiental (CVA) / Subcomponente de Valor Ambiental (SVA)	Risco Ambiental (ano^{-1})					
		Pequeno Vazamento		Médio Vazamento		Grande Vazamento	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
1	CVA Recursos pesqueiros costeiros – difuso	0,00E+00	0,00E+00	4,25E-06	3,32E-06	8,37E-05	3,20E-05
2	CVA Recursos pesqueiros oceânicos - difuso	3,89E-04	2,64E-04	3,06E-05	2,09E-05	8,01E-05	3,92E-05
3	SVA Camarão	0,00E+00	0,00E+00	3,95E-06	3,95E-06	2,94E-04	2,94E-04
4	CVA Tartarugas-marinhas – difuso (igual cetáceos)	3,89E-04	2,64E-04	2,98E-05	1,93E-05	8,00E-05	3,57E-05
5	SVA Desova de Tartarugas-marinhas (verde, cabeçuda, de-pente e oliva)	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-06	3,95E-06	2,94E-04	2,94E-04
6	Rota Migratório da Tartaruga-Verde (Chelonia mydas)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,36E-06	2,62E-05
7	CVA Cetáceos - difuso	3,89E-04	2,64E-04	2,98E-05	1,93E-05	8,00E-05	3,57E-05
8	SVA Boto-cinza e boto-vermelho	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-05	1,78E-05	2,94E-04	2,94E-04
9	SVA Toninha	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-05	0,00E+00
10	SVA Reprodução baleia-jubarte	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,90E-04	3,27E-06
11	CVA Sirênios	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,62E-06	1,10E-05	3,97E-05
12	SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,81E-06	2,91E-04
13	CVA Aves Marinhas Costeiras	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	2,94E-04
14	CVA Aves Marinhas Oceânicas	3,89E-04	2,64E-04	2,98E-05	1,93E-05	8,00E-05	3,57E-05
15	CVA Manguezais	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	2,94E-04
16	CVA Costões Rochosos	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	2,94E-04
17	CVA Recifes de Corais	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-06	2,94E-04	2,94E-04
18	CVA Praias arenosas (Expostas e Abrigadas)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	2,94E-04
19	CVA Estuários	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-06	0,00E+00	2,94E-04	2,94E-04

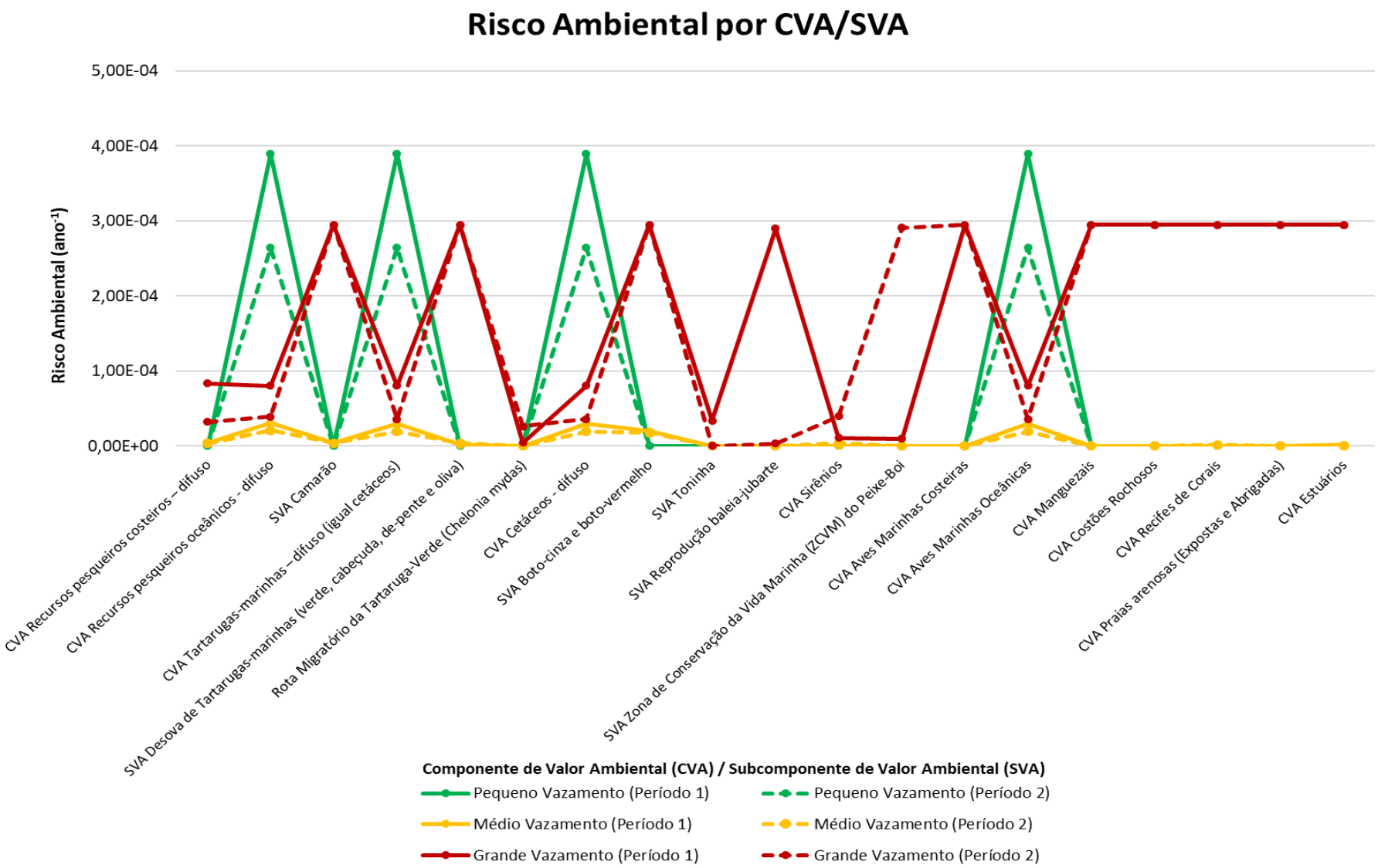


Figura II.9 - 72: Distribuição do Risco Ambiental por CVA/SVA, faixa de volume e período. (Fonte:WOB, 2020)

De forma geral, é possível observar que os valores de risco ambiental associados aos grandes vazamentos (volume vazado maior que 200 m³) são os mais significativos para a maior parte dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVA/SVA). No entanto, os maiores valores de risco ambiental obtidos são referentes a pequenos vazamentos para o Período 1 (novembro a abril) e para os CVA Aves Marinha Oceânicas, CVA Cetáceos, CVA Tartarugas-marinhas – difuso e CVA Recursos pesqueiros oceânicos – difuso.

O comportamento descrito é justificado pelo grande volume associado ao vazamento de pior caso utilizado na modelagem (238.480,9 m^3) que, consequentemente, apresenta maior probabilidade de toque para todos os Componentes de Valor Ambiental. Para os CVA onde os pequenos vazamentos apresentam certa probabilidade de toque, os valores de risco ambiental associados são os mais significativos devido à diferença na ordem de grandeza da frequência de ocorrência dos cenários acidentais correspondentes.

Os valores de Risco Ambiental obtidos serão utilizados para a determinação do Tempo de Recorrência e, consequentemente, da Tolerabilidade da atividade avaliada.

II.9.6 Tolerabilidade dos Riscos

A Tolerabilidade dos riscos ambientais é calculada a partir da relação entre o Tempo de Recuperação de cada CVA/SVA e o Tempo de Recorrência do Impacto Ambiental, conforme a **Equação II.9 - 5**. Os Tempos de Recuperação considerados nesse estudo e os Tempos de Recorrência calculados a partir do Risco Ambiental (**Equação II.9 - 4**) são descritos na **Tabela II.9 - 67**.

A **Tabela II.9 - 67** apresenta os valores de Tolerabilidade obtidos e a **Figura II.9 - 73** apresenta a sua distribuição.

Tabela II.9 - 67: Tempo de recorrência de cada CVA/SVA ser atingido por um vazamento, por faixa de volume e período.

#	Componente de Valor Ambiental (CVA) / Subcomponente de Valor Ambiental (SVA)	Tempo de Recuperação (anos)	Tempo de Recorrência (ano)					
			Pequeno Vazamento		Médio Vazamento		Grande Vazamento	
			Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
1	CVA Recursos pesqueiros costeiros – difuso	3	-	-	235.074,4	301.101,2	11.952,7	31.205,0
2	CVA Recursos pesqueiros oceânicos - difuso	3	2.568,1	3.783,7	32.640,3	47.899,5	12.480,1	25.535,8
3	SVA Camarão	3	-	-	253.439,5	253.439,5	3.397,4	3.397,4
4	CVA Tartarugas-marinhas – difuso (igual cetáceos)	15	2.568,1	3.783,7	33.601,7	51.743,2	12.493,4	28.043,7
5	SVA Desova de Tartarugas-marinhas (verde, cabeçuda, de-pente e oliva)	15	-	-	506.879,6	253.439,5	3.397,4	3.397,4
6	Rota Migratório da Tartaruga-Verde (Chelonia mydas)	15	-	-	-	-	229.327,9	38.221,3
7	CVA Cetáceos - difuso	20	2.568,1	3.783,7	33.601,7	51.743,2	12.493,4	28.043,7
8	SVA Boto-cinza e boto-vermelho	20	-	-	50.687,9	56.319,9	3.397,4	3.397,4
9	SVA Toninha	20	-	-	-	-	29.590,7	-
10	SVA Reprodução baleia-jubarte	20	-	-	-	-	3.448,5	305.770,4
11	CVA Sirênios	20	-	-	-	276.479,7	91.050,6	25.166,1
12	SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi	20	-	-	-	-	101.923,5	3.435,6
13	CVA Aves Marinhas Costeiras	10	-	-	-	-	3.397,4	3.397,4
14	CVA Aves Marinhas Oceânicas	10	2.568,1	3.783,7	33.601,7	51.743,2	12.493,4	28.043,7
15	CVA Manguezais	30	-	-	-	-	3.397,4	3.397,4
16	CVA Costões Rochosos	10	-	-	-	-	3.397,4	3.397,4
17	CVA Recifes de Corais	30	-	-	-	506.879,6	3.397,4	3.397,4
18	CVA Praias arenosas (Expostas e Abrigadas)	10	-	-	-	-	3.397,4	3.397,4
19	CVA Estuários	20	-	-	506.879,6	-	3.397,4	3.397,4

Legenda:
- : Ausência de probabilidade de toque de óleo no CVA/SVA.

Tabela II.9 - 68: Cálculo da Tolerabilidade para cada CVA/SVA por faixa de volume e período.

#	Componente de Valor Ambiental (CVA) / Subcomponente de Valor Ambiental (SVA)	Tolerabilidade (%)					
		Pequeno Vazamento		Médio Vazamento		Grande Vazamento	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
1	CVA Recursos pesqueiros costeiros – difuso	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,01%
2	CVA Recursos pesqueiros oceânicos - difuso	0,12%	0,08%	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%
3	SVA Camarão	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,09%	0,09%
4	CVA Tartarugas-marinhas – difuso (igual cetáceos)	0,58%	0,40%	0,04%	0,03%	0,12%	0,05%
5	SVA Desova de Tartarugas-marinhas (verde, cabeçuda, de-pente e oliva)	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,44%	0,44%
6	Rota Migratório da Tartaruga-Verde (Chelonia mydas)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,04%
7	CVA Cetáceos - difuso	0,78%	0,53%	0,06%	0,04%	0,16%	0,07%
8	SVA Boto-cinza e boto-vermelho	0,00%	0,00%	0,04%	0,04%	0,59%	0,59%
9	SVA Toninha	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%
10	SVA Reprodução baleia-jubarte	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,01%
11	CVA Sirênios	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,02%	0,08%
12	SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,58%
13	CVA Aves Marinhas Costeiras	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,29%
14	CVA Aves Marinhas Oceânicas	0,39%	0,26%	0,03%	0,02%	0,08%	0,04%
15	CVA Manguezais	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,88%	0,88%
16	CVA Costões Rochosos	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,29%
17	CVA Recifes de Corais	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,88%	0,88%
18	CVA Praias arenosas (Expostas e Abrigadas)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,29%
19	CVA Estuários	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,59%	0,59%

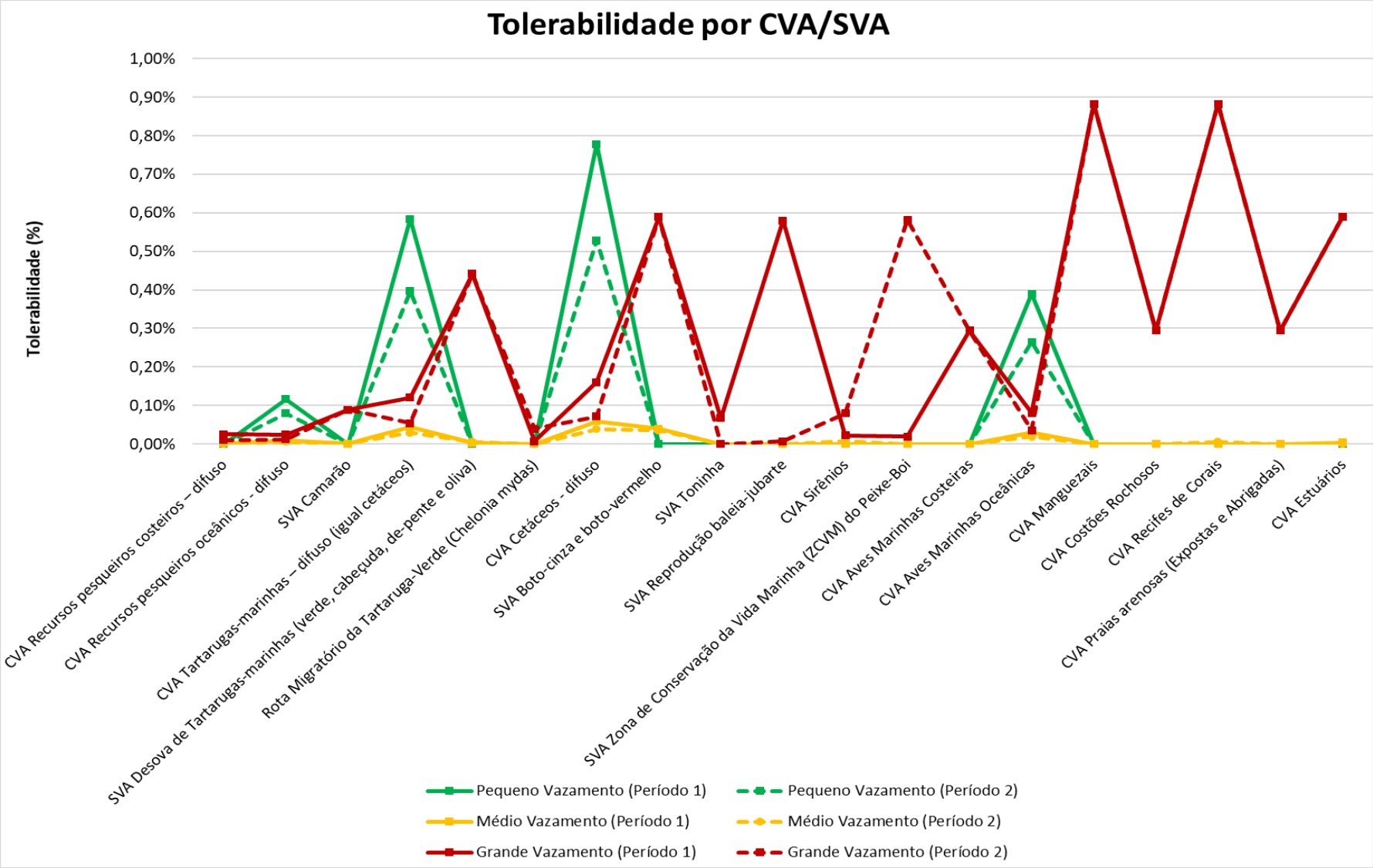


Figura II.9 - 73: Distribuição da Tolerabilidade por CVA/SVA, faixa de volume e período. (Fonte: WOB, 2020)

De maneira geral o gráfico de Tolerabilidade apresentou um comportamento semelhante ao de Risco Ambiental. Os maiores valores de Tolerabilidades obtidos são associados aos grandes vazamentos no Período 1 para o CVA Manguezais e CVA Recifes de corais (0,88 %).

Para os cenários citados associados ao maior valor de Tolerabilidade obtido (CVA Manguezais e CVA Recifes de corais), considerou-se um tempo de recuperação de 30 anos e tempo de ocorrência de aproximadamente 3.400 anos. Isso significa que se os CVA Manguezais e CVA Recifes de Corais forem atingidos por um evento desta magnitude, serão capazes de se recuperar até aproximadamente 113 vezes antes de serem atingidos novamente por outro evento de mesma magnitude.

Para o CVA Cetáceos - difuso a capacidade de recuperação é de aproximadamente 130 vezes até um novo evento acidental, enquanto para os CVA Tartarugas-marinhas – difuso (igual cetáceos), SVA Boto-cinza e boto-vermelho, SVA Reprodução baleia-jubarte, SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi e CVA Estuários esta capacidade de recuperação é de aproximadamente 170 vezes. Todos os demais CVAs apresentam capacidade de recuperação de mais de 180 vezes até um novo evento acidental.

II.9.7 Revisão do Estudo de Análise de Riscos

Uma vez que os Riscos Ambientais encontrados foram considerados toleráveis para essa região e tipo de atividade, não será necessário revisar o estudo e a análise de riscos.

II.9.8 Plano de Gerenciamento de Riscos

II.9.8.1 Introdução

O Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) possui como objetivo principal prover uma sistemática com procedimentos e requisitos mínimos associados aos elementos de Gestão de Riscos e Segurança Operacional. O PGR possui papel fundamental para redução dos riscos e para controle dos mesmos a níveis toleráveis ou tão baixo quanto possível. A Análise Preliminar de Perigos (APP) é uma ferramenta eficaz que pode ser utilizada para fornecer os subsídios para a elaboração do PGR.

Durante a realização da APP, são propostas como ações medidas preventivas e mitigadoras. O risco é um produto da severidade dos cenários ambientais com a frequência de ocorrência deles. Sendo assim, ambas as medidas (preventivas e mitigadoras) são capazes de reduzir os níveis de risco. As medidas preventivas reduzem os riscos através da redução da probabilidade de ocorrência dos cenários acidentais, enquanto as medidas mitigadoras são capazes de reduzir os riscos através da minimização

dos potenciais impactos dos cenários. Os riscos ambientais e as medidas preventivas/mitigadoras identificadas através da APP devem ser gerenciados através do PGR.

Visando a segurança operacional das instalações marítimas e a integridade dos poços e sistemas submarinos, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) estabelece uma série de regulamentos técnicos destinados a operadoras de contrato de Exploração e Produção (E&P) de petróleo e gás natural. Especificamente para as atividades de perfuração *offshore*, os regulamentos aplicáveis são o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) e o Sistema de Gerenciamento de Integridade de Poços (SGIP).

Esses regulamentos são caracterizados por serem não prescritivos, baseados em metas/riscos e que visam uma melhoria contínua do sistema de gestão de segurança. Os requerimentos estabelecidos são apresentados em forma de práticas de gestão, conforme ilustrado na **Figura II.9 - 74.**

Figura II.9 - 74: Práticas de gestão do SGIP (Fonte: WOB, 2019)

O sistema de gestão da operadora da sonda SEADRILL está em linha com as diretrizes estabelecidas pelos regulamentos citados e com as melhores práticas internacionais da indústria.

Adicionalmente, a ExxonMobil, detentora dos blocos, possui um Sistema de Gestão (*Operations Integrity Management System – OIMS*) como base para implementar, avaliar e melhorar a integridade de suas operações (OI). A estrutura cooperativa do OIMS é composta por 11 elementos de gestão, ilustrada na **Figura II.9 - 75.**

Figura II.9 - 75: Estrutura do OIMS e seus Elementos de Gestão

O Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) para a atividade é estruturado combinando alguns dos principais elementos de segurança operacional e segurança de processo. Estes elementos são apresentados abaixo e detalhados nos itens a seguir:

- Gerenciamento de Integridade e Controle de Poços;
- Plano de Inspeções Periódicas & Programas de Manutenção Preventiva e Corretiva;
- Plano para Capacitação Técnica/Treinamento dos Funcionários;
- Procedimentos Operacionais;
- Processo de Contratação & Gestão de Terceiros (Contratados);
- Sistema de Permissão/Controle de Trabalho;
- Gerenciamento de Mudanças;
- Registro e Investigação de Acidentes;
- Gestão de Emergências;
- Auditorias.

Este Plano é executado pela Proprietária e Operadora da Sonda SEADRILL e deve ser monitorado pela detentora dos blocos, a ExxonMobil.

II.9.8.2 Riscos Ambientais Identificados para o Gerenciamento

Os riscos ambientais identificados e que estão sendo gerenciados pelo presente Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) são aqueles inerentes ao projeto e que foram levantados na Análise Preliminar de Perigos (APP). A **Tabela II.9 - 69** relaciona cada um dos cenários acidentais com seus respectivos riscos avaliados e medidas preventivas/mitigadoras propostas associadas. As medidas

propostas são identificadas nesta tabela, porém suas respectivas descrições são apresentadas no item a seguir (**II.9.8.3**).

Tabela II.9 - 69: Cenários acidentais avaliados, riscos e medidas preventivas/mitigadoras associadas

CENÁRIOS ACIDENTAIS, RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS/ MITIGADORAS DAS ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO			
CA	**Descrição**	**Risco**	**Medidas Preventivas e Mitigadoras Propostas**
01	Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão).	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
02	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 90 m³) na sonda e no interior do casco duplo devido a fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos ou tanques do sistema de preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão).	**Baixo**	R. 1 R. 2
03	Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão).	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
04	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 200 m³) na sonda devido a fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão).	**Baixo**	R. 1 R. 2
05	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 200 m³) no mar devido a furo ou fissura do riser de perfuração / acessórios do sistema submarino.	**Médio**	R. 1 R. 5
06	Grande vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (200 < MV < 686,9 m³) no mar devido a ruptura do riser de perfuração / acessórios do sistema submarino.	**Médio**	R. 1 R. 4 R. 5
07	Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
08	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 12 m³) na sonda e no interior do casco duplo devido a fissura ou ruptura em tubulação/ acessórios/ equipamentos ou tanques do sistema de retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação.	**Baixo**	R. 1 R. 2
09	Pequeno vazamento de cimento (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de preparo e injeção de cimento.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
10	Médio vazamento de cimento (8 < MV < 200 m³) na sonda devido a fissura ou ruptura em tubulação/ acessórios/ equipamentos o sistema de preparo e injeção de cimento.	**Baixo**	R. 1 R. 2

Tabela II.9 - 69: Cenários acidentais avaliados, riscos e medidas preventivas/mitigadoras associadas

CENÁRIOS ACIDENTAIS, RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS/ MITIGADORAS DAS ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO			
CA	**Descrição**	**Risco**	**Medidas Preventivas e Mitigadoras Propostas**
11	Grande vazamento de óleo cru (200 < GV < 238.480,9 m³) no mar devido à perda de controle do poço.	**Médio**	R. 5 R. 6 R. 7 R. 8
12	Médio vazamento de óleo cru e gás (0 < MV < 11,0 m³) no mar devido a falha no sistema de queima durante o teste de formação.	**Baixo**	R. 5 R. 9 R. 10
13	Pequeno vazamento de efluente oleoso (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de contenção e drenagem de efluentes oleosos.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
14	Médio vazamento de efluente oleoso (8 < MV < 200 m³) na sonda e no interior do casco duplo devido a fissura ou ruptura em tubulação/ acessórios/ equipamentos ou tanques do sistema de contenção e drenagem de efluentes oleosos.	**Baixo**	R. 1 R. 3
15	Grande vazamento de efluente oleoso (200 < PV < 986 m³) no interior do casco duplo devido a furo, fissura ou ruptura de tanques do sistema de contenção e drenagem de efluentes oleosos.	**Médio**	R. 1
16	Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético ou efluente oleoso (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de tanques reservas.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
17	Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético ou efluente oleoso (8 < MV < 266 m³) na sonda e no interior do casco duplo devido a fissura ou ruptura em tubulação/ acessórios/ equipamentos ou tanques do sistema de tanques reservas.	**Baixo**	R. 1 R. 2
18	Pequeno vazamento de óleo diesel / combustível (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo ou fissura em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
19	Médio vazamento de óleo diesel / combustível (8 < MV < 200 m³) na sonda devido a ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível.	**Baixo**	R. 1 R. 2
20	Grande vazamento de óleo diesel / combustível (200 < GV < 1.907 m³) no interior do casco duplo devido a furo, fissura ou ruptura em tanques do sistema de armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível.	**Médio**	R. 1
21	Pequeno vazamento de óleo base (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo ou fissura em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de óleo base.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3

Tabela II.9 - 69: Cenários acidentais avaliados, riscos e medidas preventivas/mitigadoras associadas

CENÁRIOS ACIDENTAIS, RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS/ MITIGADORAS DAS ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO			
CA	**Descrição**	**Risco**	**Medidas Preventivas e Mitigadoras Propostas**
22	Médio vazamento de óleo base (8 < MV < 200 m³) na sonda devido a ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de óleo base.	**Baixo**	R. 1 R. 2
23	Grande vazamento de óleo base (200 < GV < 745 m³) no interior do casco duplo devido a furo, fissura ou ruptura em tanques do sistema de armazenamento e circulação de óleo base.	**Médio**	R. 1
24	Pequeno vazamento de óleo lubrificante (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de óleo lubrificante.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
25	Médio vazamento de óleo lubrificante (8 < MV < 52 m³) na sonda e no interior do casco duplo devido a fissura ou ruptura em tubulação/ acessórios/ equipamentos ou tanques do sistema de armazenamento e circulação de óleo lubrificante.	**Baixo**	R. 1 R. 2
26	Pequeno vazamento de óleo hidráulico (0 < PV < 2,5 m³) na sonda devido a furo em tubulação / acessórios / equipamentos ou tanque do sistema de armazenamento e circulação de óleo hidráulico.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
27	Pequeno vazamento de baritina / bentonita bruta (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo ou sobrepressão em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta.	**Baixo**	R. 1 R. 2
28	Médio vazamento de baritina / bentonita bruta (8 < MV < 113 m³) na sonda devido a fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos ou silo do sistema de armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta.	**Baixo**	R. 1 R. 2
29	Pequeno vazamento de cimento bruto (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo ou sobrepressão em tubulação / acessórios / equipamentos do sistema de armazenamento e circulação de cimento bruto.	**Baixo**	R. 1 R. 2
30	Médio vazamento de cimento bruto (8 < MV < 113 m³) na sonda devido a fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos ou silo do sistema de armazenamento e circulação de cimento bruto.	**Baixo**	R. 1 R. 2
31	Pequeno vazamento de outros produtos químicos, tais como, soda caustica, aditivos e glicol (0 < PV < 8 m³) na sonda devido a furo, fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos ou tanque do sistema de armazenamento e circulação de outros produtos químicos.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3
32	Pequeno vazamento de óleo diesel / combustível (0 < PV < 8 m³) no mar devido a furo em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível.	**Médio**	R. 5 R. 11 R. 12 R. 13

Tabela II.9 - 69: Cenários acidentais avaliados, riscos e medidas preventivas/mitigadoras associadas

CENÁRIOS ACIDENTAIS, RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS/ MITIGADORAS DAS ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO			
CA	**Descrição**	**Risco**	**Medidas Preventivas e Mitigadoras Propostas**
33	Médio vazamento de óleo diesel / combustível (8 < MV < 33,3 m³) no mar devido a fissura ou ruptura em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível.	**Médio**	R. 5 R. 11 R. 12 R. 13
34	Médio vazamento de óleo diesel / combustível (8 < MV < 161,7 m³) no interior do casco duplo devido a furo, fissura ou ruptura dos tanques de armazenamento de óleo diesel / combustível da embarcação de apoio.	**Baixo**	R. 1
35	Pequeno vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético (0 < PV < 8 m³) no mar devido a furo em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético.	**Médio**	R. 5 R. 11 R. 12 R. 13
36	Médio vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 33,3 m³) no mar devido a fissura ou ruptura em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético.	**Médio**	R. 5 R. 11 R. 12 R. 13
37	Grande vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético (200 < GV < 289,2 m³) no interior do casco duplo devido a furo, fissura ou ruptura dos tanques de armazenamento de óleo diesel / combustível da embarcação de apoio.	**Médio**	R. 1
38	Pequeno vazamento de produtos oleosos ou produtos químicos (0 < PV < 5 m³) no mar devido à queda de objetos durante operações de carga e descarga.	**Baixo**	R. 5 R. 9 R. 14
39	Pequeno vazamento de combustível aeronáutico (0 < PV < 2,9 m³) na sonda devido a furo, fissura ou ruptura em tubulação / acessórios / equipamentos ou tanque do sistema de reabastecimento de aeronaves.	**Baixo**	R. 1 R. 2 R. 3 R. 10 R. 12
40	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético, óleo base e efluente oleoso (200 < GV < 1.907,3 m³) no mar devido a ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da unidade de perfuração com outras embarcações.	**Baixo**	R. 5 R. 15 R. 16 R. 17
41	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético, óleo base e efluente oleoso (200 < GV < 11.924,7 m³) no mar devido ao naufrágio da unidade de perfuração.	**Baixo**	R. 5 R. 15
42	Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base (200 < GV < 289,2 m³) no mar devido a ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da embarcação de apoio com outras embarcações.	**Baixo**	R. 5 R. 16 R. 17

Tabela II.9 - 69: Cenários acidentais avaliados, riscos e medidas preventivas/mitigadoras associadas

CENÁRIOS ACIDENTAIS, RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS/ MITIGADORAS DAS ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO			
CA	**Descrição**	**Risco**	**Medidas Preventivas e Mitigadoras Propostas**
43	Grande vazamento de óleo diesel / combustível e fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base (200 < GV < 4.441,1 m³) no mar devido ao naufrágio da embarcação de apoio.	**Baixo**	R. 5 R. 16 R. 17

II.9.8.3 Procedimentos / Ações Necessárias Propostas para Gestão de Riscos

Durante a elaboração da APP, foram sugeridas Medidas Preventivas/Mitigadoras e Propostas para Gerenciamento dos Riscos Ambientais identificados para a Atividade de Perfuração. Estas medidas representam procedimentos/ações que devem ser adotadas para evitar ou mitigar os riscos identificados. A **Tabela II.9 - 70** apresenta estas medidas propostas.

Tabela II.9 - 70: Procedimentos/ Ações Necessárias Propostas para a Gestão dos Riscos

Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras Propostas)		Item de gestão Relacionado	Maior nível de risco associado
Nº	**Descrição**		
R. 1	Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Médio**
R. 2	Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos/ Procedimentos Operacionais/ Treinamentos (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 3	Garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tribulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Emergências (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 4	Garantir que a contratada possua um programa de manutenção preventiva e periódico do sistema de posicionamento dinâmico da unidade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar este programa.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Médio**
R. 5	Garantir e monitorar a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Emergências (Operador da Sonda)	**Médio**

Tabela II.9 - 70: Procedimentos/ Ações Necessárias Propostas para a Gestão dos Riscos

Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras Propostas)		Item de gestão Relacionado	Maior nível de risco associado
Nº	Descrição		
R. 6	Garantir que a contratada possua um programa de monitoramento / controle da integridade dos elementos que compõem o conjunto solidário de barreiras (CSB) e implementar ações para monitorar / controlar este programa.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda) Gerenciamento de Integridade e Controle de Poço (Operadora da Sonda)	**Médio**
R. 7	Garantir que a contratada realize simulados periódicos com cenários relacionados a perda de controle de poços e implementar ações para monitorar / controlar a realização e a eficiência desses simulados.	Gestão de Contratados (ExxonMobil Gestão de Treinamento/ Gestão de Emergências (Operador da Sonda) Gerenciamento de Integridade e Controle de Poço (Operadora da Sonda)	**Médio**
R. 8	Garantir que a contratada siga as boas práticas da indústria durante a atividade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos/ Procedimentos Operacionais/ Treinamentos (Operador da Sonda) Gerenciamento de Integridade e Controle de Poço (Operadora da Sonda)	**Médio**
R. 9	Garantir que a contratada possua um programa de manutenção periódica e preventiva de equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 10	Garantir da contratada a presença de um observador durante a execução do teste de formação.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Procedimentos (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 11	Garantir que a contratada utilize mangotes certificados.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Médio**
R. 12	Garantir e monitorar a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Médio**
R. 13	Garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes, respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Médio**
R. 14	Garantir e monitorar a realização de inspeções em cabos, acessórios e equipamentos de movimentação de carga antes da realização deste tipo de operação.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Baixo**

Tabela II.9 - 70: Procedimentos/ Ações Necessárias Propostas para a Gestão dos Riscos

Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras Propostas)		Item de gestão Relacionado	Maior nível de risco associado
Nº	Descrição		
R. 15	Garantir que a contratada estabeleça um programa de monitoramento / controle da integridade estrutural da unidade de perfuração.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Integridade de Ativos (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 16	Garantir e monitorar que a contatada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria.	Gestão de Contratados (ExxonMobil) Gestão de Procedimentos Operacionais/ Treinamentos (Operador da Sonda)	**Baixo**
R. 17	Garantir a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.	Gestão de Contratados (ExxonMobil)	**Baixo**

II.9.8.3.1 Cronograma para Implantação/Acompanhamento das Ações Propostas

As medidas propostas neste PGR deverão ser imediatamente iniciadas e finalizadas antes do início das atividades de perfuração.

II.9.8.4 Definição das Principais Atribuições e Responsabilidades - SEADRILL[12]

Neste item, são apresentadas as principais atribuições e respectivas responsabilidades referente às atividades de perfuração e gestão dos riscos. Estas informações foram extraídas dos documentos de sistema de gestão de HSE da operadora da Sonda. Observação: entende-se por Clientes as empresas que prestam serviço para a Sonda de Perfuração.

- **DIRETOR REGIONAL DE QHSE (*QUALITY, HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENT* – QUALIDADE, SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE)**

O Diretor de QHSE da operadora da sonda possui as seguintes responsabilidades:

- Estabelecer e garantir funcionamento do Departamento de QHSE;
- Desenvolver e manter o Sistema de gestão regional de QHSE;
- Garantir investigação, reporte e acompanhamento de todos os incidentes regionais;

[12] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a).

- Prover assistência aos trabalhadores regionais em relação a questões de HSE e mantê-los atualizados sobre as mudanças nos objetivos, políticas, diretrizes corporativas e procedimentos de QHSE regionais.

- **GERENTE DE ÁREA**

O Gerente de área da operadora da sonda possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir que todas as operações sejam conduzidas de maneira segura com a meta de "zero acidentes, lesões ou perdas";
- Comandar todas as atividades de negócios associadas às operações, incluindo segurança;
- Garantir que as sondas estejam operando de acordo com os procedimentos e políticas da operadora da sonda e em conformidade com as autoridades de classe/bandeira e locais;
- Garantir que as sondas sejam mantidas de acordo o Sistema de Gestão de Manutenção da Operadora da Sonda.

- **GERENTE *ONSHORE* DA UNIDADE DE PERFURAÇÃO**

O Gerente *Onshore* da Unidade de Perfuração da operadora possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir as operações diárias da Sonda, incluindo monitoramento de eficiência das operações de perfuração;
- Garantir que os recursos adequados sejam fornecidos para implementar as políticas e objetivos de HSE, diretrizes e procedimentos corporativos e procedimentos regionais e da sonda;
- Planejar, Agendar e Gerenciar manutenções e reparos diretos da Unidade;
- Garantir que o pessoal da sonda esteja em conformidade com os requerimentos de treinamento e competência.

- **LÍDER DA SONDA**

O líder da Unidade de Perfuração da operadora possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir que as operações sejam conduzidas de maneira segura de acordo com os objetivos de HSE da sonda e da empresa;
- Prover *feedback* (comunicação de retorno) para o pessoal sobre as tarefas de trabalho realizadas;
- Monitorar todas as medidas implementadas de segurança patrimonial para resguardar a movimentação dos trabalhadores e das Unidades no país;

- Garantir que a sonda esteja com manutenção adequada de acordo com o sistema de gestão de manutenção da operadora da sonda.

- **REPRESENTANTE DO CLIENTE ONSHORE**

O Representante do Cliente Onshore possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir que os operadores das empresas contratadas forneçam equipamentos adequados para o uso;
- Garantir que os perigos e riscos associados ao Programa de Poço estejam identificados e comunicados à operadora da sonda;
- Comunicar mudanças no programa de poço com a operadora da sonda;
- Providenciar assistência logística organizacional em caso de emergências;
- Coordenar esforços de limpeza associados a derramamento de óleo.

- **GERENTE DE HSE NACIONAL**

O Gerente de HSE Nacional possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir que os requerimentos do sistema de gestão de HSE regional e corporativo sejam implementados nas sondas operando no país;
- Identificar e desenvolver requerimentos e procedimentos do Sistema de Gestão de HSE e específico para o país;
- Garantir o alinhamento com os órgãos reguladores locais.

- **GERENTE *OFFSHORE* DA UNIDADE DE PERFURAÇÃO (OIM – *OFFSHORE INSTALLATION MANAGER*)**

O Gerente Offshore da Unidade de Perfuração possui as seguintes responsabilidades:

- Demonstrar comprometimento da gestão na Sonda, fornecer um ambiente de trabalho seguro para todos a bordo e supervisionar a operação da sonda e das atividades relacionadas;
- Apoiar e comunicar as filosofias e políticas da empresa com relação aos objetivos anuais e as práticas de trabalho seguro;
- Reportar todos os perigos e positivamente intervir em todos os atos inseguros observados;
- Atuar como Comandante no local de todas as emergências que forneçam ameaças para a operação.

- **REPRESENTANTE OFFSHORE DO CLIENTE**

O Representante Offshore do Cliente da Unidade de Perfuração possui as seguintes responsabilidades:

- Fornecer os cálculos e programas para o Líder da Seção de Perfuração para as operações de perfuração;
- Promover consciência de segurança positiva e política de prevenção de poluição para o pessoal do cliente e o pessoal a bordo da sonda;
- Garantir que os operadores das empresas contratadas forneçam equipamentos adequados para uso;
- Garantir que todos os perigos e riscos associados com o programa de poço sejam identificados e comunicados à Seadrill;
- Comunicar mudanças do programa de poço com a Seadrill.

- **LÍDER DA SEÇÃO DE PERFURAÇÃO**

O Líder da Seção de Perfuração possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir planejamento detalhado sobre as operações de perfuração e outras atividades de poço;
- Garantir que o pessoal de perfuração seja treinado e que os equipamentos estejam ajustados para serem utilizados em situações de emergência (ex. controle de poço, perda de posição, condições meteorológicas extremas);
- Garantir que o pessoal de perfuração esteja familiarizado com os guias operacionais específicos de poço relevantes e procedimentos para desconexão de emergência;
- Garantir disponibilidade e adequação dos equipamentos requeridos;
- Garantir que os equipamentos de perfuração sejam operados de maneira apropriada;
- Reportar não conformidades para o OIM e o Cliente;
- Garantir conformidade com HSE, requerimentos regulatórios relevantes e com o contrato com o cliente.

- **LÍDER DE SEÇÃO MARINHA/ ESTABILIDADE**

O Líder da Seção de Marinha/ Estabilidade possui as seguintes responsabilidades:

- Cumprir com as leis marítimas locais e com os regulamentos de classe para garantir segurança da sonda e proteção ao meio ambiente;

- Garantir que o equipamento de navegação da sonda esteja com manutenção adequada, perfeitamente funcional e que os procedimentos de teste e calibração sejam conduzidos de acordo com os regulamentos do SOLAS (*Safety of Life at Sea* – Segurança da Vida no Mar);
- Garantir que a sonda esteja com manutenção adequada e sendo operada de acordo com o Manual de Operações de Marinha da Embarcação;
- Informar ao OIM o *status* e potenciais problemas associados a estabilidade, manutenção da posição e navegação;
- Monitorar operações da sonda em relação a qualquer impacto à navegação, manutenção da posição e estabilidade;
- Supervisionar as operações de barcos de apoio dentro da zona de quinhentos metros da sonda.

- **LÍDER DA SEÇÃO TÉCNICA (MANUTENÇÃO)**

O Líder da Seção Técnica (Manutenção) possui as seguintes responsabilidades:

- Garantir a operação segura e economicamente efetiva de equipamentos mecânicos e elétricos em conformidade com as regulamentações estatutárias e os procedimentos da organização;
- Supervisionar reparos, inspeções e manutenção de equipamentos mecânicos e elétricos;
- Auxiliar no planejamento de ajustes, grandes reparos e modificações;
- Garantir o uso seguro de equipamentos/ acessórios de elevação;
- Garantir a conformidade com o sistema de manutenção preventiva.

- **OFICIAL DE TREINAMENTO DE SEGURANÇA**

O Oficial de Treinamento de Segurança possui as seguintes responsabilidades:

- Participar na reunião diária de limites operacionais e permissão de trabalho. Usar e promover efetivamente todas as ferramentas de HSE da Seadrill que incluem o gerenciamento de mudanças, permissão de trabalho, análise de risco da tarefa (TBRA - *Task Based Risk Assessment),* Segurança baseada em Observação, verificação de 4 pontos, etc.
- Motivar o pessoal a levar a sério os assuntos relacionados à segurança. Participar do *planejamento e da execução da reunião de segurança (safety meeting);*
- Realizar investigações de acidentes e quase acidentes e recomendar medidas para minimizar a exposição a riscos futuros;
- Analisar as reuniões e simulados para fornecer propostas de melhorias;
- Realizar vistoria de rotina diária com foco em guindastes, equipamentos de elevação soltos, rotas de fuga e EPIs;

- Realizar treinamento e instrução nos procedimentos críticos de segurança;
- Apoiar o desenvolvimento e implementação de práticas e comportamentos de QSMS necessários para operações seguras a bordo da sonda.

II.9.8.5 Procedimentos de Gestão de Riscos para a Atividade de Perfuração - SEADRILL[13]

Para um eficaz gerenciamento dos riscos identificados, é essencial que a Operadora da Sonda possua procedimentos associados aos elementos de gestão de segurança de processo para que o controle dos riscos seja existente e efetivo. Cada elemento de gestão cobre algum aspecto de segurança de processos e auxilia na prevenção/mitigação dos riscos (mantendo-os em níveis aceitáveis), como os exemplos abaixo:

- Gerenciamento de Integridade e Controle de Poços. Este elemento de gestão é responsável por garantir que todas as unidades da empresa atuem de acordo com os mais altos padrões de integridade e controle de poço durante suas operações, em linha com as melhores práticas internacionais e requerimentos da legislação local;
- Plano de Inspeções Periódicas & Programas de Manutenção Preventiva e Corretiva. Este elemento de gestão é responsável por garantir que os equipamentos e sistemas de segurança da sonda e do poço estejam íntegros e não falhem. Permite uma antecipação em relação às falhas de linhas, equipamentos da sonda e do poço, evitando vazamentos na sonda ou vazamentos/ problemas no poço. A antecipação é garantida através dos testes e manutenções preventivas;
- Plano para Capacitação Técnica/Treinamento dos Funcionários. Este elemento de Gestão registra o compromisso da empresa em contratar funcionários capacitados e treiná-los periodicamente nos procedimentos críticos. Este controle auxilia na prevenção de falha humanas e erros operacionais;
- Procedimentos Operacionais. Este elemento de Gestão é responsável por controlar documentos com instruções operacionais para diversas atividades na sonda. Estes documentos devem ser atualizados continuamente e as atualizações devem ser comunicadas ao pessoal relevante;
- Processo de Contratação & Gestão de Terceiros (Contratados). Este elemento é responsável por garantir que as empresas contratadas e seus funcionários sigam os procedimentos,

[13] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015b).

políticas e diretrizes da operadora da sonda. Frequentemente, são criados documentos de interface "*bridging documents*" que auxiliam na equalização dos sistemas de gestão de ambas as empresas;

- Sistema de Permissão/Controle de Trabalho. Este procedimento de gestão auxilia no controle de trabalho, garantindo que os riscos da tarefa sejam analisados e que os equipamentos e medidas de segurança sejam seguidos;
- Gerenciamento de Mudanças. Este procedimento de gestão garante que todas as mudanças que sejam inseridas nas atividades/operações tenham seus riscos analisados e registrados. Através da previsão dos riscos, é possível propor medidas para realizar as operações de forma segura;
- Registro e Investigação de Acidentes. Aprender com a história é essencial para que não haja repetições de erros que, quando somados, possam conduzir a ocorrência de grandes acidentes. Portanto, este procedimento de gestão é responsável por registrar ferramentas adequadas para correta investigação de acidentes e divulgação na empresa;
- Gestão de Emergências. Apesar da prevenção de acidentes ser o caminho prioritário, é essencial que a empresa esteja preparada para agir rapidamente em caso de acidentes, minimizando os impactos. Portanto, este procedimento de gestão é responsável por garantir que a empresa possua procedimentos específicos para atuação em caso de emergência e que os mesmos sejam periodicamente atualizados;
- Auditorias. Todos os elementos citados acima precisam ser auditados periodicamente para identificar *gaps* nos procedimentos e propor melhorias. Este procedimento de gestão é responsável por monitorar todos os anteriores.

