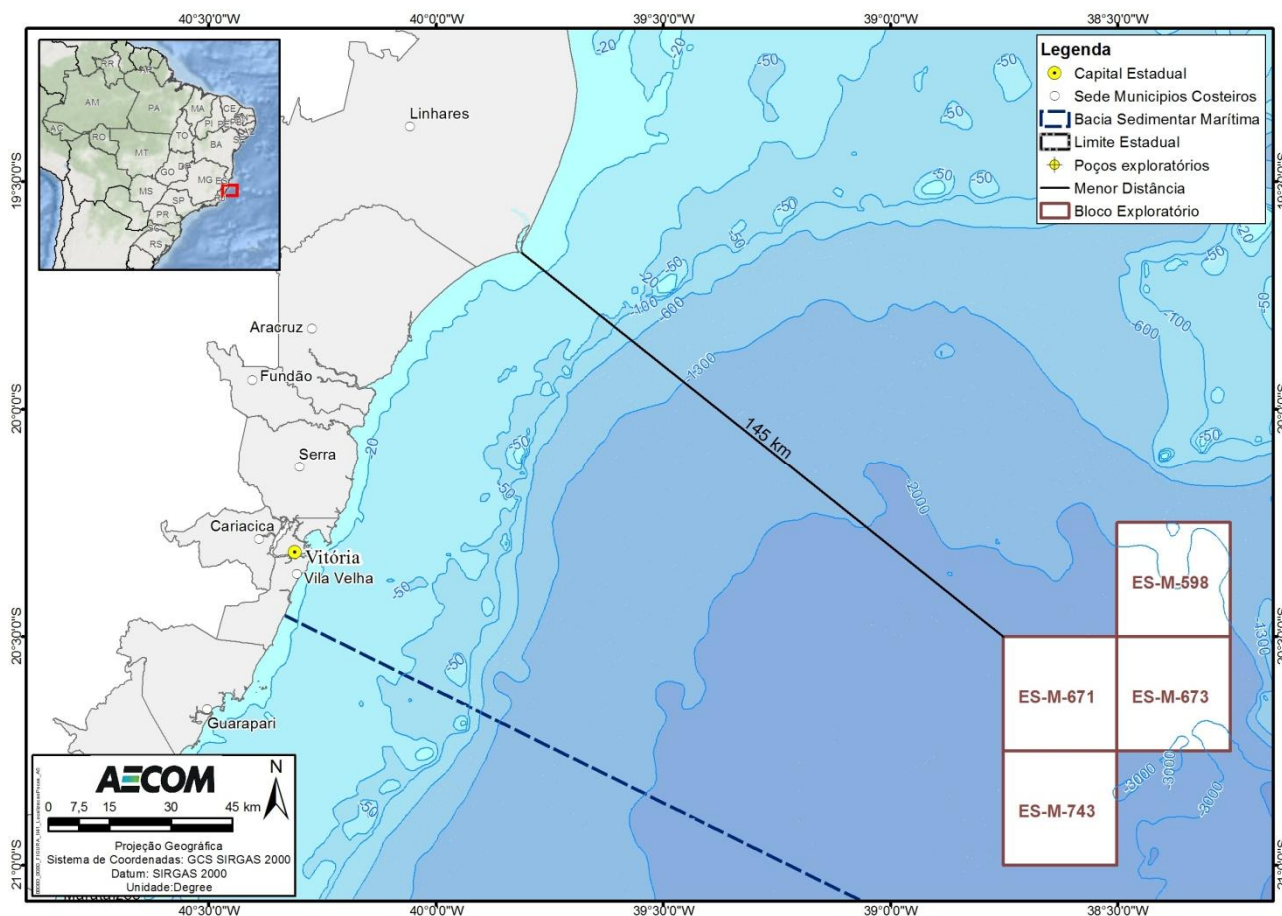


## II.9. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

### A) INTRODUÇÃO

A presente Análise de Riscos Ambientais (ARA) foi elaborada para o Licenciamento Ambiental para a Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, localizados na Bacia do Espírito Santo (**Figura II.9.1**).



**FIGURA II.9.1 – Localização dos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, na Bacia do Espírito Santo.**

A região costeira que pode ser afetada caso haja acidente com vazamento de grandes volumes de óleo possui significativa diversidade físico-biológica, destacando-se a presença de praias arenosas, manguezais, marismas, estuários, costões rochosos e recifes de corais. Essas características asseguram à região expressiva atividade turística e o uso de recursos dos ecossistemas como fonte de renda. Os manguezais da região possuem considerável biodiversidade, apesar de em alguns locais apresentarem-se bastante descaracterizados devido à ação antrópica. Os costões rochosos encontrados na região, por sua vez, abrigam diversas espécies de peixes e invertebrados, e são frequentes no litoral dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina.

Além disso, a área também abriga uma grande variedade de grupos faunísticos como tartarugas marinhas, cetáceos, aves e recursos pesqueiros. A área passível de ser atingida pelo óleo em caso de vazamentos de grandes volumes também é área de alimentação e desova de tartarugas marinhas, local de invernagem e rota migratória de aves costeiras e oceânicas provenientes tanto do hemisfério norte como do hemisfério sul, além de apresentar rotas migratórias e áreas de reprodução para cetáceos e diversas espécies de peixes ameaçadas de extinção ou sobre-exploradas.

Assim, considerando-se a sensibilidade dessa região, esta Análise de Risco Ambiental (ARA) foi elaborada a partir de uma metodologia desenvolvida pelas empresas AECOM e PROOCEANO, visando o atendimento ao Termo de Referência N° 09/14, bem como às orientações e diretrizes da CGPEG/DILIC/IBAMA para a determinação dos Riscos Ambientais associados às atividades de perfuração marítima. Tal metodologia será apresentada em detalhes a seguir e sequencialmente serão apresentados os resultados encontrados para essa atividade, assim como as conclusões estabelecidas.

## **B) METODOLOGIA**

Para a análise e gerenciamento dos riscos ambientais do empreendimento 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. Dessa 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 de onde a atividade será desenvolvida e que conseqüentemente poderão ser impactados, assim como para seu tempo de recuperação.

De acordo com a metodologia proposta, o Risco Ambiental é expresso em termos da probabilidade de cada Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA) ser atingido por determinadas faixas de volume de óleo. Para tanto, são necessários o cálculo do Risco Operacional, os resultados das modelagens de Dispersão de Óleo no Mar e a identificação dos Componentes Ambientais e dos seus Tempos de Recuperação. Com a junção desses componentes é possível se calcular um valor de Risco Ambiental para cada faixa de volume e cenário sazonal (**Figura II.9.2**).

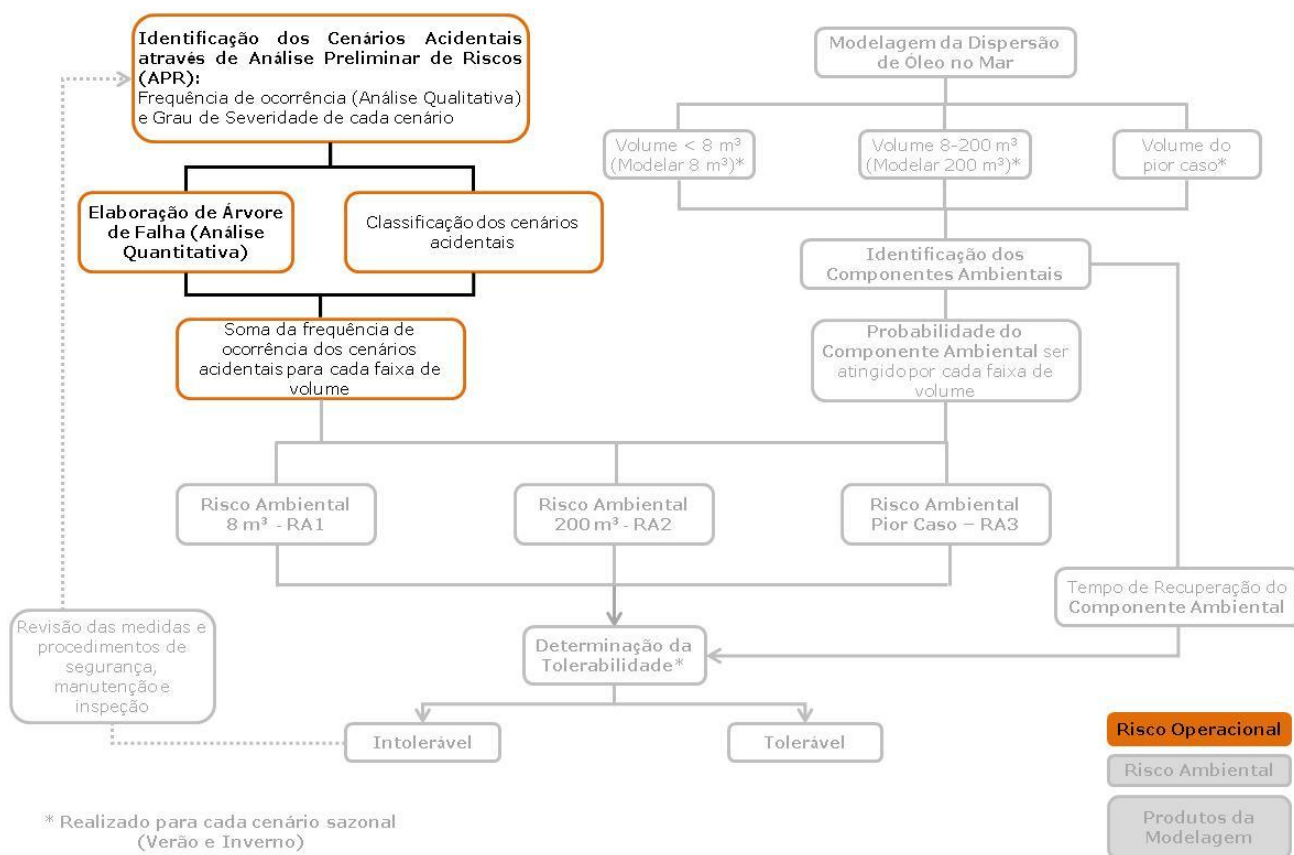


**FIGURA II.9.2 – Componentes necessários para o Cálculo do Risco Ambiental.**

Cada uma das etapas necessárias para a obtenção dos valores de Risco Ambiental será apresentada em detalhes a seguir. A **Figura II.9.7**, ao final deste item, resume o apresentado.