Com o intuito de integrar os elementos acima e outros de sua Gestão, a operadora da sonda SEADRILL possui um sistema de gestão de procedimentos chamado Sistema de Gestão Total (TMS - *Total Management System*). Este sistema de gestão total deve ser atualizado continuamente e pode ser acessado por todos os trabalhadores de todos os níveis hierárquicos *(onshore* e *offshore*). A descrição das responsabilidades de cada função também é descrita pelo Sistema de Gestão Total. O Sistema também promove o registro das lições aprendidas com compartilhamento a nível mundial e o aprimoramento contínuo dentro da organização (SEADRILL, 2016f).

A operadora da Sonda possui um sistema para registro de todas as informações associadas ao sistema de QHSE. Este sistema permite o registro das recomendações (medidas preventivas e mitigadoras propostas) para determinação de prazos, responsáveis e controle.

A seguir, são apresentados maiores detalhes sobres os elementos de gestão apresentados acima.

II.9.8.5.1 Gerenciamento de Integridade e Controle de Poço[14]

A SEADRILL estabelece uma diretriz coorporativa onde define requerimentos mínimos para o gerenciamento de integridade e controle dos poços em que opera.

É política da empresa a definição de duas barreiras de poço independentes e verificadas de acordo com procedimentos específicos para as operações nos poços. Nos casos em que apenas uma barreira estiver totalmente funcional e a outra se encontrar degradada, todas as operações do poço devem ser suspensas até que a situação seja resolvida. Essa política está alinhada com as melhores práticas da indústria (*North Sea Standards*) e os requerimentos apresentados no Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento de Integridade de Poços (SGIP), estabelecido pela ANP (2016).

A SEADRILL possui um manual coorporativo de controle de poço que abrange a técnica de perfuração MPD (*Managed Pressure Drilling*), escolhida para ser empregada nas operações da sonda na Bacia de Sergipe-Alagoas.

A técnica MPD pode ser definida como um processo adaptativo de perfuração usado para controlar com precisão o perfil de pressão anular ao longo de toda a extensão do poço enquanto verifica, de forma constante, a pressão de fundo do poço (*Bottom Hole Pressure – BHP*). O objetivo do sistema MPD é evitar o influxo contínuo de fluidos da formação para a superfície.

Ao contrário da prática de perfuração convencional que se baseia principalmente no peso do fluido de perfuração como barreira primária de segurança, a operação de perfuração MPD utiliza, além do peso da lama, um equipamento especial para ajustar a pressão anular ao longo do poço, de forma a atender aos requisitos estabelecidos para a pressão de fundo (BHP). Dessa forma, o sistema MPD consegue aprimorar a confiabilidade da barreira de segurança primária do poço.

Adicionalmente, o sistema MPD opera por meio de uma circulação fechada do fluido de perfuração (em forma de *loop*), trazendo assim maior segurança, eficiência e economia nas operações e evitando um fluxo contínuo para a superfície.

II.9.8.5.2 Plano de Inspeções Periódicas e Programa de Manutenção Preventiva e Corretiva[15]

A SEADRILL considera o mapeamento e a realização de inspeções/testes periódicos para os equipamentos aplicáveis. Estas inspeções e testes possuem instruções e padrões de referência

[14] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2014) e SEADRILL (2017).

[15] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015b).

aceitáveis para detecção de anomalias em relação aos padrões. Cada equipamento/linha deve ter sua periodicidade definida e registrada. As anomalias podem indicar necessidade imediata para manutenções corretivas de linhas e equipamentos.

As inspeções técnicas são geridas pelo Líder da Seção Técnica e abrangem as principais áreas a bordo, como Perfuração, Marinha, Controle de Poço, Energia Elétrica e Equipamentos/Acessórios de Içamento.

O OIM deve ser informado antecipadamente sobre as inspeções diárias para avaliação de operações simultâneas e possíveis interferências, podendo a atividade de inspeção ser reagendada, caso necessário.

A SEADRILL possui um procedimento específico para manutenção mínima do BOP antes de cada descida. Este procedimento determina a realização de inspeções e testes em cada recuperação do BOP na superfície.

A SEADRILL possui uma diretriz corporativa específica para gestão de manutenção. Esta diretriz detalha os requerimentos de sistemas de manutenção para cada Unidade. Esta diretriz considera as especificidades locais como parâmetros operacionais, regulamentos locais, etc. Adicionalmente, a diretriz leva em conta detalhes sobre inspeções de linhas/tanques/casco, disponibilidade de sobressalentes e programas de manutenção preventiva.

A empresa possui um Sistema de Manutenção de Ativos (SAMS - *Seadrill Asset Management System*) para gestão de registro dos equipamentos e planos de manutenção e para registro dos trabalhos realizados e dos dados históricos. O Sistema conta ainda com ferramentas de análise de confiabilidade e indicadores de desempenho.

A SEADRILL possui uma iretriz adicional específica para Manutenção Preventiva que requer o uso do sistema informatizado para agendamento das atividades de manutenção. Este agendamento pode ser baseado em data prevista, número de horas trabalhadas, evento específico (navegação, fora de operação) ou gerado manualmente.

A empresa usa a metodologia RCM (*Risk Centered Maintenance* – Manutenção Centrada em Risco) para estabelecer o programa de manutenção preventiva. Esta metodologia considera a probabilidade de falha dos equipamentos combinada com criticidade da falha do equipamento em relação às consequências para pessoas, meio ambiente, danos aos ativos e perdas de produção. Através dos resultados da aplicação desta metodologia, determinam-se os equipamentos com maiores níveis de risco e que, portanto, demandam maior periodicidade de manutenção.

Um equipamento crítico de segurança possui um marcador no sistema que gera um alerta específico. Estes equipamentos podem impossibilitar a continuidade das operações em caso de atraso na manutenção dos mesmos.

Adicionalmente, existem procedimentos específicos regionais que determinam listas de verificação e programas para os casos de necessidade de lubrificação diária/semanal de equipamentos.

Em relação aos equipamentos dos contratados, a SEADRILL exige que estes possuam um Plano de Manutenção Preventiva. Caso este equipamento seja responsabilidade da Unidade de Perfuração, então deverá ser coberto pelo sistema de manutenção da Sonda.

II.9.8.5.3 Plano de Capacitação Técnica/Treinamentos dos Funcionários[16]

- **COMPETÊNCIAS/CAPACITAÇÃO TÉCNICA**

A SEADRILL possui uma diretriz específica que detalha os requerimentos para recrutamento e avaliação de funcionários para emprego. A avaliação é baseada na descrição da vaga, envolvendo certificações específicas para a vaga, requerimentos essenciais, responsabilidades de HSE, mínimo de experiência, etc.

Para os funcionários contratados, a SEADRILL exige o mesmo nível de processo de seleção dos seus funcionários próprios.

Os novos funcionários passam por um curso de indução específico para a Sonda, com o intuito de gerar familiarização com os arranjos, equipamentos e sistemas da sonda. A indução inclui apresentação dos recursos de segurança/emergência e uma ronda de segurança para conhecer a Unidade. Os requisitos de Indução são apresentados em procedimentos específicos.

A SEADRILL conduz um programa de Garantia de Competências que detalha todos os requerimentos associados a competências de cada vaga específica. Este programa inclui avaliação de conhecimento, habilidades práticas, critérios de desempenho e é conduzido para novas contratações e para funcionários com menos de 6 meses de experiência na função. A cada 6 meses ou quando o empregado é realocado, o processo é conduzido outra vez.

A operadora possui uma diretriz específica para Integridade e Controle de Poço. Esta diretriz determina diversos requerimentos associados à integridade e controle de poço, incluindo as

[16] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a).

competências/certificações/treinamentos mínimos necessários para a equipe de perfuração e controle de poço.

- **TREINAMENTOS**

A SEADRILL possui uma diretriz corporativa específica para treinamentos. Esta diretriz determina os padrões de treinamento mínimo e descreve os processos que são estabelecidos para garantir que as necessidades de treinamento estejam definidas e sejam comunicadas e monitoradas.

A SEADRILL possui uma matriz de treinamento padrão que identifica os treinamentos e certificações necessárias para a equipe offshore. As especificidades de cada Sonda/Região são incluídas para atender aos regulamentos/treinamentos de vendors/requerimentos contratuais/necessidades locais.

Também estão mapeados os treinamentos regionais que precisam ser realizados por todos os funcionários para garantir conformidade.

A SEADRILL promove a participação da força de trabalho nas atividades/tópicos de QHSE.

II.9.8.5.4 Procedimentos operacionais[17]

A SEADRILL possui uma diretriz específica para gestão da documentação. Esta diretriz determina a manutenção de documentos atualizados, incluindo arranjos, desenhos e procedimentos.

A Gestão de documentação apresenta um método para garantir que todas as pessoas sejam informadas rapidamente dos procedimentos revisados aplicáveis à sua função.

A SEADRILL utiliza o TMS e o eDOCS para armazenagem e gestão de documentos.

A Operadora possui um procedimento específico para operações simultâneas. Este procedimento descreve as restrições gerais entre operações que não podem acontecer simultaneamente. Os líderes de bordo realizam avaliações diárias sobre simultaneidade das operações, conduzindo avaliações de risco, se necessário.

II.9.8.5.5 Procedimento de Contratação e Gestão de Terceiros (Contratados)[18]

Este procedimento de gestão garante o controle sobre as empresas contratadas (ou a serem contratadas) para que sigam os requisitos mínimos de qualidade, saúde, meio ambiente e segurança

[17] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a) e SEADRILL (2012).

[18] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a), SEADRILL (2016c) e SEADRILL (2016b).

nas operações a serem realizadas na Sonda. As empresas contratadas devem seguir todas as diretrizes e políticas da SEADRIL.

Durante a avaliação prévia à contratação, alguns itens são verificados, como histórico de serviços da empresa e aderência ao sistema de QHSE. A SEADRILL realiza auditorias nas empresas contratadas para confirmar a implementação na prática dos itens solicitados de QHSE.

A SEADRILL possui um procedimento específico para exigência do *bridging document* (documento de interface), cujo objetivo é ser um gruia para criar a "ponte" entre o que a empresa contratada já faz e o que ela também deve incluir para atender aos requisitos da SEADRILL.

Este documento é construído a partir de um *gap analysis* (análise de itens faltantes) entre o Sistema de Gestão Total (TMS) da SEADRILL e os requerimentos específicos do cliente.

Os Dados mínimos relevantes que devem ser equalizados entre a SEADRILL e o Cliente são:

- Descrição das funções e responsabilidade de pessoal chave;
- Padrões, Procedimentos, Diretrizes e Políticas relevantes;
- Detalhes sobre requerimentos de competência, treinamento e indução;
- Planejamento de Gestão de Riscos;
- Detalhes sobre operações de Perfuração e Marinha;
- Processo de Controle de Poço (A SEADRILL também possui um *bridging Document* específico para Controle de Poço);
- Itens de Auditoria e Conformidade;
- Processos de Resposta às Emergências, incluindo emergências médicas;
- Processos de Investigação e Reporte de Acidentes e Quase Acidentes.

II.9.8.5.6 Sistema de Permissão/Controle de Trabalho[19]

A Permissão de Trabalho é uma importante ferramenta para planejamento e controle das atividades. Esta ferramenta garante que as tarefas sejam adequadamente planejadas e os riscos, identificados e controlados. A SEADRILL possui um procedimento específico para Permissão de Trabalho. Com esta permissão, todo o pessoal que realizará um determinado trabalho toma ciência dos principais riscos e medidas de controle que devem ser seguidas durante execução da tarefa.

[19] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a) e SEADRILL (2015b).

A SEADRILL possui duas ferramentas a serem utilizadas para identificação e análise dos riscos da tarefa: A TBRA (*Task Based Risk Assessment* - Avaliação de Risco baseada na Tarefa) e o Procedimento de Etapa por Etapa. O OIM e o Líder da Seção devem selecionar o método mais apropriado.

O Sistema de Permissão de Trabalho também permite que as operações simultâneas, principalmente operações de perfuração e de poço, sejam avaliadas pelos líderes da sonda e restritas em caso de riscos identificados em alguma operação que possa impactar outra.

Outros itens devem ser avaliados durante a emissão da Permissão de Trabalho, como Barreiras/Sistemas de segurança afetados, Impacto em rotas de fuga, etc.

O OIM deve aprovar a Permissão de Trabalho que tem validade determinada. As permissões de trabalho são registradas e arquivadas em sistema específico a bordo.

A SEADRILL determina que, no mínimo, as seguintes tarefas tenham obrigatoriamente Permissão de Trabalho emitidas:

- Trabalho à quente;
- Entrada em espaços confinados;
- Elevação de pessoal;
- Trabalhos sobre à água;
- Içamento de cargas;
- Uso de ROV;
- Montagem e desmontagem de andaimes;
- Operações de mergulho.

II.9.8.5.7 Gerenciamento de Mudanças[20]

A SEADRILL possui um procedimento específico para Gestão de Mudanças. O Objetivo desta diretriz da SEADRILL é garantir a avaliação dos riscos e a implementação de ações preventivas e mitigadoras durante a implementação de uma mudança na Sonda.

Estas mudanças podem ser:

- Organizacionais, ex.: mudanças em funções e responsabilidades;
- Procedimentais, ex.: implementação de diretrizes corporativas, procedimentos regionais e específicos da sonda;

[20] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a) e SEADRILL (2016e).

- Físicas, ex.: mudanças, substituições, acréscimos e remoções de estruturas, equipamentos, sistemas de segurança, regras de classe/portuárias, etc.
- Documentais (associadas à documentação técnica), ex.: modificações em desenhos, classificação de áreas, etc.

O Processo de Gestão de Mudanças determinado pela SEADRILL envolve as seguintes etapas:

1. Descrição da modificação planejada;
2. Documentação relevante;
3. Identificação e análise dos riscos;
4. Ações de mitigação/prevenção e classificação final do nível de risco;
5. Revisão regional e aprovação;
6. Revisão corporativa e aprovação.

O OIM é o iniciador da modificação requerida e trabalha ativamente nos itens de 1 a 5, assim como documenta os resultados e conclusões.

II.9.8.5.8 Gestão de Emergências[21]

A SEADRILL possui diretrizes específicas relacionadas à Preparação em Emergências que detalham os requerimentos para desenvolvimento e manutenção de Planos de Preparação e Resposta a Emergências efetivos.

Cada Unidade Offshore possui Planos de Emergência específicos baseados nos cenários de emergência (DSHAs - *Defined Situation of Hazard and Accident*, Situações definidas de perigos e acidentes) identificados para a Unidade. A Diretriz prevê a comunicação para o pessoal a bordo dos cenários de emergência e os recursos, ações e responsabilidades. São realizados simulados periódicos para os cenários de emergência relevantes, que são mapeados através de uma matriz de simulados de emergência.

II.9.8.5.9 Registro e Investigação de Acidentes[22]

A SEADRILL possui um procedimento específico corporativo que determina os requisitos mínimos para quando e como conduzir investigação de acidentes e quase acidentes.

[21] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a).

[22] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a) e SEADRILL (2016d).

A Operadora determina que todos os incidentes associados à HSE a bordo sejam investigados. A empresa define dois níveis de investigação: Investigação Regional (Para cenários de alto potencial) e Investigação da Sonda (Para cenários de baixo e médio potencial).

Este procedimento funciona como um guia para que as melhores práticas de investigações de acidentes sejam seguidas.

O procedimento também exige a necessidade de comunicação dos resultados da investigação, assim como o registro e acompanhamento das recomendações geradas pelo processo de investigação de acidentes no Synergi.

II.9.8.5.10 Auditorias[23]

A SEADRILL também prevê a realização de auditorias para verificação de oportunidades de melhoria nos sistemas de gestão e na Sonda. A empresa possui um procedimento específico que determina os requisitos mínimos e as orientações para garantir responsabilidade e métodos para realização das auditorias. A SEADRILL exige que as auditorias sigam os padrões aplicáveis internacionais como os padrões ISO.

Estes requisitos incluem as fases de planejamento, preparação, execução, relatório e acompanhamento das recomendações da auditoria.

II.9.8.6 Gestão de Contratados – ExxonMobil[24]

Como detentora dos blocos, a ExxonMobil deverá monitorar as operações realizadas pela SEADRILL. A ExxonMobil exige que os programas, procedimentos, diretrizes e políticas da SEADRILL atendam aos requisitos do seu próprio Sistema de Gestão (OIMS – *Operations Integrity Management System*). Portanto, todos os elementos de gestão deste Plano devem estar em acordo com o sistema de gestão da ExxonMobil.

Para realizar a Gestão de Contratadas, a ExxonMobil possui um procedimento específico que determina os seguintes pontos:

- Os contratados devem ser qualificados, avaliados e selecionados com base em suas habilidades e em trabalhos previamente realizados com segurança e proteção ao meio ambiente;

[23] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em SEADRILL (2015a) e SEADRILL (2016a).

[24] As informações apresentadas nessa seção foram obtidas em EXXONMOBIL (2015a), EXXONMOBIL (2015b) e EXXONMOBIL (2016).

- Requerimentos de integridade das operações devem estar claramente definidos e comunicados para os contratados;
- Planos de interface efetivos (*bridging Documents*) devem ser desenvolvidos e gerenciados pela ExxonMobil e pela Seadrill;
- O desempenho dos contratados deve ser monitorado e as deficiências devem ser corrigidas.

A ExxonMobil também exige que as Contratadas forneçam todas as informações sobre acidentes e quase-acidentes da sonda.

II.9.9 Considerações Finais

Neste estudo, foram considerados os vazamentos a partir de um ponto na Bacia de Sergipe-Alagoas, em três faixas de volume (8 m³, 200 m³ e pior caso, de 238.480,9 m³) e dois cenários sazonais (Período 1 – novembro a abril; e Período 2 – maio a outubro) para avaliação dos Riscos Ambientais e Tolerabilidades associados aos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVAs/SVAs) identificados.

Os valores máximos de probabilidade de toque para a maioria dos CVAs/SVAs foram observados para o vazamento de pior caso no Período 1, com exceção do SVA Zona de Conservação da Vida Marinha (ZCVM) do Peixe-Boi, que apresentou a maior probabilidade de toque no vazamento de pior caso no Período 2. Com relação a frequência de ocorrência dos vazamentos (Risco Ambiental), os cenários acidentais associados aos pequenos vazamentos (Vol < 8 m^3) apresentaram uma frequência com ordem de grandeza superior às demais faixas de volume, o que é esperado e alinhado com registros históricos que reforçam esta relação inversa

Já a maior tolerabilidade encontrada neste estudo está associada aos CVA Manguezais e CVA Recifes de Corais (0,88%). Esta tolerabilidade representa um Tempo de Recorrência de aproximadamente 3.400 anos, que é cerca de 113 vezes maior que o Tempo de Recuperação deste componente (30 anos).Cabe observar que o presente estudo de análise de riscos refinou especificamente os cálculos de frequência do *blowout*, por ser este o maior contribuidor para o risco total de uma campanha de perfuração exploratória. Este refinamento é necessário para que se chegue em um resultado mais preciso da tolerabilidade ambiental, resultado este que deve refletir não somente a sensibilidade ambiental da região, mas também: as especificidades e premissas preconizadas ao pior cenário acidental, aos padrões atuais e boas práticas em segurança aplicada ao gerenciamento da integridade de poços.

Sendo assim, trata-se de uma abordagem mais precisa, mais próxima a realidade da atividade que se propõem realizar, e que reforça a importância da aplicação de práticas de segurança e integridade voltadas a prevenção de grandes acidentes como o *blowout*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados de Incidentes de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.** 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Investigação do Incidente de Vazamento de Petróleo no Campo de Frade.** Relatório Final, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Investigação de Incidente: Exsudação e Subsidência Ocorrida no campo de Frade**. 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório Anual de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.** 2016b.

ALBUQUERQUE, C. & MARCOVALDI, G. Ocorrência e distribuição do peixe-boi-marinho no litoral brasileiro (Sirênia - Trichechidae, *Trichechus manatus*). **Atlântica**, v.5, n.2. 2 p. 1982.

ALMEIDA, A. P.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; BELINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPES, M. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira***,* Ano I. n.1, p.12-19. 2011a.

ALMEIDA, A. P.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; BELINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPES, M. 2011a. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil**. Biodiversidade Brasileira**, Ano I (1):12-19.

ALMEIDA, A. P.; THOMÉ, J. C. A.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira***,* Ano I, n1, p.37-44*.* 2011b.

ALMEIDA, A. P.; THOMÉ, J. C. A.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011b. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I (1): 37-44.

ALONSO-ALVAREZ C, MUNILLA I, LÓPEZ-ALONSO M, VELANDO A. 2007. Sublethal Toxicity of the Prestige Oil Spill on Yellow-Legged Gulls. **Environmental International**, 54, 7733-7781.

ALONSO-ALVAREZ C, MUNILLA I, LÓPEZ-ALONSO M, VELANDO A. Sublethal toxicity of the Prestige oil spill on yellow-legged gulls**. Environment International.** v.33, p.773–781. 2007.

ALVES, M. D. O.; SCHWAMBORN, R.; BORGES, J. C. G.; MARMONTEL, M.; COSTA A.F.; SCHETTINI, C. A. F; ARAÚJO, M. E. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. **Biological Conservation**, v.161, p.91-100. 2013.

ANP/ECOLOGY (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS). Estudo Ambiental de Área Sedimentar (EAAS) - Sergipe-Alagoas/Jacuípe. 2020. Disponível em: http://www.anp.gov.br/consultas-audiencias-publicas/concluidas/5605-consulta-publica-n-2-2020. Acesso em: fev. 2020.

ARAUJO, H.F.P.; R.C. RODRIGUES & A.K. NISHIDA. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia.** v.14, n.3, p.249-259. 2006.

ARCOVERDE, D.L.; SOUSA, M.E.M.; EMIN-LIMA, R.; SANTOS, G.M.A.; MARTINS, B.M.L.; RODRIGUES, A.L.F.; SILVA-JÚNIOR, J.S. & SICILIANO, S. 2010. **Atualização dos registros de ocorrência de grandes cetáceos na costa norte, Pará, Brasil, 2006 - 2010**. Resumos do XIV Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul (RT). 8º Congresso da Sociedade Latinoamericana de Especialistas em Mamíferos Aquáticos (SOLAMAC), Florianópolis (SC).

AUBIN, D. J. & LOUSBURY, V. Oil Effects on Manatees: Evaluating the Risks. 1988. *In:* GERACY, J. R. & St AUBIN, D. J. Synthesis of Effects of Oil on Marine Mammals. **Report Nº MMS 88-049**, 289p.TEAL, J. M.; HOWARTH, R. W. Oil spill studies: a review of ecological effects. **Environmental Management,** v.8, n.1, p.27-44. 1984.

AUSTRALIAN GOVERNAMENT. 2015. **The effects of Maritime oil spills on Wildlife including non-avian Marine life**. Disponível em: http://www.amsa.gov.au/environment/maritime-environmental-emergencies/national-plan/general-information/oiled-wildlife/marine-life/index.asp. Acessado em abril de 2015.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. 2010. **Marine Environment Protection**. Disponível em: www.amsa.gov.au. Acessado em setembro de 2014.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Marine Environment Protection**. 2010.Disponível em: www.amsa.gov.au. Acesso em: set. 2014.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. The Effects of Maritime Oil Spills on Wildlife including Non-Avian Marine Life. 2010. Disponível em: https://www.amsa.gov.au/community/kids-and-teachers-resources/kids/teachers/Tech_Paper/index.html. Acesso em: set. 2014.

BAHIATURSA. A estratégia turística da Bahia: 1991-2005. Salvador/BA. 185 p. 2000.

BAKER, J. M. Ecological effectiveness of oil spill countermeasures. Hoe clean is clean? **Pure Appl. Chem.**, v.71, n.1, p.135-151. 1999.

BAKER, J. M. Mangrove swamps and the oil industry. **Oil Petrochemical Pollution**, v.1, p.5-22. 1982.

BAKER, M.C.; STEINHOFF, M.A. & FRICANO, G.F. 2016. **Integrated effects of the Deepwater Horizon oil spill on nearshore ecosystems**. Marine Ecology Progress Series. Theme Section · Advance View.

BARATA, P. C. R. & F. F. C. FABIANO. Evidence for leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) nesting in Arraial do Cabo, state of Rio de Janeiro, and a review of occasional leatherback nests in Brazil. **Marine Turtle Newsletter**. v.96, p.13-16. 2002.

BARCELLOS, L. & SILVA F. O, R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill**. In: International Oil Spill Conference**. 4p. BARCELLOS, L.; SILVA, F. O. R. P. 2003.

BARCELLOS, L.; SILVA F. O, R. P. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. *In:* **International Oil Spill Conference**. p.4. 2003.

BARRON, M. G. 2012. Ecological Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Implications for Immunotoxicity. **Toxicologic Pathology**, 40: 315-320.

BARRON, M. G. Ecological Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Implications for Immunotoxicity. **Toxicologic Pathology**, v.40, p.315-320. 2012.

BARROS, A., ÁLVAREZ, D. & VELANDO, A. 2014. Long-term reproductive impairment in a seabird after the Prestige oil spill. **Biology Letters**, 10, 20131041.

BARROS, A., ÁLVAREZ, D. & VELANDO, A. Long-term reproductive impairment in a seabird after the Prestige oil spill. **Biology Letters**, v.10. 2014.

BARTH, H.J. (2001) **The coastal ecosystems 10 years after the 1991 Gulf War oil spill**. Preliminary report. Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.626.5958&rep=rep1&type=pdf

BAUDOUIN, M.; THOISY, B.; CHAMBAULT, P.; BERZINS, R.; ENTRAYGUES, M.; KELLE, L.; TURNY, A.; MAHO, Y. L.; CHEVALLIER, D. Identification of key marine areas for conservation based on satellite tracking of post-nesting migrating green turtles (Chelonia mydas). **Biological Conservation**, n.184, p.36-41. 2015.

BERGE, J.A. 1990. Macrofauna recolonization of subtidal sediments. Experimental studies on defaunated sediment contaminated with crude oil in two Norwegian fjords with unequal eutrophication status. I. Community responses. **Marine Ecology Progress Series**. Vol. 66, 103-115. Disponível em: https://www.int-res.com/articles/meps/66/m066p103.pdf

BERGE, J.A. Macrofauna recolonization of subtidal sediments. Experimental studies on defaunated sediment contaminated with crude oil in two Norwegian fjords with unequal eutrophication status. I. Community responses. **Marine Ecology Progress Series**. v. 66, p.103-115. 1990. Disponível em: https://www.int-res.com/articles/meps/66/m066p103.pdf. Acesso em: nov. 2019.

BERROUANE, M. T.; LOUNIS, Z. Safety Assessment of Flare System by Fault Tree Analysis. **Journal of Chemical Technology and Metallurgy**, 51, 2, 229-234, 2016.

BERWIG, J.A. 2015. **Os serviços ecossistêmicos na gestão dos desastres ambientais ocorridos no setor energético.** Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.1, edição especial de 2015. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica - ISSN 1980-7791.

BERWIG, J.A. **Os serviços ecossistêmicos na gestão dos desastres ambientais ocorridos no setor energético.** Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.1, 2015. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica - ISSN 1980-7791.

BEST, R. C. & TEXEIRA, D. M. Notas sobre a distribuição e status aparentes dos peixes-bois (*Mammalia, Sirenia*) nas costas amapaenses brasileiras. **Bol. FBCN**, Rio de Janeiro, n.17, p.41-47. 1982.

BOROBIA, Mônica; LODI, Liliane. Recent observations and records of the West Indian manatee Trichechus manatus in northeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 59, n. 1, p. 37-43, 1992.

BOYD, J. N.; SCHOLZ, D.; WALKER, A. H. Effects of oil and chemically dispersed oil in the environment. **International Oil Spill Conference**. 2001.Disponível em http://www.iosc.org/papers/00633.pdf. Acessado em agosto de 2014.

BROWNWELL, R. L. 1971**. Whales, dolphins and oil pollution.** In: Biological and Oceanographie Survey of the Santa Barbara Channel Oil spill 1969-1970. Vol 1. Biology and Bacteriology. In: Straughan, D. (ed.) Sea Grant Publ. nº 2. Vol.1 Allan Hancock Found. Univ. Southern California. p. 255-276.

BROWNWELL, R. L. **Whales, dolphins and oil pollution.** In: Biological and Oceanographie Survey of the Santa Barbara Channel Oil spill 1969-1970. Vol 1. Biology and Bacteriology. In: Straughan, D. (ed.) Sea Grant Publ. nº 2. Vol.1 Allan Hancock Found. Univ. Southern California. p. 255-276. 1971**.**

BRYDEN, M.M., DAWBIN, W.H., HEINSOHN, G.E., & BROWN, D.H. 1977. Melon-headed whale, *Peponocephala electra*, on the east coast of Australia. **Journal of Mammalogy**, 58 (2): 180-187.

BURGER, A. E. 1993. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: effects of spill volume. **Marine Pollut. Bull**., 26: 140-143.

BURGER, A. E. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: effects of spill volume. **Marine Pollut. Bull.**, v.26, p.140-143. 1993.

BURGER, A. E., 2003. **Summary of Presentation to the Royal Society Expert Panel on Oil and Gas Activities Offshore Bc**. 10 p.

BURNS, K. A., EHRHARDT, M. G., HOWES, B., TAYLOR, C. D. Subtidal Benthic Community Respiration and Production Near the Heavily Oiled Gulf-Coast of Saudi-Arabia. **Marine Pollution Bulletin.** v.27, p.199-205. 1993.

BURNS, K. A.; GARRITY, S. D. & LEVINGS, S. C. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spills? **Marine Pollution Bulletin**, v. 26, n.5, p.239-248. 1993.

BURNS, K. A.; GARRITY, S. D.; JORISSEN, F.; MACPHERSON, J.; STOELTING, M.; TIERNEY, J.; YELLE-SIMMONS, L. **The Galeta oil spill. II. Unexpected persistence of oil rapped in mangrove sediments**. Estuarine, Coastal Shelf Science, v.38, p.349-364. 1994.

CAMPAGNA, C., SHORT, F.T., POLIDORO, B.A., MCMANUS, R., COLLETTE, B., PILCHER, N.J., SADOVY, Y., STUART, S., CARPENTER, K.E. Gulf of Mexico oil blowout increases risks to globally threatened species. **BioScience**, in press. 2011.

CANTAGALLO, C., GARCIA, G. J. & MILANELLI, J. C. C. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo do sistema estuarino de Santos, estado de São Paulo. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol,** v.12, n.2, p.33-47. 2008.

CARTER, H. R. Oil and California's seabirds. **Marine Ornithology**, v. 31, p. 1-7, 2003.

CARVALHAL, F.; BERCHEZ, F. A. S. **Costão rochoso: a diversidade em microescala**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/ecosteiros/costao%20web/costao/index2.html>. Acessado em agosto de 2014.

CASTILHOS, J.C.; COELHO, C. A.; ARGOLO, J. F.; SANTOS, E. A. P.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha Lepidochelys olivacea (Eschscholtz, 1829) no Brasil. Biodiversidade Brasileira, Ano I (1): 28-36.ENGELHARDT, F. R. **Petroleum effects on marine mammals**. **Aquatic Toxicology**, v.4, n. 3, p. 199-217. 1983.

CASTILHOS, J.C.; COELHO, C. A.; ARGOLO, J. F.; SANTOS, E. A. P.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I (1): 28-36.

CECLIMAR, 2015. Disponível em: http://www.ufrgs.br/ceclimar. Acessado em janeiro de 2015.

CENTRE OF DOCUMENTATION, RESEARCH AND EXPERIMENTATION ON ACCIDENTAL WATER POLLUTION. **Spills**. Disponível em: < http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills> Acesso em: 02 agosto 2019.

CHAMBAULT, P.; PINAUD, D.; VANTREPOTTE, V.; KELLE, L.; ENTRAYGUES, M.; GUINET, C.; BERZINS, R.; BILO, K.; GASPAR, P.; THOISY, B.; MAHO, Y.; CHEVALLIER, D. 2015. Dispersal and Diving Adjustments of the Green Turtle Chelonia mydas in Response to Dynamic Environmental Conditions during Post-Nesting Migration. PlosOne, 10(9): 1-19.

CHAN, G. L. 1977. **The five-year recruitment of marine life after the 1971 San Francisco Oil Spill**. *In*: International Oil Spill Conference Proceedings, 1977(1): 543-545.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. 2014. **Lista das Aves do Brasil.** CBRO, 11ª Edição.

CORREDOR, J. E.; MORELL, J. M.; CASTILLO, C. E. Persistence of spilled crude oil in a tropical intertidal environment. **Marine Pollution Bulletin**, v.21, p.385-388. 1990.

COSTA, A.F.; MOTTA, R.M.A.; CAVALLANTE, A.P.; ALVES-JÚNIOR, T.T. Registro de uma baleia-piloto-de-peitorais-curtas, *Globicephala macrorhyncus*, encalhada viva no litoral do Ceará. *In*: **Anais XXV Congresso Brasileiro de Zoologia**. Brasília-DF. 2006.

COUTINHO, R. Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. **Oecologia brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 259-271, 1995.

COUTINHO, R. **Grupo de ecossistemas: costões rochosos**. 2004. Disponível em: http://www.anp.gov.br/meio/guias/sismica/refere/Costoesrochosos.pdf. Acessado em agosto de 2014.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. Bentos de costões rochosos. **Biologia Marinha. Interciência, Rio de Janeiro**, p. 147-158, 2009.

CROWDER, L. & HEPPELL, S. 2011. The decline and rise of a sea turtle: How Kemp's Ridleys are recovering in the Gulf of Mexico. **The Solutions Journal.** Volume 2, Capítulo 1 – Pgs 67-73. Disponível em: http://thesolutionsjournal.org/node/859?page=1

CROWDER, L. & HEPPELL, S. The decline and rise of a sea turtle: How Kemp's Ridleys are recovering in the Gulf of Mexico. **The Solutions Journal**. cap.1, v.2, p.67-73. 2011. Disponível em: http://thesolutionsjournal.org/node/859?page=1

DAVIS, J. E. & ANDERSON, S. S. 1976. Effects of oil pollution on breeding gray seals. **Mar. Pollution Bull.**, 7: 115-118.

DAY, R. H.; MURPHY, S. M.; WIENS, J. A.; HAYWARD, G. D.; HARNER, E.; SMITH, L. N. Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Habitat Use by Birds in Prince William Sound, Alaska. **Ecological Applications**, 7: 593-613. 1996.

DAY, R. H.; MURPHY, S. M.; WIENS, J. A.; HAYWARD, G. D.; HARNER, E.; SMITH, L. N. 1996. Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Habitat Use by Birds in Prince William Sound, Alaska. E**cological Applications**, 7: 593-613.

DEFENDERS, 2010. Wildlife and Offshore drilling the 2010 Gulf of Mexico disaster: Manatees. Disponível em: http://www.defenders.org/sites/default/files/publications/wildlife_and_offshore_drilling_manatees.pdf. Acesso em: fev. 2015.

DET NORSKE VERITAS. **Recommended Failure Rates for Pipelines.** Report No 2017-0547, Rev. 2, 2017.

DET NORSKE VERITAS. **Report for Australian Marine Safety Authrity.** Porject No PP002916, Rev. 5, 2011.

DICKS, B. **The environmental impacts of marine oil spills – effects, recovery and compensation**. 1999.Disponível em: http://www.itopf.com/fileadmin/data/ Documents/Papers/environ.pdf. Acesso em: ago. 2014.

DOMMING, D. P. Distribution and status of manatees *Trichechus* spp. in Brazil c.1785-1973. **Biol. Conserv***.,* 22:85-97. 1981.

DUKE, N. Reforestacion de manglares em Panamá In La restauracion de ecosistemas de manglar. **ISME/OIMT Publicacion**. Manágua, Nicarágua. p.231-258. 1997.

DUKE, N.; BURNS, K. A. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association, Main Report. **Australian Institute of Marine Science and CR Reef Research**. 212 p. 1999.

DUKE, N.; BURNS, K. A.; ELLISON, J. C. Surveys of oil spill incidents around Australia. An assessment of incidents, impacts on mangroves, and recovery of deforested areas. *In*: Duke, N. C. & Burns, K. A. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. **Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association**, Main Report. Australian Institute of Marine Science and CRC Reef Research. cap. 2, p 240-247. 1999.

EDWARDS, R. & WHITE, I. 2010. **The Sea Empress Oil Spill: Environmental Impact and Recovery**. Disponível em: http://www.itopf.com/information-services/data-andstatistics/casehistories/documents/seaemp.pdf.

EDWARDS, R. & WHITE, I. **The Sea Empress Oil Spill: Environmental Impact and Recovery**. 2010. Disponível em: http://www.itopf.com/information-services/data-andstatistics/casehistories/documents/seaemp.pdf.

EDWARDS, R.; WHITE, I., 2009. **The sea empress oil spill: Environmental Impact and Recovery**. Disponível em: <http://www.martrans.org/eu-mop/library/CASE%20STUDIES/ITOPF/3.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2014.

ELMGREN, R.; HANSSON, S.; LARSSON, U. & SUNDELIN, B. & BOEHM, P. The Tesis oil spill: Acute and long-term impact on the benthos. **Marine Biology.** 1983.

ELMGREN, R.; HANSSON, S.; LARSSON, U. & SUNDELIN, B. & BOEHM, P. 1983. The? Tsesis? oil spill: Acute and long-term impact on the benthos. **Marine Biology**. 73. 10.1007/BF00396285.

ENGELHARDT, F. R. 1983. Petroleum effects on marine mammals. **Aquatic Toxicology**, 4 (3):199-217.

EPA. 1999. **Wild life and Oil Spill. In: Understanding Oil Spills and Oil Spill Response**. Office of Emergency and Remedial Response. 6 p.

EPA. **Wild life and Oil Spill. In: Understanding Oil Spills and Oil Spill Response**. Office of Emergency and Remedial Response. p.6. 1999.

ESLER, D.; BOWMAN, T. D.; TRUST, K. A.; BALLACHEY, B. E.; DEAN, T. A.; JEWETT, S. C.; O'CLAIR, C. E. Harlequin duck population recovery following the 'Exxon Valdez' oil spill: progress, process and constraints. **Mar. Ecol. Prog. Ser**, v.241, p.271-286. 2002.

ESLER, D.; BOWMAN, T. D.; TRUST, K. A.; BALLACHEY, B. E.; DEAN, T. A.; JEWETT, S. C.; O'CLAIR, C. E. 2002. Harlequin duck population recovery following the 'Exxon Valdez' oil spill: progress, process and constraints. **Mar. Ecol. Prog. Ser**, 241: 271-286.

ESTIMA, S. C., 2002. **O leão-marinho, *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) (Pinnipedia, Otariidae) no estuário da Lagoa dos Patos**. Universidade Católica de Pelotas/Curso de Bacharelado em Ecologia/Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental.

EVOSTC (INSTITUTO EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL). **2010 Update Injured Resources and Services. Exxon Valdez Oil Spill Restoration Plan**. 45 p. 2010. Disponível em: http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/2010IRSUpdate.pdf. Acesso em: dez. 2014

EXXONMOBIL. **Introduction to Upstream Systems.** Rev. 0, 2015a.

EXXONMOBIL. **OIMS System 8-1 Third Party Services.** Rev. 0, 2015b.

EXXONMOBIL. **Operations Integrity Management System.** 2016.

FALL, J. A.; FIELD, L. I., 1993. Subsistence uses of fish and wildlife before and after the Exxon Valdez oil spill. PROCEEDINGS OF THE EXXON VALDEZ OIL SPILL SYMPOSIUM. pp. 819-836. **American Fisheries Society Symposium**. Vol. 18.

FALL, J. A.; FIELD, L. I., Subsistence uses of fish and wildlife before and after the Exxon Valdez oil spill. PROCEEDINGS OF THE EXXON VALDEZ OIL SPILL SYMPOSIUM. **American Fisheries Society Symposium**. v.18. p. 819-836. 1993.

FARIAS, L. G. Q. O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia. 2007.

FERREIRA JÚNIOR, Antonio Vicente. Mapeamento da zona costeira protegida por arenitos de praia (Beachrocks) em Nísia Floresta-RN. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. 2005.

FISHER, C.R. & GERARD, C.R. 2018. Long-term impact of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea corals detected after seven years of monitoring. **Biological Conservation** 225 (2018) 117–127.

FISHER, C.R.; DEMOPOULOS, W.J.; CORDES, E.E.; BAUMS, I.B.; WHITE, H.K. & J.R. BOURQUE. 2014. Coral communities as indicators of ecosystem-level impacts of the Deepwater Horizon spill **Bioscience**, 64, pp. 796-807.

FOGDEN, F. L. C. 1970. Mother-young behavior at gray seal breeding beaches. **J. Zool.,** 164: 61-92.

FRITTS, T. H.; MCGEHEE, M. A. 1982. **Effects of petroleum on the Development and Survival of Marine Turtle Embryos. A final report by the US Fish and Wildlife Service for the U.S. Department of the Interior**, Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Office, New Orleans, LA. NTIS No PB82-263773. FWS/OBS-82/37. Contract nº 14-12-0001-29096. 41 p.

FROST, K. J.; LOWRY, L. F.; SINCLAIR, E. H.; VER HOEF, J. & D. c. McALLISTER, D. C. 1994. **Impacts on distribution, abundance, and productivity of harbor seals**. Pp. 97- 118**. In**: T. R. Loughlin, ed. Marine mammals and the Exxon Valak. Academic Press, San Diego, CA.

FROST. K. J.; LOWRY, L. F. & VER HOEF, J. M. 1999. Monitoring the trend of harbor seals in Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valaz oil spill**. Marine Mammal Science**, 15: 494-506.

FRUEHAUF, S. P. 2005. ***Rhizophora mangle* (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista**. 2005. 223 f. Tese (Doutorado) - Inter-unidades em Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GALAPAGOS, 2013. Disponível em: <http://www.galapagos.to/TEXTS/Jessica.HTM>. Acesso em: Dezembro de 2014.

GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, A. Chronic oiling and long-term effects of the 1986 Galeta spill on fringing mangroves. **Interntional Oil Spill Conference Proceedings**, n.1, p.319-324. 1993.

GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, K. A. **The Galeta oil spill. I. long-term effects on the physical structure of the mangrove fringe**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.38, p.327-348. 1994.

GERACI, J. R & St. AUBIN, D. J. 1988. **Synthesis of effects of oil on marine mammals**. 292 p.

GERTLER, P. E. 1992. **Effects of the Exxon Valdez oil spill on birds and marine mammals**. In: MMS (Minerals Management Service) – AOCS Region Information Transfer Meeting. Disponível em: http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81. Acessado em agosto de 2014.

GERTLER, P. E. Effects of the Exxon Valdez oil spill on birds and marine mammals*. In:* **MMS (Minerals Management Service) – AOCS Region Information Transfer Meeting**. 1992. Disponível em: http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81. Acessado em agosto de 2014.

GETTER, C. D.; CINTRON, G.; DICKS, B.; LEWIS, R. R.; SENECA, E. D. The recovery and restoration of saltmarshes and mangrove following an oil spill. *In*: **Restoration of habitats impacted by oil spills. Butterworth**. Boston. p. 65-113. 1984.

GETTER, C. D.; LEWIS, R. R. Spill response that benefits the long-term recovery of oiled mangroves. **International Oil Spill Conference Proceedings**. p.539-550. 2003.

GIRARD, F. & FISHER, C.R. 2018. **Long-term impact of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea corals detected after seven years of monitoring.** Biol. Conserv., 225 (November 2017) (2018), pp. 117-127, 10.1016/j.biocon.2018.06.028

GILFILLAN, E. S.; PAGE, D. S.; GERBER, R. P.; HANSEN, S.; COOLEY, J.; HOTHAM, J. Fate of the Zoe Colocotroni oil spill and its effects on infaunal communities associated with mangroves. **International Oil Spill Conference Proceedings.** n.1. 1981.

GRAMMETZ, D. 1988**.** Involvement of loggerhead turtles with the plastic, metal, and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. **Mar. Poll. Bull**. 19(1): 11-13.

GRAMMETZ, D. Involvement of loggerhead turtles with the plastic, metal, and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. **Mar. Poll. Bull**. v.19, n.1, p.11-13. 1988**.**

GUBBAY, S.; EARLL, R. 1999. **Proposed Guidelines for Dealing with Cetaceans in the Event of an Oil Spill the Moray Firth**, Scotland. 15 p.

GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O. Vulnerability of Coastal Environments to Oil Spill Impacts. **Marine Technology Society Journal**, v.12, n.4, p.18-27. 1978.

HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. 1999. **Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuários do Brasil.** Trabalho realizado para o Programa Nacional da Diversidade Biológica – PRONABIO, Subprojeto "Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira e Marinha", área temática "Peixes Demersais", FURG, Rio Grande, RS. 79 p.

HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. Diagnóstico da biodiversidade dos peixes teleósteos demersais marinhos e estuarinos do Brasil. *In*: **Workshop Avaliação e Ações Proprietárias para Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha do Brasil**. 68 p. 1999.

HALL, R. J., BELISLE, A. A. & SILEO, L., 1983. Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the Ixtoc I oil spill. **Journal of Wildlife Diseases**, 19(2): 106-109.

HALL, R. J., BELISLE, A. A. & SILEO, L., Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the Ixtoc I oil spill. **Journal of Wildlife Diseases**, v.19, n.2, p.106-109. 1983.

HANEY, J.C.; GEIGER, H.J.; SHORT, J.W. 2014. Bird mortality from the Deepwater Horizon oil spill. I. Exposure probability in the offshore Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**. Vol. 513: 225–237, 2014.

HARTMAN, D. S. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. 1979.

HAWKINS, S. J.; GIBBS, P. E.; POPE, N. D.; BURT, G. R.; CHESMAN, B. S.; BRAY, S.; PROUD, S. V.; SPENCE, S. P.; SOUTHWARD, A. J.; LANGSTON, W. J. Recovery of polluted ecosystems: the case for long-term studies. 2002.

HEALTH SAFETY EXECUTIVE. **Accident Statistics for Floating Offshore Units on the UK Continental Shelf 1980-2005.** 2007.

HEALTH SAFETY EXECUTIVE. **Failure Rate and Event Data for Use Within Risk Assessments**. 2019.

HENKEL, R.H.; SIGEL, B.J.; TAYLOR, C.M. 2012**.** Large-Scale Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Can Local Disturbance Affect Distant Ecosystems through Migratory Shorebirds? **BioScience**, Vol. 62 Nº 7.

HENKEL, R.H.; SIGEL, B.J.; TAYLOR, C.M. Large-Scale Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Can Local Disturbance Affect Distant Ecosystems through Migratory Shorebirds? **BioScience**, v.62, n.7. 2012**.**

HESTER, M.W.; WILLIS, J.M.; ROUHANI, S.; STEINHOFF, M.A. & BAKER, M.C. 2016. Impacts of the Deepwater Horizon oil spill on the salt marsh vegetation of Louisiana. **Environmental Pollution** 216 (2016) 361-370.

HEUBECK, M.; CAMPHUYSEN, C. J.; BAO, R.; HUMPLE, D.; REY, A. S.; CADIOU, B.; BRAGER, S.; THOMAS, T. Assessing the impact of major oil spills on seabird populations. **Mar. Pol. Bu**ll., n.46, p.900-902. 2003.

HEUBECK, M.; CAMPHUYSEN, C. J.; BAO, R.; HUMPLE, D.; REY, A. S.; CADIOU, B.; BRAGER, S.; THOMAS, T. 2003. Assessing the impact of major oil spills on seabird populations. **Mar. Pol. Bull**., 46: 900-902.

HICKENBICK, J.R.; FERRO, A. L. & ABREU, P. C. 2004. Produção de detrito de macrófitas emergentes em uma marisma do estuário da lagoa dos patos: taxas de decomposição e dinâmica microbiana. Atlântica, Rio Grande, 26 (1): 61-75, 2004.

HJERMANN, D. O.; MELSOM, A.; DINGSOR, G. E.; DURANT, J. M.; EIKESET, A. M.; ROED, L. P.; OTTERSEN, G.; STROVIK, G.; STENSETH, N. C. Fish and oil in Lofoten-Barents Sea System: synoptic review of the effect of oil spills on fish populations. **Mar. Ecol. Prog. Ser.,** v. 339, p. 283-299, 2007.

HJERMANN, D. O.; MELSOM, A.; DINGSOR, G. E.; DURANT, J. M.; EIKESET, A. M.; ROED, L. P.; OTTERSEN, G.; STROVIK, G.; STENSETH, N. C. 2007. Fish and oil in Lofoten-Barents Sea System: synoptic review of the effect of oil spills on fish populations. **Mar. Ecol. Prog. Ser**., 339: 283-299.

HOOVER-MILLER, A.; PARKER, K. F.; BURNS, J. J. 2001. A reassessment of the impact of the Exxon Valdez oil spill on harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in Prince William Sound, Alaska. **Marine Mammal Science**, 17(1): 111-135.

HOUGHTON, J.P.; LEES DC, DRISKELL W.B, LINDSTROM S.C. MEARNS AJ, Recovery of Prince William Sound intertidal epibiota from Exxon Valdez oiling and shoreline treatments, 1989 through 1992**.** *In:* **American Fisheries Society Symposium.** p. 412-423. 1996.

HOUGHTON, J.P.; LEES DC, DRISKELL W.B, LINDSTROM S.C., MEARNS AJ, 1996. Recovery of Prince William Sound intertidal epibiota from Exxon Valdez oiling and shoreline treatments, 1989 through 1992**. In Proceedings of the Exxon Valdez Oil Spill Symposium**. (Eds SD Rice, RB Spies, DA Wolfe, BA Wright) pp. 412-423. American Fisheries Society Symposium 18, Bethesda, MD, USA.

HSING, P.; FU, B.; LARCOM, E.A.; BERLET, S.P.; SHANK, T.M.; GOVINDARAJAN, A.F.; LUKASIEWICZ, A.J.; DIXON, P.M. & FISHER, C.R. 2013. **Evidencie of leasing impacto of the Departe Horizonte mil still on a dep. Gula of México coral Community.** Elementar: Science of the Anthropocene. 1: 000012 • doi: 10.12952/journal.elementa.000012.

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). Zoneamento. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/apacostadoscorais/planos-de-manejo/zoneamento.html. Acesso em: fev. 2020.

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). Zoneamento Marinho de Japaratinga. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/apacostadoscorais /destaques/54-japaratinga.html. Acesso em: fev. 2020.

ICMBio/MMA (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE/ MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Plano de ação nacional para conservação de mamíferos aquáticos: Pequenos cetáceos. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2011.

ICMBio/MMA (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE/ MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. v. 1 p. 492. DF: ICMBio/MMA, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Análise de Risco Ambiental (ARA – II.8). Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos BM-POT-16 e BM-POT-17 Bacia Potiguar.** Rev. 00, 2010.

INSTITUTO EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL, 2010. **2010 Update Injured Resources and Services. Exxon Valdez Oil Spill Restoration Plan**. 45 p. Disponível em: <http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/2010IRSUpdate.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2014.

INSTITUTO EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL. 2015. Disponível em: http://www.evostc.state.ak.us/index.cfm?FA=status.harborseal. Acessado em abril de 2015.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. ***Risk Assessment Data Directory: Blowout Frequencies.*** Relatório nº 434-02, 2019.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. ***Risk Assessment Data Directory: Major Accidents.*** Relatório nº 434-17, 2010a.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. ***Risk Assessment Data Directory: Ignition Probabilities.*** Relatório nº 434-6, 2010b.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. ***Risk Assessment Data Directory: Mechanical Lifting Failures.*** Relatório nº 434-8, 2010c.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Safety Performance Indicators: Process Safety Events – 2018 Data**. Relatório 2018p, 2019.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. 2000. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. **Ipieca Report Series**, V.8. 28 p.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. 2004. Oil Spill Effects on Fisheries. **Technical Information Paper** Nº 3. 8p.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. 2010a. **Case Histories**. Disponível em http://www.itopf.com/ information-services/data-and-statistics/case-histories. Acessado em setembro de 2014.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. 2010b. **Handbook 2014/2015.** 52 p. Disponível em: www.itopf.com. Acessado em setembro de 2014.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Recent Case Studies.** Disponível em: <https://www.itopf.org/in-action/recent-case-studies/> Acesso em: 02 agosto 2019.

International Union for Conservation of Nature, 2014. **The World Conservation Union.** Versão 2010.4. Disponível em: http://www.iucnredlist.org. Acessado em agosto de 2014.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries**. Ipieca Report Series**, v.8. 28 p. 2000b.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). Biological Impacts of Oil Pollution: Mangroves**. Ipieca Report Series**, v.4. 1993.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). Biological Impacts of Oil Pollution: Rocky Shores. **IPIECA Report Series**. v.7. 1995.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). Biological Impacts of Oil Pollution: Sedimentary Shores**. Ipieca Report Series**. V.9. 2000.

IPIECA, 2015. **Impacts of oil spills on marine ecology**. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel. Disponível em: http://www.oilspillresponseproject.org/wpcontent/uploads/2017/01/Impacts_on_marine_ecology_2016.pdf

IRONS, D. B., KENDALL, S. J., ERICKSON, W. P., MCDONALD, L. L. & LANCE, B. K. Nine years after the Exxon Valdez oil spill: effects on marine bird populations in Prince William Sound, Alaska. **The Condor**, v.102, p.723-737. 2000.

IRONS, D. B., KENDALL, S. J., ERICKSON, W. P., MCDONALD, L. L. & LANCE, B. K. 2000. Nine years after the Exxon Valdez oil spill: effects on marine bird populations in Prince William Sound, Alaska. **The Condor**, 102: 723-737.

ITOPF (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED). **Case Histories**. 2010a. Disponível em: http://www.itopf.com/ information-services/data-and-statistics/case-histories. Acesso em: set. 2014.

ITOPF (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED). Oil Spill Effects on Fisheries. **Technical Information Paper** Nº 3. p.8, 2004.

ITOPF (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED). **Recent Case Studies.** Disponível em: https://www.itopf.org/in-action/recent-case-studies/. Acesso em: ago. 2019.

ITOPF (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED). **Handbook 2014/2015.** 2010b**.** 52 p. Disponível em: www.itopf.com. Acessado em setembro de 2014.

IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE). The IUCN Red List of Threatened Species. Database. 2019. Disponível em: https://www.iucnredlist.org/. Acesso em: jan. 2020.

JACOBI, C. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Oil spill in mangroves: a conceptual model based on long-term field observations. **Ecological Modelling**, v.52, p.53-59. 1990.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A; PITMAN, R. L. 2008. **Marine Mammals of the World – A comprehensive guide to their identification**. 5ª edição. Editora Elsevier. 573 p.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A; PITMAN, R. L. **Marine Mammals of the World – A comprehensive guide to their identification**. 5ª ed. Editora Elsevier. p. 573. 2008.

KELLER, B. D.; JACKSON, J. B. C. **Long-term assessment of the oil spill at Bahía las Minas, Panama synthesis report, volume I: executive summary**. OCS Study. MMS 93-0047. U.S. Department of the Interior, Mineral Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, La. 129 pp. 1993.

KELLER, C. E.; ADAMS, J. K. 1983. **Proceedings of a workshop on cetaceans and sea turtles in the Gulf of Mexico: study planning for effects of Outer Continental Shelf Development**. Prepared by the U.S. Fish and Wildlife Service for the Minerals Management Service, Metaire, LA. 42pp.

KELLER, C. E.; ADAMS, J. K. Proceedings of a workshop on cetaceans and sea turtles in the Gulf of Mexico: study planning for effects of Outer Continental Shelf Development. **U.S. Fish and Wildlife Service for the Minerals Management Service**, Metaire, LA. 42p. 1983.

KILCA, R. C.; COSTA, M. P.; ZANINI, R. R.; CARVALHO, F. A.; COSTA, A. F. Estrutura de manguezais sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe, Brasil. **Pesquisas, Série Botânica**, v.61, p.171-189. 2010.

KINGSTON, P. F. 2002. Long-term Environmental Impact of Oil Spills**. Spill Science & Technology Bulletin,** 7(1-2): 53-61.

KINGSTON, P. F. Long-term Environmental Impact of Oil Spills. **Spill Science & Technology Bulletin,** v.7, n.1-2. p.53-61. 2002.

KOTTA, J.; APS, R. & HERKUL, K. 2008. Predicting ecological resilience of marine benthic communities facing a high risk of oil spills. **In** Environmental Problems in Coastal Regions VII, Book 99, C.A. Brebbia (ed.). Southampton, UK: Wit Press 99,101-110.

KOTTA, J.; APS, R. & HERKUL, K. Predicting ecological resilience of marine benthic communities facing a high risk of oil spills. *In*: **Environmental Problems in Coastal Regions VII**, Book 99, C.A. Brebbia (ed.). Southampton, UK: Wit Press 99,101-110. 2008.

KOYAMA, J.; UNO, S.; KOHNO, K. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination and recovery characteristics in some organisms after the Nakhodka oil spill. **Marine Pollution Bulletin**, Volume 49, Capítulos 11–12, Pgs. 1054–1061.

KOYAMA, J.; UNO, S.; KOHNO, K. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination and recovery characteristics in some organisms after the Nakhodka oil spill. **Marine Pollution Bulletin**, v.49, p. 1054–1061. 2004.

KUBACH, K.M.; SCOTT, M.C.; BULAK, J.S. 2011. Recovery of a temperate riverine fish assemblage from a major diesel oil spill. **Freshwater Biology**, Volume 56, Pgs. 503-518.

KUBACH, K.M.; SCOTT, M.C.; BULAK, J.S. Recovery of a temperate riverine fish assemblage from a major diesel oil spill. **Freshwater Biology**, v. 56, p. 503-518. 2011.

LABOMAR/ISME. Estudo das áreas de manguezal do Nordeste do Brasil. **Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí**, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. 56p. 2005.

LANDIM, M.; GUIMARÃES, C. P. Manguezais do rio Sergipe. **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**. Aracaju: Ós Editora, p. 195-221, 2006.

LANE, S.M., C.R. SMITH, J. MITCHELL, B.C. BALMER, K.P. BARRY, T. MCDONALD, C.S. MORI, P.E. ROSEL, T.K. ROWLES, T.R. SPEAKMAN, F.I. TOWNSEND, M.C. TUMLIN, R.S. WELLS, E.S. ZOLMAN, & L.H. SCHWACKE. Reproductive outcome and survival of common bottlenose dolphins sampled in Barataria Bay, Louisiana, USA, following the Deepwater Horizon oil spill. **Proc. R. Soc**. B, 282 20151944. 2015.

LANE, S.M., C.R. SMITH, J. MITCHELL, B.C. BALMER, K.P. BARRY, T. MCDONALD, C.S. MORI, P.E. ROSEL, T.K. ROWLES, T.R. SPEAKMAN, F.I. TOWNSEND, M.C. TUMLIN, R.S. WELLS, E.S. ZOLMAN, & L.H. SCHWACKE. 2015. Reproductive outcome and survival of common bottlenose dolphins sampled in Barataria Bay, Louisiana, USA, following the Deepwater Horizon oil spill. **Proc. R. Soc. B,** 282 20151944.

LANGTIMM, C. A.; DORAZIO, R. M.; STITH, B. M.; DOYLE, T. J. New Aerial Survey and Hierarchical Model to Estimate Manatee Abundance. **Journal of Wildlife Management**, v. 75, n. 2, p. 399-412, 2011.

LE HIR, M. & HILY, C. 2002. First observations in a high rocky-shore community after the E: oil spill (December 1999, Brittany, France). **Marine Pollution Bulletin** 44, 1243-1252.

LEGORE, S.; MARSZALEK, D.S.; DANEK, L.J.; TOMLINSON, M.S.; HOFMANN, J.E. & CUDDEBAK, J.E. 1989. **Effect of chemically dispersed oil on Arabian Gulf corals: A field experiment**. In Proceed 1989 Intern Oil Spill Conf, San Antonio, February 13-16, 1989: 375-381.

LEUNG, M.; MARCHAND, M.; STYKEL, S.; HUYNH, M.; FLORES, J.D. 2012. Effect of localized oil spills on Atlantic loggerhead population dynamics. **Open Journal of Ecology**. Vol.2, No.3, 109-114.

LEUNG, M.; MARCHAND, M.; STYKEL, S.; HUYNH, M.; FLORES, J.D. Effect of localized oil spills on Atlantic loggerhead population dynamics. **Open Journal of Ecology**. v.2, n.No.3, 109-114. 2012.

LEVINGS, S. C.; GARRITY, S. D.; BURNS, K. A. The Galeta Oil Spill. III. Chronic reoiling, long-term toxicity of hydrocarbon residues and effects on epibiota in the mangrove fringe. **Estuarine, Coastal & Shelf Science.**, n.38, p.365-395. 1994.

LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. **Environmental Pollution**, 159 p. 2011.

LIMA, R.P., PALUDO, D., SILVA, K.G., SOAVINSKI, R.J. E OLIVEIRA, E.M.A. Levantamento da distribuição, ocorrências e status de conservação do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) ao longo do litoral nordeste do Brasil. **Periódico Peixe-Boi**, v.1, n.1, p.47-72. 1992.

LOEBMANN, D.; LEGAT, J. F. A.; PUCHNICK LEGAT, A.; CAMARGO, R. C. R.; ERTHAL, S.; SEVERO, M. M.; GÓES, J. M., *Dermochelys coriacea* (Leatherback Sea Turtle). Nesting. **Herpetological Review,** Salt Lake City, v. 39, n. 1, p. 81-81. 2008.

LOPES, C. F. Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação - São Paulo: **Secretaria de Estado do Meio Ambiente,** 120 p. 2007.

LOPES, C. F. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação** - São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007,120 p.

LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; PROSPERI, V. A.; ZANARDI, E.; TRUZZI, A. C. Coastal monitoring program of São Sebastião Channel: Assessing the effects of TEBAR V oil spill on rocky shore populations. **Marine Pollution Bulletin***,* v.34, n.11, p. 923-927. 1997.

LOUGHLIN, T. R. 1994. **Tissue hydrocarbon levels and the number of cetaceans found dead after the spill.** Ch. 20. p. 359-376. In: LOUGHLIN, T. R. (ed.) Marine Mammals and the Exxon Valdez. Academic Press, London.

LOUGHLIN, T. R. **Tissue hydrocarbon levels and the number of cetaceans found dead after the spill.** Ch. 20. p. 359-376. In: LOUGHLIN, T. R. (ed.) Marine Mammals and the Exxon Valdez. Academic Press, London. 1994.

LOWRY, L. F.; FROST, K. J. & PITCHER, K. W. 1994. **Observations of oiling of harbor seals in Prince William Sound.** Pp. 209-225. In: T. R. Loughlin, ed. Marine Mammals and the Exxon Valdez. Academic Press, San Diego, CA.

LOYA, Y. & RINKEVICH, B. 1980.Effects of oil pollution on coral reef communities. **Mar. Ecol. Prog. Ser**. 3: 167-180.

LUCENA, A. 2006. Estrutura populacional da *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister) (Cetacea, Balaenopteridae) nas áreas de reprodução do Oceano Atlântico Sul**. Revista Brasileira de Zoologia**, 23(1), 176-185.

LUGLI, D. O., 2004. **Caracterização ecológica do apicum do manguezal do rio Tavares, Florianópolis, Santa Catarina.** Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Itajaí. 143p.

LUNA, F. O. Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2001.

LUNA, F. O.; LIMA, R. P.; ARAÚJO, J. P.; PASSAVANTE, J. Z. O. Status de conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) no Brasil. Revista Brasileira de Zoociências, v. 10, n. 2, 2008.

LUPULESCU, A. P.; BIRMINGHAM, D. J.; PINKUS, H. 1973. Na electron microscopic study of human epidermis after acetone and kerosene administration. **J. Invest. Derm**, 60: 33-45.

LUTCAVAGE, M. E.; LUTZ, P. L.; BOSSART, G. D.; HUDSON, D. M. 1995. Physiologic and clinicopathologic effects of crude oil on loggerhead sea turtles. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology,** 28: 417-422.

LUTCAVAGE, M. E.; LUTZ, P. L.; BOSSART, G. D.; HUDSON, D. M. Physiologic and clinicopathologic effects of crude oil on loggerhead sea turtles. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology,** v.28, p.417-422. 1995.

LUTZ, P. L.; LUTCAVAGE, M. E. 2010. **The effects of petroleum on sea turtles: applicability to Kemp's ridley**. Disponível em http://md1.csa.com. Acessado em agosto de 2014.

LUTZ, P. L.; LUTCAVAGE, M. E. 2010. **The effects of petroleum on sea turtles: applicability to Kemp's ridley**. Disponível em http://md1.csa.com. Acessado em agosto de 2014.

MÄDER, A. 2011. Por que morrem tantos Pinguins-de-Magalhães no Brasil? Projeto Nacional de Monitoramento do Pinguim-de-Magalhaes (*Spheniscus magellanicus*) 2010-2015. **Boletim Pinguins no Brasil** n°1, abril de 2011.

MÄDER, A. Por que morrem tantos Pinguins-de-Magalhães no Brasil? Projeto Nacional de Monitoramento do Pinguim-de-Magalhaes (*Spheniscus magellanicus*) 2010-2015. **Boletim Pinguins no Brasil** n.1. 2011.

MAGRO M.; CERGOLE M.C.; ROSSI-WONGTSHOWSKI, C. L. B. 2000. **Síntese de conhecimento dos principais recursos pesqueiros costeiros potencialmente exploráveis na Costa Sudeste-Sul do Brasil: Peixes**. Grafline Editora. Rio de Janeiro. pp.143.

MAGRO M.; CERGOLE M.C.; ROSSI-WONGTSHOWSKI, C. L. B. **Síntese de conhecimento dos principais recursos pesqueiros costeiros potencialmente exploráveis na Costa Sudeste-Sul do Brasil: Peixes**. Grafline Ed. Rio de Janeiro. pp.143. 2000.

MARCHIORO, G.B. & NUNES, M.A., 2003. **Avaliação de Impactos da Exploração e Produção de Hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e Adjacências (G.F. Dutra e R.L. Moura, eds.)**. Conservation International Brasil, Instituto Baleia Jubarte, Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental, BirdLife Brasil, Sociedade Brasileira de Estudos de Recifes de Coral e Fundação SOS Mata Atlântica. Caravelas. 119.

MARCOVALDI, M. A.; LOPEZ, G. G.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, n.1, p.20-27. 2011.

MARCOVALDI, M. A.; LOPEZ, G. G.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I (1): 20-27.

MARCOVALDI, M. A.; LOPEZ, G. G.; SOARES, L. S.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; BARATA, P. C. R., Fifteen years of Hawksbill sea turtle (Eretmochelys imbricata) nesting in Northern Brazil. Chelonian Conservation and Biology, v.6, n.2, p.223-228. 2007.

MAREM (MAPEAMENTO AMBIENTAL PARA RESPOSTA À EMERGÊNCIA NO MAR). 2020. Disponível em: http://www.marem-br.com.br/. Acesso em: fev. 2020.

MARINEBIO, 2015. Disponível em: http://marinebio.org/. Acessado em janeiro de 2015.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCANJO, J. D. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Academia Brasileira de Ciências.** São Paulo, v. 68, n. 3, p. 389-404. 1996.

MARTÍNE-GOMEZ, C.; FERNÁNDEZ, B.; VALDÉS, J.; CAMPILLO, J. A.; BENEDICTO, J.; SÁNCHEZ, F. 2009. Evaluation of three-year monitoring with biomarkers in fish following the Prestige oil spill (N Spain). **Chemosphere**, 74: 613-620.

MASCARELLI, A. 2010. Deepwater Horizon: After the oil. **Nature** 467, 22-24.

MASCARELLI, A. Deepwater Horizon: After the oil. **Nature** 467, p. 22-24. 2010.

MATKIN, C. O.; SAUTILIS, E. L.; ELLIS, G. M.; OLESIUK, P.; RICE, S. D. Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus* orca following the 'Exxon Valdez' oil spill in Prince Willian Sound, Alaska. **Mar. Ecol. Prog. Ser**. v.356. p.269-281. 2008.

MATKIN, C. O.; SAUTILIS, E. L.; ELLIS, G. M.; OLESIUK, P.; RICE, S. D. 2008. Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus* orca following the 'Exxon Valdez' oil spill in Prince Willian Sound, Alaska**. Mar. Ecol. Prog. Ser**., 356: 269-281.

MATKIN, C.; SAULITIS, E., 1997. **Killer Whales Restoration Notebook. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council.** Disponível em: < http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/RN_orca.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2014.

MATKIN, C.; SAULITIS, E., Killer Whales Restoration Notebook. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. 1997. Disponível em: http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/RN_orca.pdf. Acesso em: dez. 2014.

MCMILLAN, L. L. 1969**.** Another look at the big slick. Defenders of Wild. **News**, 44: 149-153.

MEAGHER, L. How Compounds left by oil spills affect marine life in estuaries. 2010. Disponível em: https://suite.io/linda-sue-meagher/3mxx2ss. Acesso em: 2019.

MELLO, C. F.; MOCHEL, F. R. Diagnóstico para avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira-estuarina dos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá. 157 p. 2013.

MELVILLE, F.; ANDERSEN, L. E.; JOLLEY, D. F. The Gladstone (Australia) oil spill – Impacts on intertidal areas: Baseline and six months post-spill. Marine Pollution Bulletin, v.58, n.2, p.263-271. 2009.

MENGE, B. A., P. A. WHEELER, AND B. DALEY. 1994. Control of interaction strength in marine benthic communities. In G. A. Polis, editor. Food webs: integration of pattern and dynamics. Chapman & Hall, New York, New York, USA, in **Ecological Monographs** 64(3):249-286

MENGE, B. A., P. A. WHEELER, AND B. DALEY. Control of interaction strength in marine benthic communities. *In:* G. A. Polis, editor. Food webs: integration of pattern and dynamics. Chapman & Hall, New York, New York, USA. **Ecological Monographs**. v.64, n.3, p.249-286. 1994.

MILANELLI, J. C. C. 1994. **Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da praia de Barequeçaba, São Sebastião, São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 2 vol. 103 p.

MILANELLI, J. C. C. Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da praia de Barequeçaba, São Sebastião, São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. v.2. 103 p. 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. Biodiversidade Brasileira. **Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira.** 404 p. 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2007. **Áreas Prioritárias para Conservação, uso sustentável e repartição da biodiversidade brasileira.** Atualização: Portaria MMA Nº 9 de 23 de janeiro de 2001. MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 301 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2014. **Lista de espécies ameaçadas de extinção**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html?limitstart=0. Acessado em dezembro de 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008.** Publicada no DOU nº 111, de 12 de junho de 2008, Seção 1, p. 101-104.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. 2018. Disponível em: http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-das-areas-prioritarias. Acesso em: fev. 2020.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo das Bacias Marítimas do Ceará e Potiguar. 59p. 2004.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Biodiversidade Brasileira. Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. 404 p. 2002.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Especificação e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo. 20 p. 2001.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Lista de espécies ameaçadas de extinção. 2014. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html?limitstart=0. Acesso em: dez. 2014.

MONTEIRO, A. G. 2003. **Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo.** 0 estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE Tese -Doutorado-Programa de Planejamento Energético — PPE/COPPE/UFRJ, RJ.

MONTEVECCHI, W.; FIFIELD, D,; BURKE, C.; GARTHE, S.; HEDD, A.; RAIL, J.; ROBERTSON, G. 2011. Tracking long-distance migration to assess marine pollution impact. **Biology Letters** (2012) 8, 218–221.

MONTEVECCHI, W.; FIFIELD, D.; BURKE, C.; GARTHE, S.; HEDD, A.; RAIL, J.; ROBERTSON, G. Tracking long-distance migration to assess marine pollution impact. **Biology Letters** n. 8, p.218–221. 2011

MORENO, R.; JOVER, L.; DIEZ, C.; SARDÀ, F.; SANPERA, C. PLOS ONE. Ten years after the prestige oil spill: seabird trophic ecology as indicator of long-term effects on the coastal marine ecosystem. v. 8, Issue 10. 2013. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24130877

MORENO, R.; JOVER, L.; DIEZ, C.; SARDÀ, F.; SANPERA, C. PLOS ONE. 2013. **Ten years after the prestige oil spill: seabird trophic ecology as indicator of long-term effects on the coastal marine ecosystem.** October 2013, Volume 8, Issue 10. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24130877

MORENO, T. R.; ROCHA, R M. Ecologia de costões rochosos. **Estud. Biol., Ambiente Divers**., v.34, n.83, p.191-201. 2012.

MORRELL, S. L. Sea Empress rocky shore assessment/monitoring: dale Fort Field Centre permanent transects and rocky pool studies. **CCW Sea Empress Contract Report**. 118 p. 1998.

MOSBECH, A. 2002. **Potential Environmental impacts of oil spills in Greenland. An assessment of informations status and research needs**. National Environmental Research Institute, Denmark. 118 pp. – NERI Technical Report No. 415 p.

MOSBECH, A.; ANTHOSEN, K. L.; BLYTH, A.; BOERTMAN, D.; BUCH, E.; CAKE, D.; GRØNDAHL, L.; HANSEN, K. Q.; KAPEL, H.; NIELSEN, S.; NIELSEN, N.; VON PLATEN F.; POTER S.; RASCH, M. Environmental oil spill sensitivity atlas for the West Greenland coastal zone. Internet-version. **The Danish Energy Agency, Ministry of Environment and Energy**, p. 496, 2000.

MOSBECH, A.; ANTHOSEN, K. L.; BLYTH, A.; BOERTMAN, D.; BUCH, E.; CAKE, D.; GRØNDAHL, L.; HANSEN, K. Q.; KAPEL, H.; NIELSEN, S.; NIELSEN, N.; VON PLATEN F.; POTER S.; RASCH, M. 2000. **Environmental oil spill sensitivity atlas for the West Greenland coastal zone. Internet-version.** The Danish Energy Agency, Ministry of Environment and Energy, 341 p. mais apêndice 155 p.

NACHTIGALL, P. E. 1986. **Vision, audition, and chemoreception in dolphins and other marine mammals. Pp. 79 – 113. In: Dolphin cognition and behavior: a comparative approach. R. J. Schusterman;** J. A. Thomas & F. G. Wood (eds.). Lawrence Erlbaum Assoc.. Publ., Hillsdale, N. J. 393 p.

NADEAU, R. J.; BERQUIST, E. T. **Effects of the March 18, 1973 oil spill near Cabo Rojo, Puerto Rico on tropical marine communities**. In: Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington, D.C. pp. 535-539. 1977.

NASCIMENTO, J. L. X. Muda de Charadriidae e Scolopacidae (Charadriiformes) no norte do Brasil**. Ararajuba**, v. 6, n. 2, p. 141-144, 1998.

NATIONAL INSTITUTE OF PUBLIC HEALTH AND THE ENVIRONMENTAL. **Reference Manual Bevi Risk Assessments.** Version 3.2, 2009.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 2001. **Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations**. 80pp.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 2010. **Impacts of Oil on Marine Mammals and Sea Turtles**. US Department of Commerce. National Marine Fisheries Service. Disponível em: www.noaa.gov. Acessado em agosto de 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Oil in the sea: Inputs, Fates and Effects. **The National Academic Press**. 280 p. 2003.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). An introdution to coastal habitats and biological resources for oil spill response**. Report No HMRAD** 92-4. 42 p. 2005.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). **Impacts of Oil on Marine Mammals and Sea Turtles**. US Department of Commerce. 2010a.National Marine Fisheries Service. 2010. Disponível em: www.noaa.gov. Acesso em: ago. 2014.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). Oil spill in mangroves**. Planning and response considerations**. 2002. Disponível em: http://www.response.restoration.noaa.gov. Acesso em: ago. 2014.

NORSOK STANDARD. **D-010 – Well Integrity in drilling and Well Operations.** Rev. 3, 2004.

NORSOK STANDARD. **Z-013 – Risk and Emergency Preparedness Assessment.** Edição 3, 2010.

NSW (ENVIRONMENTAL DEFENDERS OFFICER). The state of planning in NSW: With reference to social and environmental impacts and public participation. NSW Nature Conservation Council (NCC) and the Total Environment Centre (TEC), 2010.

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2015. **Mamíferos**. Disponível em: http://www.nema-rs.org.br/files/projetos/3-mamiferos.pdf. Acessado em março de 2015.

ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology**, 5º ed. Fundação Gulbenkian, 925 p. 1997.

OLIVERA-GÓMEZ L.D. & MELLINK E. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahia de Chetumal, Mexico. **Biological Conservation**, 121, 127–133. 2005.

OTITOLOJU, A. A.; ARE, T.; JUNAID, K. A. Recovery assessment of a refined-oil impacted and fire ravaged mangrove ecosystem. **Environ. Monit. Assess**., v.127 p.353-362. 2007.

PAINE, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. **American Naturalist** 100(910): 65-75.

PAINE, R.T. Food web complexity and species diversity. **American Naturalist.** v.100, n.910, p.65-75. 1966.

PALUDO, D. Estudos sobre a ecologia e conservação do peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus*, no Nordeste do Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Brasília. 1998.

PALUDO, D.; LANGGUTH, A. Use of space and temporal distribution of Trichechus manatus manatus Linnaeus in the region of Sagi, Rio Grande do Norte State, Brazil (Sirenia, Trichechidae). **Rev. Bras. Zool**, p. 205-215, 2002.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. Biologia marinha. **Rio de Janeiro: Interciência**, v. 2, p. 608, 2002.

PEREZ, Pedro; DALU, Guido; GOMEZ, Natalia; TAN, Henry. Offshore Drilling Blowout Risk Model – Na Integration of Basic Causes, Safety Barriers, Risk Performance Indicators**. Safety and Reliability**, 38:1-2, 99-133, 2019.

PERILLO, S.R.; PERGIGÃO, M.L. **Percursos Migratórios no Estado de São Paulo uma análise do período 1995-2000**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n3/v19n3a09>. Acesso em: mar. 2015.

PETERSON, C. H.; RICE, S. D.; SHORT, J. W.; ESLER, D.; BODKIN, J. L.; BALLACHEY, B. E.; IRONS, D. B. **Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. Science**, v.302, p.2082-2086. 2003.

PETERSON, C. H.; RICE, S. D.; SHORT, J. W.; ESLER, D.; BODKIN, J. L.; BALLACHEY, B. E.; IRONS, D. B. 2003. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. **Science**, 302: 2082-2086.

PETROBRAS, **Bacia de Sergipe e Alagoas.** Disponivel em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-sergipe-e-alagoas.htm>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

PITT, R. Civil**, Construction and Environmental Engineering, University of Alabama**. Disponível em: <http://rpitt.eng.ua.edu>. Acesso em: Dezembro de 2014.

PRITSOS, K.L., PEREZ, C.R., MUTHUMALAGE, T., DEAN, K.M., CACELA, D., HANSON-DORR, K., CUNNINGHAM, F.L., BURSIAN, S.J., LINK, J.E., SHRINER, S.A., HORAK, K.E., PRITSOS, C.A., 2017. Dietary intake of Deepwater Horizon oil-injected live food fish by double-crested cormorants resulted in oxidative stress. Ecotoxicol. Environ. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.06.067

PRHAST. Versão 7.01: DNV GL, 2012.

PROJETO TAMAR, 2014. Comportamento. Disponível em: http://www.tamar.org.br/interna.php?cod=89. Acessado em setembro de 2014.

PROJETO TAMAR. Comportamento. **2014**. Disponível em: http://www.tamar.org.br/interna.php?cod=89. Acesso em: set. 2014.

PROJETO TAMAR/ICMBIO. 2015. Disponível em: http://www.tamar.org.br/. Acessado em março de 2015.

RAAYMAKERS, S. 1994. Marine Pollution & Cetaceans – implication for Management. Encounters with whales '93: a conference to further explore the management issues relating to human-whale interactions. pp. 82-87. **Workshop series. Great Barrier Reef Marine Park Authority**.

RABALAIS, N. 2014. Assessing Early Looks at Biological Responses to the Macondo Event. **BioScience**, Vol. 64 No. 9.

RABALAIS, N.N., & R.E. TURNER. 2016. Effects of the Deepwater Horizon oil spill on coastal marshes and associated organisms**. Oceanography** 29(3):150–159, http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2016.79.

REITER, G. A. 1981. Cold weather response F/V Ryuyo Maru nº 2, St. Paul, Pribiloff Island, Alaska. Pp. 227-231. Proc. Oil Spill Conf., **Amer. Petrol. Inst. Publ.** nº 4334. Washington, DC. 742 p.

REMANE, A. & SCHLIEPER, C. **Biology of Brackish Water**. E. Schweiserbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1971

REYNOLDS, J. E. III & ODELL, D. K. Manatees and dugongs. **New York: Facts On File, Inc.**, p.192. 1991.

REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D.; BERNINI, E.; SILVA, C.A.R.; OVALLE, A.R.C.; ARAGON G.T. Ecologia e Biogeoquímica de Manguezal. **Biologia Marinha**. 2ª ed., Rio de Janeiro. Ed. Interciência. Cap. 15, p. 361-382. 631. 2009.

RODAS-TREJO J, ROMERO-BERNY EI, ESTRADA A. Distribution and conservation of the west Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Catazaja´ wetlands of northeast Chiapas, Mexico. **Trop Conserv Sci** v.1, p.321–333. 2008.

RODRIGES, F. O.; MOURA, D. O.; LAMPARELLI, C. C. Efeitos do óleo nas folhas de mangue. **Revista Ambiente**. v.3, n.1, p.36-45. 1989.

RODRIGUES, A. G. Urbanização como moduladora da diversidade de aves de uma cidade. 2013.

RODRIGUES, A.L.F.; SANTOS, G.M.A.; SOUSA, M.E.M.; ARCOVERDE, D.L.; MARTINS, B.M.L.; EMIN-LIMA, R.; COSTA, A.F. & SICILIANO, S. 2010. **XIV Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul (RT).** 8º Congresso da Sociedade Latinoamericana de Especialistas em Mamíferos Aquáticos - SOLAMAC, Florianópolis (SC).

ROOKER, J.R.; KITCHENS, L.L.; DANCE, M.A.; WELLS, R.J.D.; FALTERMAN, B.; CORNIC, M.I. 2013. **Spatial, Temporal, and Habitat-Related Variation in Abundance of Pelagic Fishes in the Gulf of Mexico: Potential Implications of the Deepwater Horizon Oil Spill.**2013. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076080

SABA, V. S.; SPOTILA, J. R. 2003. Survival and behaviour of freshwater turtles after rehabilitation from an oil spill. **Environmental Pollution**, 126: 213-223.

SALAZAR, S. 2003. Impacts of the Jessica oil spill on sea lion (*Zalophus wollebaeki*) populations. **Marine Pollution Bulletin**, 47: 313-318.

SANDEGREN, F. E. 1970. B**reeding and maternal behavior of the Steller sea lion (*Eumetopias jubata*) in Alaska.** M. Sc. Thesis, Uni. Alaska, Anchorage, AK.

SANTOS, A. L. G. 2009. **Manguezais da Baixada Santista-SP: alterações e permanências (1962-2009). 2009**. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental - PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, A. S.; SOARES, L. S.; MARCOVALDI, M. A.; MONTEIRO, D. S.; GIFFONI, B.; ALMEIDA, A. P. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, n.1, p.3-11. 2011.

SANTOS, A. S.; SOARES, L. S.; MARCOVALDI, M. A.; MONTEIRO, D. S.; GIFFONI, B.; ALMEIDA, A. P. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I (1): 3-11.

SANTOS, L. C. M.; CUBHA-LIGNO, N. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G. Long term effects of oil pollution in mangrove forests (Baixada Santista, Southeast Brazil) detected using a gis-based multitemporal analysis of aerial photographs. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.60, n.2, p.159-170. 2012.

SANTOS, P. S., MARQUES, A. C., & ARAUJO, M. Remanescentes da vegetação litorânea na região sudeste da Bahia – municípios de Una e Canavieiras. **GIS BRASIL 2002 – 2ª mostra do talento científico – Curitiba**.2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Grupo de Ecossistemas: Manguezais, Marismas e Apicuns. In: Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha – **PRONABIO - PROBIO**. 119 p. 2002.

SCHULER, P. A.; BACA, B. **Net Environmental Benefit Analysis (NEBA) of dispersed oil versus non-dispersed oil on coastal ecosystems & wildlife utilizing data derived from 20-year TROPICS study**. 2007.

SCHWACKE, L. H.; SMITH, C.R.; TOWNSEND, F.I.; WELLS, R.S.; HART, L.B.; BALMER, B.C.; COLLIER, T.K.; GUISE, S.D.; FRY, M.M.; GUILLETTE JR, L.J.; LAMB, S.V.; LANE, S.M.; MCFEE, W.E.; PLACE, N.J.; TUMLIN, M.C.; YLITALO, G.M.; ZOLMAN, E.S. & ROWLES, T.K. Health of Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Barataria Bay, Louisiana, Following the Deepwater Horizon Oil Spill**. Environ. Sci. Technol**. v.48, p. 93−103. 2013.

SCHWACKE, L. H.; SMITH, C.R.; TOWNSEND, F.I.; WELLS, R.S.; HART, L.B.; BALMER, B.C.; COLLIER, T.K.; GUISE, S.D.; FRY, M.M.; GUILLETTE JR, L.J.; LAMB, S.V.; LANE, S.M.; MCFEE, W.E.; PLACE, N.J.; TUMLIN, M.C.; YLITALO, G.M.; ZOLMAN, E.S. & ROWLES, T.K. 2013. Health of Common Bottlenose Dolphins (Tursiops truncatus) in Barataria Bay, Louisiana, Following the Deepwater Horizon Oil Spill**. Environ. Sci. Technol**. 2014, 48, 93−103.

SEADRILL **Corporate MPD & Well Control Manual - Subsea BOP** Doc. No: DIR-00-0109, 2017.

SEADRILL. **Audit of Management Systems.** Doc. No: DIR-00-0003, Ver. 1.05, 2016a.

SEADRILL. **Bridging Document Matrix.** Doc. No: FRM-37-0140, 2016b.

SEADRILL. **Document Management.** Doc. No: DIR-00-0008, Ver. 1.02, 2012.

SEADRILL. **HSE Bridging Document.** Doc. No: DIR-37-0184, Ver. 1, 2016c.

SEADRILL. **HSE Event Investigation.** Doc. No: DIR-00-0029, Ver. 1.05, 2016d.

SEADRILL**. Management of Change Requests.** Doc. No: DIR-37-0015, Ver. 1.05, 2016e.

SEADRILL. **Permit to Work.** Doc. No: DIR-00-0020, Ver. 2.06, 2015a.

SEADRILL. **Seadrill Total Management System.** Doc. No: DIR-00-0001, Ver. 5, 2016f.

SEADRILL. ***Well In*tegrity and Well Control.** Doc. No: DIR-00-0109, Ver. 4, 2014.

SEADRILL. **West Saturn – HSE Management System.** Doc. No: SC-37-0306, Ver. 1, 2015b.

SECRETARIA DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 20: Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis.** Portaria MTb nº 860, 16 de outubro de 2018.

SEMINOFF, J. A., RESENDIZ, A., NICHOLS, W. J., & JONES, T. T. Growth rates of wild green turtles (*Chelonia mydas*) at a temperate foraging area in the Gulf of California, Mexico. **Copeia**, v. 2002, n. 3, p. 610-617, 2002.

SERPE, F. R.; ADLOFF, T. C.; CRISPIM, M. C. & ROCHA, R. M. Comunidade zooplanctônca em um estuário hipersalino no nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Eng. Pesca**. v.5, n.3, p. 51-73. 2010.

SHERLEY, R.B. 2010 F**actors influencing the demography of endangered seabirds at Robben Island, South Africa.** PhD thesis, University of Bristol, Bristol, UK. Disponível em: http://adu.org.za/pdf/Sherley_RB_2010_PhD_Thesis.pdf

SHIGENAKA, G. 2003**. Oil and Sea Turtles – Biology, Planning and Response.** NOAA National Ocean Service. 116 p.

SHORT, M. K. J. 2003. **Guanabara Bay Oil Spill 2000, Brazil – Cetacean Response**. In International Oil Spill Conference. 3 p.

SICILIANO, S.; EMIN-LIMA, N.R.; COSTA, A.F.; RODRIGUES, A.L.; MAGALHÃES, F.A.D.; TOSI, C.H.; GARRI R.G.; SILVA, C.R.; SOUSA, J. & SILVA-JR., J.D.S. 2008. Revisão do conhecimento sobre os mamíferos aquáticos da costa norte do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional** 66(2):381-401.

SICILIANO, S.; MORENO, I. B.; SILVA, E. D.; ALVES, V. C. 2006. Baleias, botos e golfinhos na Bacia de Campos. **Série Guia de Campos – Fauna Marinha da Bacia de Campos**. p. 45-49.

SILLIMAN, B.R.; VAN DE KOPPEL, J.; MCCOYA, M.W.; DILLERA, J.; KASOZID, G.N.; EARLA, K.; ADAMSD, P.N. & ZIMMERMAND, A.R. 2012. **Degradation and resilience in Louisiana salt marshes after the BP–Deepwater Horizon oil spill**. PNAS.

SILVA, F.Q.M., 2004. **Produção de biossurfactante por bactérias isoladas de sedimento de mangue (Apa de Guapimirim, RJ).** Monografia. Bacharelado em Ciências Biológicas – Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.

SILVA, P. R. 2004. **Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na Costa Brasileira: Estrutura e Implicações Ambientais [Rio de Janeiro].** Dissertação de Mestrado. Planejamento Energético. COPPE/UFRJ. 148 p.

SINTEF. **Blowout and Well Release Characteristics and Frequency, 2016.** Noruega, 2016.

SMC (Save the Manatee Club). The Impact of the Oil Spill on Manatees. 2011. Disponível: http://www.savethemanatee.org/. Acesso em: jun. 2011

SMITH, S.D.A. & SIMPSON, R.D. 1998. Recovery of benthic communities at Macquarie Is (Sub-Antarctic) following a small oil spill. **Marine Biology** 131, 567-581.

SMITH, T. G. e GERACI, J. R. 1975. **The effect of contact and ingestion of crude oil on ringed seals of the Beaufort Sea**. Beaufort Sea Project. Inst. Of Ocean Sci.. Sidney, British Columbia. Technical Report nº 5.

SMITH, T. R.; GERACI, J. R.; St AUBIN, D. J. 1983. Reaction of bottlenose dolphins, Tursiops truncatus, to a controlled oil spill. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.,** 40: 1522-1525.

SNEDAKER, S. C.; BIBER, P. D.; ARAVAJO, R. J. **Oil Spills and Mangroves: An Overview**. *In*: Managing Oil Spills in Mangrove Ecosystems, OCS Study M MS 97-0003. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCA Region, New Orleans, LA. 76 p. 1996.

SOARES, M. L. G. Vulnerabilidade e sensibilidade do ecossistema manguezal à contaminação por petróleo ou derivados. Anais: **II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**. Recife – PE, 12 a 19 de outubro de 2003. 2003.