- **RISCO OPERACIONAL**

Para se estabelecer o Risco Operacional, é preciso identificar os Cenários e Tipologias Acidentais através da Análise Preliminar de Riscos (APR). Com isso, é possível, quando necessário, elaborar Árvore de Falhas e classificar os cenários acidentais identificados dentro das categorias de volume de óleo vazado. A partir desta informação são obtidas as frequências de ocorrências dos cenários analisados para cada faixa de volume, as quais, conforme a proposta metodológica, corresponderão às frequências dos eventos iniciadores das Árvore de Eventos. A elaboração das Árvore de Eventos viabiliza a determinação das frequências de ocorrência de cada uma das Tipologias Acidentais possíveis de ocorrer, a partir dos eventos iniciadores analisados por faixa de volume, sendo este um dos componentes do cálculo do Risco Ambiental (**Figura II.9.3**).



**FIGURA II.9.3 – Etapas para o cálculo do Risco Operacional.**

Os cenários e tipologias acidentais avaliados neste estudo foram formulados a partir da análise dos sistemas de perfuração, bem como dos sistemas auxiliares da unidade de perfuração a ser empregada na atividade (OCEAN RIG MYLOS), além das unidades de apoio envolvidas na operação, que pudessem gerar danos ao meio ambiente. Para esses sistemas e operações de apoio, foram identificados os perigos que pudessem resultar em liberação de hidrocarbonetos e/ou outros produtos químicos, segundo as seguintes causas, conforme recomendações de normas internacionais:

- Falhas de processo (dispositivos de controle e segurança dos processos envolvidos na operação de perfuração);
- Falhas mecânicas (erosão ou corrosão de equipamentos, linhas e demais componentes);
- Falhas externas ao processo (falha operacional, falha humana, colisão, fatores naturais, etc.).

A metodologia empregada para identificar os cenários acidentais avaliados foi a Análise Preliminar de Riscos – APR, a qual corresponde a uma técnica estruturada para identificar os riscos associados à ocorrência de eventos indesejáveis, que tenham como consequência danos à integridade física de pessoas, propriedades ou meio ambiente.

Na APR, busca-se identificar as causas de cada um dos eventos perigosos e suas respectivas consequências. Além disso, é realizada uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência dos diferentes cenários



acidentais, da severidade (determinada com base no volume de óleo e/ou produto químico liberado associado a cada cenário analisado) e do risco associado.

É importante mencionar que todos os cenários acidentais identificados neste estudo foram classificados, com base na Resolução CONAMA N° 398/08, em três faixas de volume (pequeno, médio e grande vazamentos), de acordo com o seguinte critério:

- **Pequeno Vazamento (Faixa 1):** volume vazado<sup>1</sup> ≤ 8 m<sup>3</sup>
- **Médio Vazamento (Faixa 2):** 8 m<sup>3</sup> < volume vazado<sup>1</sup> ≤ 200 m<sup>3</sup>
- **Grande Vazamento (Faixa 3):** volume vazado<sup>1</sup> > 200 m<sup>3</sup>

Uma vez identificados os cenários/eventos acidentais por meio da APR, determinou-se as suas respectivas frequências de ocorrência para que, conjuntamente com a severidade em termos das faixas de volumes vazados de cada cenário pudesse ser determinado o risco operacional associado a cada sistema analisado.

Para a classificação quantitativa das frequências de ocorrência dos cenários acidentais foram analisados, através dos P&ID's (*Process and Instrument Diagrams*) da unidade de perfuração, os equipamentos envolvidos em cada um dos sistemas. Suas respectivas taxas de falhas foram obtidas de bancos de dados, tais como HSE<sup>2</sup> e TNO<sup>3</sup>, assim como a partir de uma análise histórica de acidentes. Os valores de frequência de ocorrência de alguns eventos 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. Estas frequências, obtidas para cada evento iniciador, foram consideradas como sendo a frequência de cada um dos cenários para efeitos de classificação das respectivas categorias, e conseqüente determinação, em conjunto com as severidades do risco operacional associado aos cenários analisados nas planilhas de APR. Vale mencionar que, para os cenários referentes à unidade de perfuração, as respectivas frequências foram extraídas do Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais* dos CADUMPs (Cadastros de Unidades Marítimas de Perfuração), do navio-sonda OCEAN RIG MYLOS, a ser empregado nas atividades de perfuração previstas.

Por fim, árvores de eventos foram construídas, partindo-se dos eventos iniciadores e considerando-se o desdobramento do perigo referente a cada cenário da APR, em diferentes tipologias acidentais. Para o presente estudo, as tipologias acidentais consideradas foram incêndio em poça, incêndio/explosão, *flash* e contaminação ambiental.

A construção de árvores de eventos possibilitou o cálculo das frequências de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associadas a cada um dos cenários acidentais identificados e analisados nas planilhas de

<sup>1</sup> O volume vazado corresponde ao volume total vazado de todos os sistemas da unidade de perfuração.

<sup>2</sup> HSE – Offshore Release Statistics, 2002.

<sup>3</sup> Guidelines for Quantitative Risk Assessment “Purple Book” – Committee for the Prevention of Disasters – CPR 18E, 1st Edition, 1999 e Methods for Determining and Processing Probabilities “Red Book” – Committee for the Prevention of Disasters – CPR, 2<sup>nd</sup> Edition, Sdu Uitgevers, Netherlands, 1997.

APR. É importante mencionar que, para a construção das árvores de eventos, foram considerados apenas os cenários/eventos acidentais envolvendo derramamento de óleo no mar, por ser o efeito da contaminação ambiental o foco do presente estudo (conforme orientação da CGPEG/DILIC/IBAMA no Termo de Referência N° 09/14).

Após a determinação, em cada um dos cenários analisados, das frequências associadas à contaminação ambiental, estas frequências foram somadas, para cada faixa de volume, conforme equação a seguir:

$$F_{\text{total} - y} = \sum_{i=1}^n f_i \quad (1)$$

$F_{\text{total}}$  = Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume  $y$ .

$y$  - Faixa de volume.

$f$  – Frequência de ocorrência de um cenário acidental.

$\eta$  – Número de cenários acidentais 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 de valor ambiental 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 e Subcomponentes de Valor Ambiental, assim como o cálculo da probabilidade de cada componente ser atingido serão apresentados no próximo item.

Os resultados da modelagem contemplam dois cenários sazonais, um de Janeiro a Junho e outro de Julho a Dezembro, e três faixas de volume, para quatro pontos de vazamento. Foi utilizada uma integração dos resultados de todos os pontos de vazamento, considerando a maior probabilidade possível em cada célula de grade na superfície e coluna d'água. O relatório técnico de Modelagem de Transporte de Óleo é apresentado, na íntegra, na seção II.6 (Modelagem Numérica) do presente Estudo Ambiental de Perfuração (EAP).

Portanto, para o cálculo do Risco Ambiental foram considerados seis cenários simulados, os quais encontram-se representados a seguir.



## • COMPONENTES DE VALOR AMBIENTAL (CVA)

A identificação dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVA/SVA) se deu a partir das informações contidas no Estudo de Impacto Ambiental elaborado para essa atividade, principalmente aquelas constantes nos itens Análise de Vulnerabilidade e Diagnóstico Ambiental.

Como condições para o estabelecimento dos CVAs/SVAs considerou-se que esses componentes deveriam ter presença significativa na área afetada, ser vulneráveis à poluição por óleo e deveriam atender aos seguintes critérios:

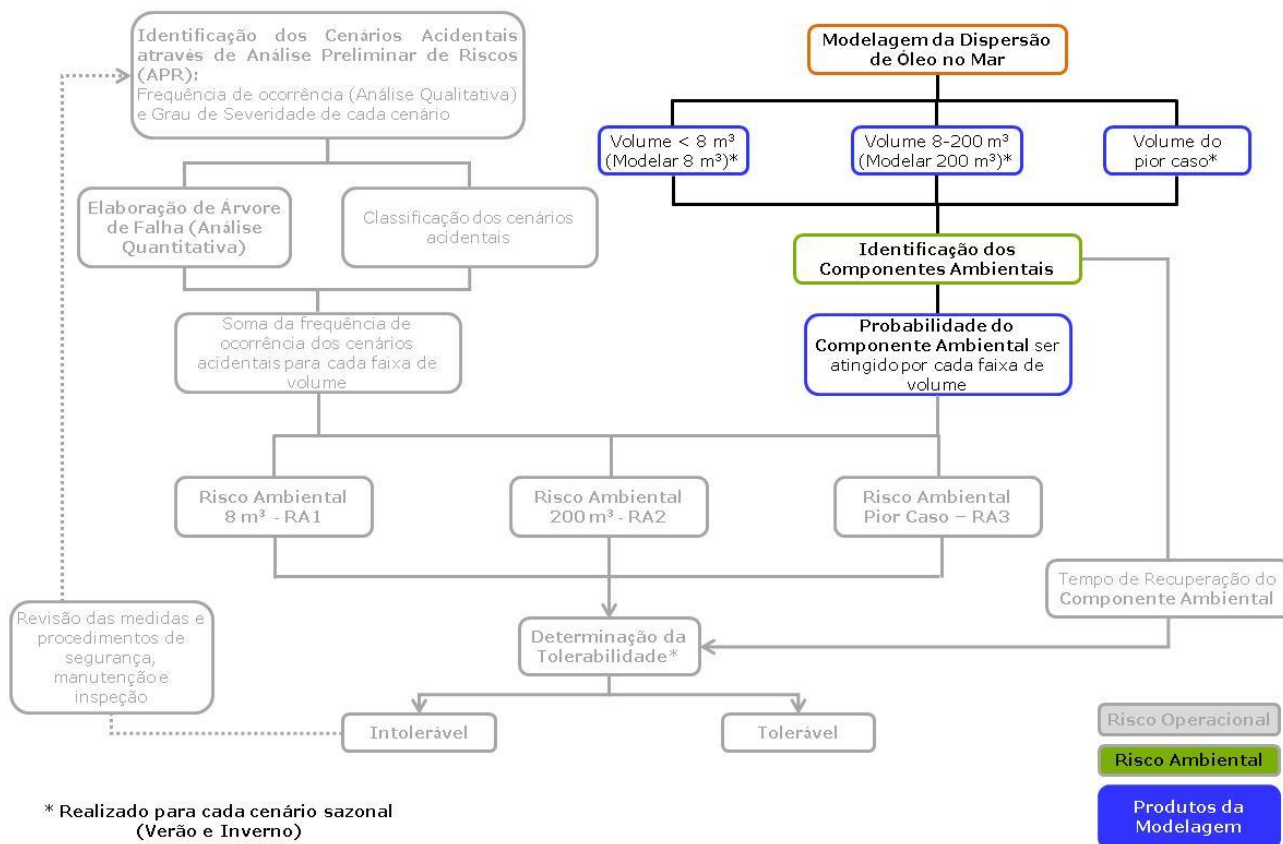
- Ser importante (e não apenas financeiramente) para a população local, ou
- Ter interesse nacional ou internacional, ou
- Ter importância ecológica.