SOARES, M. L. G.; JUNIOR, C. M. G. S.; CAVALCANTI, V. F.; ALMEIDA, P. M. M.; MONTEIRO, A. S.; CHAVES, F. O.; ESTRADA, G. C. D.; BARBOSA, B. Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): Resultados de 5 anos de monitoramento. **Geochemica brasiliensis**, v.20, n.1, p38-61. 2006.

SOARES, M. O.; MATTHEWS-CASCON, H.; ROSADO, L. M. Estudo qualitativo e quantitativo da fauna associada ao zoantídeo Palythoa caribaeorum (Cnidaria: Anthozoa: Zoanthidea) na Praia de Flecheiras, CE-Brasil. X Semana Universitária - UECE 2004. X Encontro de Pesquisadores. 10 p. 2004.

SOUSA, R. C. A. Distribuição espacial dos poliquetas (Annelida, Polychaeta) dos recifes de arenito na Praia da Pedra Rachada (Paracuru – Ceará). **Universidade Federal do Ceará - Instituto de Ciências do Mar - Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais**. 70 p. 2006.

SOUTHWARD, A.J.; SOUTHWARD, E.C. 1978**.** Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersants to clean up the Torrey Canyon spill**. J Fish Board Can** 35(5):682-706.

SPOONER, M. F. 1967. **Biological effects of the Torrey Canyon disaster**. J. Devon Trust **Nat. Conserv.** p. 12-19.

SPOTILA, J.R. & TOMILLO, P.S. 2015. **The leatherback turtle – Biology and Conservation**. John Kopkins University Press. ISBN 978-1-4214-1708-O.

St. AUBIN, D. J. 1992. **Overview of the effects of oil on marine mammals.** 1992 MMS (Minerals Management Service) – AOCS Region Information Transfer Meeting. Disponível em: http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81. Acessado em agosto de 2014.

STAMPAR, S. N., SILVA, P. F., LUIZ JR, O. J. & BONDIOLI, A. N. V., 2007. **Predação de tartaruga de pente em zoantídeos no sudeste do Brasil**. Disponível em: http://www.lajeviva.org.br/arquivos/publicacoes/ASO_Stampar_2007.pdf.

STIRLING, H. P. Effects of a spill of marine diesel oil on the rocky shore fauna of Lamma Island, Hong Kong. **Environ Pollut**., v.12, p.93-117. 1977.

TAYLOR, M.; B. PLATER. 2001. P**opulation viability analysis for the southern resident population of the killer whale (*Orcinus orca*)**. Center for Biological Diversity, Tuscon, Arizona.

TEAL, J. M.; HOWARTH, R. W. 1984. **Oil spill studies: a review of ecological effects. Environmental Management**, 8 (1): 27-44.

TRAN, T., YAZDANPARAST, A., SUESS, E.A. 2014. Effect of oil spill on birds: a graphical assay of the Deepwater Horizon oil spill's impact on birds. Comput. Stat. 29, 133–140.

TUCKER, K. P., HUNTER, M. E., BONDE, R. K., AUSTIN, J.D., CLARK, A.M., BECK, C. A., MCGUIRE, P. M., & OLI, M. K. Low genetic diversity and minimal population substructure in the endangered Florida manatee: implications for conservation. **J of Mammalogy.** v.93, n.6, p.1504-1511. 2012.

TUNNELL JR., J.W. 2011. **An expert opinion of when the Gulf of Mexico will return to pre-spill harvest status following the BP Deepwater Horizon MC 252 oil** . Harte Institute for Gulf of Mexico Studies at Texas A&M University-Corpus Christi. Disponível em: file:///C:/Users/saissen/Downloads/221870.pdf

VAN DER HAN, J.L. & MUTSERT, K. 2014. Abundance and Size of Gulf Shrimp in Louisiana's Coastal Estuaries following the Deepwater Horizon Oil Spill. **PLoS ONE** 9(10): e108884.

VIGHI, M.; BORRELL, A.; CRESPO, E.A.; OLIVEIRA, L.R.; SIMÕES-LOPES, P.C.; FLORES, P.A.C.; GARCÍA, N.A. & AGUILAR, A. 2014. Stable isotopes indicate population structuring in the southwest Atlantic population of right whales (*Eubalaena australis*). **PLoS ONE**, 9 (3): e90489.

WARD, G.; BACA, B.; CYRIACKS, W.; DODGE, R.; KNAP, A. **Continuing Long-Term Studies of the TROPICS Panama Oil and Dispersed Oil Spill Sites Proceedings of the. 2003 Oil Spill Conference**, USCG, USE PA, NOA A, API, Vancouver, B. C. n.1, 259 p. 2003.

WASSERMAN, J. C.; CRAPEZ, M. A.; FILGUEIRAS, C. M.; BISPO, M. G. S. Efeitos da poluição por óleo em sedimentos da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Rio de Janeiro. IBAMA. Brasília, DF. 2002.

WHITE, H.K., HSING, P.Y., CHO, W., SHANK, T.M., CORDES, E.E., QUATTRINI, A.M., NELSON, R.K., CAMILLI, R., DEMOPOULOS, A.W., GERMAN, C.R., BROOKS, J.M., ROBERTS, H.H., SHEDD, W., REDDY, C.M., FISHER, C.R.. 2012. Impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deepwater coral community in the Gulf of Mexico. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 109, 20303–20308. Disponível em: https://www.pnas.org/content/pnas/109/50/20303.full.pdf

WHITE, I. C.; BAKER, J. M. The Sea Empress oil spill in context. *In:* **International conference on the sea empress oil spill**. p. 11-13. 1998.

WHITEHEAD, A.; DUBANSKY, B.; BODINIER, C.; GARCIA, T.I.; MILES, S.; PILLEY, C.; RAGHUNATHAN, V.; ROACH, J.L.; WALKER, N.; WALTER, R.B.; RICE,C.D.; GALVEZ, F. 2011. Genomic and physiological footprint of the Deepwater Horizon oil spill on resident marsh fishes. **PNAS**, Volume 109, Nº. 50. Disponível em: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118844109

WIENS, J. D. Post-fledging survival and natal dispersal of northern goshawks in Arizona. Thesis, Master of Science. **Colorado State University.** 2004. Disponível em:

http://www.fs.fed.us/rmrs/docs/pubs/northern-goshawk/rmrs_2004_wiensj001.pdf. Acesso em: set. 2014.

WISE, JR., J.P.; WISE, J.T.F.; WISE, C.F.; WISE, S.S.; GIANIOS, JR.; C., XIE, H., WALTER, R., BOSWELL, M.; PERKINS, C. & WISE, SR., J.P. 2018. **Metal levels in skin biopsies of whales in the Gulf of Mexico after the Deepwater Horizon oil crisis**. Comparative biochemistry and physiology – part c, toxicology & pharmacology. 205:15–25.

WOLFAARDT, A.C.; UNDERHILL, L.G.; CRAWFORD, R.J.M.; KLAGES, N.T.W. 2001 Results of the 2001 census of African penguins Spheniscus demersus in South Africa: first measures of the impact of the Treasure oil spill on the breeding population. **Trans. R. Soc. South Afr**. 56, 45–49.

WOLFF W. J. Estuarine benthos. In Estuaries and Enclosed Seas, ed. B. H. Ketchum, **Elsevier Scientific Publ.,** Amsterdam. p. 151±182. 1983.

WURSIG, B.; SMULTEA, M. A. 1991. **Bottlenose dolphin reactions to the Mega Borg oil spill.** Marine Mammal Research Program. Texas A&M University, Galveston.

YENDER, R.; STANZEL, K.; LLOYD, A. 2008. **Impacts and response challenges of the tanker Solar 1 oil spill, Guimaras, Philippines: Observations of international advisors.** Paper presented at: 20th Triennial International Oil Spill Conference, Savannah, Georgia, May 4-8, 2008.

YENDER, R.A., MEARNS, A. J. 2003. **Case Studies of spills that threaten sea turtles.** In: Oil and Sea Turtles. NOAA. 116pp.

ZAFONTE, M.; HAMPTON, S. 2005. **Lost bird-years: quantifying bird injuries in natural resource damage assessments for oil spill**. IOSC 2005 Proceedings.

ZANETTI, G.; TEODORO, N. M. S.; COSTA, K. G. Crustáceos associados ao recife de arenito da Praia de Uruçuquara, São Mateus-ES. 2013. Disponível em: http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Crust%C3%A1ceos-Associados-Ao-Recife-De-Arenito/709978.html. Acessado em agosto de 2014.

ZENGEL, S., BERNIK, B.M., RUTHERFORD, N., NIXON, Z., MICHEL, J., 2015. Heavily oiled salt marsh following the Deepwater Horizon oil spill, ecological comparisons of shoreline cleanup treatments and recovery**. PLoS One** 10, e0132324.

ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M. P.; PIZZORNO, J. L.; MAIA, Y. G.; VANBLARICOM, G. R.; DEMASTER, D. P.; SIMÕES-LOPES, P. C.; MOREIRA, S.; BETHLEM, C. 2006**.** Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 313: 295-304.

ZERBINI, A. N.; SICILIANO, S.; PIZZORNO, J. L. A., 1999. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha.** Diagnóstico para os mamíferos marinhos. Relatório técnico do Workshop.

ZUBEROGOITIA I, MARTÍNEZ JA, IRAETA A, AZKONA A, ZABALA J, JIMÉNEZ B, MERINO R, GÓMEZ G. 2006. Short-term effects of the prestige oil spill on the peregrine falcon (*Falco peregrinus*). **Marine Pollution Bulletin** 52: 1176–1181.

APÊNDICE A – PLANILHAS DE APP

Sistema	Subsistema	Escopo	Pág.
Perfuração / Completação	Preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão)	Sistema de mistura da baritina e da bentonita (misturadores e moegas), Tanques ativos, Bombas de transferência / mistura, Bombas de carga.	4
	Injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão)	Bombas de lama, *Mud manifold,* Linhas flexíveis e rígidas de injeção de fluido.	6
	Sistema submarino	*Riser* de perfuração, *Blowout Preventer* (BOP) Stack e Cabeça de poço.	8
	Retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação	*Gumbo separator,* Peneiras vibratórias, Desgaseificador à vácuo (*Vacuum Degasser*), *Desander, Desilter,* Centrífugas, Tanques de armazenamento de fluido.	*10*
	Preparo e injeção de cimento	Sistema de preparação de cimento; *Cement manifold;* Linhas flexíveis e rígidas de injeção de fluido.	12
Poço	Sistema de controle de poço	BOP, *Diverter, Choke and Kill manifold,* Desgaseificador atmosférico (*Poor Boy Degasser*), *Trip tank*	15
Teste de Formação	Sistema de teste de formação	Área de teste de poço, Queimador (*Burner boom*)	17
Contenção, Drenagem e Tratamento de Efluentes	Contenção e drenagem de efluentes oleosos	Sistemas de drenos, Tanque intermediário (*Drains holding tank*), Tanque de descarte de fluidos, Tanque de drenagem.	19
Armazenamento Reserva	Sistema de tanques reservas	Tanques reservas, Bombas de transferência / circulação. Este sistema é utilizado tanto para fluidos de perfuração / completação quanto para efluentes oleosos.	23
Armazenamento	Armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível	Tanques de armazenamento de diesel, Bombas de transferência de diesel.	26
	Armazenamento e circulação de óleo base	Tanques de armazenamento de óleo base, Bombas de transferência de óleo base.	29
	Armazenamento e circulação de óleo lubrificante	Tanques de armazenamento de óleo lubrificante.	32
	Armazenamento e circulação de óleo hidráulico	Sistema de distribuição de óleo hidráulico.	34
	Armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta	Tanques de armazenamento de baritina / bentonita bruta e sistema de transporte pneumático.	35
	Armazenamento e circulação de cimento bruto	Tanques de armazenamento de cimento bruto e sistema de transporte pneumático.	37
	Armazenamento e circulação de outros produtos químicos	Sistemas de armazenamento e circulação de outros produtos químicos, tais como soda cáustica, aditivos e glicol.	39
Atividades de Logística e de Apoio	Operações de transferência	Operação de transferência de óleo diesel / combustível, óleo base ou fluido de perfuração ou completação entre embarcações de apoio e a unidade de perfuração através de mangote.	41
	Operações de carga e descarga	Operações de movimentação de carga entre embarcações de apoio e a unidade de perfuração através de guindaste.	46

Sistema	Subsistema	Escopo	Pág.
	Operação de reabastecimento de aeronaves	Sistema de armazenamento de combustível aeronáutico e de reabastecimento de aeronaves.	47
Embarcações / Navegação	Unidade de Perfuração	Perigos associados à estabilidade da unidade de perfuração ou à possibilidade de colisão com outras embarcações.	49
	Embarcação de apoio	Perigos associados à estabilidade da embarcação de apoio ou à possibilidade de colisão com outras embarcações.	51

1. PERFURAÇÃO / COMPLETAÇÃO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil						**Folha:** 1		
Departamento: HSE						Revisão: 00		
Sistema: Perfuração / Completação		**Subsistema:** Preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão)				**Data:** Março, 2020		
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • *Mud manifold* de baixa pressão; • *Trecho entre os tanques ativos e:* ○ Bombas de mistura e transferência; ○ Bombas de lama; ○ Peneiras vibratórias; ○ Centrífugas. • *Trecho entre as bombas de mistura e transferência e:* ○ *Trip tank;* ○ *Riser fill up;* ○ Unidade de cimentação; ○ Tanques reservas; ○ Tanques ativos.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	1

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 1
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Preparo e circulação de fluido de perfuração e completação (Sistema de baixa pressão)	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (8 < MV < 90 m³)[1]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • *Mud manifold* de baixa pressão; • Trecho entre os tanques ativos e: ○ Bombas de mistura e transferência; ○ Bombas de lama; ○ Peneiras vibratórias; ○ Centrífugas. • Trecho entre as bombas de mistura e transferência e: ○ *Trip tank;* ○ *Riser fill up;* ○ Unidade de cimentação; ○ Tanques reservas; ○ Tanques ativos. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) nos tanques ativos.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	2

[1] Volume correspondente ao maior tanque ativo disponível na embarcação.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 2			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Perfuração / Completação		**Subsistema:** Injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão)			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre as bombas de lama e o *mud standpipe manifold;* • Trecho entre o *mud standpipe manifold* e: ○ *Topdrive;* ○ *Diverter.* • Trecho entre a bomba de lama e o agitador de alta pressão (*HP shear gun*); • Trecho entre o *mud standpipe manifold* e o *diverter*.	Visual; Instrumentação.	Danos pessoais; Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	3

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 2			ExxonMobil
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Perfuração / Completação		**Subsistema:** Injeção do fluido de perfuração e completação (Sistema de alta pressão)			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (8 < MV < 200 m³)	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre as bombas de lama e o *mud standpipe manifold;* • Trecho entre o *mud standpipe manifold* e: ○ *Topdrive;* ○ *Diverter.* • Trecho entre a bomba de lama e o agitador de alta pressão (HP *shear gun*); • Trecho entre *o mud standpipe manifold* e o *diverter*.	Visual; Instrumentação.	Danos pessoais; Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	4

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 3
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Sistema submarino	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (8 < MV < 200 m³)	Furo ou fissura do *riser* de perfuração / acessórios devido: • Corrosão; • Fadiga; • Falha estrutural; • Queda de objetos.	Visual; Instrumental.	Impacto Ambiental.	C	II	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele.	5

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 3			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Sistema submarino				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético (200 < MV < 686,9 m³)[2]	Ruptura do *riser* de perfuração / acessórios devido a: • Corrosão; • Fadiga; • Falha estrutural; • Queda de objetos; • Perda do posicionamento da unidade de perfuração.	Visual; Instrumental.	Impacto Ambiental.	B	III	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 4: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção preventiva e periódica do sistema de posicionamento dinâmico da unidade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar este programa. R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele.	6

[2] Volume calculado considerando o volume no interior de um *riser* de 19,25” de diâmetro interno com 3.658 m de comprimento (lâmina d’água prevista para o poço mais profundo dessa atividade).

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 4
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre o *diverter*, *gumbo box* e peneiras vibratórias, tanques e bombas de tratamento de lama; • Trecho entre as bombas de tratamento de lama e: ○ *Desilter;* ○ *Desander;* ○ *Poor boy degasser;* ○ *Trip tank* ○ *Centrífugas.* • Trecho entre o tanque de retorno e tanques ativos; • Trecho entre o *desilter tank* e as centrífugas.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	7

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 4
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Retorno e tratamento do fluido de perfuração e completação	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético. (8 < MV < 12 m³)[3]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre o *diverter*, *gumbo box* e peneiras vibratórias, tanques e bombas de tratamento de lama; • Trecho entre as bombas de tratamento de lama e: ○ *Desilter;* ○ *Desander;* ○ *Poor boy degasser;* ○ *Trip tank* ○ *Centrífugas.* • Trecho entre o tanque de retorno e tanques ativos; • Trecho entre o desilter tank e as centrífugas. Furo, fissura ou ruptura devido a falha na instalação / fadiga / corrosão nos tanques de tratamento de fluidos	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	8

[3] Volume correspondente a um dos tanques de tratamento de fluido (*Sand trap tank, Degasser tank, Desander tank, Desilter tank* e tanque de retorno)

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 5
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Preparo e injeção de cimento	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de cimento. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre a unidade de cimentação e *cement manifold.* Furo ou fissura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre a unidade de cimentação e unidade de refrigeração.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	9

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 5
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Perfuração / Completação	**Subsistema:** Preparo e injeção de cimento	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de cimento. (8 < MV < 200 m³)	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre a unidade de cimentação e c*ement manifold.* Ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre a unidade de cimentação e unidade de refrigeração.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	10

2. POÇO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 6			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Poço		**Subsistema:** Sistema de controle de poço			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo cru (200 < GV < 238.480,9 m³)[4]	Perda de integridade do CSB. Falha na identificação do kick (Erro humano ou Instrumentação). Falha na implementação dos procedimentos de controle de poço (Erro humano). Falha do BOP.	Visual; Instrumentação.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	B	IV	**M**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 6: Garantir que a contratada possua um programa de monitoramento / controle da integridade dos elementos que compõem o conjunto solidário de barreiras (CSB) e implementar ações para monitorar / controlar este programa. R. 7: Garantir que a contratada realize simulados periódicos com cenários relacionados a perda de controle de poços e implementar ações para monitorar / controlar a realização e a eficiência desses simulados. R. 8: Garantir que a contratada siga as boas práticas da indústria durante a atividade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 2: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de MPD, o qual será utilizado nas atividades de perfuração.	11

[4] Volume calculado considerando a vazão de produção do poço de 7.949,4 m³/dia e a ocorrência do vazamento durante 30 dias.

3. TESTE DE FORMAÇÃO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 7
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Teste de formação	**Subsistema:** Sistema de teste de formação	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de óleo cru e gás. (0 < MV < 11,0 m³)[5]	Falha no sistema de queima durante o teste de formação por: • Falha no sistema de ignição; • Condições climáticas adversas; • Falha no suprimento de ar comprimido.	Visual.	Impacto Ambiental	B	II	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 9: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção periódica e preventiva de equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa. R. 10: Implementar ações para garantir que a contratada possua um observador durante a execução do teste de formação.	12

[5] Volume calcula considerando a vazão de produção de óleo do poço de 1.589,9 m³/dia e a ocorrência de um vazamento durante 10 minutos.

4. DRENAGEM E TRATAMENTO DE EFLUENTES

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 8
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Contenção, drenagem e Tratamento de Efluentes	**Subsistema:** Contenção e drenagem de efluentes oleosos	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de efluente oleoso. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre os pontos de drenagem e o tanque intermediário (*Drains holding tank*); • Trecho entre o tanque intermediário (*Drains holding tank*) e o tanque de drenagem; • Trecho entre os pontos de drenagem e o tanque de descarte de fluidos; • Trecho entre o tanque de descarte de fluidos, o tanque intermediário (*Drains holding tank*) e as bombas de transferência.	Visual.	Vazamento de produto na sonda.	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização.	13

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 8
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Contenção, drenagem e Tratamento de Efluentes	**Subsistema:** Contenção e drenagem de efluentes oleosos	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de efluente oleoso. (8 < MV < 200 m³)	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre os pontos de drenagem e o tanque intermediário (*Drains holding tank*); • Trecho entre o tanque intermediário (*Drains holding tank*) e o tanque de drenagem; • Trecho entre os pontos de drenagem e o tanque de descarte de fluidos; • Trecho entre o tanque de descarte de fluidos, o tanque intermediário (*Drains holding tank*) e as bombas de transferência. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) no tanque intermediário (*Drains holding tank*).	Visual.	Vazamento de produto na sonda; Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.	14

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil						**Folha:** 8		
Departamento: HSE						Revisão: 00		
Sistema: Contenção, drenagem e Tratamento de Efluentes		**Subsistema:** Contenção e drenagem de efluentes oleosos				**Data:** Março, 2020		
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de efluente oleoso. (200 < PV < 986 m³)[6]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) do tanque de drenagem. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) do tanque de descarte de fluidos.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	III	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano.	15

[6] Volume correspondente à capacidade de um dos tanques de drenagem.

5. ARMAZENAMENTO RESERVA

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 9
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento reserva	**Subsistema:** Sistema de tanques reservas	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético ou efluente oleoso. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre as bombas de transferência e mistura e os tanques reservas; • Trecho entre as bombas de transferência e: ○ Tanques reservas; ○ Tanques ativos; ○ Tranque de descarte de fluidos; ○ Unidade de transferência de lama.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	16

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 9			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento reserva		**Subsistema:** Sistema de tanques reservas			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de fluido de perfuração ou completação sintético ou efluente oleoso. (8 < MV < 266 m³)[7]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre as bombas de transferência e mistura e os tanques reservas; • Trecho entre as bombas de transferência e: ○ Tanques reservas; ○ Tanques ativos; ○ Tranque de descarte de fluidos; ○ Unidade de transferência de lama. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques reservas.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	17

[7] Volume referente a capacidade do maior tanque reserva.

6. ARMAZENAMENTO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 10
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de óleo diesel / combustível (0 < PV < 8 m³)	Furo ou fissura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre a unidade de transferência de óleo diesel / combustível e os tanques de armazenamento; • Trecho entre os tanques de armazenamento e: ○ Casa de máquinas; ○ Tanques ativos; ○ Unidade de cimentação; ○ Área de teste de poço; ○ Unidade de diagrafia a cabo (*wire logging unit*).	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Incêndio; Explosão.	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	18

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 10
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de óleo diesel / combustível (8 < MV < 200 m³)	Ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre a unidade de transferência de óleo diesel / combustível e os tanques de armazenamento; • Trecho entre os tanques de armazenamento e: ○ Casa de máquinas; ○ Tanques ativos; ○ Unidade de cimentação; ○ Área de teste de poço; ○ Unidade de diagrafia a cabo (*wire logging unit*).	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Incêndio; Explosão.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	19

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 10			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento		**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo diesel / combustível			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo diesel / combustível (200 < GV < 1.907 m³)[8]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de diesel.	Visual.	Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação; Incêndio; Explosão.	B	III	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	20

[8] Volume corresponde a capacidade do maior tanque de armazenagem de óleo diesel / combustível.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 11			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo base				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de óleo base (0 < PV < 8 m³)	Furo ou fissura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre a unidade de transferência de óleo base e os tanques de armazenamento; • Trecho entre os tanques de armazenamento e os tanques ativos.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	21

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 11
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo base	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Médio vazamento de óleo base (8 < MV < 200 m³)	Ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados aos seguintes trechos: • Trecho entre a unidade de transferência de óleo base e os tanques de armazenamento; • Trecho entre os tanques de armazenamento e os tanques ativos.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	22

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 11			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento		**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo base			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo base (200 < GV < 745 m³)[9]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo base.	Visual.	Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	III	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	23

[9] Volume correspondente a capacidade do único tanque de armazenamento de óleo base.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 12
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo lubrificante	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de óleo lubrificante (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados ao sistema de distribuição de óleo lubrificante.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	24

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 12			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento		**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo lubrificante			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de óleo lubrificante (8 < MV < 52 m³)[10]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados ao sistema de distribuição de óleo lubrificante. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo lubrificante.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem); Vazamento de produto no interior do casco duplo da embarcação.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	25

[10] Volume correspondente a capacidade do maior tanque de armazenamento de óleo lubrificante.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil						**Folha:** 13		
Departamento: HSE						Revisão: 00		
Sistema: Armazenamento		**Subsistema:** Armazenamento e circulação de óleo hidráulico				**Data:** Março, 2020		
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de óleo hidráulico (0 < PV < 1,2 m³)[11]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos associados ao sistema de distribuição de óleo hidráulico; Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo hidráulico.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	26

[11] Volume correspondente a um tanque de armazenamento de óleo hidráulico (1,2 m³).

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 14
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de baritina / bentonita bruta. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre os silos de armazenamento e os pontos de consumo. Sobrepressão no sistema levando a liberação de produto pelo sistema de alívio (*Vent*).	Visual; Instrumentação.	Vazamento de matéria sólida na sonda.	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	27

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 14			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de baritina / bentonita bruta				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de baritina / bentonita bruta. (8 < MV < 113 m³)[12]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre os silos de armazenamento e os pontos de consumo. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) no silo de armazenamento de baritina / bentonita bruta.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de matéria sólida na sonda.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	28

[12] Volume correspondente a capacidade do maior silo de armazenamento de baritina / bentonita.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 15
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de cimento bruto	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de cimento bruto. (0 < PV < 8 m³)	Furo devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre os silos de armazenamento e os pontos de consumo. Sobrepressão no sistema, levando à liberação de produto pelo sistema de alívio (*Vent*).	Visual Instrumentação	Vazamento de matéria sólida na sonda.	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	29

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 15			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de cimento bruto				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de cimento bruto. (8 < MV < 113 m³)[13]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre os silos de armazenamento e os pontos de consumo. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) no silo de armazenamento de cimento bruto.	Visual; Instrumentação.	Vazamento de matéria sólida na sonda.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	30

[13] Volume correspondente a capacidade do maior silo de armazenamento de cimento

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 16
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Armazenamento	**Subsistema:** Armazenamento e circulação de outros produtos químicos	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de outros produtos químicos, tais como, soda cáustica, aditivos e glicol. (0 < PV < 8 m³)	Furo, fissura e ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos / tanques dos sistemas / *skids* de manipulação de outros produtos químicos.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.	31

7. ATIVIDADES DE LOGÍSTICA E DE APOIO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil				**Folha:** 17				
Departamento: HSE				Revisão: 00				
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operações de transferência			**Data:** Março, 2020				
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de óleo diesel / combustível (0 < PV < 8 m³).	Furo devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	D	I	**M**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados. R. 12: Implementar medidas para garantir a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência. R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	32

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 17			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operações de transferência				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de óleo diesel / combustível. (8 < MV < 33,3 m³)[14]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo diesel / combustível. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	D	II	**M**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados. R. 12: Implementar medidas para garantir a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência. R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	33

[14] Volume calculado considerando a vazão de transferência de 200 m³/h e a ocorrência do vazamento durante 10 minutos.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil				**Folha:** 17				
Departamento: HSE				Revisão: 00				
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operações de transferência			**Data:** Março, 2020				
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de óleo diesel / combustível. (8 < MV < 161,7 m³)[15]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo diesel / combustível da embarcação de apoio.	Visual.	Impacto Ambiental.	B	II	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano.	34
Pequeno vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético. (0 < PV < 8 m³).	Furo devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Visual.	Impacto Ambiental.	D	I	**M**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados. R. 12: Implementar medidas para garantir a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência. R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	35

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 17			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operações de transferência				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Médio vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético. (8 < MV < 33,3 m³)[16]	Fissura ou ruptura devido a falha de conexão / fadiga / corrosão / sobrepressão em mangote / tubulação / acessórios / equipamentos da unidade de transferência de óleo base, fluido de perfuração ou completação. Falha no cálculo do volume disponível nos tanques de armazenamento.	Visual.	Impacto Ambiental.	D	II	**M**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados. R. 12: Implementar medidas para garantir a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência. R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	36

[15] Volume calculado a partir da divisão entre a capacidade máxima de fluidos de perfuração ou completação (970,24 m³) da embarcação destinada a essa atividade com a maior capacidade de armazenamento e a quantidade de tanques disponíveis nela (6).
[16] Volume calculado considerando a vazão de transferência de 200 m³/h e a ocorrência do vazamento durante 10 minutos.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil				**Folha:** 17				
Departamento: HSE				Revisão: 00				
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operações de transferência			**Data:** Março, 2020				
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação sintético. (200 < GV < 289,2 m³)[17]	Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) dos tanques de armazenamento de óleo base, fluido de perfuração ou completação da embarcação de apoio.	Visual.	Impacto Ambiental.	B	III	**M**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano.	37

[17] Volume calculado a partir da divisão entre a capacidade máxima de fluidos de perfuração ou completação (3.470,85 m³) da embarcação destinada a essa atividade com a maior capacidade de armazenamento e a quantidade de tanques disponíveis nela (12).

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil						**Folha:** 18		
Departamento: HSE						Revisão: 00		
Sistema: Atividades de logística e apoio		**Subsistema:** Operações de carga e descarga				**Data:** Março, 2020		
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Pequeno vazamento de produtos oleosos ou produtos químicos (0 < PV < 5 m³)[18]	Queda de objetos durante operações de movimentação de cargas entre as embarcações de apoio e a unidade de perfuração.	Visual.	Impacto Ambiental; Danos pessoais.	B	I	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 9: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção periódica e preventiva de equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa. R. 14: Garantir e monitorar a realização de inspeções em cabos, acessórios e equipamentos de movimentação de carga antes da realização deste tipo de operação.	38

[18] Volume correspondente à capacidade padrão de um tanque portátil.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP		
Empresa: ExxonMobil		**Folha:** 19
Departamento: HSE		Revisão: 00
Sistema: Atividades de logística e apoio	**Subsistema:** Operação de reabastecimento de aeronaves.	**Data:** Março, 2020

Perigo	Causas	Modo de Detecção	Consequências	Cat. Prob.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações (R) / Observações (O)	CA
Pequeno vazamento de combustível aeronáutico (0 < PV < 2,9 m³)	Furo, fissura ou ruptura devido a falha de conexão / queda de carga / fadiga / corrosão / erosão em tubulação / acessórios / equipamentos entre os tanques de armazenamento e o ponto de abastecimento. Furo, fissura ou ruptura devido a falha estrutural (corrosão ou fatiga) nos tanques de armazenamentos.	Visual.	Vazamento de produto na sonda (contido no sistema de drenagem).	C	I	**B**	R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano. R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades. R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização. R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados. R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.	39

8. EMBARCAÇÕES / NAVEGAÇÃO

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 20			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Embarcações / Navegação	**Subsistema:** Unidade de Perfuração				**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético, óleo base e efluente oleoso. (200 < GV < 3.814,6 m³)[19]	Ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da unidade de perfuração com outras embarcações.	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	A	III	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 15: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um programa de monitoramento / controle da integridade estrutural da unidade de perfuração. R. 16: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria. R. 17: Avaliar a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.	40

[19] Volume corresponde a soma do volume dos dois maiores tanques de armazenamento de diesel da unidade de perfuração.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 20			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Embarcações / Navegação		**Subsistema:** Unidade de Perfuração			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo diesel / combustível, óleo lubrificante, fluido de perfuração ou completação sintético, óleo base e efluente oleoso. (200 < GV < 11.119,2 m³)[20]	Naufrágio da unidade de perfuração devido a: • Danos estruturais; • Colisão com outras embarcações; • Condições climáticas adversas.	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	A	III	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 15: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um programa de monitoramento / controle da integridade estrutural da unidade de perfuração.	41

[20] Volume calculado a partir da soma de todos os tanques da unidade de perfuração que armazenam óleo diesel / combustível, fluídos de perfuração, óleo lubrificante ou completação, óleo base e efluente oleosos.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 21			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Embarcações / Navegação		**Subsistema:** Embarcação de Apoio			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo diesel / combustível, fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base. (200 < GV < 578,5 m³)[21]	Ruptura dos tanques de armazenamento devido a colisão da embarcação de apoio com outras embarcações.	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	A	III	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 16: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria. R. 17: Avaliar a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.	42

[21] Volume calculado a partir dos 2 maiores tanques da embarcação destinada a essa atividade com a maior capacidade de armazenamento (o volume de cada tanque foi estimado através da divisão entre a capacidade máxima de fluidos de perfuração ou completação da embarcação (3.470,85 m³) e a quantidade de tanques disponíveis nela (12)).

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP								
Empresa: ExxonMobil					**Folha:** 21			
Departamento: HSE					Revisão: 00			
Sistema: Embarcações / Navegação		**Subsistema:** Embarcação de Apoio			**Data:** Março, 2020			
Perigo	**Causas**	**Modo de Detecção**	**Consequências**	**Cat. Prob.**	**Cat. Sev.**	**Cat. Risco**	**Recomendações (R) / Observações (O)**	**CA**
Grande vazamento de óleo diesel / combustível e fluido de perfuração ou completação sintético e óleo base. (200 < GV < 4.441,1 m³)[22]	Naufrágio da embarcação de apoio devido: • Danos estruturais; • Colisão com outras embarcações; • Condições climáticas adversas; • Perda de estabilidade da embarcação (ex.: falha no sistema de lastro)	Visual.	Impacto Ambiental; Incêndio; Explosão.	A	III	**B**	R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele. R. 16: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria. R. 17: Avaliar a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.	43

[22] Volume calculado a partir da soma de todos os tanques de armazenamento de óleo diesel / combustível e fluído de perfuração ou completação sintético da embarcação destinada a essa atividade com a maior capacidade de armazenamento.

Lista de Recomendações
R. 1: Garantir que a contratada possua um plano de manutenção incluindo o monitoramento / controle de corrosão interna e/ou externa de linhas / equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este plano.
R. 2: Garantir que a contratada siga boas práticas da indústria para evitar queda de carga em linha / equipamentos com fluidos perigosos (ex. instalação de proteções físicas) e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.
R. 3: Implementar medidas para garantir que a contratada possua kits SOPEP adequadamente distribuídos pela unidade de perfuração e que a tripulação esteja devidamente capacitada quanto a sua utilização.
R. 4: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção preventiva e periódica do sistema de posicionamento dinâmico da unidade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 5: Implementar medidas para garantir a integração entre o Plano de Emergência Individual (PEI) elaborado para esta atividade e o Plano de Emergência da companhia e assegurar a disponibilidade dos recursos de resposta a emergência previsto nele.
R. 6: Garantir que a contratada possua um programa de monitoramento / controle da integridade dos elementos que compõem o conjunto solidário de barreiras (CSB) e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 7: Garantir que a contratada realize simulados periódicos com cenários relacionados a perda de controle de poços e implementar ações para monitorar / controlar a realização e a eficiência desses simulados.
R. 8: Garantir que a contratada siga as boas práticas da indústria durante a atividade de perfuração e implementar ações para monitorar / controlar estas atividades.
R. 9: Garantir que a contratada possua um programa de manutenção periódica e preventiva de equipamentos e implementar ações para monitorar / controlar este programa.
R. 10: Implementar ações para garantir que a contratada possua um observador durante a execução do teste de formação.
R. 11: Implementar medidas para garantir que a contratada utilize mangotes certificados.
R. 12: Implementar medidas para garantir a realização de inspeção e testes de estanqueidade dos mangotes antes de cada operação de transferência.
R. 13: Implementar medidas para garantir que a contratada possua um plano de substituição periódica dos magotes respeitando os prazos de validade estipulados pelo fabricante.
R. 14: Garantir e monitorar a realização de inspeções em cabos, acessórios e equipamentos de movimentação de carga antes da realização deste tipo de operação.
R. 15: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um programa de monitoramento / controle da integridade estrutural da unidade de perfuração.
R. 16: Implementar medidas para garantir que a contratada estabeleça um procedimento de aproximação segura segundo as boas práticas da indústria.
R. 17: Avaliar a possibilidade de utilizar embarcações de apoio que possuam sistema de posicionamento dinâmico do tipo DP2.

Lista de Observações
O. 1: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de contenção e drenagem.
O. 2: A unidade de perfuração dispõe de um sistema de MPD, o qual será utilizado nas atividades de perfuração.

ANEXO A – DESCRIÇÃO DA UNIDADE MARÍTIMA (DUM)

DESCRIÇÃO DA UNIDADE MARÍTIMA - DUM		
WEST SATURN		
1. DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE PERFURAÇÃO		
Nome da Unidade	West Saturn	
Identificação	Número IMO 9657428	
Proprietário	Seadrill Saturn Ltd.	
Tipo	Navio-sonda	
Bandeira	Panamá	
Ano de Construção	2014	
Classificação	A1, DRILLSHIP, AMS, ACCU, CDS DPS-3, NBLES, WT-READY, DLA, ENVIRO-OS, GP	
Sociedade Classificadora	American Bureau of Shipping (ABS)	
Data da Classificação	2014	
2. ESTRUTURA/CARACTERÍSTICAS GERAIS	**Dimensão**	**Unidade**
Comprimento Total	227,8	Metros
Profundidade (Pontal)	19,0	Metros
Largura Total	42,0	Metros
Boca	42,0	Metros
Calado em Operação	12,0	Metros
Velocidade de reboque em calado de operação	8,5	Metros
Calado de Trânsito	8,5	Metros
Velocidade de reboque em calado de trânsito	11,5	Nós
Casco Duplo (dimensões dos submarinos)	N/A	N/A
Carga variável máxima	20.000	mT
Peso Leve	18.154	mT
2. PARÂMETROS AMBIENTAIS DE OPERAÇÃO	**Dimensão**	**Unidade**
Máxima lâmina d´água	3.657,6	Metro
Mínima lâmina d´água	500	Metro

Produto Estocado	N° de tanques	Capacidade Individual	Capacidade Total
Óleo Combustível (Diesel)	06	1.907,3 m³ – Nº 1 DO Storage Tank (P)	6.055,2 m³
		1.907,3 m³ – Nº 1 DO Storage Tank (S)	
		1.023,8 m³ – Nº 2 DO Storage Tank (P)	
		1.023,8 m³ – Nº 2 DO Storage Tank (S)	
		75,7 m³ – DO Service Tank (P)	
		75,7 m³ – DO Service Tank (S)	
		20,7 m³ - M.D.O. OVERF. DRAIN T. (P)	
		20,7 m³ - M.D.O. OVERF. DRAIN T. (S)	
Óleo Base	01	745,1 m³	745,1 m³
Óleo Hidráulico	02	1,2 m³	2,4 m³
		1,2 m³	

Produto Estocado	N° de tanques	Capacidade Individual	Capacidade Total
Óleo Lubrificante	06	52,5 m³ – LO Storage Tank (P)	189,6 m³
		43,7 m³ – LO Storage Tank (S)	
		43,7 m³ – LO Settling Tank (P)	
		43,7 m³ – LO Settling Tank (S)	
		3,0 m³ – LO Drain Tank (P)	
		3,0 m³ – LO Drain Tank (S)	
Óleo Sujo	03	37,5 m³ – FWD Bilge Holding Tank (P)	139,1 m³
		55,1 m³ – AFT Bilge Holding Tank (C)	
		10,3 m³ – Sep. Bilge Oil Tank (S)	
		18,1 m³ - PUR. SLUDGE T. (P)	
		18,1 m³ - PUR. SLUDGE T. (S)	
Água Oleosa	03	96,0 m³ – Drain Holding Tank (S, FWD)	2068,0 m³
		986,0 m³ – Drain Holding Tank (P, AFT)	
		986,0 m³ – Drain Holding Tank (S, AFT)	
Água Industrial	02	1.209,4 m³ – Drilling Water Tank (P)	2.436,5 m³
		1.227,1 m³ – Drilling Water Tank (S)	
Água Potável	04	467,1 m³ – Nº 1 Fresh Water Tank (P)	1.295,6 m³
		469,3 m³ – Nº 1 Fresh Water Tank (S)	
		344,2 m³ – Fresh Water Tank (S)	
		15,0 m³ – FWT for Local Fire Fighting (S)	
Salmoura	03	246,0 m³ – Nº 1 Brine Tank (P)	752, 0 m³
		253,0 m³ – Nº 2 Brine Tank (P)	
		253,0 m³ – Nº 3 Brine Tank (P)	
Cimento	04	113,0 m³ – Bulk Storage Tank (Cement)	452,0 m³
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank (Cement)	
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank (Cement)	
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank (Cement)	
Barita/Bentonita	04	113,0 m³ – Bulk Storage Tank	452,0 m³
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank	
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank	
		113,0 m³ – Bulk Storage Tank	

Produto Estocado	N° de tanques	Capacidade Individual	Capacidade Total
Querosene de Aviação	02	2,9 m³	5,8 m³
		2,9 m³	
Água de Lastro	27	1376,2 m³ - Nº1 FWD DB W.B.T. (C)	80.836,8 m³
		3322,7 m³ - Nº1 AFT W.B.T. (P)	
		3360,3 m³ - Nº1 AFT W.B.T. (S)	
		1972,1 m³ - Nº1 HOLD B.T. (C)	
		3589 m³ - Nº1 HOLD B.T. (P)	
		1793,9 m³ - Nº1 HOLD B.T. (S)	
		2907 m³ - Nº2 W.B.T. (P)	
		2907 m³ - Nº2 W.B.T. (S)	
		2630 m³ - Nº2 HOLD B.T. (C)	
		2542,8 m³ - Nº2 HOLD B.T. (P)	
		2542,8 m³ - Nº2 HOLD B.T. (S)	
		2052,5 m³ - Nº3 W.B.T. (P)	
		2052,5 m³ - Nº3 W.B.T. (S)	
		4446,5 m³ - Nº3 HOLD B.T. (P)	
		4446,5 m³ - Nº3 HOLD B.T. (S)	
		2801,9 m³ - Nº4 W.B.T. (P)	
		2801,9 m³ - Nº4 W.B.T. (S)	
		4448,4 m³ - Nº4 HOLD B.T. (P)	
		4448,4 m³ - Nº4 HOLD B.T. (S)	
		1317,8 m³ - Nº5 W.B.T. (P)	
		1317,8 m³ - Nº5 W.B.T. (S)	
		5721,9 m³ - Nº5 HOLD B.T. (P)	
		5721,9 m³ - Nº5 HOLD B.T. (S)	
		3427,5 m³ - Nº6 W.B.T. (P)	
		3438,2 m³ - Nº6 W.B.T. (S)	
		1842,6 m³ - A.P.T. (P)	
		1606,7 m³ - A.P.T. (S)	
Lama Reserva	05	241,7 m³ - RESERVE PIT T.1 (S)	1.250,4 m³
		256,7 m³ - RESERVE PIT T.2 (S)	
		238,3 m³ - RESERVE PIT T.3 (S)	
		266,2 m³ - RESERVE PIT T.4 (S)	
		247,5 m³ - RESERVE PIT T.5 (S)	

Produto Estocado	N° de tanques	Capacidade Individual	Capacidade Total
Lama Ativa	12	89,2 m³ - ACTIVE MUD T. (01)	1.167,3 m³
		88,6 m³ - ACTIVE MUD T. (02)	
		89,4 m³ - ACTIVE MUD T. (03)	
		44,3 m³ - ACTIVE MUD T. (04)	
		44,3 m³ - ACTIVE MUD T. (05)	
		89,4 m³ - ACTIVE MUD T. (06)	
		88,6 m³ - ACTIVE MUD T. (07)	
		89,2 m³ - ACTIVE MUD T. (08)	
		89,5 m³ - ACTIVE MUD T. (09)	
		89,1 m³ - ACTIVE MUD T. (10)	
		89,1 m³ - ACTIVE MUD T. (11)	
		89,5 m³ - ACTIVE MUD T. (12)	
		23,0 m³ - SLUG PIT T. (01)	
		23,0 m³ - SLUG PIT T. (02)	
		23,0 m³ - CHEMICAL PIT T. (01)	
		23,0 m³ - CHEMICAL PIT T. (02)	
		11,3 m³ - SAND TRAP TANK	
		11,9 m³ - DEGASSER T.	
		11,9 m³ - DESANDER T.	
		11,9 m³ - DESILTER T.	
		11,9 m³ - RETURN T.	
		18,1 m³ - TRIP TANK	
		18,1 m³ - TRIP TANK	
Lama de Descarte	01	490,7 m³ - WASTE MUD T. (S)	490,7 m³
Saco	NA	7.000 (Estimado)	Sacos

4. HELIPONTO

Haverá abastecimento no heliponto? Sim.

5. ACOMODAÇÕES

Capacidade Total: 200 pessoas

Ocupação estimada durante atividade: 145 pessoas

6. GUINDASTES

Item/Modelo	Quantidade	Capacidade
NOV Hydralift Knuckle Boom	03	85 mT a 19 m
NOV Heave Compensated Knuckle Boom	01	165 mT a 18 m

7. SISTEMA DE PROPULSÃO E REFRIGERAÇÃO DE MOTORES

Item	Quantidade
Rolls Royce (Aquamaster), UUC 405 FP Thrusters. Total HP: 6,034.60 hp per thruster.	06

Descrição do Sistema:

O navio é impulsionado por seis propulsores azimutais Rolls Royce Aquamaster de 4500kV. Cada propulsor consiste em uma hélice de passo fixo de 3,8m de diâmetro. Os propulsores são resfriados por água doce com permutadores de calor de água doce para ar, e seu controle é feito remotamente a partir da casa do leme por meio do sistema de posicionamento dinâmico ou localmente a partir da sala de propulsores azimutais.