Além disso, a CGPEG/DILIC/IBAMA orienta que estes componentes sejam comunidades biológicas (Ex: aves marinhas oceânicas, cetáceos, 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 como a interação de uma comunidade com seu meio físico e energia (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; MILLER JR., 2007).

Uma vez que os CVAs/SVAs foram identificados, realizou-se o mapeamento dos mesmos 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 desse 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 (**Figura II.9.4**).



**FIGURA II.9.4 – Etapas para o cálculo da probabilidade de um CVA/SVA ser atingido por óleo, em cada faixa de volume.**

A probabilidade de presença de óleo foi calculada para cada CVA/SVA nas seis situações de derrame de óleo simuladas através da modelagem. Todos os Componentes identificados são de distribuição dispersa, que conforme orientado pela CGPEG/IBAMA, são aqueles para os quais não é possível se definir limites claros associados às suas áreas de concentração.

O cálculo da probabilidade de presença de óleo para cada CVA/SVA com distribuição dispersa constitui uma média ponderada da probabilidade pela área de interseção dos elementos de grade atingidos pelo óleo em cada CVA/SVA, por faixa de volume e por cenário sazonal, como se segue na Equação 2 e exemplificado na **Figura II.9.5**.

$$Prob(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

$Prob(x)$  – Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA  $x$ ;

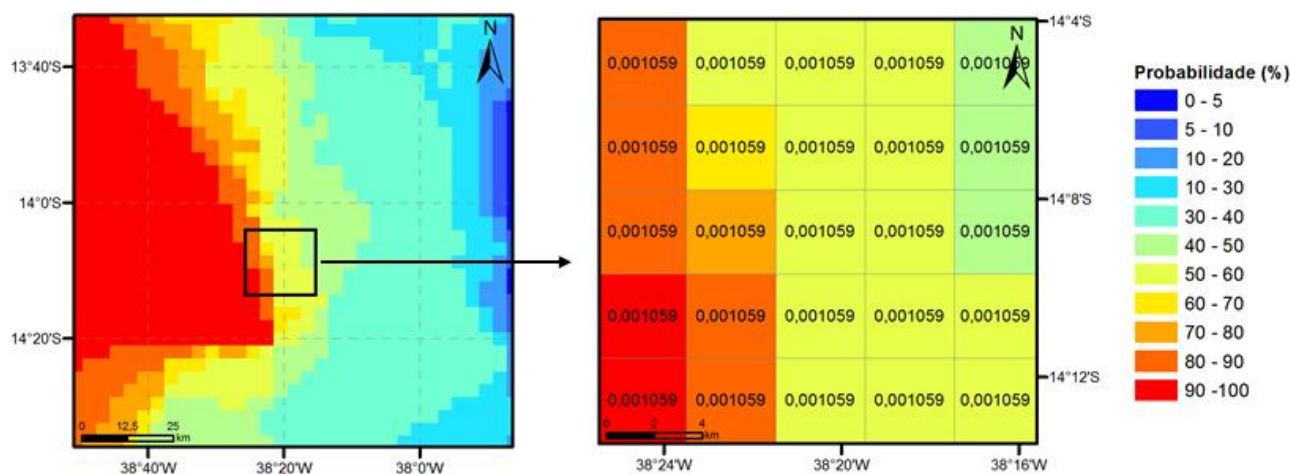
$x$  – CVA/SVA;

$n$  – número de elementos de grade com probabilidade de presença de óleo dentro do CVA/SVA  $x$ ;

$P$  – Probabilidade de presença de óleo no elemento de grade  $n$ ;

$A$  – Área do elemento de grade  $n$ .

Cada elemento de grade tem um valor de probabilidade de presença de óleo e uma área correspondente, como exemplificado na **Figura II.9.5**.



**FIGURA II.9.5 - Representação esquemática de um cenário probabilístico, detalhando a direita os valores de área em cada elemento de grade com suas respectivas cores representando a probabilidade.**

Ressalta-se que, de forma conservadora, as regiões de baías/estuarinas em que a resolução da modelagem não é capaz de representar a chegada de óleo, tiveram os valores de probabilidade na entrada extrapolados para seu interior. Para este estudo, destacam-se as baías de Guanabara, Ilha Grande e Sepetiba.



## • RISCO AMBIENTAL

Uma vez aferidas as frequências de ocorrência dos cenários acidentais e as probabilidades de cada CVA/SVA ser atingido por óleo, calcula-se o risco ambiental para cada componente, em cada faixa de volume e cenário sazonal (**Figura II.9.6**) pela fórmula abaixo:

$$RA_{(x)} = F_{total-y} \times Prob_{(x)} \quad (3)$$

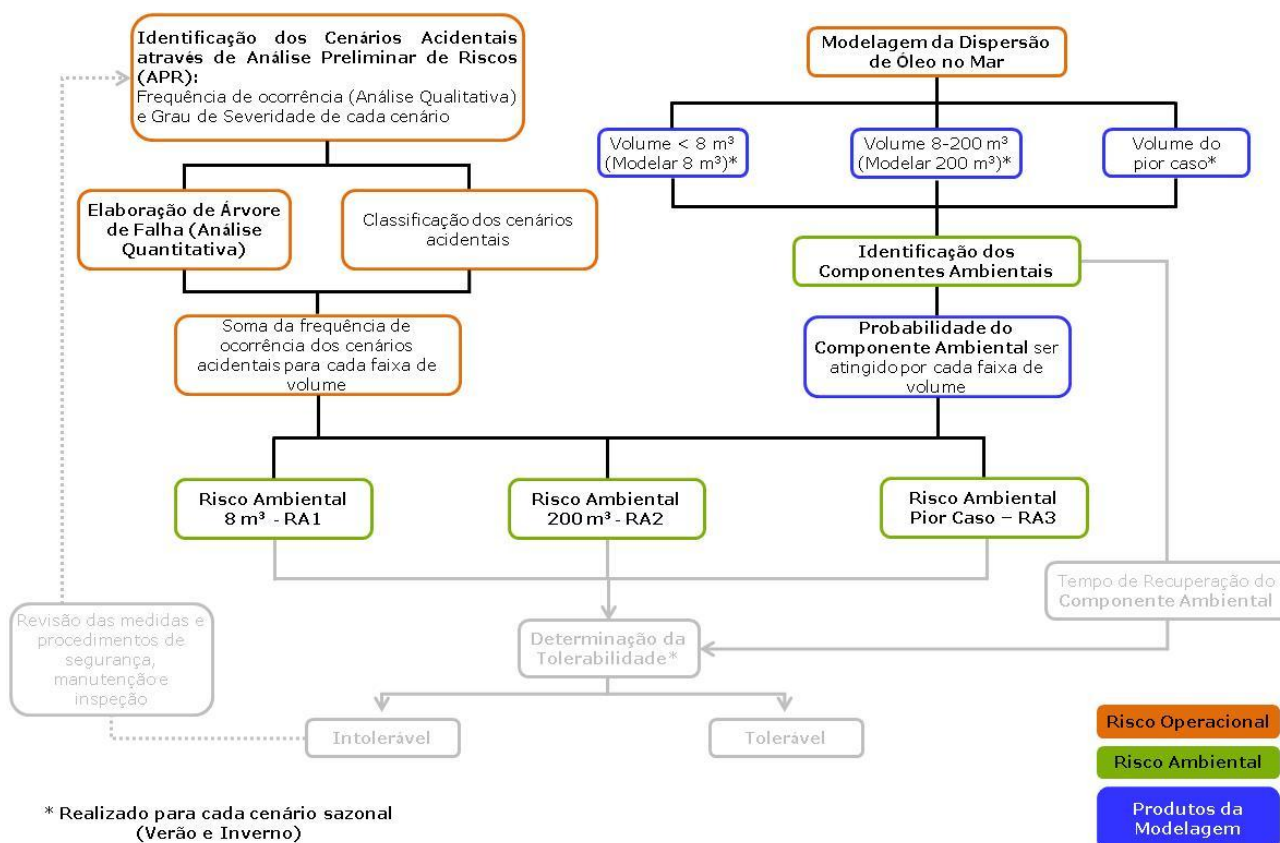
RA - Risco Ambiental do CVA/SVA  $x$ .

$x$  – CVA em determinado vazamento (faixa de volume) e cenário sazonal.

$F_{total-y}$  - Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume  $y$ .

$y$  - Faixa de volume.

Prob - Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA  $x$ .



**FIGURA II.9.6 – Fluxograma com as etapas para o cálculo do Risco Ambiental.**

A Tabela a seguir exemplifica o resultado encontrado para cada componente em cada faixa de volume para um cenário sazonal.

**TABELA II.9.1 – Exemplo de resultado encontrado após o cálculo do Risco Ambiental (RA) para cada componente.**

CVA/SVA	8 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	>200 m <sup>3</sup>
X	RA <sub>x, 8</sub>	RA <sub>x, 200</sub>	RA <sub>x, &gt;200</sub>
Y	RA <sub>y, 8</sub>	RA <sub>y, 200</sub>	RA <sub>y, &gt;200</sub>
Z	RA <sub>z, 8</sub>	RA <sub>z, 200</sub>	RA <sub>z, &gt;200</sub>
n	...	...	...

Conforme orientado no Termo de Referência N° 09/14, após o cálculo dos Riscos Ambientais, por faixa de volume, estes deverão ser somados, a fim de exprimir o risco total de cada CVA/SVA ser atingido.

Após o cálculo do valor de risco total é necessário, agora, determinar se o valor encontrado é considerado tolerável, ou seja, se o tempo de recuperação do CVA/SVA é insignificante em comparação com o tempo de recorrência do dano.

#### • TEMPO DE RECUPERAÇÃO

O tempo de recuperação de cada CVA/SVA, 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 pela CGPEG/DILIC/IBAMA estabelecem como definição para tempo de recuperação “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* anteriormente aos acidentes. Adicionalmente, alguns dos dados pertinentes são resultados de uma amostragem limitada, que conseqüentemente produz grandes intervalos de confiança ao redor das estimativas populacionais (EVOSEC, 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/SVA 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 esse 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 nesse estudo é uma estimativa entre o pior e o melhor caso.

Detalhes 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 vazamento de óleo no mar, em cada faixa de volume e cenário sazonal, que, potencialmente, causariam danos a um determinado CVA/SVA. 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/SVA, podendo, portanto, ser definido como o inverso do Risco Ambiental, conforme a equação abaixo:

$$\text{Tempo de Recorrência}_{(x)} = \frac{1}{F_{\text{total-y}} \times \text{Prob}_{(x)}} = \frac{1}{\text{RA}_{(x)}} \quad (4)$$

x – CVA/SVA em determinado vazamento (faixa de volume) e cenário sazonal.

F<sub>total-y</sub> - Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume y.

y - Faixa de volume.

Prob - Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA x.

RA - Risco Ambiental do CVA/SVA x.

Simplificadamente, o tempo de recorrência pode ser considerado como o tempo total que um dado CVA/SVA teria para se recuperar dos potenciais danos causados por um dado vazamento de óleo, até que um outro viesse a ocorrer.

- **TOLERABILIDADE (RAZÃO ENTRE O TEMPO DE RECUPERAÇÃO E O TEMPO DE RECORRÊNCIA)**

Uma vez estabelecido o tempo de recuperação e os valores de Risco Ambiental para cada CVA/SVA, pode-se calcular a Tolerabilidade. A NORSOK Standard (1998, p. 82) 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”.*

Dessa 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 desse princípio, a tolerabilidade dos riscos é calculada levando-se em consideração a relação entre o Tempo de Recuperação definido para cada CVA/SVA e o tempo de recorrência do dano, conforme a equação abaixo.

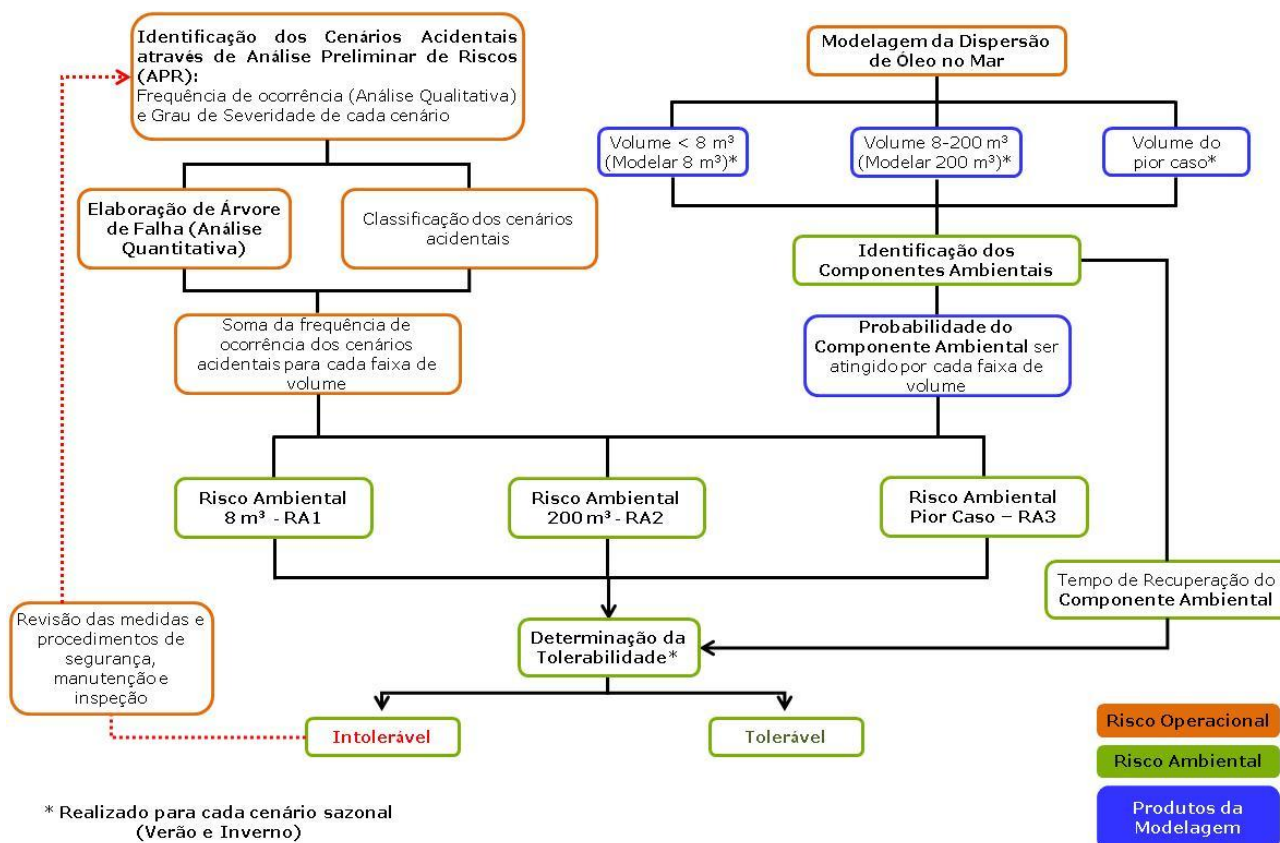
$$\text{Tolerabilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo de recuperação}}{\text{Tempo de recorrência}} \times 100$$

Portanto, a tolerabilidade foi calculada para cada CVA/SVA, considerando as modelagens de dispersão de óleo elaboradas, totalizando um resultado para cada CVA/SVA.

A Tolerabilidade ao risco 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 CGPEG/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.

Vale ressaltar que para todos os cálculos realizados nessa Análise de Risco Ambiental não são consideradas as medidas preventivas e de contingência a derrames de óleo no mar previstas no Plano de Emergência Individual (PEI).

A **Figura II.9.7** apresenta o fluxograma explicativo da metodologia adotada, sendo seguida pelos resultados para a atividade de perfuração marítima a ser desenvolvida no Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, na Bacia do Espírito Santo.



**FIGURA II.9.7 – Fluxograma com as etapas para o cálculo do Risco Ambiental e Tolerabilidade.**



## II.9.1. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES

A descrição da Unidade de Perfuração *Ocean Rig Mylos*, do tipo navio-sonda, a ser empregada na Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, Bacia do Espírito Santo, foi apresentada no Cadastro de Unidades Marítimas de Perfuração – CADUMP da referida sonda, documento protocolado nesta CGPEG/DILIC/IBAMA em 14/02/2013, sob o número de protocolo 02022.001192/13-71, em conformidade com a Nota Técnica N°. 04/2012, para abertura do processo administrativo n° 02022.000971/2013-50. Este documento foi aprovado em 07/11/2013 por meio do Ofício n° 02022.006182/2013-22 CGPEG/DILIC/IBAMA e respectivo Parecer Técnico CGPEG/DILIC/IBAMA n° 000458/2013.

Ressalta-se que no *Anexo I – Descrição da Unidade Marítima (DUM)* do CADUMP supramencionado são apresentados os principais sistemas e subsistemas da unidade de perfuração, incluindo os seus equipamentos de segurança mais relevantes. Como exemplos podem ser citados os equipamentos de controle do poço (BOP), os sistemas de detecção de gases e os equipamentos de combate a incêndio.

No que diz respeito aos critérios de segurança adotados na fase de planejamento, incluindo as medidas preventivas, pode-se dizer que estes corresponderam a medidas adotadas para minimizar os riscos de perda de controle do poço, as quais se encontram listadas a seguir:

### ➤ **Medidas para Minimizar os Riscos de Perda de Controle do Poço**

Existem procedimentos de segurança previstos pela indústria de petróleo durante a perfuração de um poço com o objetivo permanente de manter o controle da pressão do mesmo. Desta forma, os procedimentos previnem eventuais desequilíbrios no sistema de fluidos, melhoram a resposta em caso de perdas de circulação e influxos de fluido (*kick*), e permitem retomar o controle do poço sem ocasionar prejuízos ao empreendimento e ao meio ambiente.

Os procedimentos preventivos a serem seguidos pela STATOIL durante uma perfuração para manter o controle do poço são:

- Realizar testes de absorção (*leak off test*) e/ou integridade da formação e revestimento após o fim das operações de descida e cimentação de revestimento;
- Monitorar a pressão de poro e fratura durante a perfuração das diversas fases ou seções do poço. Podendo ser realizado por meio do próprio monitoramento da sonda de perfuração, da perfilagem durante a perfuração (LWD), das unidades de *mud logging* e também através de monitoramento dos volumes nos tanques e fluxo de fluido de perfuração;
- Usar BOP 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.