O sistema Kongsberg Maritime Thruster Control (K-Thrust 400) controla a velocidade e a direção dos propulsores azimutais. Existem conversores de frequência instalados para controlar a velocidade de propulsão dos mesmos.

O motor dos propulsores é alimentado por acionador de frequência variável fornecido pela ABB.

A unidade de propulsão apresenta três circuitos separados (unidade hidráulica – para direcionar o propulsor; unidade lubrificante; e sistema de vedação do eixo).

Cada sistema de propulsão é conectado por tubulações fixas a um sistema de enchimento de tanque coletor.

8. SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA	
Item	**Quantidade**
Motores principais a diesel - HIMSEN 16H32/40V, 8.000 kW	06
Geradores principais - ABB 7,000 kW @ 0.8 P.F.	06
Gerador de emergência a Diesel 1.350 kW	01

9. SISTEMA DE ANCORAGEM/POSICIONAMENTO DINÂMICO		
Item	**Quantidade**	**Capacidade**
Kongsberg Maritime K-Pos DP-22	01	Tripla Redundância
Kongsberg Maritime K-Pos DP-12	01	Redundância

Descrição do Sistema:

A West Saturn é equipada com o sistema de posicionamento dinâmico com dupla redundância que fornece capacidades de manutenção de posição e operações ao longo de um amplo intervalo de profundidades da água. O sistema de computador de DP redundante e o de backup são mutuamente independentes. Em outras palavras, a perda de um dos sistemas não impedirá a operação do sistema restante.

O Sistema de Posicionamento Dinâmico satisfaz os requisitos DPS-3 da ABS definidos como a capacidade de manter a posição após a falha de qualquer sistema ou componente incluindo a perda de qualquer compartimento devido a incêndio ou inundação.

A filosofia geral para cumprir a Classe de Equipamentos 3 da OMI e DPS-3 da ABS é um sistema de controle de DP que consiste nos seguintes itens:

* Um sistema de computador de DP redundante colocado na estação do operador principal do navio.

Esse sistema faz interface com todos os sistemas de referência e sensores de posição para proteções contra falhas únicas.

* Um sistema de computador de DP de backup que faz interface com um conjunto de sensores e pelo menos um sistema de referência onde incêndio e inundação na estação de controle principal não cause qualquer falha nesse sistema ou nos componentes que fazem interface com o mesmo. Esse sistema de backup é, portanto, colocado na estação de controle de backup em um compartimento diferente separado por paredes corta-fogo.

- Estação de Controle de DP Principal

O sistema de controle de DP principal está na sala de controle principal / ponte e inclui um sistema K-Pos-DP-22 redundante. Os modos operacionais incluem joystick manual e operação de manutenção de posição. O sistema de controle DP principal interage com o propulsor e o sistema de energia através da rede de processo redundante. Todos os sistemas de referência e sensores interagem com este sistema. O sistema de controle DP principal também inclui um sistema operacional de controle do propulsor com funcionalidade limitada.

O sistema K-Pos-DP-22 é alimentado por UPS1 e UPS2.

- Estação de Controle de DP de Backup

A estação de controle de DP de backup (Sistema K-Pos-DP-12) está localizada na sala de controle de DP de backup abaixo da ponte no D-Deck. Os modos de operação e as funções do sistema para a estação de controle

de backup são os mesmos que o sistema DP principal com menos sensores. A estação de controle de backup DP é alimentada por UPS3.

- Sensores e Sistemas de Medição

A unidade está equipada com um indicador de ângulo de elevação Shaffer com três monitores, um no painel de perfuradores, painel de ferramentas e a ponte.

Os sensores estão conectados aos sistemas DP principal e de backup (K-Pos DP-22 e K-Pos DP-12). Cada tipo de sensor tem seu próprio propósito. O sensor giroscópio fornece ao sistema de controle informações sobre o rumo da embarcação. O sensor de vento dá ao sistema de controle a velocidade e direção reais do vento. Os sensores de unidade de referência de movimento fornecem ao navio os ângulos de rolamento e de inclinação reais.

Os sensores para o sistema DP são segregados em uma configuração 2 + 1. Dois conjuntos de sensores são instalados para o sistema K-Pos DP-22, enquanto que apenas um conjunto de sensores é instalado para os sistemas K-Pos DP-12 e K-Pos DP-22. Uma falha pode fazer com que no máximo apenas dois sensores sejam perdidos.

- Bússola Giroscópica

Dois compassos giroscópios são conectados ao sistema K-Pos DP-22 enquanto um é conectado ao sistema K-Pos DP-22 e ao sistema K-Pos DP-12. A interface entre a bússola giroscópica e o sistema de computador é uma comunicação em série.

- Sensores de Vento

Dois sensores de vento são conectados ao sistema K-Pos DP-22 enquanto que um é conectado ao sistema K-Pos DP-22 e K-Pos DP-12. A interface entre os indicadores de sensor de vento e o sistema de computador é uma comunicação em série.

- Unidades de Referência de Movimento

Duas unidades de referência de movimento estão conectadas ao sistema K-Pos DP-22, enquanto que uma é conectada ao sistema K-Pos DP-22 e K-Pos DP-12.

- Sistema de Referência de Posição

O sistema de referência de posição consiste em dois sistemas de posicionamento acústico de alta precisão (HiPAP) e dois sistemas de posicionamento global diferencial (DGPS). Ambos estão conectados com os sistemas K-Pos DP-22 e K-Pos DP-12.

10. EQUIPAMENTOS DE COMBATE A INCÊNDIO	
Item	**Quantidade**
Bombas de Incêndio	03
Hidrantes	146
Extintores	192
Mantas Antichamas	6
Canhões Monitores de Espuma	3

11. EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POÇO
Tipo (molhado ou seco?): Molhado
Pressão suportada (em psi): 15.000 psi

12. SISTEMA DE DETECÇÃO DE GASES	
Item	**Quantidade**
Detector de H_2S Det-Tronics U9500	26
Autronica/Autropoint HC 200 IR	60
Detectores de Gás Portáteis O_2, CO, H_2S, NO_2 e Combustível	04

Explosímetro	05

Descrição do Sistema:

O sistema de detecção de gás é constituído por detectores de gás combustível (HC), detectores de H_2S e um sistema de amostragem de gás para detectar eventuais vazamentos de gás perigoso no navio.

Uma central de detecção de gás está localizada numa estação de controle tripulada / estação de controle de emergência. Uma central de detecção de gás que mostre claramente onde o gás foi detectado está instalada no deck de perfuração.

O sistema de detecção de gás indica a concentração em percentagem do limite inferior de explosão (LEL) para o gás HC. É possível dar alarme de gás a dois níveis de concentração de gás de hidrocarboneto: a 20% do LEL (nível baixo) e 60% do LEL (nível elevado).

O sistema de detecção de gás é colocado com um alarme para falha na alimentação e ruptura do cabo de sinal, e é abastecido com eletricidade a partir de duas fontes independentes de energia, uma das quais é uma bateria acumuladora sob carga automática. No caso de falha da alimentação normal, a alimentação de reserva assume automaticamente o controle.

Os detectores de gás são de um tipo facilmente calibrado/verificado quanto a erros e de fácil acesso para teste. Há um sistema de tipo autodiagnóstico onde uma falha em qualquer detector ou cabo é indicada por um alarme de falha no centro de controle principal. Detectores de fumaça estão instalados em áreas fechadas onde podem se desenvolver incêndios combustíveis e elétricos, por exemplo, instalações de troca, controle e geradores de energia e área de acomodação. Os Detectores são do tipo "detecção precoce". Os Detectores de fumaça e calor são equipados com indicadores de alarme autossuficientes que, uma vez ativados, permanecem iluminados até serem reinicializados.

Os alarmes são específicos para a área, isto é, é possível determinar exatamente qual detector que disparou o alarme (sala / área).

13. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS PARA RESPOSTA A DERRAMAMENTO A BORDO DA SONDA (KIT SOPEP)

Quantidade total de kits na plataforma: 12

Itens presentes em cada kit	Quantidade
Mantas Absorventes	01
Luvas de Borracha	02
Grânulos Absorbentes	01
Rodo	01
Balde Plástico	01
Pá Plástica	01
Travesseiro Absorvente	04
Barreiras de Contenção	2 unidades de 3 m ou 6 unidades de 1 m

14. EQUIPAMENTOS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Item	Quantidade
Compactador	02
Triturador	01
Incinerador	00

15. SISTEMA DE DRENAGEM E DESCARTE DE ÁGUAS OLEOSAS

Modelo: Georim Engineering, model GRS-50EB / Blohm and Voss Turbulo, tipo TMPB-10

Capacidade de Tratamento: 5 m^3/h e 10 m^3/h

Descrição do Sistema:

A unidade de separação de água oleosa consiste em uma bomba de *bilge*, uma unidade separadora, uma unidade de tratamento de emulsão e uma válvula de descarga para o mar. A unidade de separação água-óleo

é controlada manualmente no painel de controle local com alarmes (óleo superior a 15 ppm e alarme para condições anormais) interligados ao Sistema Integrado de Automação (IAS).

O princípio de funcionamento do separador é por gravidade e coalescência. O óleo é removido do resíduo oleoso (bilge) por diferença de densidade e tensão superficial entre óleo e água, como no processo de coalescência. A unidade é composta por um separador de dois estágios, que consiste em uma unidade separadora propriamente dita e outra de tratamento da emulsão. A água oleosa é bombeada para o estágio de pré-separação (unidade separadora), que remove a maior parte do óleo. As gotículas menores de óleo são removidas nas unidades de coalescência de alta eficiência. Em seguida, a água com pequena quantidade de óleo é transmitida para a unidade de tratamento de emulsão e as gotículas de óleo com diâmetros mais finos serão separados neste estágio. Se a água obtida ao fim do processo contiver teor de óleo inferior a 15 ppm será descartada no mar. Caso contrário, será drenado para o tanque de armazenamento.

16. SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Modelos:
Principal: ISS-130N-030
Auxiliar: Hamworthy, modelo ST1A-C

Capacidade de Tratamento: 9,1 m^3/dia do modelo principal e 1,740 m^3 do modelo auxiliar.

Descrição do Sistema:

O sistema de tratamento de efluentes sanitários tem o objetivo de coletar efluentes sanitários e fornece tratamento conforme necessário. O sistema inclui descarga das pias, chuveiros, drenos, e sanitários e é capaz de realizar tratamento de águas negras e cinzas. Após o tratamento, o efluente pode ser bombeado para o mar ou armazenado em tanques de armazenamento de esgoto. Há pontos de coleta de amostras antes e depois do sistema, com procedimento de coleta e análise a cada trimestre. Um fluxômetro calibrado está disponível para possibilitar a medição do volume de efluentes tratados descartado ao mar.

A principal estação de tratamento biológico de esgoto está localizada na sala de máquinas auxiliares. O sistema tem uma capacidade de design de 200 pessoas (POB máximo).

Uma unidade adicional de coleta e tratamento de esgoto alimentado por gravidade está instalada na sala de máquinas principal de bombordo para o tratamento designado do banheiro da sala de controle de emergência (ECR) para evitar a execução de linhas de vácuo da unidade principal por um comprimento prolongado. O sistema foi projetado para uma capacidade máxima de cinco pessoas.

17. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO

Item	Quantidade
Peneiras Vibratórias	06
Degassificadores	02
Desareadores	01
Dessiltadores	01
Secador de Cascalho (centrífuga)	02

18. SISTEMA DE ABASTECIMENTO E CIRCULAÇÃO DE DIESEL/ÓLEO COMBUSTÍVEL

Quantidade de pontos de abastecimento: 02

Localização dos pontos de abastecimento: Atrás do centro de ambos os lados (bombordo e estibordo) da unidade de perfuração.

Os pontos de abastecimento são localizados em áreas contidas? Sim

Qual tipo de conexão entre os mangotes e o *manifold*? Conexão TODO de 4”

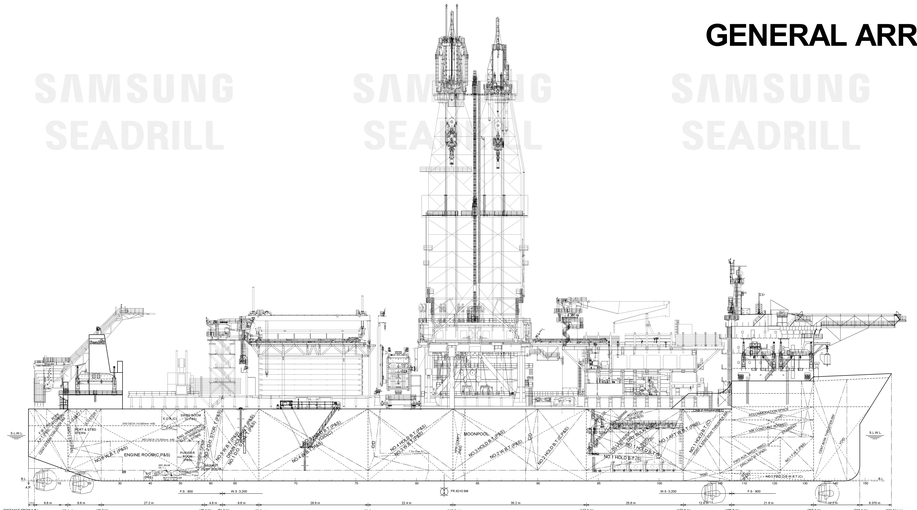
19. EQUIPAMENTOS DE TESTE DE FORMAÇÃO

Que equipamentos estão instalados na plataforma?
Burner Boom, Sistema de *Sprinkler*, Linhas Fixas para Teste de Formação, Utilidades.

ANEXO B – FLUXOGRAMAS E ARRANJOS DA UNIDADE DE PERFURAÇÃO

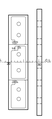
GENERAL ARRANGEMENT

PLAN HISTORY					
Rev.	Date	Reason for issue	Prepared by	Checked by	Approved by
-	2011.Oct.11	Prepared by General Design Department	W. H. Jang	J. M. Baek	D. Y. Kang



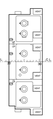
FUNNEL TOP PLAN

STR.2 PLAN

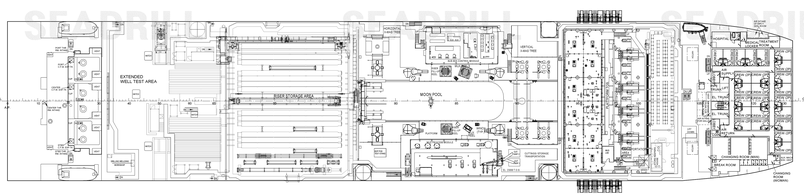


STR.1 PLAN

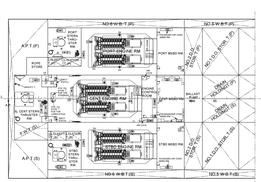
C DECK PLAN



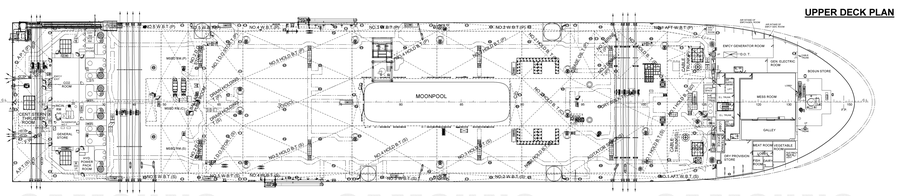
B DECK PLAN



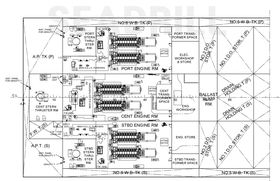
23.0 M A/B PLAN
("A" DECK PLAN)



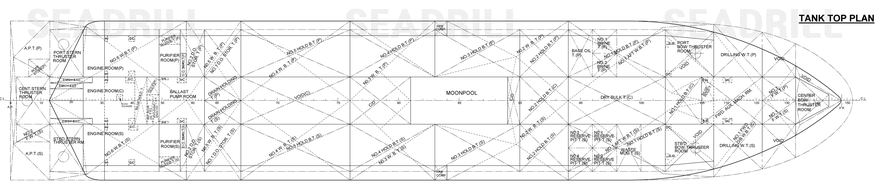
2nd DECK PLAN



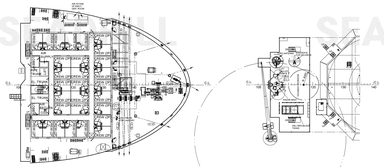
UPPER DECK PLAN



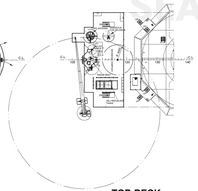
3rd DECK PLAN



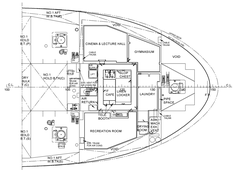
TANK TOP PLAN



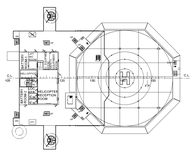
F'CLE DECK



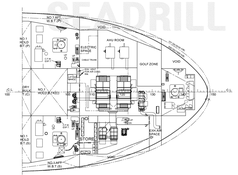
TOP-DECK



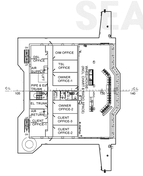
1st DECK



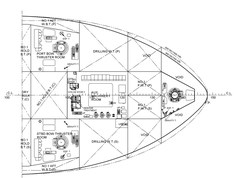
HELI-DECK



2nd DECK

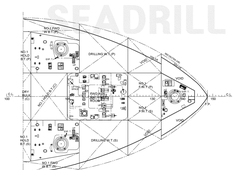


NAVI-DECK

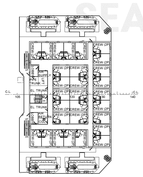


3rd DECK

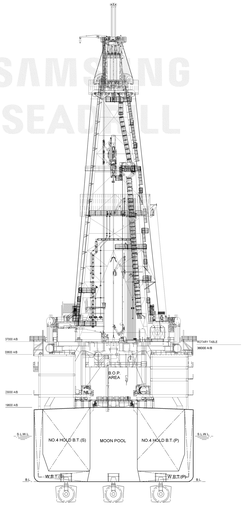
D-DECK



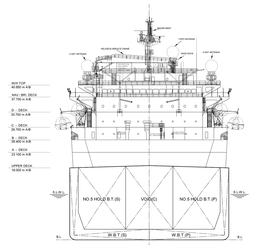
FLOOR



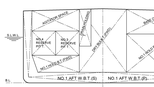
C-DECK



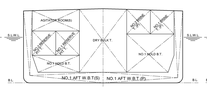
MIDSHIP SECTION
(LOOKING AFT)



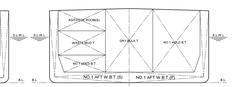
TYPICAL SECTION
(LOOKING AFT)



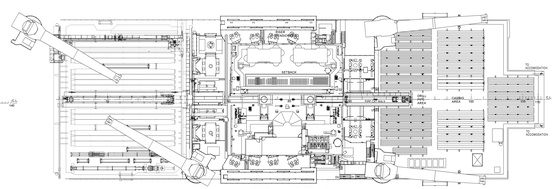
FR. 95 SECTION
(LOOKING AFT)



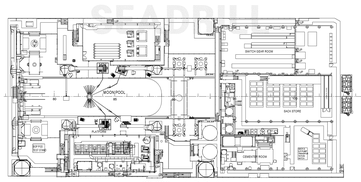
FR. 97 SECTION
(LOOKING AFT)



FR. 99 SECTION
(LOOKING AFT)



36.0 m A/B PLAN



30.000 m A/B PLAN

PRINCIPAL DIMENSIONS

LENGTH O. A. (EXCLUDING HELI. DECK)	227.819 m
LENGTH B. P.	219.4 m
BREADTH (MOULDED)	42.0 m
DEPTH (MOULDED)	19.0 m
SCANTLING DRAUGHT (MOULDED)	13.0 m
OPERATING DRAUGHT (MOULDED)	12.0 m
TRANSIT DRAUGHT (MOULDED)	8.5 m

2020	DNV	9623934	
1912	ABS	9609407	
1911	ABS	9609392	
Hull No.	CLASS	IMO No.	

Registration: PANAMA

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

Department : General Design	Ship Type : 96K Drillship
Hull No.: 1911/1/2/2020	Ship name :
Approved by : D. Y. Kang	Document Title : Provisional GENERAL ARRANGEMENT
Checked by : J. M. Baek	
Prepared by : W. H. Jang (T.5809)	Buyer's Document No.:
SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. GEOJE SHIPYARD, KOREA	Builder's Document No.: PF10101 / Rev. No.:
	Scale: 1:400 / Unit: mm / Consolidated No.: / -

Class :

CONFIDENTIAL : Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SIZE : 841 X 1700

CAPACITY PLAN WITH DWT SCALE

SAMSUNG SEADRILL/ABS

PLAN HISTORY

Rev.	Date	Reason for issue	Prepared by	Checked by	Approved by
-	2014 June 24	Prepared by General Design	J.H.Kim	J.M.Lee	Y. H. Kim

WATER BALLAST TANKS (S.G=1.025)

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	CAPACITIES WEIGHT 100.0% (MT)	100.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	100.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
NO.1 FWD DB W.B.T.(C)	106 - 133	1376.2	1410.6	195.489	1.386	42167
NO.1 AFT W.B.T.(P)	94 - 106	3322.7	3405.8	164.854	5.851	24951
NO.1 AFT W.B.T.(S)	94 - 106	3360.3	3444.3	165.070	5.796	25525
NO.1 HOLD B.T. (C)	102 - 105	1972.1	2021.4	177.600	11.156	1532
NO.1 HOLD B.T. (P)	94 - 102	3589.0	3678.7	161.335	9.081	4084
NO.1 HOLD B.T.(S)	94 - 102	1793.9	1838.8	162.495	7.213	4084
NO.2 W.B.T.(P)	83 - 94	2907.0	2979.7	131.464	5.338	17919
NO.2 W.B.T.(S)	83 - 94	2907.0	2979.7	131.464	5.338	17919
NO.2 HOLD B.T.(C)	90 - 94	2630.0	2695.7	140.799	11.154	2073
NO.2 HOLD B.T.(P)	90 - 94	2542.8	2606.4	140.801	11.140	2042
NO.2 HOLD B.T.(S)	90 - 94	2542.8	2606.4	140.801	11.140	2042
NO.3 W.B.T.(P)	76 - 83	2052.5	2103.8	100.319	5.305	14523
NO.3 W.B.T.(S)	76 - 83	2052.5	2103.8	100.319	5.305	14523
NO.3 HOLD B.T. (P)	83 - 90	4446.5	4557.6	123.200	11.146	3574
NO.3 HOLD B.T. (S)	83 - 90	4446.5	4557.6	123.200	11.146	3574
NO.4 W.B.T.(P)	67 - 76	2801.9	2871.9	75.200	5.075	21893
NO.4 W.B.T.(S)	67 - 76	2801.9	2871.9	75.200	5.075	21893
NO.4 HOLD B.T. (P)	76 - 83	4448.4	4559.7	100.798	11.142	3574
NO.4 HOLD B.T. (S)	76 - 83	4448.4	4559.7	100.798	11.142	3574
NO.5 W.B.T.(P)	58 - 67	1317.8	1350.7	53.902	5.306	9067
NO.5 W.B.T.(S)	58 - 67	1317.8	1350.7	53.902	5.306	9067
NO.5 HOLD B.T. (P)	67 - 76	5721.9	5865.0	75.200	11.139	4595
NO.5 HOLD B.T. (S)	67 - 76	5721.9	5865.0	75.200	11.139	4595
NO.6 W.B.T.(P)	13 - 58	3427.5	3513.2	28.065	5.714	19025
NO.6 W.B.T.(S)	13 - 58	3438.2	3524.1	28.072	5.702	19251
A.P.T.(P)	0 - 13	1842.6	1888.7	5.009	12.793	3795
A.P.T.(S)	0 - 13	1606.7	1646.8	4.986	12.636	3771
SUB TOTAL		80836.8	82857.8			

FRESH WATER TANKS (S.G=1.000)

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	CAPACITIES WEIGHT 100.0% (MT)	100.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	100.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
NO.1 F.W.T.(P)	122 - 133	467.1	467.1	202.861	7.128	176
NO.1 F.W.T. (S)	122 - 133	469.3	469.3	202.845	7.146	176
F.W.T.(S)	2 - 13	344.2	344.2	5.860	15.032	74
FWT FOR LOCAL F/F (S)	10 - 13	15.0	15.0	9.200	12.540	1
SUB TOTAL		1295.7	1295.7			

DIESEL OIL TANKS (S.G=0.900)

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	CAPACITIES VOLUME 98.0% (m3)	CAPACITIES WEIGHT 98.0% (MT)	98.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	98.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
NO.1 D.O.STOR.T.(P)	64 - 67	1907.3	1869.2	1682.2	56.000	10.977	1532
NO.1 D.O.STOR.T.(S)	64 - 67	1907.3	1869.2	1682.2	56.000	10.977	1532
NO.2 D.O.STOR.T.(P)	56 - 64	1023.8	1003.4	903.0	48.576	10.676	880
NO.2 D.O.STOR.T.(S)	56 - 64	1023.8	1003.4	903.0	48.576	10.676	880
D.O.SERV.T.(P)	56 - 58	75.7	74.2	66.8	45.600	6.573	32
D.O.SERV.T.(S)	56 - 58	75.7	74.2	66.8	45.600	6.573	32
SUB TOTAL		6013.8	5893.5	5304.1			

LUBLICATING OIL TANKS (S.G=0.900)

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	CAPACITIES VOLUME 90.0% (m3)	CAPACITIES WEIGHT 90.0% (MT)	90.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	90.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
L.O.STOR.T.(P)	18 - 24	52.5	47.2	42.5	16.800	16.714	5
L.O.STOR.T.(S)	19 - 24	43.7	39.3	35.4	17.200	16.714	4
L.O.SETT.T.(P)	13 - 18	43.7	39.3	35.4	12.400	16.714	4
L.O.SETT.T.(S)	14 - 19	43.7	39.3	35.4	13.200	16.714	4
L.O.DRAIN T.(P)	24 - 27	3.0	2.7	2.4	20.400	10.060	1
L.O.DRAIN T.(S)	24 - 27	3.0	2.7	2.4	20.400	10.060	1
SUB TOTAL		189.5	170.5	153.5			

MISC. TANKS

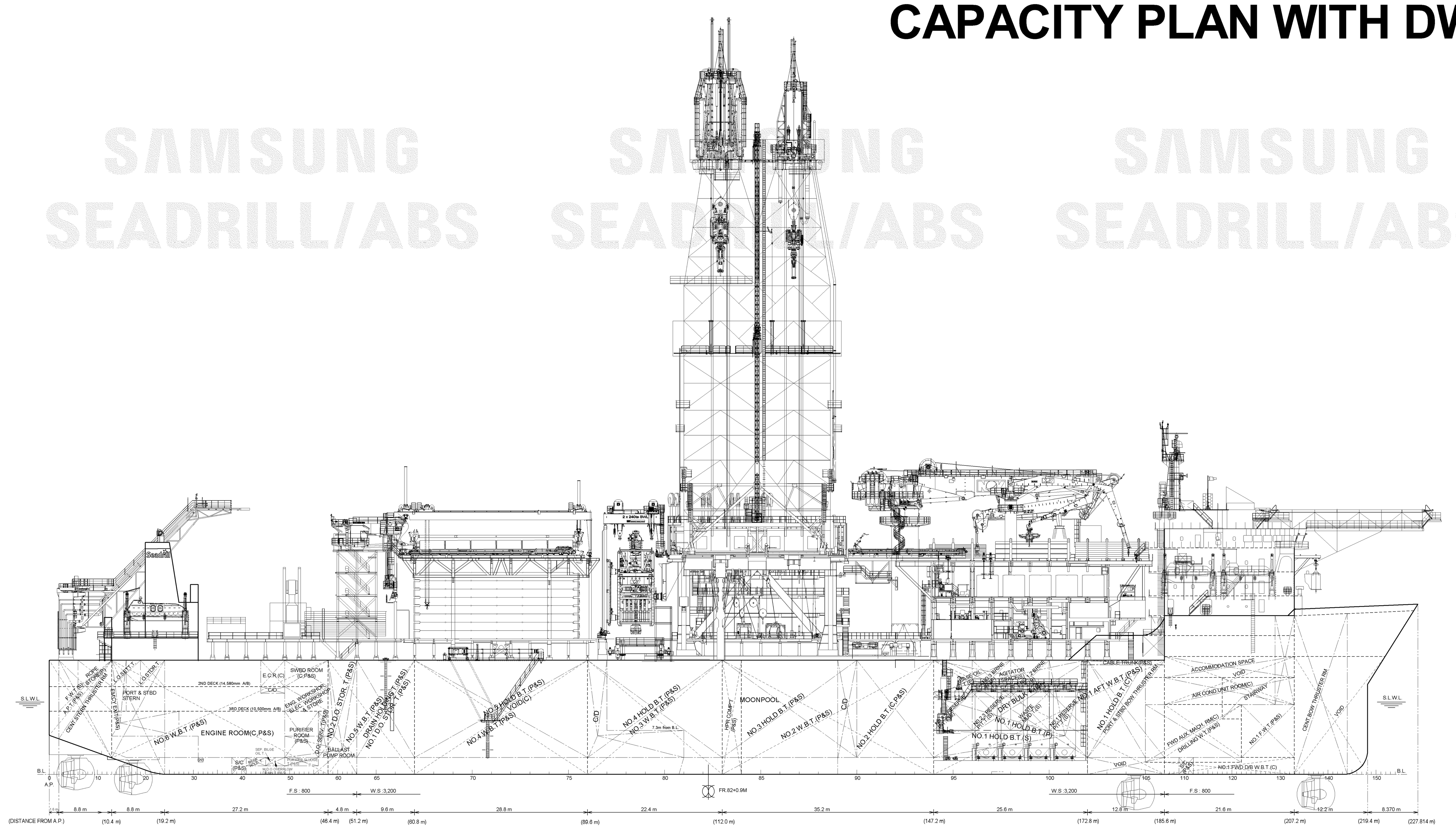
COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	100.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	100.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
FWD BILGE HOLD.T.(P)	105 - 106	37.5	184.039	0.969	64
AFT BILGE HOLD.T.(C)	41 - 45	55.1	34.400	2.100	511
SEP. BILGE OIL T.(S)	45 - 47	10.3	36.800	2.100	13
M.D.O.OVERF. DRAIN T.(P)	45 - 49	20.7	37.600	2.100	27
M.D.O.OVERF. DRAIN T.(S)	45 - 49	20.7	38.133	2.100	83
PURIFIER SLUDGE T.(P)	49 - 56	18.1	42.000	2.100	6
PURIFIER SLUDGE T.(S)	49 - 56	18.1	42.000	2.100	6
DRAIN HOLDING T.(S,FWD)	94 - 95	96.0	148.800	14.583	8
DRAIN HOLDING T.(P,AFT)	64 - 67	986.0	56.000	11.156	191
DRAIN HOLDING T.(S,AFT)	64 - 67	986.0	56.000	11.156	191
SUB TOTAL		2248.4			

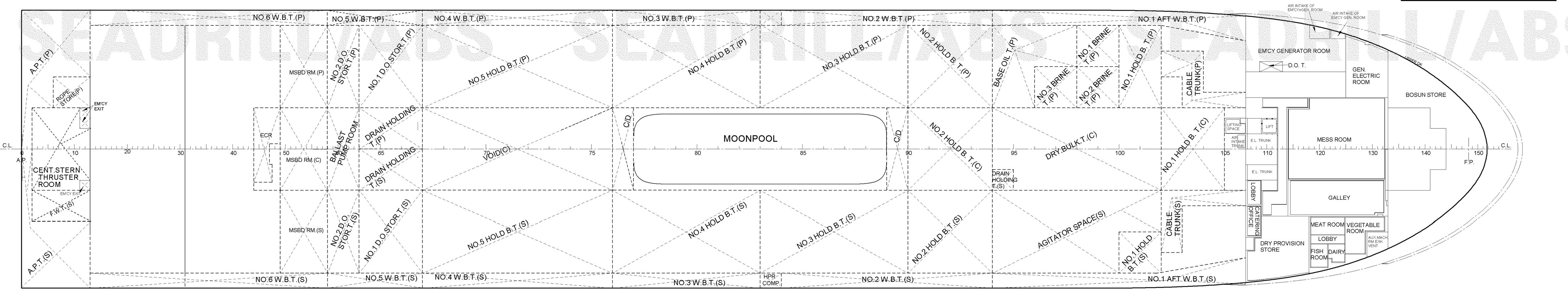
DRILLING TANKS

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	100.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	100.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
DRILLING W.T.(P)	106 - 122	1209.4	191.746	7.237	1850
DRILLING W.T.(S)	106 - 122	1227.1	191.577	7.300	1768
SUB TOTAL		2436.5			

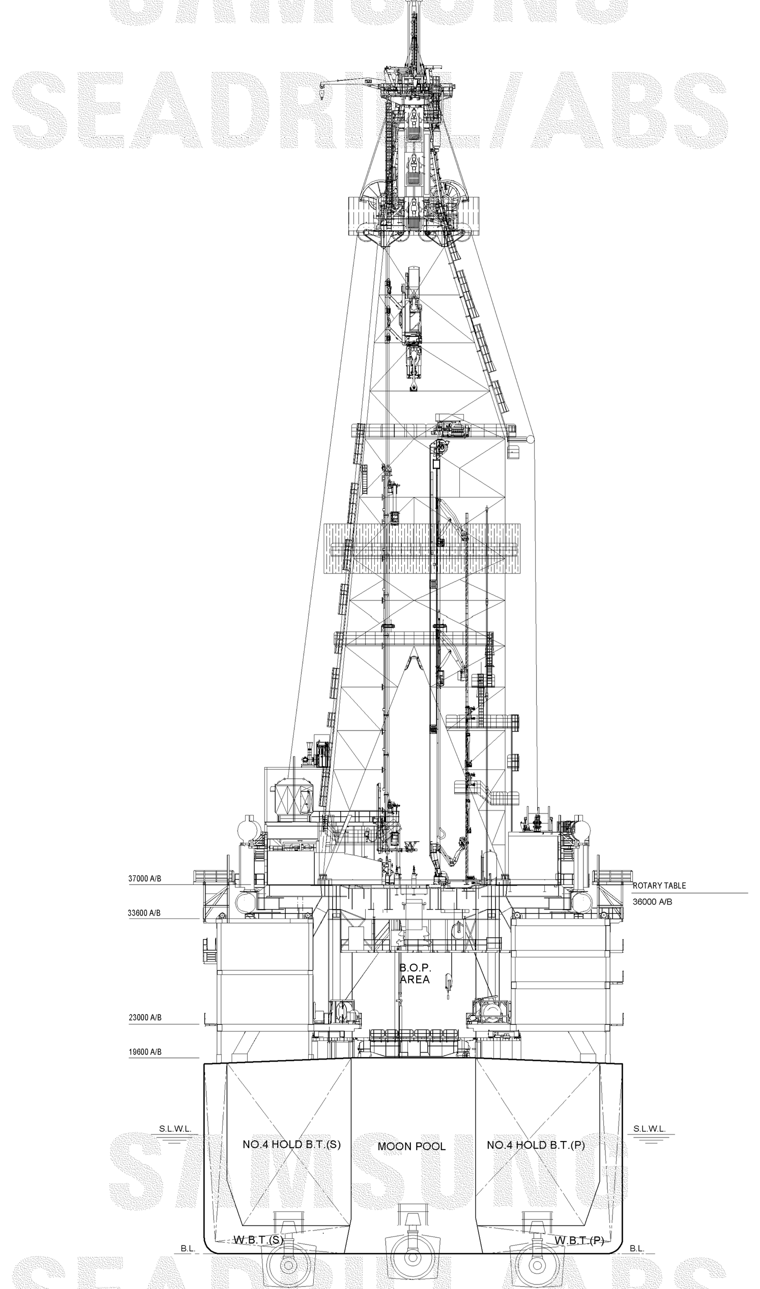
DRILLING TANKS

COMPARTMENT	LOCATION (FR.NO.)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	CAPACITIES VOLUME 100.0% (m3)	100.0% FULL L.C.G FROM A.P(m)	100.0% FULL V.C.G FROM B.L(m)	MAX. MT OF INERTIA (m4)
NO.1 BRINE T.(P)	98 - 100	246.0	246.0	163.200	16.027	128
NO.2 BRINE T.(P)	98 - 100	253.0	253.0	163.200	16.116	128
NO.3 BRINE T.(P)	96 - 98	253.0	253.0	156.800	16.116	128
BASE OIL T.(P)	94 - 98	745.1	745.1	152.513	16.058	1404
WASTE MUD T.(S)	98 - 100	490.7	490.7	163.373	10.475	1006
RESERVE PIT T.1 (S)	100 - 102	241.7	241.7	169.724	10.480	125
RESERVE PIT T.2 (S)	96 - 98	256.7	256.7	157.017	10.458	142
RESERVE PIT T.3 (S)	96 - 98	238.3	238.3	157.027	10.444	116
RESERVE PIT T.4 (S)	94 - 96	266.2	266.2	150.502	10.471	145
RESERVE PIT T.5 (S)	94 - 96	247.5	247.5	150.507	10.455	119
ACTIVE MUD T.(01)	94 - 96	89.2	89.2	149.611	24.519	92
ACTIVE MUD T.(02)	96 - 97	88.6	88.6	154.417	24.520	92
ACTIVE MUD T.(03)	96 - 97	89.4	89.4	154.429	24.520	94
ACTIVE MUD T.(04)	96 - 97	44.3	44.3	154.446	24.513	11
ACTIVE MUD T.(05)	96 - 97	44.3	44.3	154.446	24.513	11
ACTIVE MUD T.(06)	96 - 97	89.4	89.4	154.429	24.520	94
ACTIVE MUD T.(07)	96 - 97	88.6	88.6	154.417	24.520	92
ACTIVE MUD T.(08)	94 - 96	89.2	89.2	149.611	24.519	92
ACTIVE MUD T.(09)	94 - 96	89.5	89.5	149.611	24.519	93
ACTIVE MUD T.(10)	94 - 96	89.1	89.1	149.611	24.519	92
ACTIVE MUD T.(11)	94 - 96	89.1	89.1	149.611	24.519	92
ACTIVE MUD T.(12)	94 - 96	89.5	89.5	149.611	24.519	93
SLUG PIT T.(01)	96 - 96	23.0	23.0	153.201	24.514	6
SLUG PIT T.(02)	96 - 96	23.0	23.0	153.201	24.514	6
CHEMICAL PIT T.(01)	96 - 97	23.0	23.0	155.623	24.516	6
CHEMICAL PIT T.(02)	96 - 97	23.0	23.0	155.623	24.516	6
SAND TRAP TANK	83 - 84	11.3	11.3	113.646	27.742	5
DEGASSER T.	84 - 85	11.9	11.9	116.809	27.706	5
DESANDER T.	85 - 86	11.9	11.9	120.009	27.706	5
DESILTER T.	86 - 87	11.9	11.9	123.209	27.706	5
RETURN T.	87 - 88	11.9	11.9	126.413	27.706	5
TRIP TANK	87 - 87	18.1	18.1	124.682	27.422	1
TRIP TANK	87 - 88	18.1	18.1	127.255	27.415	1
SUB TOTAL		4405.4	4405.4			

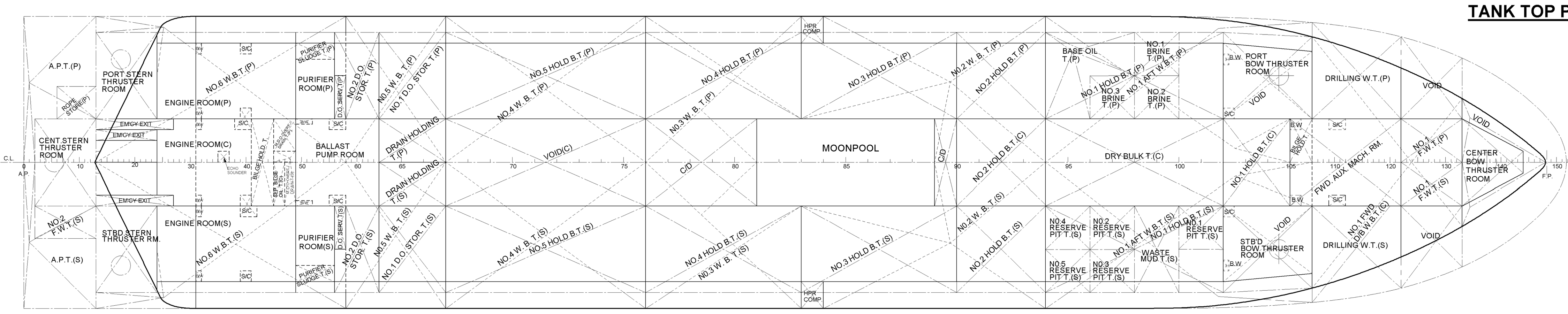




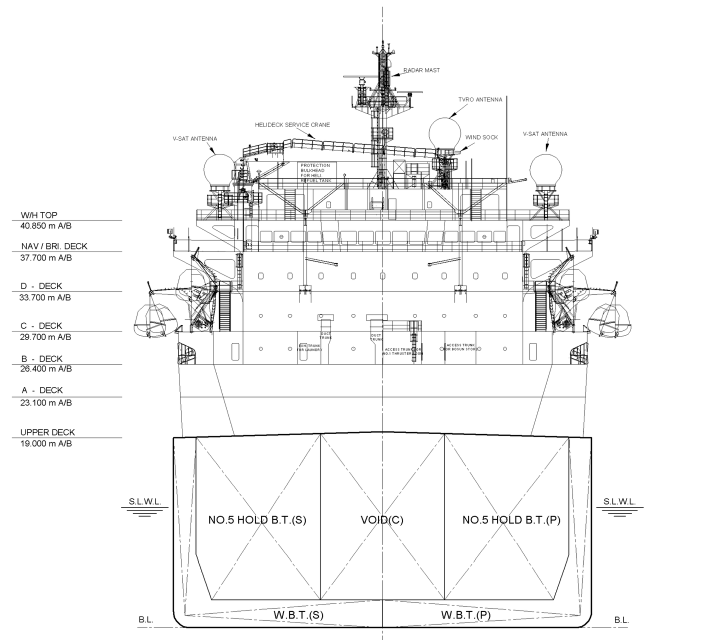
UPPER DECK PLAN



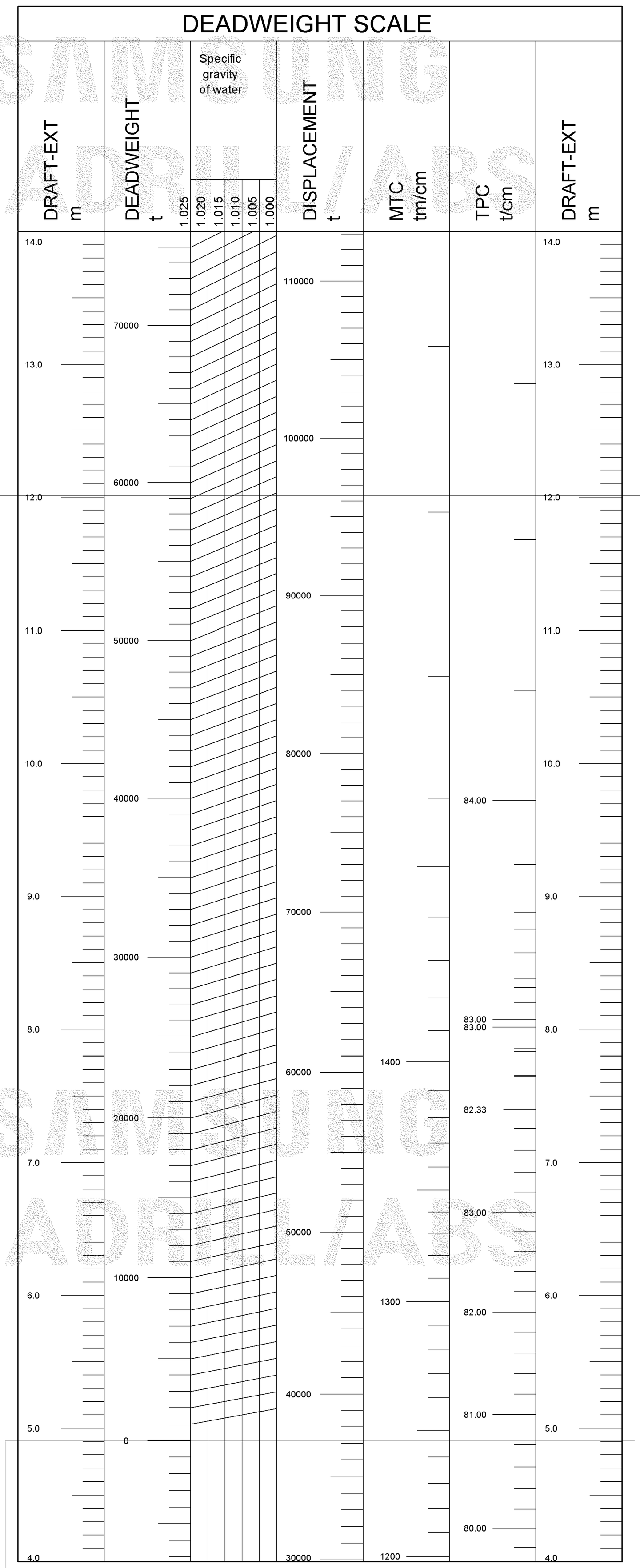
MIDSHIP SECTION
(LOOKING AFT)

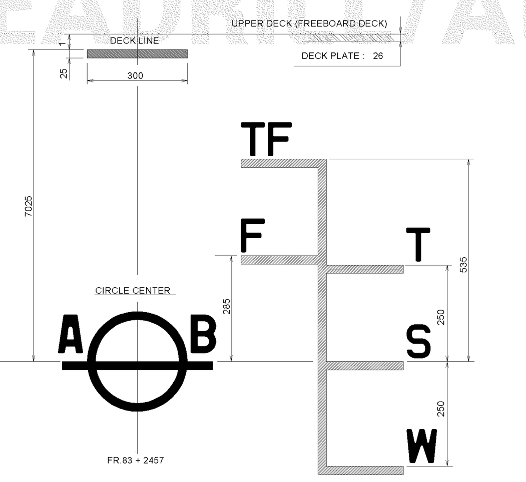


TANK TOP PLAN



TYPICAL SECTION
(LOOKING AFT)





LIGHTSHIP DATA

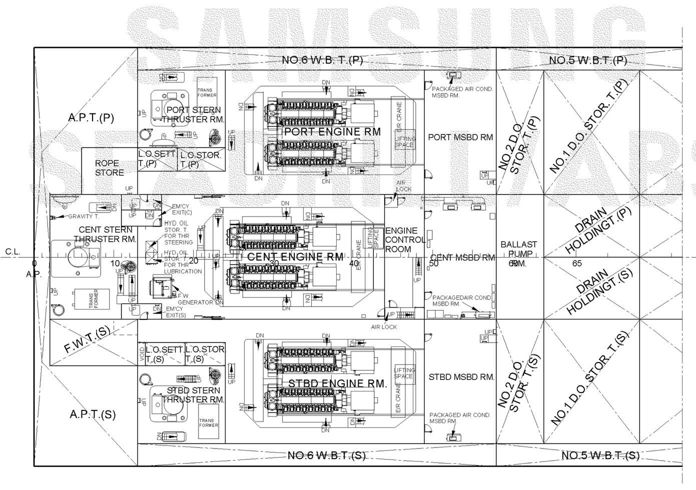
LIGHTWEIGHT : 37168.1 MT
L. C. G. : 114.316 m(from A.P.)
V. C. G. : 0.176 m(from B.L.)