- Testar o BOP antes de sua descida na superfície, quando 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;
- Injetar glicol regularmente no BOP (*stack*) por meio do ROV da unidade de perfuração, com o objetivo de prevenir a formação espontânea de hidratos na cabeça do poço, e possuir estoque de metanol para uso caso seja necessário dissolver hidratos já formados na cabeça do poço. Todavia, este procedimento apenas será considerado de acordo com as indicações previstas na análise de risco da operação;
- Monitorar permanentemente o nível do fluido de perfuração nos tanques através de sensores de fluxo durante a perfuração e do tanque de manobra (*trip tank*) durante as retiradas e descidas da coluna de perfuração;
- Sempre que for retirada a coluna ou durante paradas de perfuração e conexões, verificar se o nível do fluido de perfuração está estável no anular, observando se não há perda excessiva, nem influxo de fluido;
- Efetuar periodicamente o treinamento de detecção e controle de “kick” com o objetivo de assegurar que as equipes envolvidas na perfuração estejam capacitadas para o controle do poço e testar seus poderes de reação em situações inesperadas;
- Manter material de contingência estocado na sonda para uso caso seja necessário combater uma perda excessiva de fluido de perfuração para a formação;
- Trabalhar com um volume adequado de fluido de perfuração, mantendo permanentemente uma reserva de segurança;
- Em caso de detecção de influxo indesejável no poço (*kick*), o procedimento imediato é parar a perfuração e fechar o Preventor de Erupção – BOP. Este preventor isola o poço, prevenindo um influxo maior. As leituras das pressões no tubo bengala e no revestimento são utilizadas para se planejar e dar início à circulação do poço para retirada do fluido invasor (água, óleo ou gás) pelo método do Sondador ou do Engenheiro. Qualquer que seja o método adotado para circular o *kick*, após a expulsão controlada do fluido invasor do poço, aumenta-se a densidade do fluido de perfuração para exercer uma pressão hidrostática maior do que a da formação.

## II.9.2. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES AMBIENTAIS

### II.9.2.1. Introdução

A análise histórica de acidentes ambientais foi baseada no banco de dados *Worldwide Offshore Accident Databank* (WOAD), base de dados elaborada e administrada pela *Det Norske Veritas* (DNV) que reúne informações sobre acidentes ocorridos em unidades marítimas a partir de 1970.

A versão digital deste banco de dados, a qual é atualizada periodicamente pela DNV, é acessada através de um *login* e uma senha disponibilizada por aquela empresa. O WOAD confere, segundo a DNV, informações de mais de seis mil acidentes e incidentes desde 1970 até os tempos atuais; informações técnicas sobre cerca de 3.700 unidades *offshore*, incluindo localização da unidade marítima/instalação e modo de operação; dados sobre uma série de parâmetros, tais como nome, tipo e modo de operação da unidade envolvida no acidente, a data, a localização geográfica, a cadeia de eventos, causas e consequências, e detalhes de evacuação.

Com relação aos acidentes/incidentes analisados, o WOAD utiliza as seguintes definições:

- **Falha de ancoragem:** Problemas com as âncoras e cabos de ancoragem, dispositivos de amarração e guinchos.
- **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*.
- **Contato:** Colisões/contatos acidentais entre embarcações engajadas na atividade de óleo e gás na plataforma afetada, por exemplo, embarcações de apoio, de suprimentos ou *stand-by*, rebocadores ou helicópteros, e instalações *offshore* (móveis ou fixas).
- **Acidente com guindaste:** Qualquer evento causado por ou envolvendo guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga.
- **Explosão:** sobrepressão.
- **Queda de carga:** Queda de carga/objetos de guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga. Queda acidental de bote salva-vidas e homem ao mar, também estão incluídos nessa categoria.
- **Incêndio:** radiação térmica.
- **Afundamento:** Perda de flutuabilidade ou afundamento da unidade.
- **Encalhe:** Instalação flutuante em contato com o fundo do mar.
- **Acidente de helicóptero:** Acidente com helicóptero, tanto no heliponto quanto em contato com a instalação.
- **Inundação:** Entrada de água na unidade ou enchimento de poço ou outros compartimentos causando potencial perda de flutuabilidade ou problemas de estabilidade.
- **Adernamento:** Inclinação descontrolada da unidade para um dos bordos.
- **Falha de máquinas:** Falha de motores ou propulsores, incluindo sistemas de controle.
- **Perda de posição:** Unidade não intencionalmente fora de sua posição esperada ou deriva fora de

controle.

- **Dano estrutural:** Quebra ou falha por fadiga de elementos estruturais.
- **Acidente de reboque:** Rompimento do cabo de reboque.
- **Problemas no poço:** Problema acidental, tal como perda da carga hidrostática ou outros no interior do poço.
- **Derramamento/vazamento:** 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.
- **Blowout:** Fluxo descontrolado de óleo, gás ou outros fluidos do reservatório, ou seja, perda da carga hidrostática ou do BOP ou da válvula de emergência do fundo do poço.
- **Outros:** Eventos outros que não os especificados acima.

As tabelas seguintes foram obtidas da versão digital do WOAD, em pesquisa realizada com seus dados mais recentes, em março/2013. Destaca-se na **Tabela II.9.2.1** o número total de unidades daquele banco de dados. Esta tabela demonstra que o quantitativo de unidades fixas supera o quantitativo de unidades móveis pesquisadas. Para navio-sonda, tipo de unidade de perfuração a ser empregada na atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental, foram 110 navios-sonda pesquisados.

**TABELA II.9.2.1 – Número total de unidades marítimas por tipo de unidade/instalação (móvel, fixa ou outras) – 1970 – 2013 (WOAD on line)**

<b>Tipo de Unidade</b>	<b>Unidades Fixas</b>	<b>Unidades Móveis</b>	<b>Outras</b>	<b>Total</b>
Ilha Artificial	2	0	0	<b>2</b>
Barcaça (sem perfuração)	0	0	63	<b>63</b>
Estrutura de concreto	31	0	0	<b>31</b>
Barcaça de perfuração	0	141	0	<b>141</b>
Navio-sonda	0	110	0	<b>110</b>
Embarcação de apoio à perfuração ( <i>Drilling tender</i> )	0	0	16	<b>16</b>
Queimador	10	0	0	<b>10</b>
FPSO/FSU	0	24	0	<b>24</b>
Helicóptero - atividade <i>offshore</i>	0	0	275	<b>275</b>
Jaqueta	1303	0	0	<b>1303</b>
Autoelevatória ( <i>Jackup</i> )	0	728	0	<b>728</b>
Embarcação de lançamento de linhas ( <i>Lay barge</i> )	0	0	23	<b>23</b>
Boia de carga ( <i>Loading buoy</i> )	0	0	30	<b>30</b>
Unidades móveis (sem perfuração)	0	0	18	<b>18</b>
Outros	0	0	8	<b>8</b>
Outras / Estruturas fixas não conhecidas	0	0	7	<b>7</b>
Oleoduto	1	0	0	<b>1</b>
Plataforma de perfuração	0	0	247	<b>247</b>
Semissubmersível	0	328	0	<b>328</b>
Navios (outros)	0	0	26	<b>26</b>
Submersível	0	43	0	<b>43</b>
Instalações submarinas	0	0	22	<b>22</b>
Plataforma <i>Tension leg</i>	13	0	0	<b>13</b>
Estruturas de suporte de poços	230	0	0	<b>230</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1590</b>	<b>1374</b>	<b>735</b>	<b>3699</b>

 Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

A Tabela II.9.2.2, a seguir, foi gerada através do cruzamento dos tipos de unidades/instalações relacionadas ao quantitativo de acidentes.



**TABELA II.9.2.2 – Número de ocorrências de acidentes por tipo de unidade/installação em todo o mundo – 1970 – 2013 (WOAD *on line*).**

<b>Tipo de Unidade</b>	<b>Quantidade de Ocorrências</b>
Ilha Artificial	1
Barcaça (sem perfuração)	41
Estrutura de concreto	81
Barcaça de perfuração	65
Navio-sonda	91
Embarcação de apoio à perfuração ( <i>Drilling tender</i> )	10
Queimador	1
FPSO/FSU	10
Helicóptero - atividade <i>offshore</i>	238
Jaqueta	716
Autoelevatória ( <i>Jackup</i> )	552
Embarcação de lançamento de linhas ( <i>Lay barge</i> )	21
Boia de carga ( <i>Loading buoy</i> )	13
Unidades móveis (sem perfuração)	18
Outras / Estruturas fixas não conhecidas	3
Oleoduto	139
Semissubmersível	277
Navios (outros)	6
Submersível	19
Instalações submarinas	4
Plataforma <i>Tension leg</i>	13
Estruturas de suporte de poços	122
<b>Total</b>	<b>2431</b>

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Segundo o banco de dados WOAD (DNV, 2013), para navios-sonda há registro de 91 ocorrências dentre um total de 110 navios-sonda pesquisados.

Vale ressaltar que um acidente pode compreender uma cadeia de acontecimentos consecutivos (resultados de acidentes ou ocorrências), por exemplo, uma explosão, resultando em incêndio, explosão e vazamento de óleo. Isto significa que um único acidente ou incidente pode dar origem a várias ocorrências. O número total de ocorrências será, assim, muito mais elevado do que o número total de acidentes registrados. Porém, a

**Tabela II.9.2.2**, anteriormente apresentada, é específica para registros de acidentes em navios-sonda durante o período de 1970-2013. Segundo o WOAD, ainda há 65 ocorrências de incidentes (situações de perigo), três ocorrências para quase acidentes e quatro ocorrências para eventos considerados insignificantes em navios-sonda registrados neste banco de dados. Portanto, quando é apresentado na **Tabela II.9.2.2** o valor de 91 acidentes em navios-sonda, este número corresponde às ocorrências registradas e categorizadas como acidente, dentro do total de 163 ocorrências registradas para navios-sonda no WOAD.

### II.9.2.2. Ocorrência de acidentes por tipologia acidental

Neste item serão apresentados os resultados encontrados no banco de dados WOAD (1970-2013 - versão digital) das ocorrências dos acidentes por tipologia acidental.

A **Tabela II.9.2.3**, a seguir, apresenta o número de acidentes em navios-sondas distribuídos por regiões.

**TABELA II.9.2.3 – Número de ocorrências de acidentes em navios-sonda por tipo de acidentes e por região – 1970 – 2013 (WOAD on line).**

Tipo de Acidentes	Região			Total
	Mar do Norte	Outros	Golfo do México	
<i>Blowout</i>	0	6	3	<b>9</b>
Quebra ou Fadiga	1	6	1	<b>8</b>
Emborcamento	0	5	0	<b>5</b>
Colisão	0	26	5	<b>31</b>
Explosão	2	6	0	<b>8</b>
Queda de carga	0	8	4	<b>12</b>
Incêndio	0	7	0	<b>7</b>
Encalhe	0	1	1	<b>2</b>
Derramamento / Vazamento	0	3	2	<b>5</b>
Falha de Máquinas	1	1	0	<b>2</b>
Problemas no poço (sem <i>blowout</i> )	0	0	1	<b>1</b>
Outros	0	0	1	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>69</b>	<b>18</b>	<b>91</b>

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Dentre os eventos acidentais envolvendo navios-sonda, a colisão com embarcações da atividade *offshore* foram os mais frequentes. No que se refere ao grau do dano, o WOAD fornece as seguintes informações para navios-sonda, conforme a **Tabela II.9.2.4** a seguir.

**TABELA II.9.2.4 – Número de ocorrências em navio-sonda por tipo de acidentes e pelo grau de intensidade do dano – 1970 – 2013 (WOAD *on line*).**

NAVIO-SONDA						
Tipo de Acidentes	Grau do Dano					Total
	Insignificante / Sem danos	Menor dano	Dano severo	Dano significativo	Perda total	
<i>Blowout</i>	7	0	1	1	0	9
Quebra ou Fadiga	0	2	2	4	0	8
Emborcamento	0	0	1	0	4	5
Colisão	2	8	2	19	0	31
Explosão	3	2	0	3	0	8
Queda de carga	0	2	2	8	0	12
Incêndio	0	5	0	2	0	7
Encalhe	0	0	1	1	0	2
Derramamento / Vazamento	0	0	0	5	0	5
Falha de Máquinas	0	1	0	1	0	2
Problemas no poço (sem <i>blowout</i> )	0	0	0	1	0	1
Outros	0	0	0	1	0	1
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>46</b>	<b>4</b>	<b>91</b>

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

A ocorrência em maior número está relacionada à colisão envolvendo embarcações *offshore* com dano significativo, sendo este tipo de dano o mais frequente segundo os dados apresentados.

Com relação a liberações acidentais com potencial direto de dano ao meio ambiente – óleo cru, óleo diesel ou outras substâncias químicas –, a **Tabela II.9.2.5** apresenta o número de liberações ocorridas em navios-sonda em todo o mundo, em função da severidade do derrame.

**TABELA II.9.2.5 – Número de liberações acidentais de óleo cru, óleo diesel ou outras substâncias químicas ocorridas em navios-sonda em todo o mundo.**

Tipo de acidente	Intensidade do Vazamento					Total
	Pequeno	Moderado	Significante	Grande	Muito Grande	
<i>Blowout</i>	6	0	0	3	0	<b>9</b>
Quebra ou Fadiga	8	0	0	0	0	<b>8</b>
Emborcamento	4	0	0	0	1	<b>5</b>
Colisão	29	0	0	1	1	<b>31</b>
Explosão	8	0	0	0	0	<b>8</b>
Queda de carga	12	0	0	0	0	<b>12</b>
Incêndio	6	0	0	0	1	<b>7</b>
Encalhe	2	0	0	0	0	<b>2</b>
Derramamento / Vazamento	5	0	0	0	0	<b>5</b>
Falha de Máquinas	2	0	0	0	0	<b>2</b>
Problemas no poço (sem <i>blowout</i> )	1	0	0	0	0	<b>1</b>
Outros	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>91</b>

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Ainda com relação a derramamentos de óleo, a **Tabela II.9.2.6** apresenta dados provenientes da base de dados do *Environmental Research Consulting* (ERC) e apresentados pelo IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP *Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* (GESAMP) em 2007 relativos a derramamentos acidentais em atividades marítimas de E&P no período 1968-1999. Esta base de dados possui extensiva informação sobre acidentes com vazamento, incluindo data, localização, tipo e nome da fonte, quantidade e tipo de óleo vazado. O ERC computou mais de 250.000 registros individuais de derramamentos de diversas fontes, incluindo embarcações, dutos, atividades marítimas de E&P, instalações costeiras, assim como de fontes desconhecidas. A **Tabela II.9.2.6** apresenta os dados de vazamentos maiores que 10.000 galões americanos (aproximadamente 34 toneladas), valor este considerado o limite abaixo do qual os dados não são precisos.

**TABELA II.9.2.6 – Derramamentos acidentais de óleo em atividades marítimas de E&P no período 1968-1999.**

Ano	Número de derramamentos maiores que 34 t	Quantidade total (t) derramada em derramamentos maiores que 34 t
1968	0	0
1969	0	0
1970	0	0
1971	1	14.286
1972	0	0
1973	1	0
1974	1	150
1975	0	0
1976	0	0
1977	1	28.912
1978	2	3.432
1979	7	477.807
1980	7	44.184
1981	0	0
1982	4	3.007
1983	10	280.599
1984	2	1.180
1985	3	578
1986	6	38.092
1987	6	8.969
1988	6	2.054
1989	3	180
1990	4	626
1991	2	136
1992	1	827
1993	1	61
1994	0	0
1995	1	500
1996	0	0
1997	4	885
1998	3	440
1999	0	0

Fonte: GESAMP, 2007



Como se pode observar, os anos de 1979 e 1983 registraram as maiores quantidades de óleo derramadas. Do total derramado em 1979, 476.190 toneladas são atribuídas ao *blowout* do poço exploratório Ixtoc I, que vazou durante 295 dias, na baía da Campeche, na costa do Golfo do México. O outro grande vazamento ocorreu em 1983, devido ao *blowout* de um poço no Campo de Nowruz, no Irã, que despejou 272.100 toneladas de óleo no Golfo Pérsico/Arábico, ao longo de 196 dias. O poço de Nowruz liberou óleo a uma taxa de 571 a 1.429 toneladas diárias, até ser fechado seis meses e meio mais tarde (GESAMP, 2007).

Em 1988, o acidente com a plataforma *Piper Alpha* no Mar do Norte, na costa de Aberdeen, Escócia, provocou o derramamento de 750 t de óleo. Nesse mesmo ano, uma plataforma de produção flutuante derramou 1.500 t de óleo no Campo de Fulmar, no Mar do Norte, na costa do Reino Unido. Em 1990, um poço no Campo de Troll, na costa da Noruega, no Mar do Norte, vazou 361 t durante um teste de formação. Em 1992, um erro de operação causou um derramamento de 827 t no Campo de Statfjord, também na costa da Noruega. Ainda em 1992, ocorreu um derramamento de 1.643 t de óleo, devido à erupção de um poço de produção, na costa da Baía de Timbalier, Louisiana, no Golfo do México. Outra plataforma do Mar do Norte, em 1995, derramou 500 t na costa da Alemanha, como resultado de danos estruturais. Em 1997, a plataforma flutuante de armazenamento *Captain Field* derramou 680 t de óleo no Mar do Norte, a 145 km da costa da Escócia (GESAMP, 2007).

Ademais dos acidentes supramencionados, no mês de abril de 2010, houve um acidente no Golfo do México com a plataforma da Transocean *Deepwater Horizon* contratada pela BP, o qual resultou no vazamento de 3,19 milhões de barris de petróleo a 6,4 quilômetros da costa e atingiu a área costeira dos estados do Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama e Flórida, nos Estados Unidos.

Particularmente com relação a liberações de óleo decorrentes de *blowouts*, estudo da *Royal Society of Canada* (2004) relata algumas estimativas sobre a frequência de ocorrência destes eventos. A **Tabela II.9.2.7** apresenta os valores calculados por LGL (2000, 2003) e Husky (2000) *apud* RSC (2004), com base em dados históricos, para a frequência de derramamentos de óleo decorrentes de *blowouts* em poços exploratórios e de desenvolvimento, respectivamente.

**TABELA II.9.2.7 – Frequência de derramamentos de óleo decorrentes de *blowouts* (por poço perfurado).**

Tipos de poço	Quantidade derramada	
	> 10.000 bbl (1.600 m³)	> 150.000 bbl (24.000 m³)
Exploração (LGL, 2000)	$1,5 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-5}$
Desenvolvimento (Husky, 2000)	$7,8 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-5}$

Fonte: RSC, 2004

Para fins de cálculo da frequência de *blowout* utilizou-se o banco de dados históricos mais atual do *Scandpower - SINTEF Offshore Blowout Database*, publicado em junho de 2006. Segundo os dados do SINTEF, para perfurações em poços exploratórios profundos (poços normais) a frequência é de  $3,1 \times 10^{-4}$  por poço perfurado.

No Brasil, a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) emite anualmente relatórios de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural. Nestes

relatórios, são apresentados dados sobre os incidentes ocorridos em unidades marítimas e terrestres reportados à ANP. Os dados mais recentes disponibilizados referem-se ao ano de 2013, publicados em dezembro de 2014. A **Tabela II.9.2.8** apresenta as informações disponibilizadas sobre o período de 2008 a 2013. Observa-se tendência de estabilização do número total de incidentes comunicados e uma diminuição no número absoluto de descargas ou vazamentos de petróleo e derivados, de água oleosa, além da redução de ocorrências de explosão/incêndio e abalroamentos quando comparados os anos de 2012 e 2013. Em contrapartida, observa-se aumento no número de feridos em incidentes operacionais.

**TABELA II.9.2.8 – Distribuição histórica dos incidentes comunicados à ANP em unidades de perfuração e produção marítimas e terrestres<sup>1</sup>.**

Tipo de Acidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Descarga ou vazamento de petróleo ou derivados	59	101	86	79	109	89
Descarga ou vazamento de água oleosa	2	7	24	95	34	21
Descarga ou vazamento de fluido de perfuração	5	15	27	42	33	35
Explosão e/ou incêndio	2	5	11	50	79	65
Parada não programada	6	32	43	56	58	62
<i>Blowout</i>	0	1	2	1	0	0
Abalroamento	4	3	3	6	10	1
Adernamento	0	0	2	1	1	0
Número de óbitos em incidentes operacionais	8	3	3	6	2	2
Número de feridos em incidentes operacionais	7	8	14	26	31	58
<b>Total de incidentes comunicados</b>	<b>150</b>	<b>260</b>	<b>375</b>	<b>664</b>	<b>944</b>	<b>939</b>

<sup>1</sup> A soma dos dados desta tabela não representa o total de incidentes, pois nem todos foram relacionados e, em alguns casos, um mesmo evento pode acarretar mais de uma das consequências listadas na referida tabela.