FREEBOARD, DRAUGHT & DEADWEIGHT

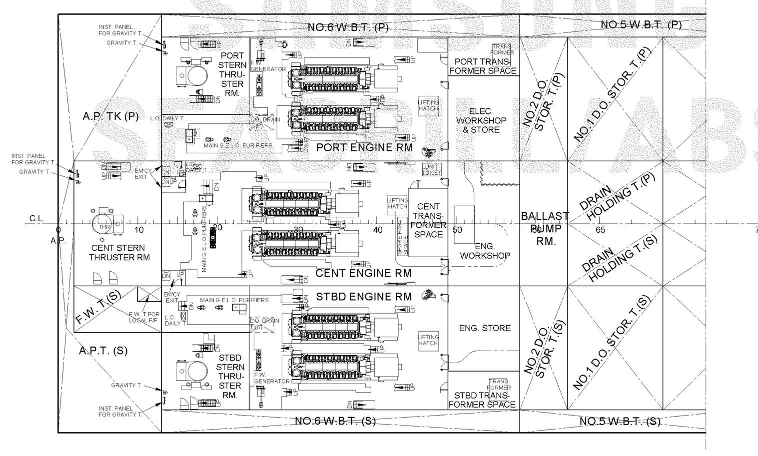
	FREEBOARD (m)	DRAUGHT (EXTREME) (m)	DEADWEIGHT (MT)	DISPLACEMENT (MT)
TROPICAL FRESH WATER	6.490	12.561	61344.0	98512.1
FRESH WATER	6.740	12.311	59281.9	96450.0
TROPICAL	6.775	12.276	61397.4	98565.5
SUMMER	7.025	12.026	59284.9	96453.0
WINTER	7.275	11.776	57173.6	94341.7

PRINCIPAL DIMENSIONS

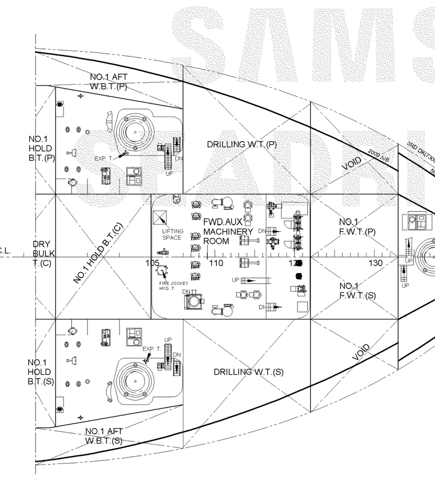
LENGTH O. A.	227.819 m
(EXCLUDING HELI. DECK)	
LENGTH B. P.	219.4 m
BREADTH (MOULDED)	42.0 m
DEPTH (MOULDED)	19.0 m
SCANTLING DRAUGHT (MOULDED)	13.0 m
OPERATING DRAUGHT (MOULDED)	12.0 m
TRANSIT DRAUGHT (MOULDED)	8.5 m



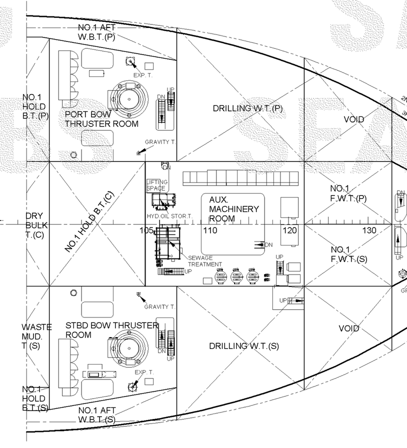
2nd DECK PLAN



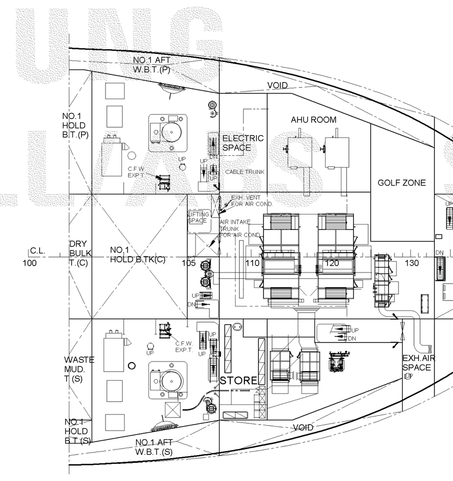
3rd DECK PLAN



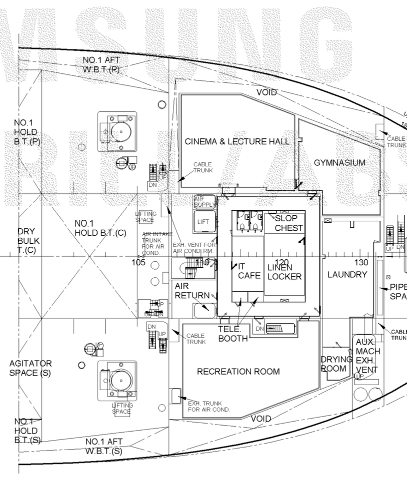
FLOOR



3rd DECK



2nd DECK



1st DECK

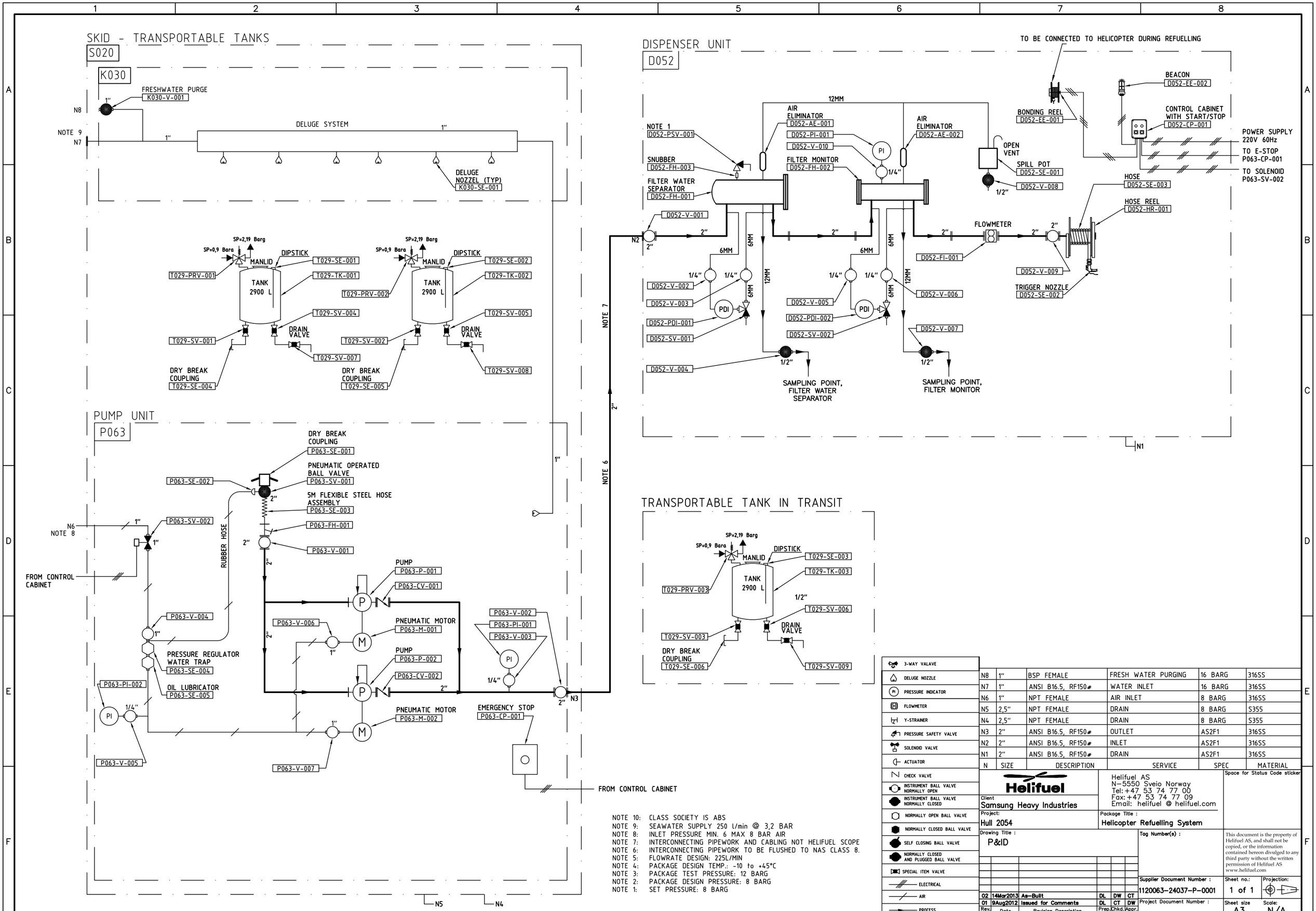
2054	9657428
Hull No.	IMO No.

Registration; PANAMA

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

Department ; General Design
Ship Type ; Drillship
Class.; ABS
Hull No.; 2054
Ship name ; WEST SATURN
Approved by ; Y. H. Kim
Checked by ; J. M. Lee
Prepared by ; J. H. Kim (T.03305)
Document Title ; CAPACITY PLAN WITH DWT SCALE
Buyer's Document No.;
Builder's Document No.; PF30210
Rev. No.; -
SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.
GEOJE SHIPYARD, KOREA
Scale; 1/400
Unit; mm
Consolidated No.; GY- 06
SIZE : 841 X 1500

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



N	SIZE	DESCRIPTION	SERVICE	SPEC	MATERIAL
N8	1"	BSP FEMALE	FRESH WATER PURGING	16 BARG	316SS
N7	1"	ANSI B16.5, RF150#	WATER INLET	16 BARG	316SS
N6	1"	NPT FEMALE	AIR INLET	8 BARG	316SS
N5	2,5"	NPT FEMALE	DRAIN	8 BARG	S355
N4	2,5"	NPT FEMALE	DRAIN	8 BARG	S355
N3	2"	ANSI B16.5, RF150#	OUTLET	AS2F1	316SS
N2	2"	ANSI B16.5, RF150#	INLET	AS2F1	316SS
N1	2"	ANSI B16.5, RF150#	DRAIN	AS2F1	316SS

NOTE 10: CLASS SOCIETY IS ABS
NOTE 9: SEAWATER SUPPLY 250 L/min @ 3,2 BAR
NOTE 8: INLET PRESSURE MIN. 6 MAX 8 BAR AIR
NOTE 7: INTERCONNECTING PIPEWORK AND CABLING NOT HELIFUEL SCOPE
NOTE 6: INTERCONNECTING PIPEWORK TO BE FLUSHED TO NAS CLASS 8.
NOTE 5: FLOWRATE DESIGN: 225L/MIN
NOTE 4: PACKAGE DESIGN TEMP.: -10 to +45°C
NOTE 3: PACKAGE TEST PRESSURE: 12 BARG
NOTE 2: PACKAGE DESIGN PRESSURE: 8 BARG
NOTE 1: SET PRESSURE: 8 BARG

S/N	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION
01	7111-RBBAA-01	LEGEND SHEET 1 OF 2
02	7111-RBBAA-02	LEGEND SHEET 2 OF 2
03	7111-RBBAA-03	BULK POWDER SYSTEM, BARITE/BENTONITE
04	7111-RBBAA-04	BULK POWDER SYSTEM, CEMENT
05	7111-RBBAA-05	LP ACTIVE MUD SYSTEM 1 OF 3
06	7111-RBBAA-06	LP ACTIVE MUD SYSTEM 2 OF 3
07	7111-RBBAA-07	LP ACTIVE MUD SYSTEM 3 OF 3
08	7111-RBBAA-08	LP RESERVE & MUD PITS & TRANSFER PUMPS (TOPSIDE & HULL)
09	7111-RBBAA-09	LP MIX/TRANSFER PUMPS & MUD HOPPERS
10	7111-RBBAA-10	HP MUD PUMPS & CHARGE PUMPS
11	7111-RBBAA-11	SOLIDS CONTROL MUD PROCESS
12	7111-RBBAA-12	CHOKE & KILL SYSTEM
13	7111-RBBAA-13	HP CEMENT
14	7111-RBBAA-14	MUD TREATMENT/RETURNS
15	7111-RBBAA-15	DIESEL OIL DISTRIBUTION SYSTEM
16	7111-RBBAA-16	DRILL WATER DISTRIBUTION SYSTEM
17	7111-RBBAA-17	SEA WATER SYSTEM
18	7111-RBBAA-18	POTABLE WATER SYSTEM
19	7111-RBBAA-19	COMPRESSED AIR RECEIVERS
20	7111-RBBAA-20	COMPRESSED AIR SYSTEM RIG AIR DISTRIBUTION
21	7111-RBBAA-21	INSTRUMENT AIR
22	7111-RBBAA-22	DRILL FLOOR RIG AIR
23	7111-RBBAA-23	HYDRAULIC DISTRIBUTION SYSTEM – DERRICK
24	7111-RBBAA-24	HYDRAULIC DISTRIBUTION SYSTEM – DRILL FLOOR/MOON POOL 1 OF 2
25	7111-RBBAA-25	HYDRAULIC DISTRIBUTION SYSTEM – DRILL FLOOR/MOON POOL 2 OF 2
26	7111-RBBAA-26	DRAINAGE SYSTEM, HAZARDOUS
27	7111-RBBAA-27	DRAINAGE SYSTEM, NON-HAZARDOUS
28	7111-RBBAA-28	EXTENDED WELL TEST SYSTEM (INTERFACE)
29	7111-RBBAA-29	B.O.P CONTROL SYSTEM
30	7111-RBBAA-30	FRESH WATER COOLING SYSTEM
31	7111-RBBAA-31	OXY/ACETYLENE SYSTEM
32	7111-RBBAA-32	HP WASHDOWN DISTRIBUTION SYSTEM
33	7111-RBBAA-33	CO2 EXTINGUISHING SYSTEM
34	7111-RBBAA-34	FIRE WATER & FOAM DISTRIBUTION SYSTEM
35	7111-RBBAA-35	RISER TENSION & DRILL STRING COMPENSATOR SYSTEM SHEET 1 OF 2
36	7111-RBBAA-36	RISER TENSION & DRILL STRING COMPENSATOR SYSTEM SHEET 2 OF 2
37	7111-RBBAA-37	TANK WASHING SYSTEM
38	7111-RBBAA-38	CASCADE BREATHING AIR
39	7111-RBBAA-39	INTERFACE DRG BETWEEN TOPSIDE AND HULL/DERRICK

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM INDEX

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.

SERVICE NO.

DRAWING NO. 7111-RBBAA-00

SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

박제현 / 프로세스설계팀(프로세스2) / 2014-07-21 08:55:4

GENERAL ABBREVIATION

AB	AIR BOTTLE
ACC	ACCESSIBLE
A/M	AUTO / MANUAL
CV	CONTROL VALVE
DP/DT	DESIGN PRESSURE / TEMPERATURE
DV	DELUGE VALVE
EL	ELEVATION
ER	ELECTRICAL RESISTANCE
ES	EMERGENCY STOP
ESD	EMERGENCY SHUT-DOWN
F	FEMALE
FA	FLAME ARRESTOR
FB	FULL BORE
FF	FLAT FACE
F&G	FIRE AND GAS SYSTEM
FGP	FIRE AND GAS PANEL
FL	FAIL IN LAST POSITION
FO	FAIL OPEN
FC	FAIL CLOSED
HC	HAND CONTROL
HH	HAND HOLE
HR	HOSE REEL
HS	HAND SWITCH
HCV	AIR ACTUATED VALVE HAND OVERRIDE
HV	AIR / HYDRAULIC ACTUATED VALVE
HVAC	HEATING, VENTING AND AIR CONDITIONING
HUC	HOOK UP CONNECTION
MCS	MUD CONTROL SYSTEM
MW	MANWAY
MOV	MOTOR OPERATED VALVE
NC	NORMALLY CLOSED
NO	NORMALLY OPEN
NNF	NORMALLY NO FLOW
RB	REDUCED BORE
RF	RAISED FACE
RP	RODDING POINT
RS	REMOVABLE SPOOL
RTJ	RING TYPE JOINT
SC	SAMPLE CONNECTION
SG	SIGHT GLASS
SP	SET PRESSURE
SS	SAFETY SHOWERS
TP	TIE-IN POINT (TOP/DERRICK)
TH	TIE-IN POINT (TOP/HULL)
TS	TEMPORARY STRAINER
TSO	TIGHT SHUT OFF
T/T	TANGENT TO TANGENT
U/S	UTILITY (HOSE) STATION
VB	VACUUM BREAKER
WE	WEIGHT ELEMENT (LOAD CELL)
WI	WEIGHT INDICATION

SERVICE CODE AND SYSTEM IDENTIFICATION

SERVICE CODE	SERVICE DESCRIPTION
AB	CASCADE BREATHING AIR
AH	ACETYLENE PIPING
AI	INSTRUMENT AIR
AU	UTILITY AIR
AT	HIGH PRESSURE AIR
BB	BULK BARITE/BENTONITE POWDER
BK	LOW PRESSURE BULK AIR
BP	BULK CEMENT POWDER
BR	BRINE
CO	CARGO OIL
CM	HIGH PRESSURE CEMENT
CL	LOW PRESSURE CEMENT
DH	HAZARDOUS DRAIN
DN	NON-HAZARDOUS DRAIN
FC	CO2 SYSTEM
FD	FIRE AND DECK WASHING
FM	FOAM SYSTEM
GE	EXHAUST
GH	HIGH PRESSURE SEPARATED GAS
GL	LOW PRESSURE SEPARATED GAS
GP	PROPANE GAS
MH	HIGH PRESSURE MUD
ML	LOW PRESSURE MUD
NI	NITROGEN
OB	BASE OIL
OC	CRUDE OIL
OD	DIESEL OIL
OH	HYDRAULIC OIL (DRILLING SYSTEMS)
OX	OXYGEN
PO	HIGH PRESSURE SEPARATED OIL (WELL TEST SYSTEM)
PW	PRODUCED WATER
PT	PRODUCTION WELL TEST LINE, CHOKE & KILL LINE
TW	TANK WASHING WATER
VA	ATMOSPHERIC VENT
WT	FRESHWATER COOLING/COLD WATER
WD	DRILLWATER
WF	FIREWATER
WL	HP LUBRICATED WATER
WH	HOT WATER
WP	POTABLE WATER
WS	SEAWATER
WW	HIGH PRESSURE WASHDOWN WATER
ZX	LIQUID ADDITIVES

LINE IDENTIFICATION

MM NNN (000) – DDPP – YY – Z

- Z: INSULATION (NUMBER)
- YY: INSULATION (DIGITAL)
- DDPP: PIPING MATERIAL CLASS
- (000): PIPE DIAMETER
- NNN: LINE NUMBER
- MM: FLUID/SERVICE

PIPING CLASS

CLASS	RATING	SERVICE
AC01	150 Class	CL,DH,DN,ML,VA,ZX,MH
AC02	150 Class	BB,BP
AC03	150 Class	AH,OB,OD,OX
AC04	150 Class	GL
AG01	150 Class	FC,FM,PW,WF,WS
AG02	150 Class	AU,BK,WD,WT,WP,TW
AG03	150 Class	BR
AS01	150 Class	AI, ZX
DS01	600 Class/SAE 50	DN,OH,VA,WL
EC01	900 Class	GL,PO,GH,VA,WS
FS01	1500 Class/3000 PSI	OH,VA,WL,DN
FS02	1500 Class/3000 PSI	AT,WW
GS01	2500 Class/5000 PSI	WL,OH,AB
KX01	7500PSI	MH
KX02	7500PSI	MH
LX01	15000PSI	MH,OC,PT
LX02	15000PSI	CM
MS01	30000PSI	WL

INSULATION CLASS

0	NO INSULATION	NI
1	HEAT CONSERVATION	HC
2	COLD MEDIUM CONSERVATION	CC
3	PERSONNEL PROTECTION	PP
4	FROST PROOFING	FP
5	FIRE PROOFING (INSULATION)	FI
6	ACOUSTIC INSULATION	AI
7	EXTERNAL COND. & ICING PRO.	EP

PIPING LINE SYMBOL

- PIPING LINES
- PACKAGE/BOUNDARY LINE
- AREA BOUNDARY
- AC01 AS01 — CHANGE IN PIPING CLASS
- PIPING INSTRUMENT — CHANGE IN RESPONSIBILITY
- FLOW DIRECTION
- INDICATION OF SLOP
- END CAP
- CAP THREADED
- SPOOL PIECE
- FLANGE CONNECTED
- BLIND FLANGE
- SCREWED UNION

PIPING LINE SYMBOL

- HAMMER CONNECTOR W/BLIND
- HAMMER TYPE JOINT
- HUB CONNECTOR
- CONCENTRIC REDUCER
- ECCENTRIC REDUCER
- CONCENTRIC EXPANDER
- ECCENTRIC EXPANDER
- SPECTACLE BLIND (OPEN)
- SPECTACLE BLIND (CLOSED)
- RING SPACER
- SPACE BLIND
- LC — LOCKED CLOSE
- LO — LOCKED OPEN
- FC — FAIL CLOSE
- FO — FAIL OPEN
- FL — FAIL LOCK
- NC — NOMALLY CLOSE
- NO — NOMALLY OPEN
- HOSE CONNECTION (FEMALE)
- VICTAULIC TYPE COUPLING
- NON-METALIC FLEXIBLE HOSE (FLANGED)
- NON-METALIC FLEXIBLE HOSE WITH COUPLING
- LIQUID SEAL
- Y PIECE
- DELTA

GENERAL SYMBOL

- MW — MANWAY
- SG — SIGHT GLASS
- STRAINER OR FILTER
- TS — TEMPORARY STRAINER
- PULSATION DAMPER
- Y-TYPE STRAINER
- STRAINER BUSKET TYPE
- IN LINE FILTER
- CHIKSAN CONNECTION
- FA — FLAME ARRESTOR
- OPEN VENT
- TH XXX — TIE-IN POINT (TH: TOP/HULL, TP: TOP/DERRICK)
- IF XXX — DERRICK INTERFACE

GENERAL SYMBOL

- TUNDISH
- BIRD SCREEN
- FLOW STRAIGHTENER
- SILENCER
- SI XXX — SPECIAL PIPING ITEM BOX
- RUPTURE DISK
- DELUGE
- CO2 DELUGE
- INSPECTION HOLE
- BELLOWS
- METALIC FLEXIBLE HOSE
- AUTOMATIC DRAIN
- MUD BOX
- ROSE BOX
- PLUG
- US#14 — UTILITY STATION
- FS#14 — FIRE HORE STATION
- LINE NUMBER /INT TAG NUMBER / DRAWING NUMBER — CONTINUATION DRAWING NO.
- LINE NUMBER /INT TAG NUMBER / DRAWING NUMBER — TWO WAY REFERENCE
- OVERBOARD

EQUIPMENT SYMBOL

- BLOWER
- CENTRIFUGAL PUMP
- ROTARY PUMP
- MONO PUMP
- CENTRIFUGE
- ATMOSPHERIC TANK
- OPEN TANK
- PRESSURE VESSEL (VERTICAL)

EQUIPMENT SYMBOL

- AGITATOR
- HOPPER
- CONVEYOR
- MUD GUN
- HP SHARE UNIT
- TANK WASHING MACHINE
- FOAM TANK & FOAM STATION

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM LEGEND SHEET 1 OF 2

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO. / SERVICE NO. / DRAWING NO. 7111-RBBAA-01 / SHT NO. 1/1 / REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SAMSUNG SEADRILL/ABS SAMSUNG SEADRILL/ABS

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

MANUAL OPERATED VALVE NUMBERING

XX XXX

SEQUENCE NUMBER

LAST TWO NUMBERS OF DRAWING NUMBER

VALVE SYMBOL

- GATE
- WITH BLIND
- FLANGED END x BUTT WELD END
- WITH PLUG
- FIRE HYDRANT
- KNIFE GATE
- PARALLEL SLIDE GATE
- GLOBE
- FULL BORE BALL
- REDUCED BORE BALL
- PLUG
- CHECK
- BUTTERFLY
- DIAPHRAGM
- NEEDLE
- ANGLE CHOKE
- ANGLE
- THREE WAY
- QUICK CLOSING
- RELIEF
- FIRE VALVE (FUSEABLE LINK)
- FLOAT VALVE
- RUPTURE DISK

INSTRUMENTATION TAG NUMBERING

NXNN – XX – NNNN

- SEQUENTIAL UNIT NUMBER (P&ID SHEET NUMBER + SERIAL NUMBER)
- INSTRUMENT
- MAIN FUNCTION CODE

INSTRUMENTATION ABBREVIATIONS

PI	PRESSURE INDICATION
PIA	PRESSURE ALARM
PIT	PRESSURE INDICATION TRANSMITTER
PT	PRESSURE TRANSMITTER
PDT	PRESSURE DIFFERENTIAL TRANSMITTER
PSH	PRESSURE SWITCH HIGH
PSV	PRESSURE SAFETY VALVE
PCV	PRESSURE CONTROL VALVE
PY	PRESSURE RELAY
LSL	LEVEL SWITCH LOW
LSH	LEVEL SWITCH HIGH
LAL	LEVEL ALARM LOW
LAH	LEVEL ALARM HIGH
LT	LEVEL TRANSMITTER
LI	LEVEL INDICATION
LQ	TOTALISER
FI	FLOW INDICATION
FT	FLOW TRANSMITTER
HT	DEW POINT ANALYSER
DI	DENSITY INDICATOR
DT	DENSITY TRANSMITTER
TI	TEMPERATURE INDICATOR
TT	TEMPERATURE TRANSMITTER
SE	STROKE COUNTER
XV	ACTUATED VALVE

INSTRUMENT LINE SYMBOL

- ELECTRICAL SIGNAL
- PNEUMATIC LINE
- HYDRAULIC LINE

INSTRUMENT SYMBOLS

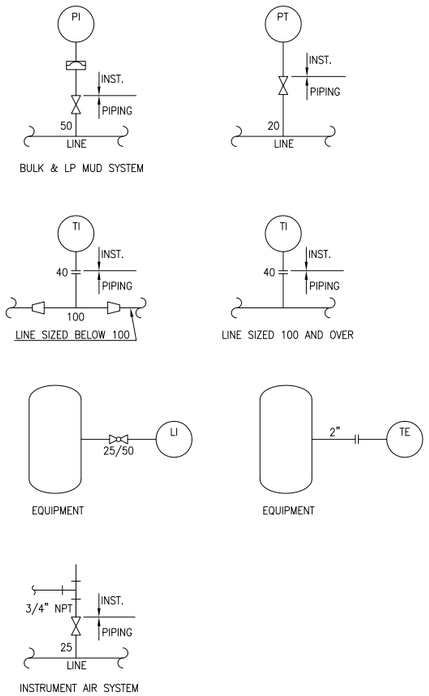
- FE — FLOW ELEMENT (VENTURI OR NOZZLE)
- FE — FLOW ELEMENT (ORIFICE PLATE)
- FE — FLOW ELEMENT (TURBINE OR PROPELLER)
- FO — RESTRICTION ORIFICE
- FI — ROTAMETER
- LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENT
- LOCALLY MOUNTED INSTRUMENT
- XX — PANEL MOUNTED INSTRUMENT "XX" DENOTED NAME OF PANEL
- PILOT LIGHT
- XXX — OPERATED/MONITORED BY XXX
  IACS: INTEGRATED ALARM AND CONTROL SYSTEM
  DWS: DRILLER'S WORK STATION
  ESD: EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM
- I — LOGIC INTERLOCK
- ESD — EMERGENCY SHUTDOWN
- DIAPHRAGM (CHEMICAL SEAL) FOR PRESSURE INSTRUMENT
- TARGET TYPE SENSOR

INSTRUMENT SYMBOLS FOR ACTUATOR

- SELF ACTUATED PRESSURE REGULATOR
- DIAPHRAGM OPERATED (WITH HAND WHEEL)
- PISTON ACTUATED PLUG
- PISTON ACTUATED BUTTERFLY
- PISTON ACTUATED BALL
- M — MOTOR OPERATED
- S, R — SOLENOID ACTUATED (WITH MANUAL RESET)
- PISTON OPERATED KNIFE VALVE

INSTRUMENT TAPPING DETAIL

INSTRUMENT TAPPING DETAILS AND SCOPE OF SUPPLY



1. LINE SIZE 6" AND BELOW : 3/4"
2. LINE SIZE 8" AND ABOVE : 1"
3. BRANCH CONNECTION TO BE INSTALLED AS PER PIPING CLASS.

MOTOR ABBREVIATIONS

HSL	START – CMD
HSL	STOP – CMD
XLH	RUNNING
XL	LOCAL/REMOTE
XLL	TRIPPED

VALVE ABBREVIATIONS

DYA	DELUGE VALVE OPEN SOL VALVE
DYB	DELUGE VALVE CLOSE SOL VALVE
HSA	VALVE OPEN – CMD
HSB	VALVE CLOSE – CMD
HV	VALVE SOL VALVE
HYA	VALVE OPEN SOL VALVE
HYB	VALVE CLOSE SOL VALVE
XYH	VALVE OPEN SOL VALVE
XYL	VALVE CLOSE SOL VALVE
ZIH	VALVE OPENED INDICATION
ZIL	VALVE CLOSEED INDICATION
ZLH	VALVE OPENED STATUS
ZLL	VALVE CLOSEED STATUS
ZSH	VALVE LIMIT SWITCH OPENED
ZSL	VALVE LIMIT SWITCH OPENED

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS–BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LEGEND SHEET 2 OF 2

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

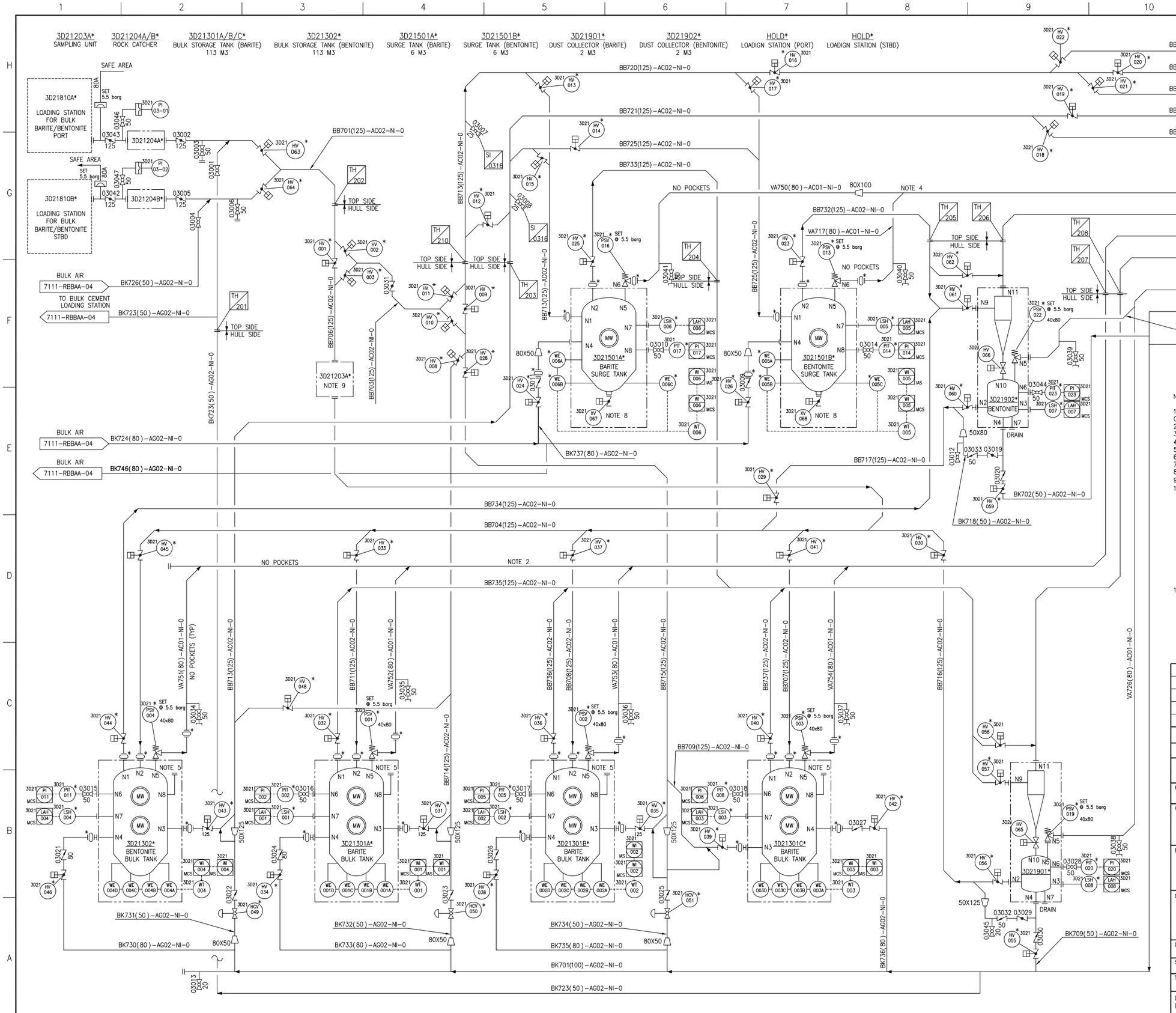
SFI NO.

SERVICE NO.

DRAWING NO. 7111–RBBAA–02

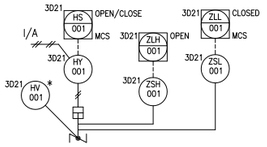
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

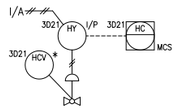


NOTE

1. TEMPORARILY HOOK UP PIPE INSERTION PIECE FOR THE PURPOSE OF EMERGENCY CROSS CONNECTION. NO PERMANENT CONNECTION SHALL BE INSTALLED.
2. ALL ITEMS MARKED * SUPPLIED BY NOV.
3. ALL BENDS TO BE MINIMUM 5D ON ALL PRODUCT LINES.
4. LINE JOINT OF 2" AND ABOVE TO BE PROVIDED WITH VICTAULIC COUPLING.
5. MANUAL SOUNDING.
6. FRAME 93 STBD FWD.
7. FRAME 97 PORT FWD.
8. TO MUD MIXING HOPPER. REFER TO 7111-RBBAA-09.
9. 3/8" TUBING TO SAMPLE UNIT. REFER TO P&ID 7111-RBBAA-21.
10. REMOTELY OPERATED VALVE FOR BULK MATERIAL (3D21-HV101 SHOWN TYPICALLY)



11. REMOTELY OPERATED VALVE FOR AIR PURGE WITH POSITION CONTROL.



7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

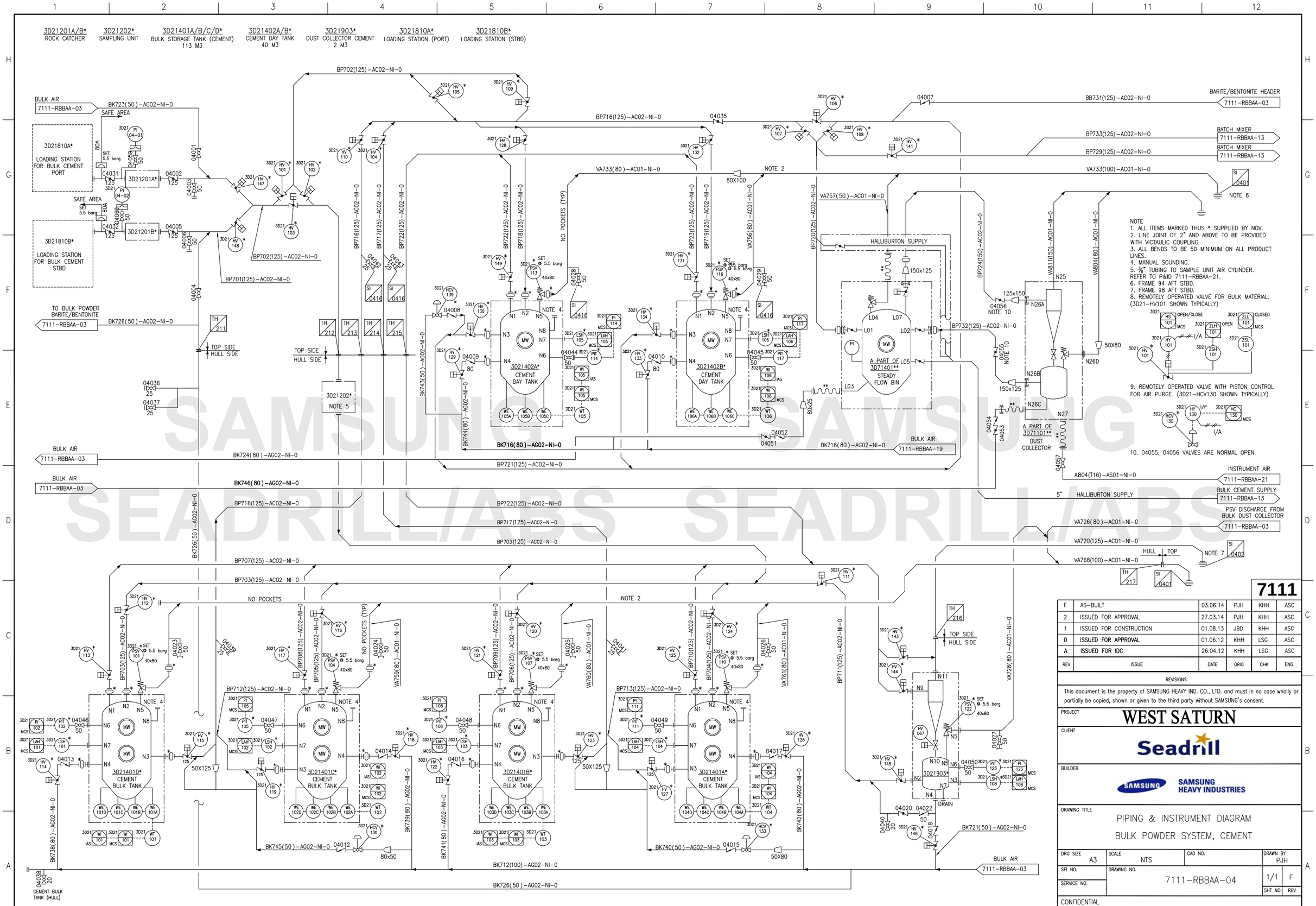
BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
BULK POWDER SYSTEM, BARITE/BENTNONITE

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-03
SHT NO. 1/1 REV F

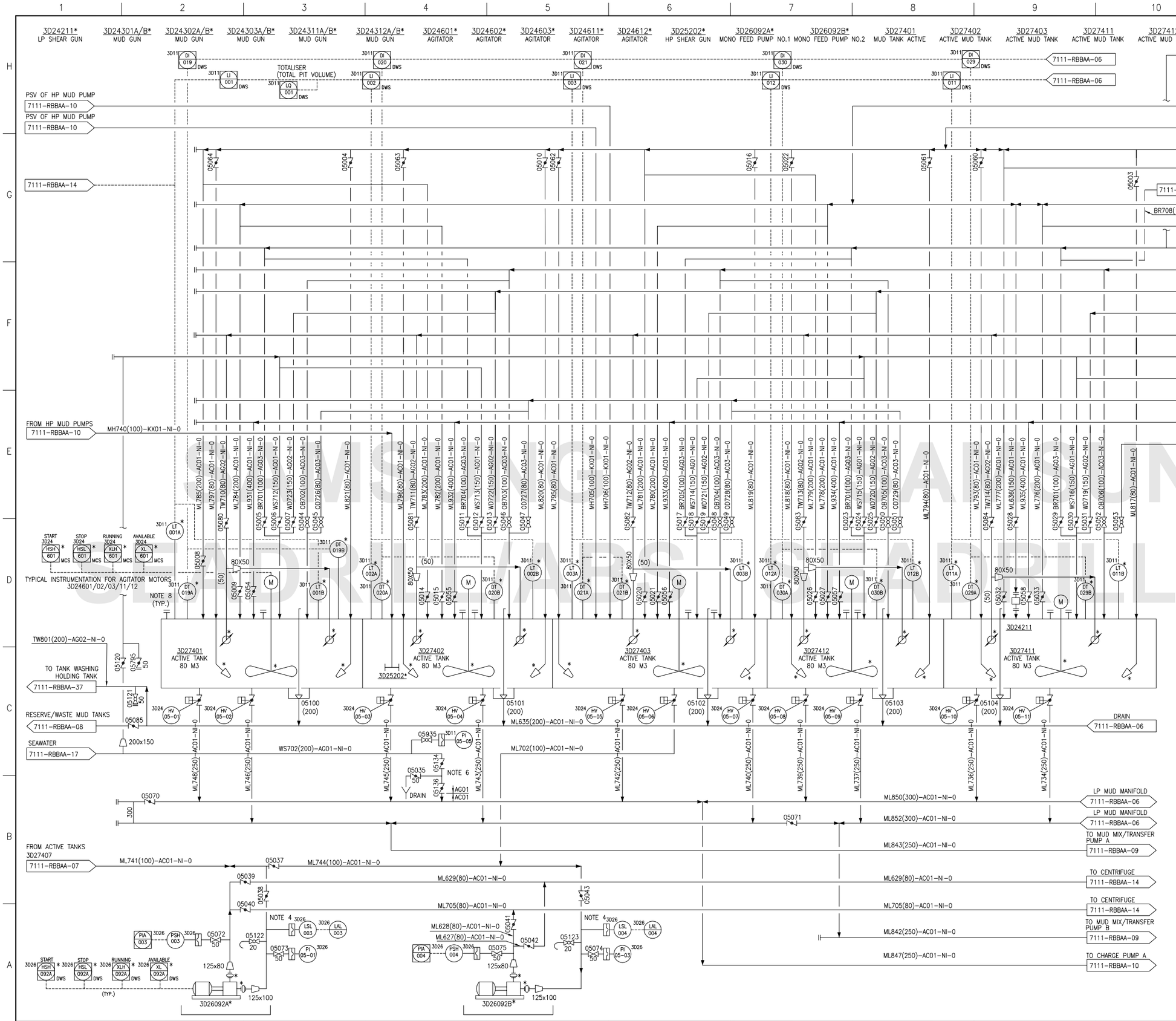
CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



SAMSUNG SAMSUNG SEADRILL/ABS SEADRILL/ABS

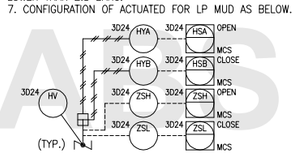
CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

박제현 / 프로세스설계팀(프로세스2) / 2014-07-21 08:55:4



NOTE

1. ALL ITEMS MARKED THUS * SUPPLIED BY NOV.
2. ALL PITS EQUIPPED WITH ACCESS HATCHES.
3. POSITION OF EQUILIZING VALVES BETWEEN TANKS TO BE SHOWN ON P&ID 7111-RBBAA-06.
4. MOUNTED ON HORIZONTAL PIPE WITH 1" BSPP.
5. THE PIPING FOR BRINE SYSTEM SHOULD HAVE SCHEDULE 80.
6. VALVE 05136 SHOULD BE OPENED WHEN PI-05-05 PRESSURE IS LOWER THAN 2.8 BARG.
7. CONFIGURATION OF ACTUATED FOR LP MUD AS BELOW.