Fonte: ANP, 2014.

Ao contrário dos anos anteriores, o ano de 2013 apresentou número maior de registros de quase acidentes em relação ao número de acidentes, os quais apresentaram redução de 40% (**Tabela II.9.2.9**). A ANP classifica quase acidente como qualquer evento inesperado com potencial de risco para a segurança operacional, não causando danos à saúde humana, ao meio ambiente ou ao patrimônio próprio da empresa ou de terceiros, enquanto que acidentes são os eventos em que há danos.

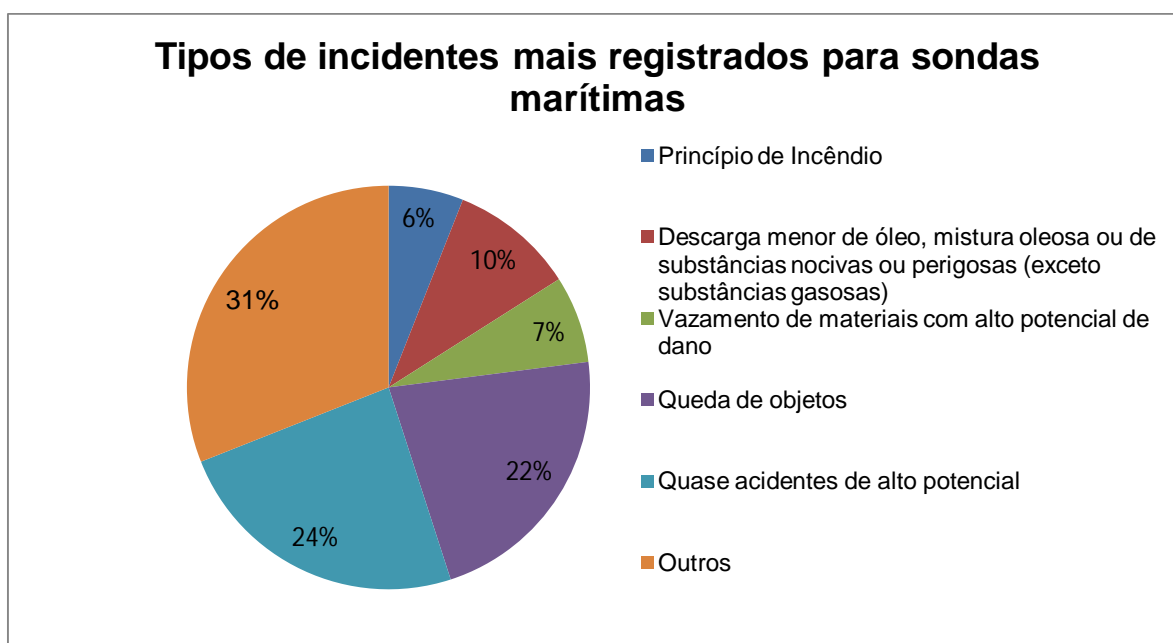
Ao avaliar os tipos de incidentes mais comuns em unidades marítimas de perfuração (**Figura II.9.2.1**), observa-se que 24% envolvem eventos de quase acidente de alto potencial, seguidos por 22% de eventos com queda de objetos. Em relação a eventos com danos, as descargas menores de material oleoso, o

vazamento de materiais de alto potencial de dano (principalmente fluido de perfuração) e os princípios de incêndio são os eventos mais frequentes.

**TABELA II.9.2.9 – Evolução dos registros da ANP em relação à gravidade dos incidentes.**

Gravidade dos Incidentes	2010	2011	2012	2013
Acidentes	341	578	604	367
Quase Acidentes	34	86	340	573

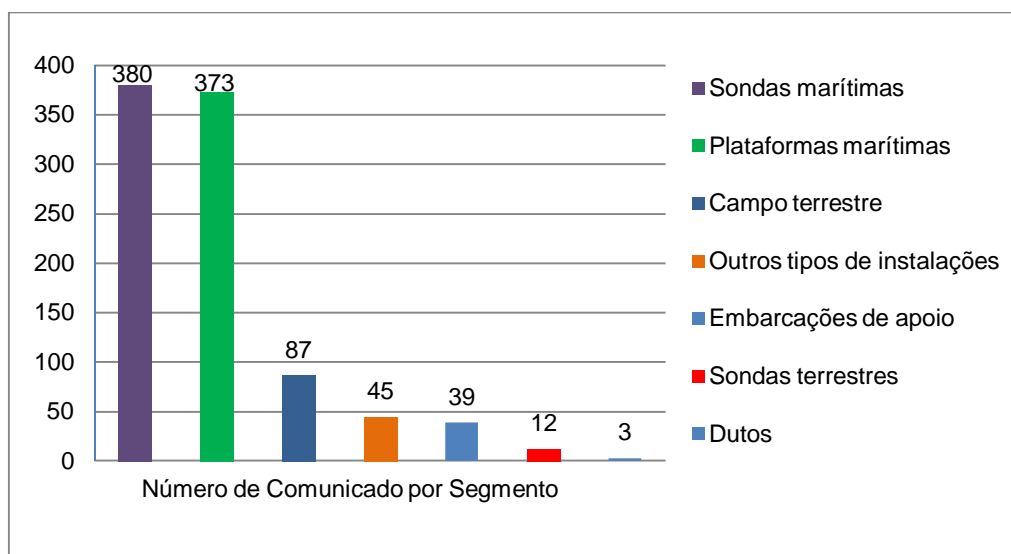
Fonte: ANP, 2014.



**FIGURA II.9.2.1 – Tipos de incidentes mais comunicados à ANP para unidade marítimas de perfuração em 2013.**

Fonte: ANP, 2014

O número de eventos por atividade regulada é representado na **Figura II.9.2.2**, os incidentes ocorridos em sondas marítimas e plataformas de produção representam cerca de 80% dos eventos comunicados, enquanto campos terrestres cerca de 10%, e sondas terrestres e dutos representam, respectivamente 1,3 e 0,3%.



**FIGURA II.9.2.2 – Incidentes comunicados à ANP por segmento em 2013.**

Fonte: ANP, 2014

A distribuição dos volumes descarregados dentre todos os incidentes comunicados à ANP é apresentada na **Tabela II.9.2.10**. Observa-se que grande parte dos incidentes comunicados com perda de contenção envolveu o derrame de fluidos e petróleo, água oleosa e óleos tratados. Entretanto, ao se contabilizar os volumes registrados, cada evento que envolve a descarga de fluido de perfuração tende a apresentar uma descarga de maior volume. Segundo os dados, houve considerável decréscimo do volume de descargas de petróleo e aumento significativo nos valores de descarga de água oleosa. A ANP aponta para a incapacidade de plantas de processo de produção atender aos valores máximos estipulados para óleos e graxas ao longo de sua vida útil, o que pode relacionar-se com causas como: sobrecarga de óleo bruto em relação à capacidade de tratamento ou óleo de características diferenciadas, problema temporário ou *by-pass* em algum de seus equipamentos entre outros.

**TABELA II.9.2.10 – Distribuição dos volumes descarregados (m<sup>3</sup>) em incidentes com perda de contenção.**

Tipo de Fluido	2010	2011	2012	2013
Petróleo	10,92	607,9	26,8	13,78
Óleo e derivados	10,35	1,18	7,96	11,32
Fluido de perfuração	370,43	250,35	56,85	92,66
Água Oleosa	24,85	6,49	24,28	57,29

Fonte: ANP, 2014.

### II.9.2.3. Frequências associadas às tipologias acidentais

Neste item estão apresentados os dados estatísticos gerados através dos bancos de dados WOAD (1970-1997), elaborados pela DNV e publicados em seu WOAD Statistical Report 1998, e HSE (1990-2007), além de outros bancos de dados que apresentam taxas de falhas de equipamentos utilizados em sistemas e subsistemas das unidades marítimas da indústria a de óleo e gás.

O banco de dados *Healthy & Safety Executive* (HSE) do Reino Unido realizou uma pesquisa com o objetivo de obter as estatísticas dos acidentes no ambiente *offshore* para unidades fixas e flutuantes em operação na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS), gerando o relatório *Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990-2007* publicado pela *Oil & Gas UK* em abril de 2009.

O objetivo principal desta publicação foi a obtenção de estatísticas completas para os acidentes e incidentes ocorridos na atividade de exploração de petróleo e gás *offshore* através de unidades fixas e flutuantes na UKCS durante o período de 1990-2007, incluindo o número de acidentes e incidentes com frequências correspondentes por tipo de instalação / equipamento.

A **Tabela II.9.2.11**, abaixo, explicita o espaço amostral trabalho pelo banco de dados WOAD (DNV, 1999). Percebe-se que no período de 1980-1997 um total de 10.063 unidades móveis de perfuração formou a base amostral da pesquisa e, mais especificamente, 600 navios-sonda compuseram o universo amostral objeto deste estudo.

**TABELA II.9.2.11 – Número de unidades móveis de perfuração (UM) e navios-sonda (NS) em operação por área geográfica e por período (unidades-ano).**

Área Geográfica	Período					
	1970-1979		1980-1997		Total (1970-1997)	
	UM	NS	UM	NS	UM	NS
Golfo do México (EUA)	965	121	2.868	76	3.833	197
Mar do Norte	393	12	1.601	4	1.994	16
Outras Áreas	1.734	418	5.594	520	7.328	938
Total	3.092	551	10.063	600	13.155	1.151

Fonte: DNV, 1999, p. 3.5

Com relação à frequência dos eventos acidentais, a **Tabela II.9.2.12** apresenta a frequência média de ocorrência de diferentes tipos de acidente em unidades móveis de perfuração e em navios-sonda, em todo o mundo, por tipo de acidente, para o período 1980-1997.

Cabe observar que os dados apresentados na **Tabela II.9.2.12** podem ser considerados conservadores, pois incluem apenas unidades em operação no período de 1980 a 1997 no WOAD (DNV,1999). Em função da preocupação internacional da indústria com segurança, meio ambiente e avanços tecnológicos, tem sido implementados dispositivos de segurança adicionais nas unidades de perfuração mais modernas e práticas de

trabalho mais seguras, fato que poderia resultar na redução da ocorrência de tipologias acidentais associadas à sonda.