8. TWO 3-INCH SPARE NOZZLES PER TANK FOR THE INSTRUMENTS CONNECTION

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	27.11.13	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LP ACTIVE MUD SYSTEM 1 OF 3

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

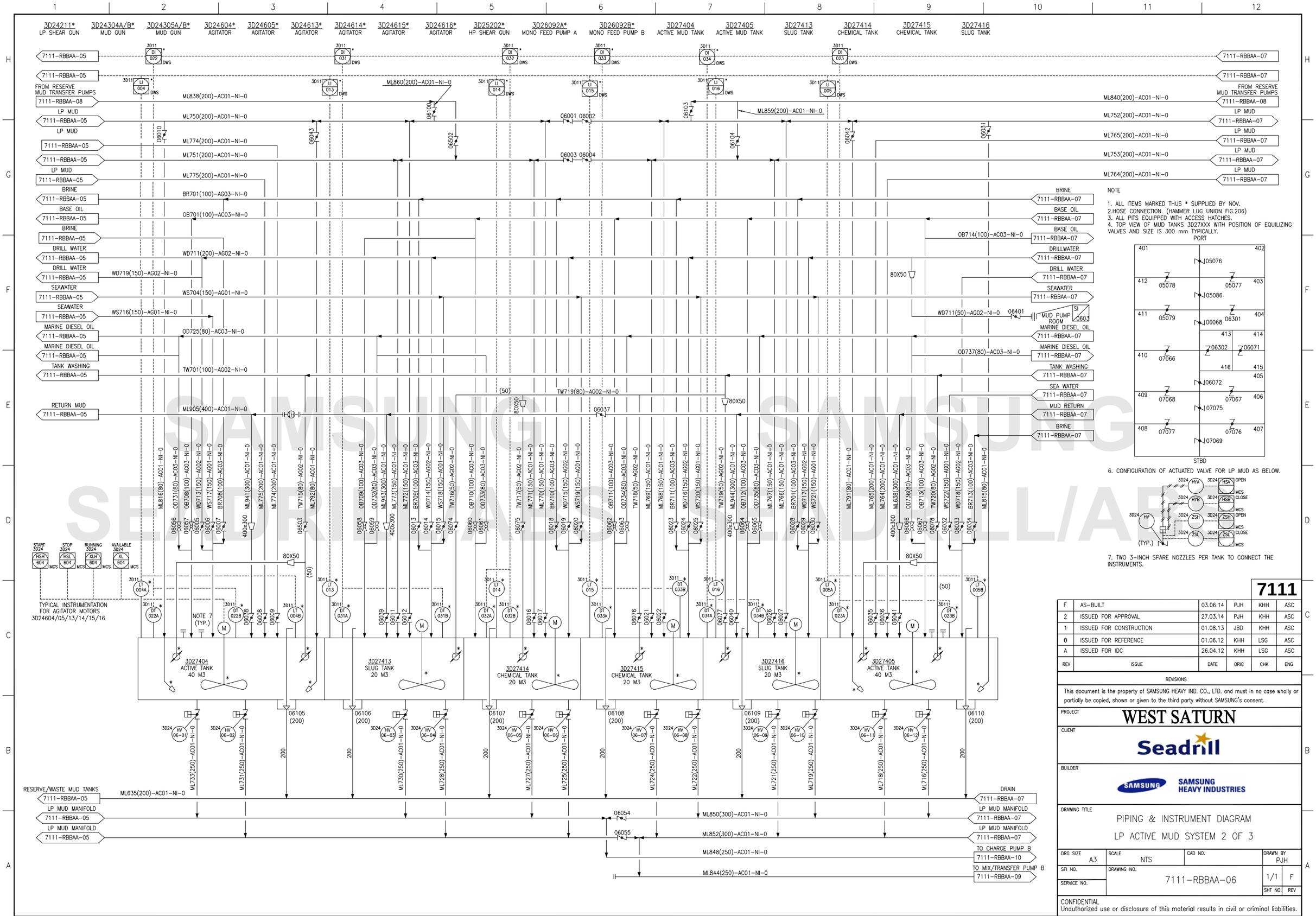
SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-05
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SEADRILL/ABS SEADRILL/ABS

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

박제현 / 프로세스설계팀(프로세스2) / 2014-07-21 08:55:4



7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

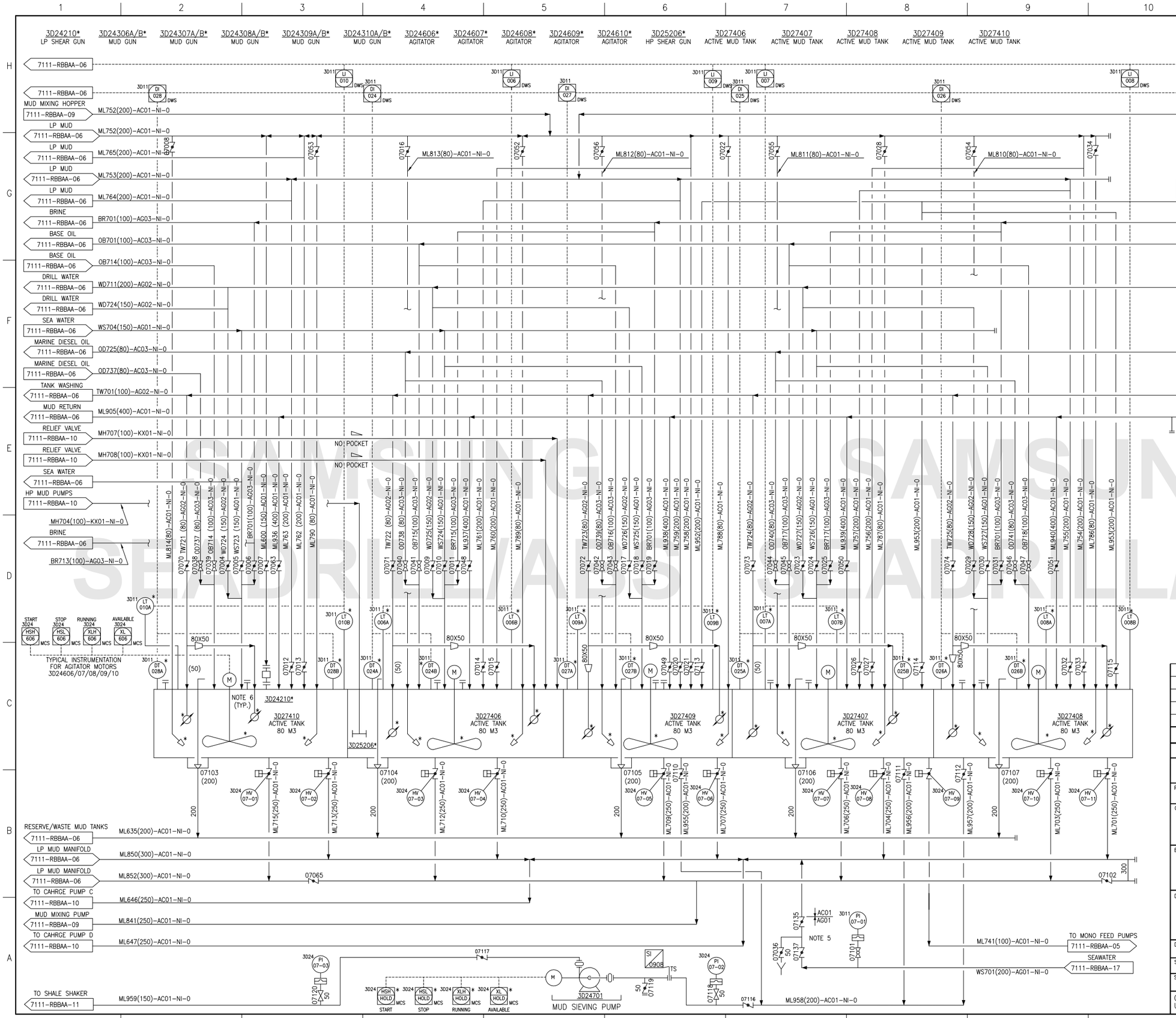
DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LP ACTIVE MUD SYSTEM 2 OF 3

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-06
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTE

1. ALL ITEMS MARKED THUS * SUPPLIED BY NOV.
2. HAMMER LUG FIG 206 MALE NUT WITH BLIND. HOSE CONNECTION TO BE LOCATED CENTRALLY AT PITS FOR DISTRIBUTING BACK TO ANY PIT THROUGH A SLIGHTLY OPENED HATCH.
3. ALL PITS EQUIPPED WITH ACCESS HATCHES.
4. POSITION OF EQUALIZING VALVES BETWEEN PITS, SEE NOTE 4 ON P&ID 7111-RBBAA-06.
5. THE VALVE 07137 CAN BE OPENED WHEN PI-07-01 PRESSURE IS LOWER THAN 2.7 BARG.
6. TWO 3-INCH SPARE NOZZLES PER TANK FOR THE INSTRUMENTS CONNECTION.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
4	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
3	REISSUED FOR CONSTRUCTION	27.11.13	PJH	KHH	ASC
2	REISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

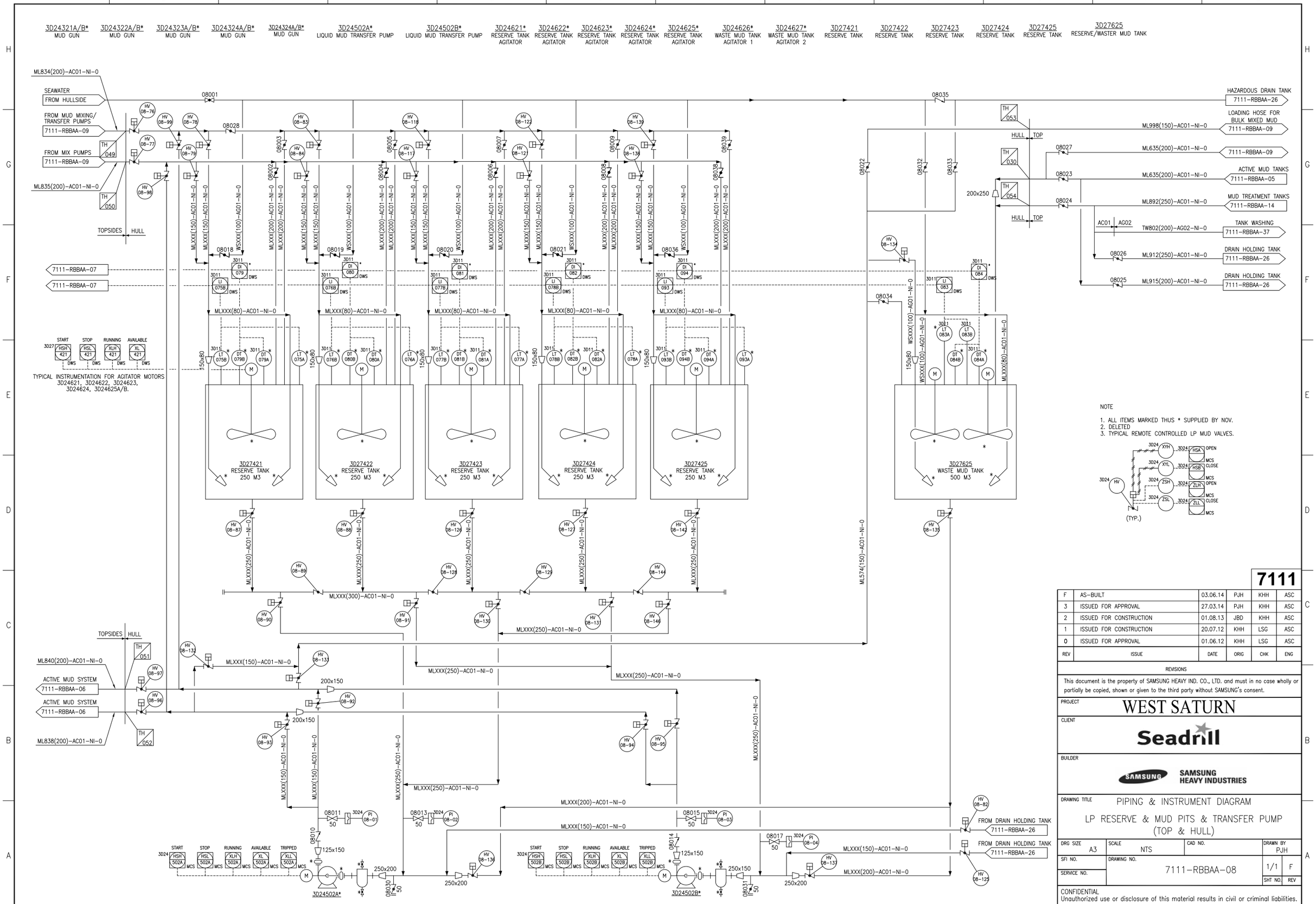
DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LP ACTIVE MUD SYSTEM 3 OF 3

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-07
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SAMSUNG SEADRILL/ABS
CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

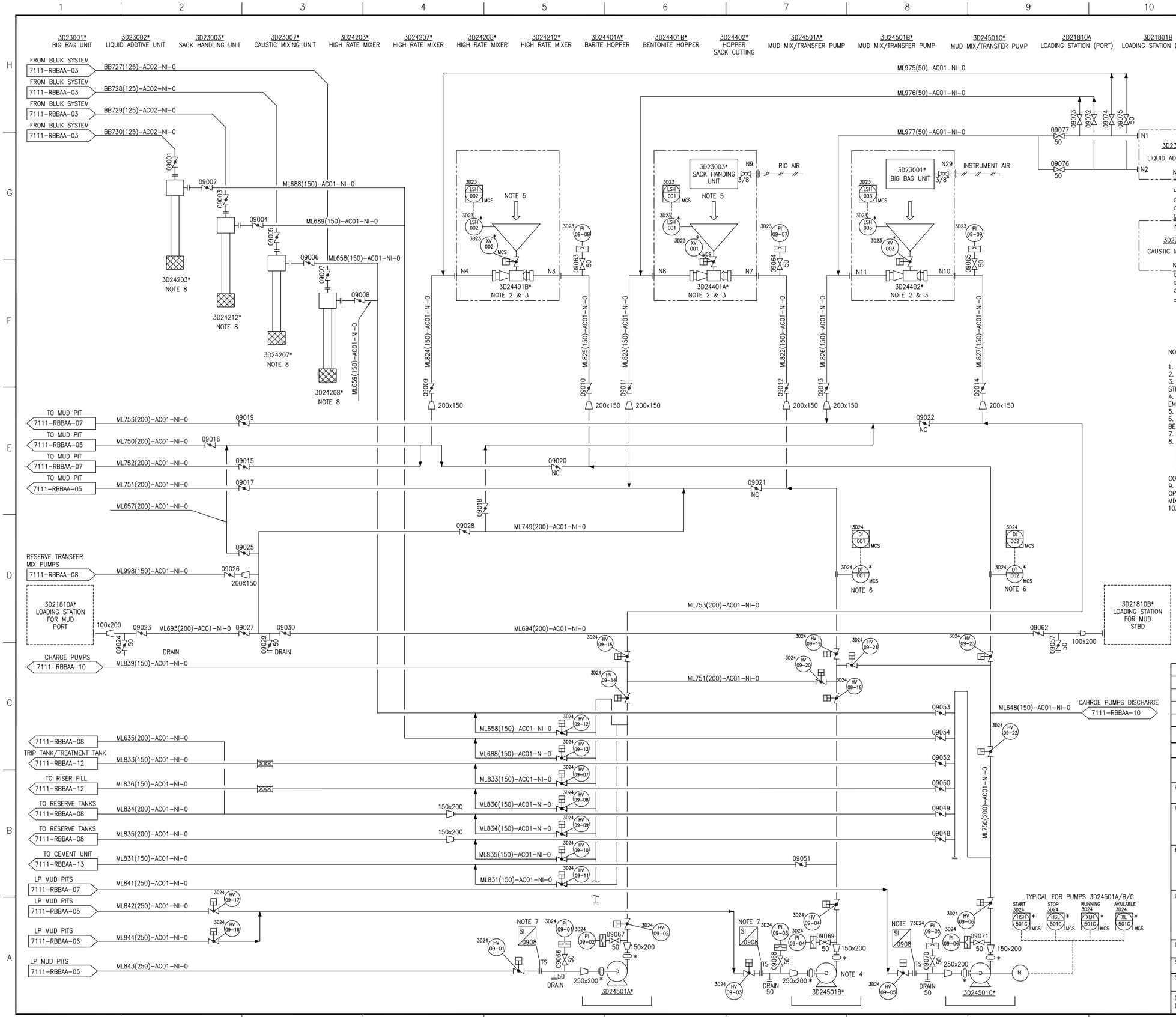
BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LP RESERVE & MUD PITS & TRANSFER PUMP (TOP & HULL)

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-08
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTE

1. ALL ITEMS MARKED THUS * SUPPLIED BY NOV.
2. NO 90° ELBOW, 3D BEND USED.
3. MINIMUM 3xPIPE OD STRAIGHT PIPE BEFORE MIXER AND MINIMUM 5xPIPE OD STRAIGHT PIPE AFTER MIXER.
4. EMERGENCY POWER TO BE SUPPLIED FOR MUD SUPPLY TO CEMENT UNIT DURING EMERGENCY SHUT DOWN.
5. BULK POWDER SUPPLY FROM SURGE TANKS.
6. DENSITY TRANSMITTER SHOULD BE MOUNTED ON VERTICAL PIPING. IT SHOULD NOT BE CLOSED TO BEND, VALVES AND PUMPS, ETC.
7. THE TEMPORARY STRAINER TO BE REMOVED AFTER COMMISSIONING.
8. HIGH RATE MIXERS ARE MOUNTED ON TOP OF ACTIVE TANKS AS BELOW:
   MIXER 3D24203 ON TOP OF TANK 3D27403
   MIXER 3D24212 ON TOP OF TANK 3D27412
   MIXER 3D24207 ON TOP OF TANK 3D27407
   MIXER 3D24208 ON TOP OF TANK 3D27408
CONNECTING PIPEWORK IS IN VENDOR SUPPLY.
9. CONNECT SUCTION OUTLET TO SUCTION HOSE FOR LIQUID ADDTIVE UNIT.
OPTIONAL: REMOVE PLUG AND CONNECT DISCHARGE LINE FROM CAUSTIC MIXER TO MUD MIXING LINE.
10. CONFIGURATION OF ACTUATED VALVE FOR LP MUD AS BELOW.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	JHP	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

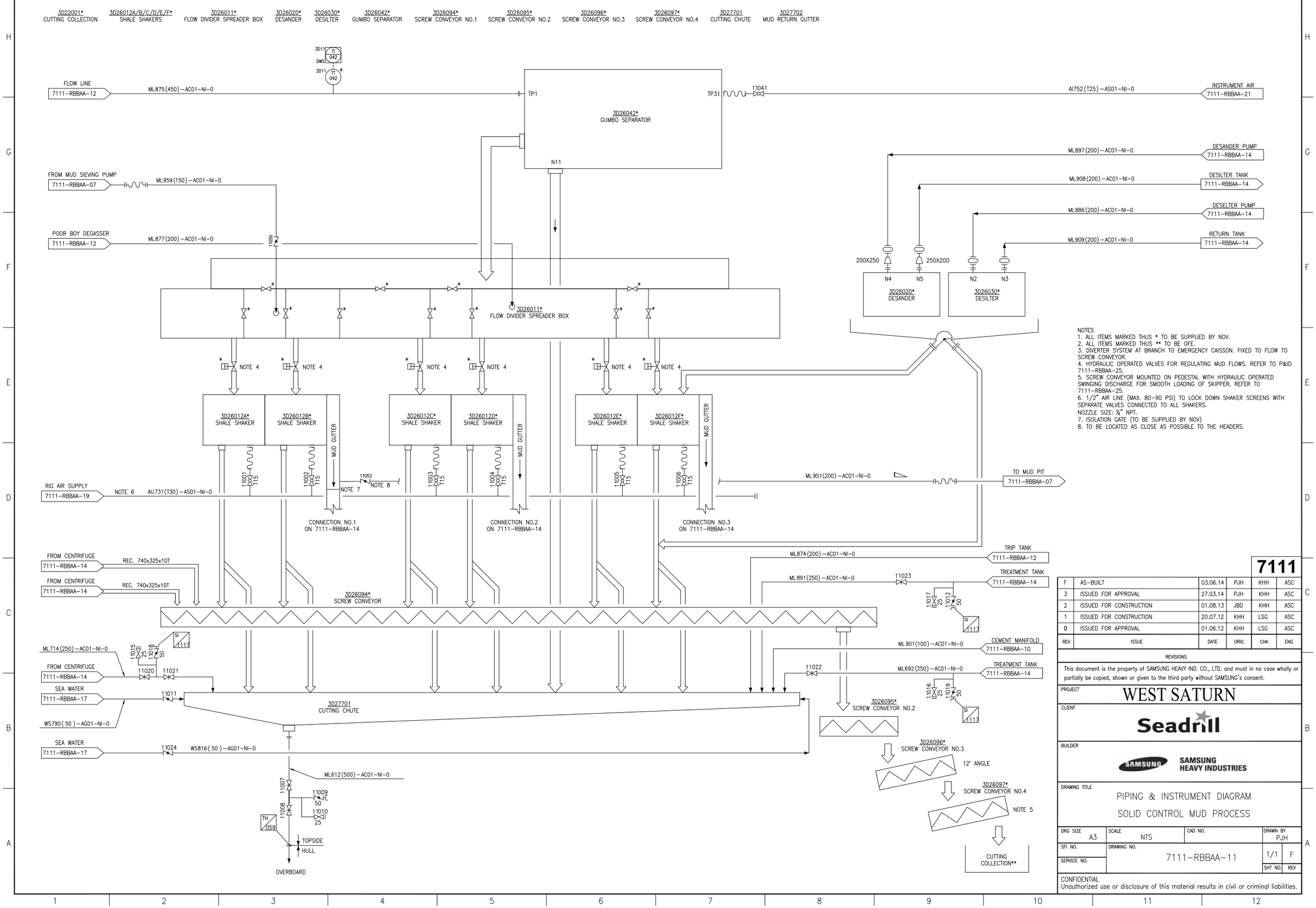
BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
LP MIX/TRANSFER PUMPS & MUD HOPPERS

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-09
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTES
1. ALL ITEMS MARKED THUS * TO BE SUPPLIED BY NOV.
2. ALL ITEMS MARKED THUS ** TO BE OFE.
3. DIVERTER SYSTEM AT BRANCH TO EMERGENCY CAISSON. FIXED TO FLOW TO SCREW CONVEYOR.
4. HYDRAULIC OPERATED VALVES FOR REGULATING MUD FLOWS. REFER TO P&ID 7111-RBBAA-25.
5. SCREW CONVEYOR MOUNTED ON PEDESTAL WITH HYDRAULIC OPERATED SWINGING DISCHARGE FOR SMOOTH LOADING OF SKIPPER. REFER TO 7111-RBBAA-25.
6. 1/2" AIR LINE (MAX. 80-90 PSI) TO LOCK DOWN SHAKER SCREENS WITH SEPARATE VALVES CONNECTED TO ALL SHAKERS.
NOZZLE SIZE: ¼" NPT.
7. ISOLATION GATE (TO BE SUPPLIED BY NOV)
8. TO BE LOCATED AS CLOSE AS POSSIBLE TO THE HEADERS.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

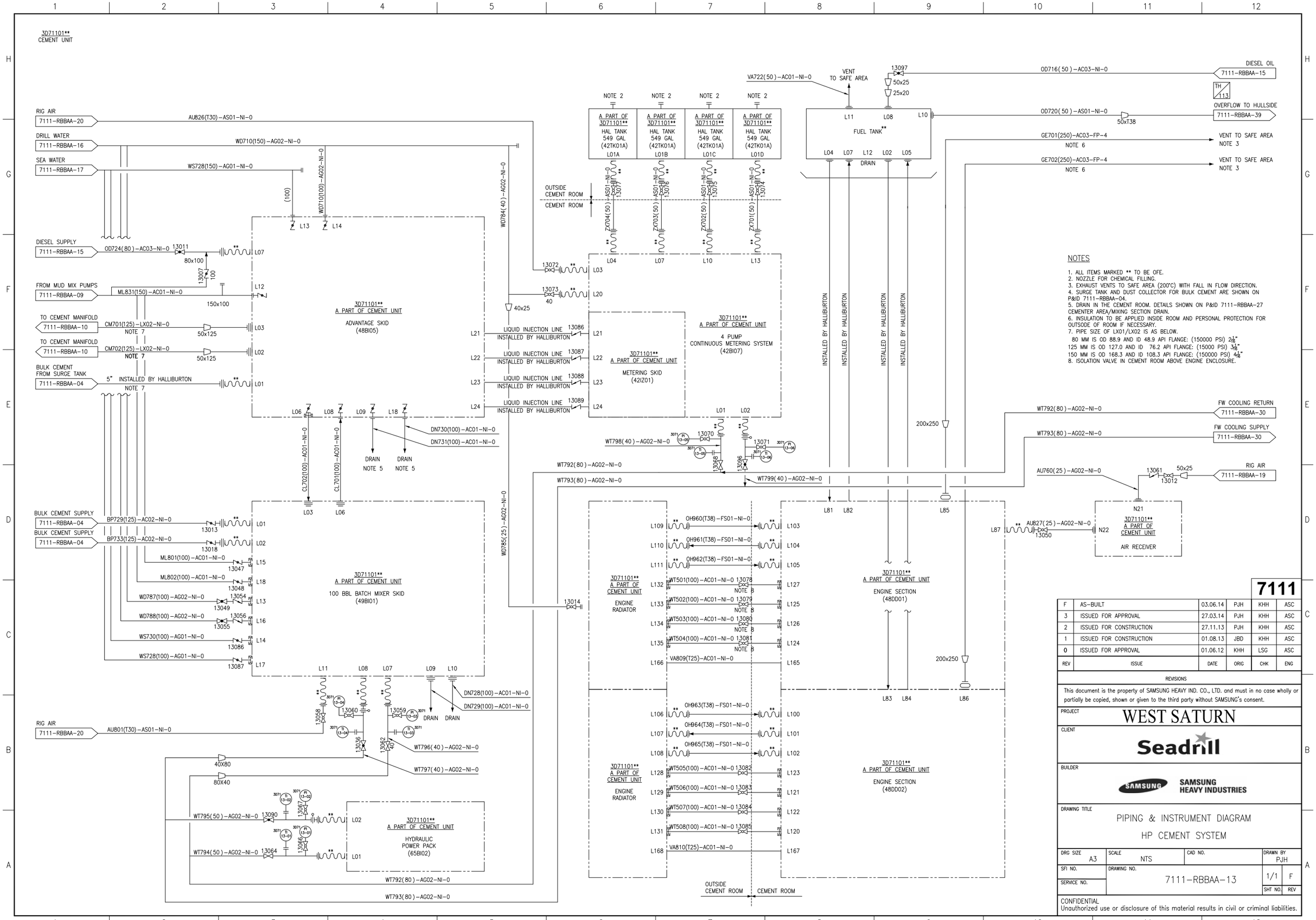
BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
SOLID CONTROL MUD PROCESS

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-11
SHT NO. 1/1
REV. F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	27.11.13	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

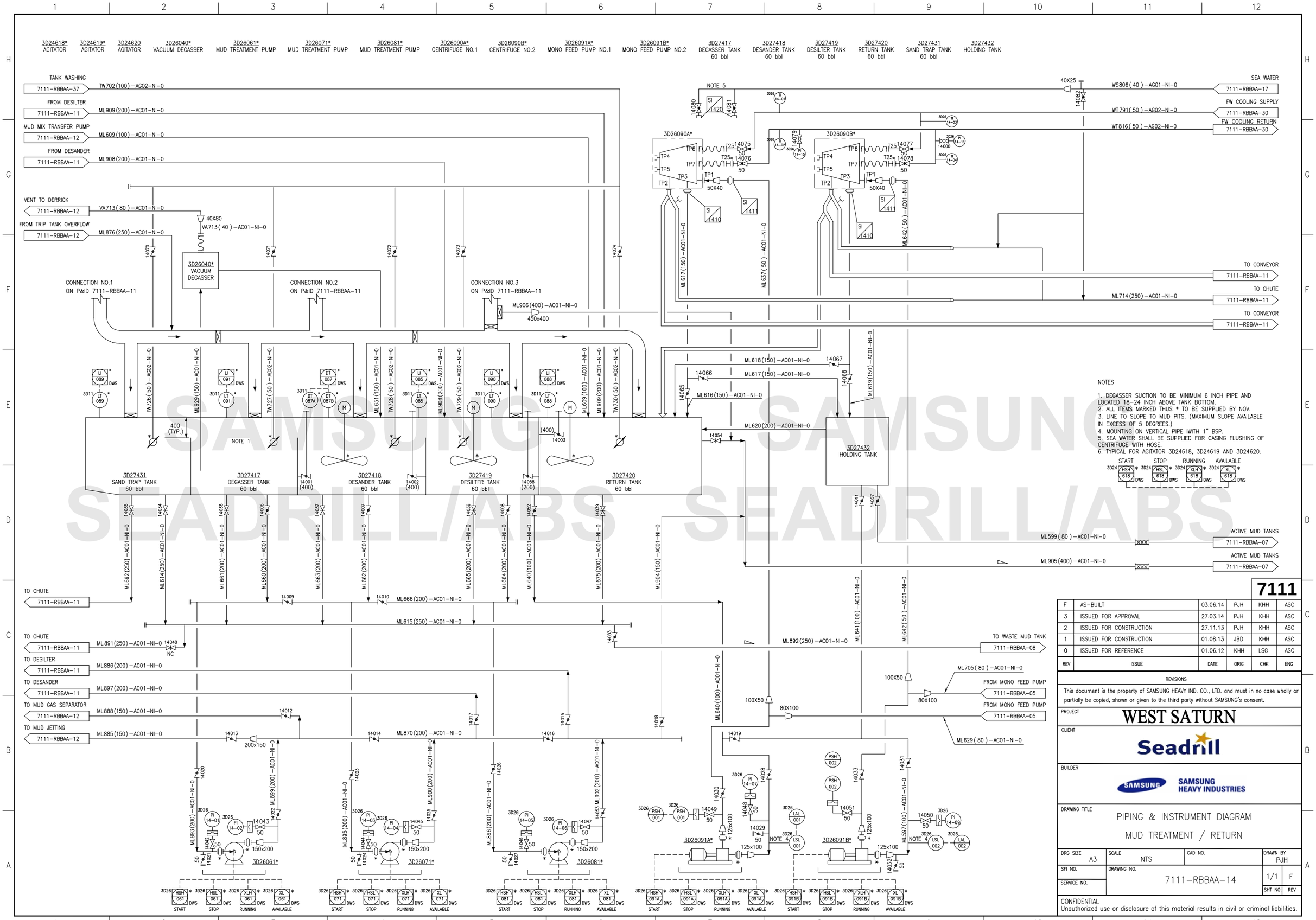
DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
HP CEMENT SYSTEM

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-13
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

박제현 / 프로세스설계팀(프로세스2) / 2014-07-21 08:55:4



NOTES

1. DEGASSER SUCTION TO BE MINIMUM 6 INCH PIPE AND LOCATED 18-24 INCH ABOVE TANK BOTTOM.
2. ALL ITEMS MARKED THUS * TO BE SUPPLIED BY NOV.
3. LINE TO SLOPE TO MUD PITS. (MAXIMUM SLOPE AVAILABLE IN EXCESS OF 5 DEGREES.)
4. MOUNTING ON VERTICAL PIPE IWITH 1" BSP.
5. SEA WATER SHALL BE SUPPLIED FOR CASING FLUSHING OF CENTRIFUGE WITH HOSE.
6. TYPICAL FOR AGITATOR 3D24618, 3D24619 AND 3D24620.

7111					
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	27.11.13	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
MUD TREATMENT / RETURN

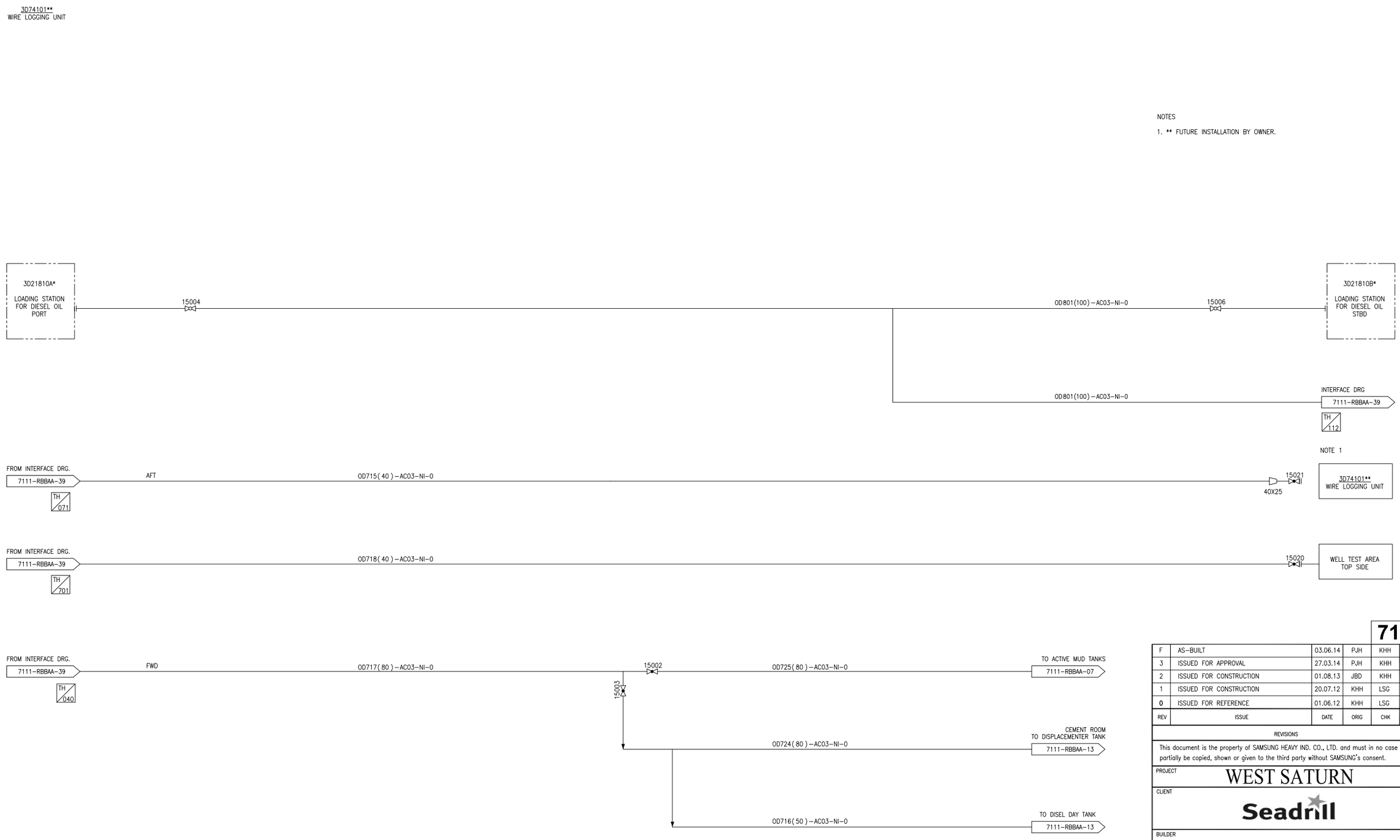
DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-14
1/1 F
SHT NO. REV

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SAMSUNG SEADRILL/ABS SAMSUNG SEADRILL/ABS

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTES

1. ** FUTURE INSTALLATION BY OWNER.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT
WEST SATURN

CLIENT
Seadrill

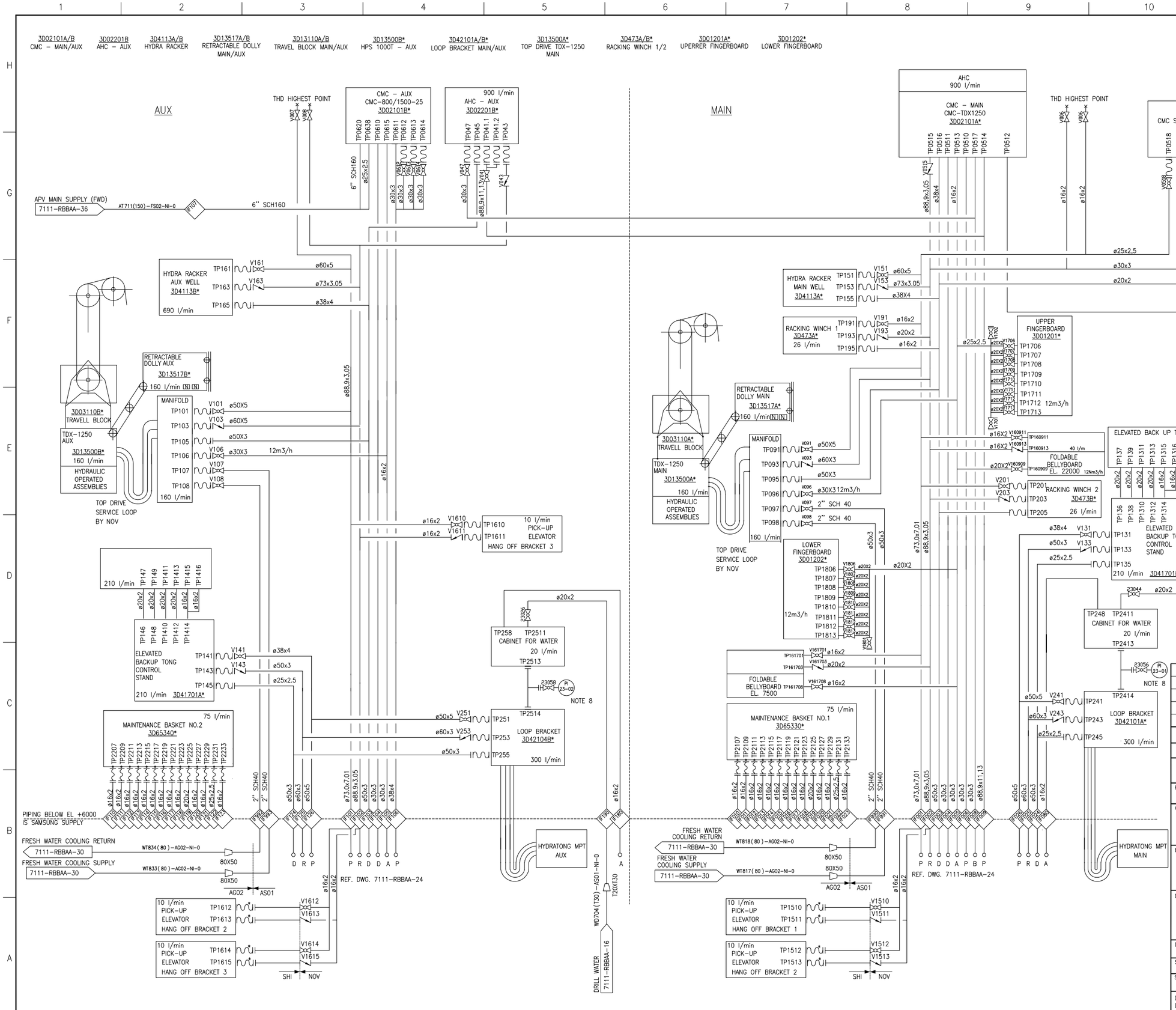
BUILDER
SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE
PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
DISIEL OIL DISTRIBUTION SYSTEM

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-15
SHT NO. 1/1
REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTE

1. PIPES, VALVES, HOSES AND *ITEMS ABOVE INTERFACE ARE SUPPLIED BY NOV.
2. OTHER INTERCONNECTING PIPING, HOSES AND VALVES SUPPLIED AND INSTALLED BY YARD.
REF. SPECIFICATION:
PRESSURE: BALL VALVE 210 BARG, TEST 315 BARG
RETURN: CHECK VALVE 30 BARG
1 BARG CRACKING PRESSURE
3. AUXILLIARY EQUIPMENT TO BE SUPPLIED WITH 210 BAR CONSTANT PRESSURE CONTROL.
4. ALL RETURN VALVES WITH 0.2 BAR SETTING UNLESS SPECIFIED DIFFERENT. ALL VALVES TO BE FULL BORE.
5. PIPE SIZES ARE CALCULATED FOR NOV EQUIPMENT ONLY. ALL SIZES ARE SUBJECT TO CONTINOUS RE-CALCULATIONS UNTIL RELEASED FOR MANUFACTURE.
6. PIPE DIMENTIONS MAY BE ADJUSTED UPWARDS – NOT DOWNWARDS.
7. AIR QUALITY REQUIREMENT: MAX. 10 BARG, MIN 7 BARG. CLEANLINESS ACC. TO ISO 8573-1. CLASS 6-3-3.
8. PI23-01 AND PI23-02 TO BE SUPPLIED BY SHI.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT
WEST SATURN

CLIENT
Seadrill

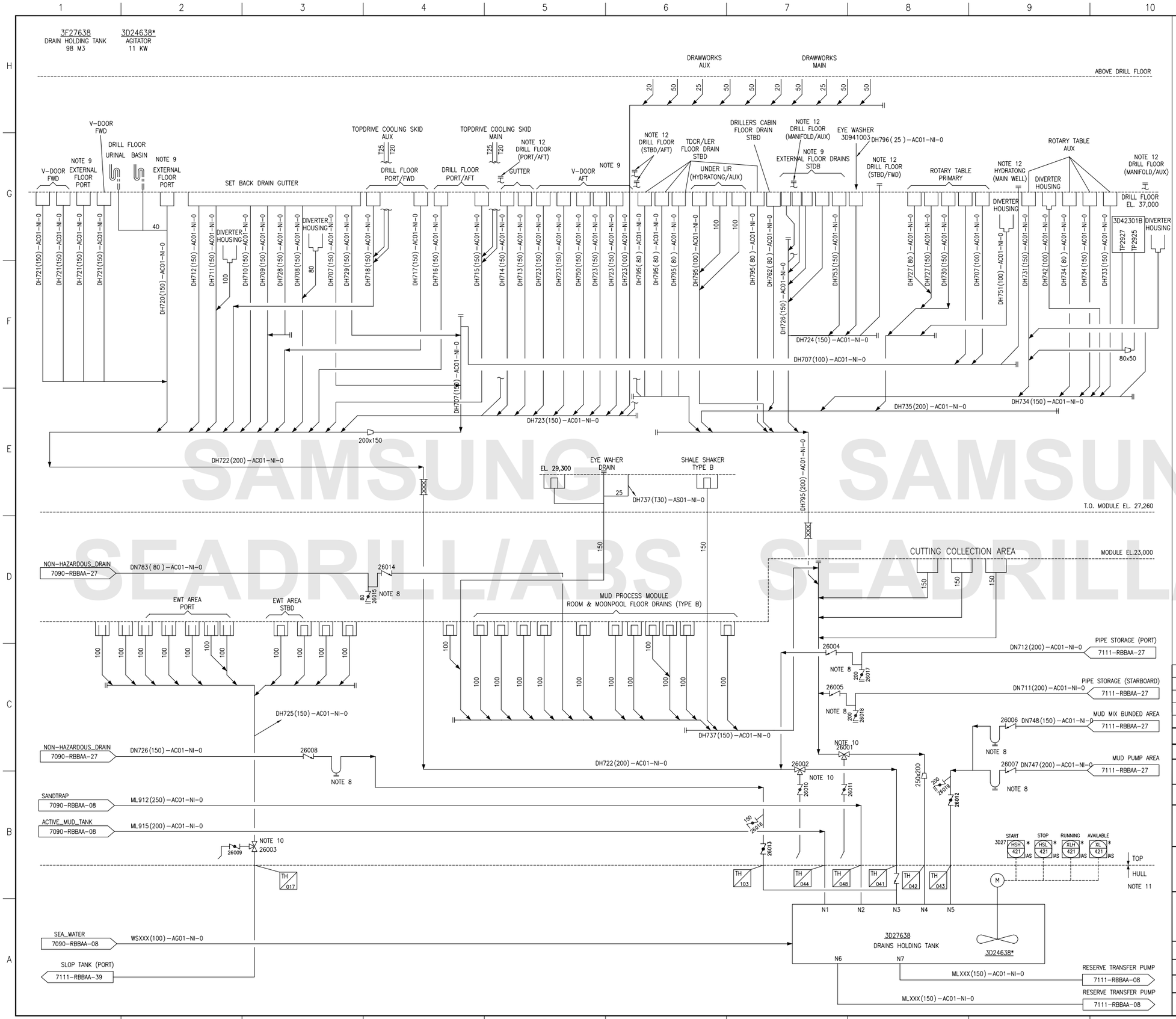
BUILDER
SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE
PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
HYDRAULIC DISTRIBUTION SYSTEM DERRICK

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

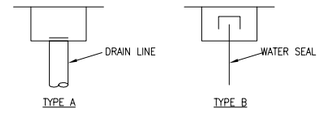
SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-23
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTES

1. HEADERS CAN BE SITUATED UNDER ANY SUITABLE DECK LEVEL TO SUIT LAYOUT.
2. DIRTY DRAIN LINES CONTAINING MUD TO HAVE A FALL OF 1:50.
3. CLEAN DRAIN LINES TO HAVE A FALL OF 1:50 WHERE POSSIBLE.
4. POCKETS ARE NOT ACCEPTABLE IN ANY DRAIN LINES.
5. RODDING POINTS TO BE PROVIDED.
6. ALL PACKAGE/SKID DRAINS TO BE PIPED TO BUNDED AREA OR CLOSEST DRAIN BOX.
7. TYPICAL DRAIN BOX.



8. TO BE PROVIED WATER SEAL MIN.760MM.
9. LOCATED INSIDE WINDWALLS.
10. THE DRAINS HOLDING TANK CANNOT COVER HEAVY RAIN FALLS. 3-WAY VALVES LOCATED ON MAIN DECK TO BE OPENED TO BYPASS DIRECTLY OVERBOARD.
11. DETAIL INFORMATION OF HULL PART SEE THE HULL DIAGRAM MB601.20.
12. FOR LINE FLUSHING

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR APPROVAL	27.03.14	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR APPROVAL	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
DRAIN SYSTEM HAZARDOUS

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

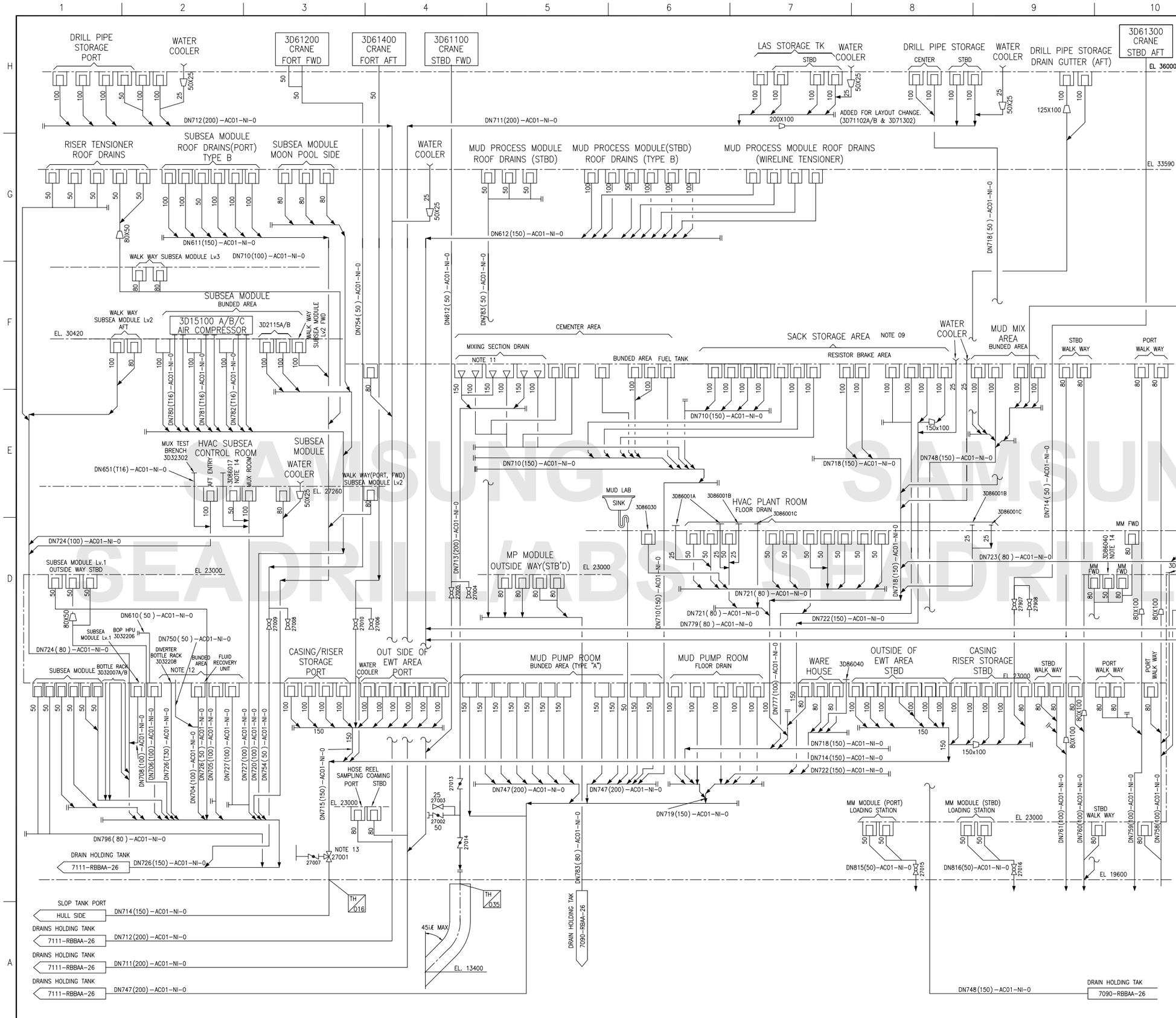
SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-26
SHT NO. 1/1
REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SAMSUNG SAMSUNG SEADRILL/ABS SEADRILL/ABS

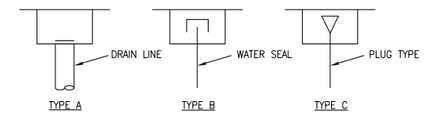
CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

박제현 / 프로세스설계팀(프로세스2) / 2014-07-21 08:55:4



NOTES

1. HEADERS CAN BE SITUATED UNDER ANY SUITABLE DECK LEVEL TO SUIT LAYOUT.
2. ALL DRAIN LINES TO HAVE A FALL OF 1:100
3. CLEAN DRAIN LINES TO HAVE A FALL OF 1:50.
4. POCKETS ARE NOT ACCEPTABLE IN ANY DRAIN LINES.
5. RODDING POINTS TO BE PROVIDED.
6. ALL PACKAGE/SKID DRAINS TO BE PIPED TO BUNDED AREA OR CLOSEST DRAIN BOX.
7. TYPICAL DRAIN BOX AS BELOW.



8. DELETED.
9. 10 OFF SCUPPERS IN THE SACK ATORAGE AREA ARE REQUIRED.
10. TO BE PROVIDED WATER SEAL MIN. 760MM.
11. DRAIN BOXES WITH PLUGS FOR CEMENTING UNIT, BATCH MIXER, LAS STORAGE SKID AND LAS METERING SKID.
12. DRAIN LINE FROM MIXING SYSTEM BOP RECOVERY.(3D32720)
13. THE DRAINS HOLDING TANK CAN'T COVER HEAVY RAIN FALLS. 3-WAY VALVES LOCATED ON MAIN DECK TO BE OPENED TO BYPASS DIRECTLY OVERBOARD.
14. DRAIN BOX LOCATED UNDER COOLING WATER IN/OUT NOZZLE.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
4	ISSUED FOR APPROVAL	27.04.13	PJH	KHH	ASC
3	ISSUED FOR CONSTRUCTION	27.11.13	PJH	KHH	ASC
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	20.07.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
DRAIN SYSTEM NON-HAZARDOUS

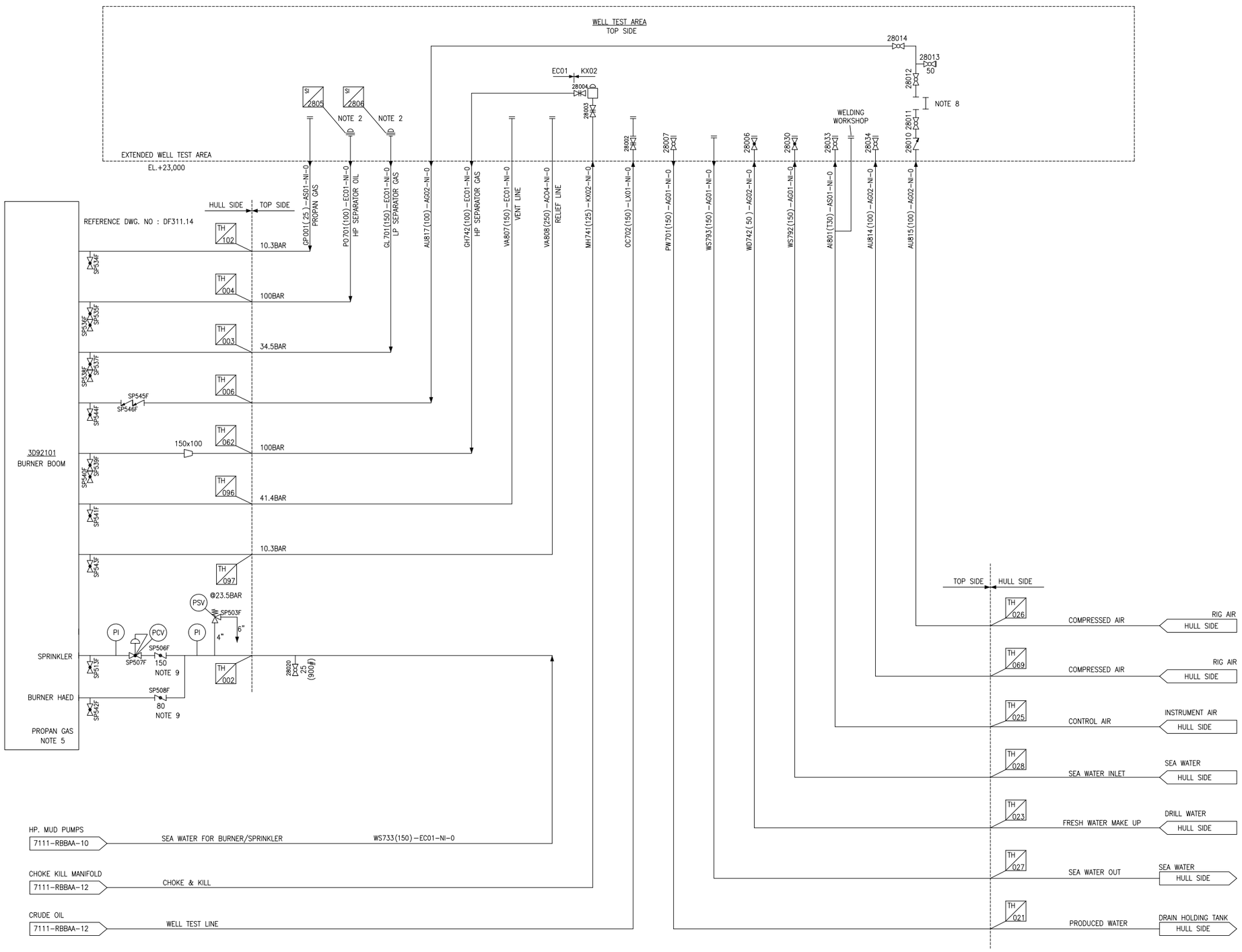
DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-27
SHT NO. 1/1 REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

SAMSUNG SAMSUNG SEADRILL SEADRILL

CONFIDENTIAL Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.



NOTE

1. LINE TO TERMINATE WITH A WECO FIG. 1502 MALE CONNECTOR AND BLIND.
2. LINE TO TERMINATE AT WELL TEST AREA WITH A WECO FIG. 400(BE) MALE CONNECTOR AND BLIND.
3. FOR TIE-IN SCHEDULE NUMBER SEE P&ID 7111-RBBAA-39.
4. ROUTING BY SHI.
5. PROPANE SUPPLY NOZZLES ARE JUST PROVIDED IN BURNER BOOM PACKAGE BY VENDOR AND CONNECTED BY CLIENT.
6. SIZE OF PIPE CLASS KX02 AS BELOW.
100 MM: OD 114.3, ID 80.1, API FLANGE (10000 PSI) 3 1/16"
SIZE OF PIPE CLASS LX01 AS BELOW.
150 MM: OD 168.3, ID 108.3, API FLANGE (15000 PSI) 4 1/16"
125 MM: OD 127, ID 76.2, API FLANGE (15000 PSI) 3 1/16"
7. ALL ITEMS MARKED THUS * TO BE SUPPLIED BY NOV.
8. REMOVAL SPOOL TO BE PROVIDED FOR COMPRESSED AIR SUPPLY.
9. VALVE ANSI 300#.
10. DELETED.

7111

REV	ISSUE	DATE	ORIG	CHK	ENG
F	AS-BUILT	03.06.14	PJH	KHH	ASC
1	ISSUED FOR CONSTRUCTION	01.08.13	JBD	KHH	ASC
0	ISSUED FOR REFERENCE	01.06.12	KHH	LSG	ASC
A	ISSUED FOR IDC	26.04.12	KHH	LSG	ASC

REVISIONS

This document is the property of SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD. and must in no case wholly or partially be copied, shown or given to the third party without SAMSUNG's consent.

PROJECT: WEST SATURN

CLIENT: Seadrill

BUILDER: SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

DRAWING TITLE: PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
EXTENDED WELL TEST SYSTEM (INTERFACE)

DRG SIZE	SCALE	CAD NO.	DRAWN BY
A3	NTS		PJH

SFI NO.
SERVICE NO.
DRAWING NO. 7111-RBBAA-28
SHT NO. 1/1
REV F

CONFIDENTIAL
Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

ANEXO C – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ)

HALLIBURTON

SAFETY DATA SHEET

Product Trade Name: **ENCORE® BASE**

Revision Date: 15-Nov-2017 **Revision Number:** 17

1. Identification

1.1. Product Identifier

Product Trade Name: ENCORE® BASE
Synonyms None
Chemical Family: Olefin
Internal ID Code HM005313

1.2 Recommended use and restrictions on use

Application: Base Oil
Uses advised against No information available

1.3 Manufacturer's Name and Contact Details

Manufacturer/Supplier
Baroid Fluid Services
Product Service Line of Halliburton Energy Services, Inc.
P.O. Box 1675
Houston, TX 77251
Telephone: (281) 871-4000

Halliburton Energy Services, Inc.
645 - 7th Ave SW Suite 1800
Calgary, AB
T2P 4G8
Canada

Prepared By Chemical Stewardship
Telephone: 1-281-871-6107
e-mail: fdunexchem@halliburton.com

1.4. Emergency telephone number:

Emergency Telephone Number 1-866-519-4752 or 1-760-476-3962
Global Incident Response Access Code: 334305
Contract Number: 14012

2. Hazards Identification

2.1 Classification in accordance with paragraph (d) of §1910.1200

Aspiration Toxicity	Category 1 - H304

2.2. Label Elements

Hazard Pictograms

Signal Word: Danger

Hazard Statements H304 - May be fatal if swallowed and enters airways

Precautionary Statements

Prevention None
Response P301 + P310 - IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician
P331 - Do NOT induce vomiting
Storage P405 - Store locked up
Disposal P501 - Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations

2.3 Hazards not otherwise classified
None known

3. Composition/information on Ingredients

Substances	CAS Number	PERCENT (w/w)	GHS Classification - US
Hexadecene	26952-14-7	60 - 100%	Asp. Tox. 1 (H304)
Octadecene	27070-58-2	30 - 60%	Asp. Tox. 1 (H304)

The specific chemical identity of the composition has been withheld as proprietary. The exact percentage (concentration) of the composition has been withheld as proprietary.

The exact percentage (concentration) of the composition has been withheld as proprietary.

4. First Aid Measures

4.1. Description of first aid measures
Inhalation If inhaled, remove from area to fresh air. Get medical attention if respiratory irritation develops or if breathing becomes difficult.
Eyes In case of contact, immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes and get medical attention if irritation persists.
Skin Wash with soap and water. Get medical attention if irritation persists.
Ingestion Get medical attention! If vomiting occurs, keep head lower than hips to prevent aspiration. Rinse mouth. Never give anything by mouth to an unconscious person.

4.2 Most important symptoms/effects, acute and delayed
Aspiration into the lungs may cause chemical pneumonitis including coughing, difficulty breathing, wheezing, coughing up blood and pneumonia, which can be fatal.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed
Notes to Physician Treat symptomatically.

5. Fire-fighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable Extinguishing Media

Water fog, carbon dioxide, foam, dry chemical.

Extinguishing media which must not be used for safety reasons

Do NOT spray pool fires directly with water. A solid stream of water directed into hot burning liquid can cause splattering.

5.2 Specific hazards arising from the substance or mixture

Special exposure hazards in a fire

Decomposition in fire may produce harmful gases.

5.3 Special protective equipment and precautions for fire-fighters

Special protective equipment for firefighters

Full protective clothing and approved self-contained breathing apparatus required for fire fighting personnel.

6. Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Use appropriate protective equipment. Ensure adequate ventilation. Avoid contact with skin, eyes and clothing. Avoid breathing vapors.

See Section 8 for additional information

6.2. Environmental precautions

Prevent from entering sewers, waterways, or low areas.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Isolate spill and stop leak where safe. Contain spill with sand or other inert materials. Scoop up and remove.

7. Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Handling Precautions

Use appropriate protective equipment. Ensure adequate ventilation. Avoid contact with eyes, skin, or clothing. Avoid breathing vapors. Wash hands after use. Launder contaminated clothing before reuse.

Hygiene Measures

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage Information

Store away from oxidizers. Store away from acids. Keep container closed when not in use. Product has a shelf life of 36 months.

8. Exposure Controls/Personal Protection

8.1 Occupational Exposure Limits

Substances	CAS Number	OSHA PEL-TWA	ACGIH TLV-TWA
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable	Not applicable

8.2 Appropriate engineering controls

Engineering Controls Use in a well ventilated area. Local exhaust ventilation should be used in areas without good cross ventilation.

8.3 Individual protection measures, such as personal protective equipment

Personal Protective Equipment	If engineering controls and work practices cannot prevent excessive exposures, the selection and proper use of personal protective equipment should be determined by an industrial hygienist or other qualified professional based on the specific application of this product.
Respiratory Protection	Not normally needed. But if significant exposures are possible then the following respirator is recommended: Organic vapor respirator.
Hand Protection	Use gloves which are suitable for the chemicals present in this product as well as other environmental factors in the workplace.
Skin Protection	Wear protective clothing appropriate for the work environment.
Eye Protection	Safety glasses with side-shields. If splashes are likely to occur, wear: Goggles, Face-shield.
Other Precautions	None known.

9. Physical and Chemical Properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical State:	Liquid	**Color**	Colorless to Light yellow
Odor:	Hydrocarbon	**Odor Threshold:**	No information available

Property Remarks/ - Method	Values
pH:	No data available
Freezing Point / Range	< -15 °C / < 5 °F
Melting Point / Range	No data available
Boiling Point / Range	> 271 °C
Flash Point	137 °C / 279 °F PMCC
Flammability (solid, gas)	No data available
Upper flammability limit	3.4%
Lower flammability limit	0.4%
Evaporation rate	No data available
Vapor Pressure	< 0.01 mmHg
Vapor Density	8 (air = 1)
Specific Gravity	0.78
Water Solubility	Insoluble in water
Solubility in other solvents	No data available
Partition coefficient: n-octanol/water	No data available
Autoignition Temperature	227 °C / 441 °F
Decomposition Temperature	No data available
Viscosity	No data available
Explosive Properties	No information available
Oxidizing Properties	No information available

9.2. Other information

VOC Content (%)	No data available

10. Stability and Reactivity

10.1. Reactivity

Not expected to be reactive.

10.2. Chemical stability

Stable

10.3. Possibility of hazardous reactions
Will Not Occur

10.4. Conditions to avoid
None anticipated

10.5. Incompatible materials
Strong oxidizers.

10.6. Hazardous decomposition products
Carbon monoxide and carbon dioxide.

11. Toxicological Information

11.1 Information on likely routes of exposure
Principle Route of Exposure Eye or skin contact, inhalation. Ingestion.

11.2 Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics
Acute Toxicity

Inhalation None known.

Eye Contact Non-irritating to rabbit's eye

Skin Contact Not irritating to skin in rabbits.

Ingestion Aspiration into the lungs may cause chemical pneumonitis including coughing, difficulty breathing, wheezing, coughing up blood and pneumonia, which can be fatal.

Chronic Effects/Carcinogenicity No data available to indicate product or components present at greater than 0.1% are chronic health hazards.

11.3 Toxicity data

Toxicology data for the components

Substances	CAS Number	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
Hexadecene	26952-14-7	> 5050 mg/kg (Rat)	> 5000 mg/kg > 2020 mg/kg (Rabbit)	> 2.1 mg/L 6.35 mg/L (Rat) 4h (similar substance)
Octadecene	27070-58-2	> 5,050 mg/kg (Rat)	> 2020 mg/kg (Rabbit)	> 0.06 mg/L (Rat) (similar substance) 4h 28 mg/L (Rat) 4h (similar substance) 28 mg/L (Mouse) 4h (similar substance) 40.2 mg/L (Rat) 4h (similar substance)

Substances	CAS Number	Skin corrosion/irritation
Hexadecene	26952-14-7	Not irritating to skin in rabbits. (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	Not irritating to skin in rabbits. (similar substances)

Substances	CAS Number	Serious eye damage/irritation
Hexadecene	26952-14-7	Non-irritating to rabbit's eye (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	Non-irritating to rabbit's eye (similar substances)

Substances	CAS Number	Skin Sensitization
Hexadecene	26952-14-7	Did not cause sensitization on laboratory animals (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	Did not cause sensitization on laboratory animals (similar substances)

Substances	CAS Number	Respiratory Sensitization
Hexadecene	26952-14-7	No information available
Octadecene	27070-58-2	No information available

Substances	CAS Number	Mutagenic Effects
Hexadecene	26952-14-7	In vitro tests have shown mutagenic effects (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	In vitro tests have shown mutagenic effects

Substances	CAS Number	Carcinogenic Effects
Hexadecene	26952-14-7	No information available
Octadecene	27070-58-2	No information available

Substances	CAS Number	Reproductive toxicity
Hexadecene	26952-14-7	Animal testing did not show any effects on fertility. Did not show teratogenic effects in animal experiments. (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	Animal testing did not show any effects on fertility. Did not show teratogenic effects in animal experiments. (similar substances)

Substances	CAS Number	STOT - single exposure
Hexadecene	26952-14-7	No information available
Octadecene	27070-58-2	No information available

Substances	CAS Number	STOT - repeated exposure
Hexadecene	26952-14-7	No significant toxicity observed in animal studies at concentration requiring classification. (similar substances)
Octadecene	27070-58-2	No significant toxicity observed in animal studies at concentration requiring classification. (similar substances)

Substances	CAS Number	Aspiration hazard
Hexadecene	26952-14-7	Aspiration into the lungs may cause chemical pneumonitis including coughing, difficulty breathing, wheezing, coughing up blood and pneumonia, which can be fatal.
Octadecene	27070-58-2	Aspiration into the lungs may cause chemical pneumonitis including coughing, difficulty breathing, wheezing, coughing up blood and pneumonia, which can be fatal.

12. Ecological Information

12.1. Toxicity

Ecotoxicity effects

Product is not classified as hazardous to the environment.

Substance Ecotoxicity Data

Substances	CAS Number	Toxicity to Algae	Toxicity to Fish	Toxicity to Microorganisms	Toxicity to Invertebrates
Hexadecene	26952-14-7	EC50 (96h) >1000 mg/L (Skeletonema costatum) ErC50 (48h) 1000 mg/L (Selenastrum capricornutum) (similar substance)	LC50 > 1000 mg/L (Cyprinodon variegatus) LL50 > 1000 mg/L (Oncorhynchus mykiss) (similar substance)	No information available	EC50 >1000 mg/L (Mysidopsis bahia)
Octadecene	27070-58-2	EC50 (96h) > 1000 mg/L (similar substance)	EC50 (96h) > 1000 mg/L (similar substance)	No information available	EC50 (48h) > 1000 mg/L (similar substance)

12.2. Persistence and degradability

Substances	CAS Number	Persistence and Degradability
Hexadecene	26952-14-7	Readily biodegradable (88% @ 28d)
Octadecene	27070-58-2	Readily biodegradable (80.8% @ 28d)

12.3. Bioaccumulative potential

Substances	CAS Number	Log Pow
Hexadecene	26952-14-7	> 6
Octadecene	27070-58-2	> 8

12.4. Mobility in soil

Substances	CAS Number	Mobility
Hexadecene	26952-14-7	No information available
Octadecene	27070-58-2	No information available

12.5 Other adverse effects
No information available

13. Disposal Considerations

13.1. Waste treatment methods

Disposal methods Follow all applicable community, national or regional regulations regarding waste management methods.

Contaminated Packaging Follow all applicable national or local regulations.

14. Transport Information

US DOT

UN Number Not restricted
UN proper shipping name: Not restricted
Transport Hazard Class(es): Not applicable
Packing Group: Not applicable
Environmental Hazards: Not applicable

Canadian TDG

UN Number Not restricted
UN proper shipping name: Not restricted
Transport Hazard Class(es): Not applicable
Packing Group: Not applicable
Environmental Hazards: Not applicable

IMDG/IMO

UN Number Not restricted
UN proper shipping name: Not restricted
Transport Hazard Class(es): Not applicable
Packing Group: Not applicable
Environmental Hazards: Not applicable

IATA/ICAO

UN Number Not restricted
UN proper shipping name: Not restricted
Transport Hazard Class(es): Not applicable
Packing Group: Not applicable
Environmental Hazards: Not applicable

Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code Not applicable
Special Precautions for User None

15. Regulatory Information

US Regulations

US TSCA Inventory All components listed on inventory or are exempt.

TSCA Significant New Use Rules - S5A2

Substances	CAS Number	TSCA Significant New Use Rules - S5A2
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable

EPA SARA Title III Extremely Hazardous Substances

Substances	CAS Number	EPA SARA Title III Extremely Hazardous Substances
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable

EPA SARA (311,312) Hazard Class

Acute Health Hazard

EPA SARA (313) Chemicals

Substances	CAS Number	Toxic Release Inventory (TRI) - Group I	Toxic Release Inventory (TRI) - Group II
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable	Not applicable

EPA CERCLA/Superfund Reportable Spill Quantity

Substances	CAS Number	CERCLA RQ
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable

EPA RCRA Hazardous Waste Classification

If product becomes a waste, it does NOT meet the criteria of a hazardous waste as defined by the US EPA.

California Proposition 65

Substances	CAS Number	California Proposition 65
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable

U.S. State Right-to-Know Regulations

Substances	CAS Number	MA Right-to-Know Law	NJ Right-to-Know Law	PA Right-to-Know Law
Hexadecene	26952-14-7	Not applicable	Not applicable	Not applicable
Octadecene	27070-58-2	Not applicable	Not applicable	Not applicable

NFPA Ratings: Health 1, Flammability 1, Reactivity 0
HMIS Ratings: Health 0, Flammability 1, Reactivity 1

Canadian Regulations

Canadian Domestic Substances List (DSL) All components listed on inventory or are exempt.

16. Other information

Preparation Information

Prepared By

Chemical Stewardship
Telephone: 1-281-871-6107
e-mail: fdunexchem@halliburton.com

Revision Date: 15-Nov-2017

Reason for Revision SDS sections updated:
2

Additional information

For additional information on the use of this product, contact your local Halliburton representative.

For questions about the Safety Data Sheet for this or other Halliburton products, contact Chemical Stewardship at 1-580-251-4335.

Key or legend to abbreviations and acronyms used in the safety data sheet
bw – body weight
CAS – Chemical Abstracts Service
d - day
EC50 – Effective Concentration 50%
ErC50 – Effective Concentration growth rate 50%
h - hour
LC50 – Lethal Concentration 50%
LD50 – Lethal Dose 50%
LL50 – Lethal Loading 50%
mg/kg – milligram/kilogram
mg/L – milligram/liter
mg/m^3 - milligram/cubic meter
mm - millimeter
mmHg - millimeter mercury
NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health
NTP – National Toxicology Program
OEL – Occupational Exposure Limit
PEL – Permissible Exposure Limit
ppm – parts per million
STEL – Short Term Exposure Limit
TWA – Time-Weighted Average
UN – United Nations
w/w - weight/weight

Key literature references and sources for data
www.ChemADVISOR.com/

Disclaimer Statement
This information is furnished without warranty, expressed or implied, as to accuracy or completeness. The information is obtained from various sources including the manufacturer and other third party sources. The information may not be valid under all conditions nor if this material is used in combination with other materials or in any process. Final determination of suitability of any material is the sole responsibility of the user.

End of Safety Data Sheet

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico - FISPQ

1 - IDENTIFICAÇÃO

Nome do produto: ÓLEO DIESEL MARÍTIMO

Código interno de identificação: BR0106

Principais usos recomendados para a substância ou mistura: Utilizado como combustível.

Nome da empresa: PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.

Endereço: Rua Correia Vasques, 250
20211-140 - Cidade Nova - Rio de Janeiro (RJ).

Telefone: 0800 728 9001

Telefone para emergências: 08000 24 44 33

2 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Classificação de perigo do produto:

Líquidos inflamáveis – Categoria 3

Corrosão/ irritação à pele – Categoria 2

Carcinogenicidade – Categoria 2

Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única – Categoria 3

Perigo por aspiração – Categoria 2

Sistema de classificação utilizado:

Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010.

Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.

Outros perigos que não resultam em uma classificação: O produto não possui outros perigos.

ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

Pictogramas

Palavra de advertência PERIGO.

Frases de perigo:

Líquido e vapores inflamáveis.

Provoca irritação à pele.

Suspeito de provocar câncer.

Pode provocar irritação das vias respiratórias.

Pode provocar sonolência ou vertigem.

Pode ser nocivo se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.

Frases de precaução:

NÃO provoque vômito

EM CASO DE INGESTÃO: Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico.

EM CASO DE INALAÇÃO: Remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração.

EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: Consulte um médico.

Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico.

Em caso de incêndio: Para a extinção utilize espuma para hidrocarbonetos, neblina d'água, pó químico e dióxido de carbono (CO2).

3 - COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

>>>SUBSTÂNCIA DE PETRÓLEO

Nome químico comum ou nome técnico: Gasóleos

Grupo de substância de petróleo: Gasóleos e óleos destilados são misturas complexas de petróleo, compostas primariamente de hidrocarbonetos saturados (parafínicos ou naftênicos) ou aromáticos com cadeia carbônica composta de 9 a 30 átomos de carbono e ponto de ebulição entre 150 e 471ºC.

Sinônimo: Óleo diesel tipo D

Número de registro CAS: 68334-30-5

Impurezas que contribuam para o perigo:

Ingredientes	Concentração (%)	CAS
Compostos de Sulfurados	*	NA
Compostos oxigenados	---	NA
Compostos Nitrogenados	---	NA

*Concentração de enxofre total: 1% (p/p)

NA: Não aplicável.

4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

Inalação:

Remova a vítima para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico. Leve esta FISPQ.

Contato com a pele:

Lave a pele exposta com quantidade suficiente de água para remoção do material. Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico. Leve esta FISPQ.

Contato com os olhos:

Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando. Caso a irritação ocular persista: consulte um médico. Leve esta FISPQ.

Ingestão:

Não induza o vômito. Nunca forneça algo por via oral a uma pessoa inconsciente. Lave a boca da vítima com água em abundância. Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico. Leve esta FISPQ.

Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:

Pode provocar irritação à pele com vermelhidão, dor e ressecamento. Pode provocar leve irritação ocular com vermelhidão e lacrimejamento. Pode ser nocivo se ingerido e penetrar nas vias respiratórias com pneumonite química. A exposição única pode provocar efeitos narcóticos como sonolência, confusão mental, perda de consciência, dor de cabeça e tontura; e irritação às vias respiratórias com tosse, dor de garganta e falta de ar.

Notas para médico:

Evite contato com o produto ao socorrer a vítima. Se necessário, o tratamento sintomático deve compreender, sobretudo, medidas de suporte como correção de distúrbios hidroeletrolíticos, metabólicos, além de assistência respiratória. Em caso de contato com a pele não friccione o local atingido.

5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção

Apropriados: Compatível com espuma para hidrocarbonetos, neblina d'água, pó químico e dióxido de carbono (CO_2).

Não recomendados: Água diretamente sobre o líquido em chamas.

Perigos específicos da mistura ou substância:

A combustão do produto químico ou de sua embalagem pode formar gases irritantes e tóxicos como monóxido, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição como: faíscas, chamas abertas ou chamas de fósforos e cigarros, operações de solda, lâmpadas-piloto e motores elétricos. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática. Os vapores são mais densos que

o ar e tendem a se acumular em áreas baixas ou confinadas, como bueiros, porões, etc. Podem deslocar-se por grandes distâncias provocando retrocesso da chama ou novos focos de incêndio tanto em ambientes abertos como confinados. Os contêineres podem explodir se aquecidos.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio: Equipamento de proteção respiratória do tipo autônomo (SCBA) com pressão positiva e vestuário protetor completo. Contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com neblina d'água.

6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência: Isole o vazamento de fontes de ignição. Impeça fagulhas ou serviços de emergência: chamas. Não fume. Evacuar a área, num raio de 50 metros. Não toque nos recipientes danificados ou no material derramado sem o uso de vestimentas adequadas. Evite inalação, contato com os olhos e com a pele. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na seção 8.

Para pessoal de serviço de emergência: Utilizar EPI completo, com luvas de proteção de PVC, óculos de segurança com proteção lateral e vestimenta protetora adequada. O material utilizado deve ser impermeável. Em caso de grandes vazamentos, onde a exposição é grande, recomenda-se o uso de máscara de proteção com filtro contra vapores ou névoas.

Precauções ao meio ambiente: Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgotos. A água de diluição proveniente do combate ao fogo pode causar poluição. Não descarte diretamente no meio ambiente ou na rede de esgoto.

Métodos e materiais para contenção e limpeza: Utilize névoa de água ou espuma supressora de vapor para reduzir a dispersão dos vapores. Utilize barreiras naturais ou de contenção de derrame. Colete o produto derramado e coloque em recipientes próprios. Adsorva o produto remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro. Para destinação final, proceder conforme a Seção 13 desta FISPQ.

Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos: Não há distinção entre as ações de grandes e pequenos vazamentos para este produto.

7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

MEDIDAS TÉCNICAS APROPRIADAS PARA O MANUSEIO

Precauções para manuseio seguro: Manuseie o produto somente em locais bem arejados ou com sistemas de ventilação geral. Evite formação de vapores ou névoas do produto. Não fume. Evite inalação e o contato com a pele, olhos e

roupas. Utilize equipamento de proteção individual ao manusear o produto, descritos na seção 8.

Medidas de higiene: Lave as mãos e o rosto cuidadosamente após o manuseio e antes de comer, beber, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização. Remova a roupa e o equipamento de proteção contaminado antes de entrar nas áreas de alimentação.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio e explosão: Mantenha afastado do calor, faísca, chama aberta e superfícies quentes. — Não fume. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Aterre o vaso contentor e o receptor do produto durante transferências. Utilize apenas ferramentas antifaiscante. Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas. Utilize equipamento elétrico, de ventilação e de iluminação à prova de explosão.

Condições adequadas: Mantenha o produto em local fresco, seco e bem ventilado, distante de fontes de calor e ignição. O local de armazenamento deve conter bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento. Mantenha os recipientes bem fechados e devidamente identificados. O local de armazenamento deve ter piso impermeável, isento de materiais combustíveis e com dique de contenção para reter em caso de vazamento. Mantenha afastado de materiais incompatíveis. Não é necessária adição de estabilizantes e antioxidantes para garantir a durabilidade do produto.

Materiais para embalagens: Semelhante à embalagem original.

8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Parâmetros de controle

Limites de exposição ocupacional:

Componente	TLV – TWA (ACGIH, 2012)
Óleo diesel	100 mg/m3 (FIV)

(FIV): Fração Inalável e vapor.

Indicadores biológicos: Não estabelecidos.

Medidas de controle de engenharia: Promova ventilação mecânica e sistema de exaustão direta para o meio exterior. Estas medidas auxiliam na redução da exposição ao produto. Manter as concentrações atmosféricas, dos constituintes do produto, abaixo dos limites de exposição ocupacional indicados.

Medidas de proteção pessoal

Proteção dos olhos:	Óculos de segurança (onde houver risco de espirros).
Proteção da pele e do corpo:	Luvas de proteção (recomenda-se PVC ou nitrílica) e vestimenta protetora resistente ao produto (onde houver risco de espirro).
Proteção respiratória:	Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva. Siga orientação do Programa de Prevenção Respiratória (PPR), 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.
Perigos térmicos:	Não apresenta perigos térmicos.

9 - PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto:	Líquido límpido (isento de materiais em suspensão)
Odor e limite de odor:	Característico de hidrocarbonetos.
Ph:	Não aplicável.
Ponto de fusão/ponto de congelamento:	- 40 – 6ºC
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição:	141 – 471ºC
Ponto de fulgor:	60 ºC Mín. (Método NBR-7974).
Taxa de evaporação:	Não disponível.
Inflamabilidade:	Não aplicável.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade:	1,0 a 6,0% Vol.
Pressão de vapor:	0,4 kPa a 40°C
Densidade de vapor:	Não disponível.
Densidade relativa:	0,820-0,865 Kg/m^3 @ 20 ºC (Método NBR-7148)
Solubilidade:	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
Coeficiente de partição – n-octanol/água:	Log kow: 7,22 (Valor estimado).
Temperatura de auto-ignição:	≥ 225ºC

Temperatura de decomposição:	400ºC
Viscosidade:	2,5–5,5 Cst a 40ºC (Método: ASTM D-445/NBR-10441)
Outras informações:	Faixa de destilação: 100–360 ºC a 101.325 kPa (760 mmHg); (Método NBR-9619)

10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade e reatividade:	Produto estável em condições normais de temperatura e pressão.
Possibilidade de reações perigosas:	Não são conhecidas reações perigosas com relação ao produto.
Condições a serem evitadas:	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição. Contato com materiais incompatíveis.
Materiais incompatíveis:	Agentes oxidantes fortes como peróxidos, cloratos e ácido crômico.
Produtos perigosos da decomposição:	Em combustão libera hidrocarbonetos leves e pesados e coque. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda:	Nocivo se inalado. Produto não classificado como tóxico agudo por via oral e dérmica. DL50(oral, ratos): > 5000 mg/kg DL50 (dérmica, coelhos): > 3000 mg/kg
Corrosão/irritação da pele:	Provoca irritação à pele com vermelhidão, dor e ressecamento.
Lesões oculares graves/ irritação ocular:	Pode provocar leve irritação ocular com vermelhidão e lacrimejamento.
Sensibilização respiratória ou à pele:	A exposição repetida e prolongada pode causar dermatite por ressecamento. Não é esperado que o produto provoque sensibilização respiratória.
Mutagenicidade em células germinativas:	Não é esperado que o produto apresente mutagenicidade em células germinativas.
	Suspeito de provocar câncer.
Carcinogenicidade:	Possivelmente carcinogênico para humanos (Grupo 2B – IARC).
Toxicidade à reprodução:	Não é esperado que o produto apresente toxicidade à reprodução.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única: Pode provocar efeitos narcóticos como sonolência, confusão mental, perda de consciência, dor de cabeça e tontura. Pode provocar irritação às vias respiratórias com tosse, dor de garganta e falta de ar.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida: Não é esperado que o produto apresente toxicidade ao órgão-alvo específico por exposição repetida.

Perigo por aspiração: Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias provocando pneumonite química.

12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

Ecotoxicidade: Devido à natureza do produto, espera-se que este apresente ecotoxicidade.

Persistência e degradabilidade: Em função da ausência de dados, espera-se que o produto apresente persistência e não seja rapidamente degradado.

Potencial bioacumulativo: Não é esperado potencial bioacumulativo em organismos aquáticos.

Mobilidade no solo: Não determinado.

Outros efeitos adversos: A liberação de grandes quantidades de produto pode causar efeitos ambientais indesejáveis, como diminuição da disponibilidade de oxigênio em ambientes aquáticos devido à formação de camada oleosa na superfície, revestimento e consequente sufocamento de animais.

13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para destinação final

Produto: Devem ser eliminados como resíduos perigosos de acordo com a legislação local. O tratamento e a disposição devem ser avaliados especificamente para cada produto. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Lei n°12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Restos de produtos: Manter restos do produto em suas embalagens originais, fechadas e dentro de tambores metálicos, devidamente fechados, de acordo com a legislação aplicável. O descarte deve ser realizado conforme o estabelecido para o produto, recomendando-se as rotas de processamento em cimenteiras e a incineração.

Embalagem usada: Nunca reutilize embalagens vazias, pois elas podem conter restos do produto e devem ser mantidas fechadas e encaminhadas para

serem destruídas em local apropriado. Neste caso, recomenda-se envio para rotas de recuperação dos tambores ou incineração.

14 - INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Regulamentações nacionais e internacionais

Terrestre

Resolução n° 5232 de 14 de dezembro de 2016 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), *Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e suas modificações.*

Número ONU:	1202
Nome apropriado para embarque:	ÓLEO DIESEL
Classe de risco/ subclasse de risco principal:	3
Classe de risco/ subclasse de risco subsidiário:	NA
Número de risco:	30
Grupo de embalagem:	III

Hidroviário

DPC - Diretoria de Portos e Costas (Transporte em águas brasileiras)

Normas de Autoridade Marítima (NORMAM)

NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto

NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior

IMO – "*International Maritime Organization*" (Organização Marítima Internacional)

International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG *Code*).

Número ONU:	1202
Nome apropriado para embarque:	DIESEL FUEL
Classe de risco/ subclasse de risco principal:	3
Classe de risco/ subclasse de risco	NA

subsidiário:	
Grupo de embalagem:	III
EmS:	F-E, S-E
Perigo ao meio ambiente:	O produto não é considerado poluente marinho.
Aéreo	ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil – Resolução n°129 de 8 de dezembro de 2009. RBAC N°175 – (REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL) - TRANSPORTE DE ARTIGOS PERIGOSOS EM AERONAVES CIVIS. IS N° 175-001 – INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR - IS ICAO – "*International Civil Aviation Organization*" (Organização da Aviação Civil Internacional) – Doc 9284-NA/905 IATA - "*International Air Transport Association*" (Associação Internacional de Transporte Aéreo) *Dangerous Goods Regulation* (DGR).
Número ONU:	1202
Nome apropriado para embarque:	DIESEL FUEL
Classe de risco/ subclasse de risco principal:	3
Classe de risco/ subclasse de risco subsidiário:	NA
Grupo de embalagem:	III

15 - INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES

Regulamentações:	Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998. Norma ABNT-NBR 14725-4:2014. Lei n°12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Decreto n° 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Portaria MTE nº 704 de 28 de maio de 2015 – Altera a Norma Regulamentadora nº 26. Produto sujeito a controle e fiscalização do Ministério da Justiça - Departamento de Polícia Federal – MJ/DPF, quando se tratar de importação, exportação e reexportação, sendo indispensável Autorização Prévia do DPF para realização destas operações.

16 - OUTRAS INFORMAÇÕES

Esta FISPQ foi elaborada com base nos atuais conhecimentos sobre o manuseio apropriado do produto e sob as condições normais de uso, de acordo com a aplicação especificada na embalagem. Qualquer outra forma de utilização do produto que envolva a sua combinação com outros materiais, além de formas de uso diversas daquelas indicadas, são de responsabilidade do usuário.

Adverte-se que o manuseio de qualquer substância química requer o conhecimento prévio de seus perigos pelo usuário. No local de trabalho cabe à empresa usuária do produto promover o treinamento de seus empregados e contratados quanto aos possíveis riscos advindos da exposição ao produto químico.

Siglas:

ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

CAS - *Chemical Abstracts Service*

IARC – *International Agency for Research on Cancer*

DL_{50} - Dose letal 50%

NA – Não aplicável

ONU – Organização das Nações Unidas

TLV - *Threshold Limit Value*

TWA - *Time Weighted Average*

Referênicas bibliográficas:

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIALS HYGIENISTS. TLVs® E BEIs®: baseado na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®). Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacional. São Paulo, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). Norma Regulamentadora (NR) n°7: Programa de controle médico de saúde ocupacional. Brasília, DF. Jun. 1978.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). Norma Regulamentadora (NR) n°15: Atividades e operações insalubres. Brasília, DF. Jun. 1978.

EPA dos EUA. 2011. EPI Suite ™ para Microsoft ® Windows, v 4.10. Estados Unidos: Agência de Proteção Ambiental, Washington. 2011. Disponível em: < http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>. Acesso em: Novembro de 2013.

Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). 5. rev. ed. New York: United Nations, 2013.

HSDB - HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgibin/sis/htmlgen?HSDB>. Acesso em: Novembro de 2013.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. Acesso em: Novembro de 2013.

IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – INCHEM. Disponível em:

<http://www.inchem.org/>. Acesso em: Novembro de 2013.

IPIECA – INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. Guidance on the application of Globally Harmonized System (GHS) criteria to petroleum substances. Version 1. June 17th, 2010. Disponível em: http:// www.ipieca.org/system/files/publications/ghs_guidance_17_june_2010.pdf. Acesso em: Outubro de 2013.

IUCLID - INTERNATIONAL UNIFORM CHEMICAL INFORMATION DATABASE. [S.l.]: European chemical Bureau. Disponível em: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu>. Acesso em: Novembro de 2013.
SIRETOX/INTERTOX - SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RISCOS DE EXPOSIÇÃO QUÍMICA. Disponível em: <http://www.intertox.com.br>. Acesso em: Novembro de 2013.

TOXNET - TOXICOLOGY DATA NETWORKING. ChemIDplus Lite. Disponível em: <http://chem.sis.nlm.nih.gov/>. Acesso em: Novembro de 2013.
Alternative Fules Guidebook.

II.10. PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL - PEI

O Plano de Emergência Individual – PEI, por suas características particulares, encontra-se apresentado em volume próprio anexo a este documento.