**TABELA II.9.2.12 – Frequência média de ocorrência de acidentes em unidades móveis de perfuração (UM) e navios-sonda (NS) em todo o mundo no período 1980-1997 (ocorrências / 1.000 unidades-ano).**

Tipo de Acidente	Número de ocorrências		Frequência (10 <sup>-3</sup> )	
	UM	NS	UM	NS
Falha de Ancoragem	84	4	8,35	6,67
<i>Blowout</i>	108	6	10,73	10,00
Emborcamento	66	5	6,56	8,33
Colisão	28	2	2,78	3,33
Contato	116	10	11,53	16,67
Acidente com Guindaste	41	2	4,07	3,33
Explosão	28	1	2,78	1,67
Queda de Carga	81	4	8,05	6,67
Incêndio	131	8	13,02	13,33
Afundamento	53	3	5,27	5,00
Encalhe	32	1	3,18	1,67
Acidente de Helicóptero	6	-	0,60	-
Inundação	33	2	3,28	3,33
Adernamento	59	4	5,86	6,67
Falha de Máquinas	14	7	1,39	11,67
Perda de Posição	116	5	11,53	8,33
Derramamento	95	2	9,44	3,33
Dano Estrutural	172	12	17,09	20,00
Acidente de reboque	59	1	5,86	1,67
Problema no Poço	141	7	14,01	11,67
Outros	25	1	2,48	1,67

Fonte: DNV, 1999, p. 2.8

Da observação dos dados apresentados na **Tabela II.9.2.12**, conclui-se que, com relação à frequência média de ocorrência dos diferentes tipos de acidente em navios-sonda, a tipologia acidental mais frequente está relacionada ao dano estrutural, seguida por contato, incêndio, problema no poço, falha de máquinas e *blowout*.

As frequências de ocorrência de acidentes para unidades flutuantes na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS) no período 1990-2007 são estimadas com base na combinação dos bancos de dados ORION (RIDDOR 95), MAIB (*Marine Accident Investigation Branch*), WOAD e BLOWOUT (SINTEF). A **Tabela II.9.2.13**, a seguir, apresenta o número de acidentes com suas respectivas frequências, por tipo de

unidade, abrangendo o período de 1990 - 2007. Na tabela, “N” denota número de ocorrências e “F” denota a frequência anual média por unidade, ou seja, número de ocorrências por unidade ano.

Como resultados deste banco de dados para unidades móveis de perfuração, o HSE apresenta as seguintes taxas de frequência:

**TABELA II.9.2.13 – Número de ocorrências de acidentes e respectivas frequências (por unidade ano) por tipo de unidade móvel de perfuração (UM). Plataforma Continental do Reino Unido, 1990-2007.**

TIPO DE UM	PERÍODO					
	1990 - 1999		2000 - 2007		Total (1990 – 2007)	
	N	F	N	F	N	F
<i>Jack up</i>	493	2,002	254	1,367	747	1,729
<i>Semisub</i>	1070	2,666	494	1,852	1564	2,341
Navio-sonda	27	6,585	11	6,471	38	6,552
Total UM	1590	2,440	759	1,671	2349	2,124

Fonte: HSE - OIL & GAS UK, 2009

No período de 1990 a 2007, 38 acidentes com unidades marítimas de perfuração do tipo navio-sonda foram registrados na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS). Considerando o total de unidades móveis de perfuração, 2.349 acidentes foram computados. Sendo assim, a contribuição de acidentes com navios-sonda pode ser considerada baixa, sendo os acidentes com unidades semissubmersíveis de maior peso para as estatísticas de acidentes com unidade móveis de perfuração.

O banco de dados fornece, ainda, o número de ocorrência de acidentes e as suas respectivas frequências relacionadas ao tipo de acidente, como pode ser verificado na tabela a seguir:



**TABELA II.9.2.14 – Unidades Móveis de Perfuração - UM - Número de ocorrências de acidentes e respectivas frequências (por unidade ano). Plataforma Continental do Reino Unido, 1990-2007.**

TIPO DE EVENTO	PERÍODO					
	1990 - 1999		2000 - 2007		Total (1990 – 2007)	
	N	F	N	F	N	F
Falha de ancoragem	133	0,204	14	0,031	147	0,133
<i>Blowout</i>	13	0,020	3	6,6E-03	16	0,014
Emborcamento	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Colisão	14	0,021	1	2,2E-03	15	0,014
Contato	108	0,166	25	0,055	133	0,120
Guindastes	697	1,070	410	0,902	1107	1,001
Explosão	10	0,015	-	-	10	9,0E-03
Queda de objetos	851	1,306	547	1,204	1398	1,264
Incêndio	100	0,153	46	0,101	146	0,132
Naufrágio	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Encalhamento	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Helicóptero	3	4,6E-03	-	-	3	2,7E-03
Vazamento	15	0,023	3	6,6E-03	18	0,016
Inclinação	9	0,014	2	4,4E-03	11	0,010
Falha no Maquinário	1	1,5E-03	3	6,6E-03	4	3,6E-03
Perda de Posição	25	0,035	1	2,2E-03	24	0,022
Liberação	160	0,246	78	0,172	238	0,215
Falha estrutural	29	0,045	4	8,8E-03	33	0,030
Reboque	13	0,020	1	2,2E-03	14	0,013
Problemas no poço	136	0,209	186	0,409	322	0,291
Outros	30	0,046	5	0,011	35	0,032

Fonte: HSE - OIL & GAS UK, 2009

De acordo com os dados apresentados na **Tabela II.9.2.14**, pode-se observar que as tipologias acidentais mais frequentes no período compreendido entre 1990 e 2007 para unidades móveis de perfuração foram, em ordem decrescente, queda de objetos, acidentes com guindastes e problemas no poço. Ainda de acordo com

os dados da tabela supramencionada, pode-se observar que houve uma redução na ocorrência das duas tipologias acidentais mais frequentes (período de 1990-2007), ao se comparar os eventos registrados nos períodos 1990-1999 e 2000-2007. Para queda de objetos, nota-se que houve uma redução de 851 eventos – frequência de 1,306 unidade ano - (1990-1999) para 547 eventos – frequência de 1,204 unidade ano - (2000-2007), representando uma redução de aproximadamente 36% ao se considerar o número de ocorrências de tal tipologia acidental em ambos os períodos citados. Para acidentes com guindastes, por sua vez, a redução no número de acidentes registrados foi de 697 – frequência de 1,070 unidade ano - para 410 - frequência de 0,902 unidade ano - (aproximadamente 41%). Já com relação a problemas no poço, ao se comparar o número de eventos registrados nos períodos 1990-1999 e 2000-2007 observa-se que, ao contrário do ocorrido para os dois eventos mais frequentes, queda de objetos e acidentes com guindastes, houve um aumento no número de registros para tal tipologia acidental de 136 – frequência de 0,209 unidade ano - (1990-1999) para 186 – frequência de 0,409 unidade ano - (2000-2007) representando um aumento de aproximadamente 37% no número de eventos registrados.

#### II.9.2.4. Conclusão da Análise Histórica de Acidentes Ambientais

Na Análise Histórica de Acidentes Ambientais apresentada neste capítulo, pode ser observado que diferentes bancos de dados apresentam informações distintas relacionadas a incidentes *offshore*. A escolha por apresentar diferentes bancos de dados neste item teve por objetivo contemplar um maior espaço amostral, dadas as peculiaridades de cada referência bibliográfica. A DNV, por exemplo, embora possua uma versão *online* de seu WOAD, apenas disponibiliza dados relativos às frequências de acidentes com unidades *offshore* em sua versão impressa publicada em 1999; enquanto que na versão *online* são apresentados apenas os quantitativos de acidentes. Desta forma, neste item foram apresentados os dados das duas versões do WOAD, de modo que pudessem ser analisados dados atualizados, disponíveis na versão *online*, e valores de frequência de acidentes (para acidentes ocorridos no período de 1970-1997), disponíveis em sua versão impressa. Esta medida é importante pois, para a classificação quantitativa de riscos, é necessário utilizar valores de frequência, os quais, conforme mencionado anteriormente, estão disponíveis apenas na versão publicada em 1999. Vale mencionar aqui que o WOAD apresenta registros de acidentes ocorridos em todo o com unidades *offshore*.

Uma alternativa às frequências apresentadas na versão impressa do WOAD (DNV, 1999) seria o relatório *Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990-2007* publicado pela *Oil & Gas UK* em abril de 2009. Contudo, embora esta base de dados forneça dados estatísticos de acidentes (frequências) mais atualizados que o WOAD (DNV, 1999), o registro de acidentes se restringe ao Reino Unido. Sendo assim, neste estudo optou-se por utilizar as frequências apresentadas no WOAD (DNV, 1999), por este banco de dados incluir dados mundiais.

No que diz respeito aos dados nacionais, a ANP disponibiliza em seus relatórios anuais de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural apenas o quantitativo de acidentes reportados à Agência, sem que seja realizado um tratamento estatístico dos dados de modo a fornecer as frequências de acidentes (a última versão emitida apresenta dados reportados até 2013). Adicionalmente, o relatório mencionado apresenta dados de acidentes ocorridos nas atividades de E&P de petróleo e gás natural tanto *offshore* como *onshore*. Em função destas informações, também não foi possível utilizar os dados apresentados no relatório da ANP para a classificação quantitativa dos riscos analisados.

➤ **Magnitude dos Danos Ambientais em Relação a Eventuais Efeitos Tóxicos, Espécies Afetadas e à sua Importância para o Ecossistema em Análise.**

Para a análise histórica dos acidentes ambientais no que diz respeito aos seus efeitos tóxicos, espécies e ecossistemas afetados, foi feito um levantamento bibliográfico dos eventos ocorridos em atividades *offshore* nos quais houve vazamento de óleo no mar. Apesar da abundância de informações associadas a causas e consequências, tal como quantidade de produto derramado, ainda há poucos estudos quanto aos impactos crônicos sobre espécies ou ecossistemas (ITOPF, 2015; CEDRE, 2015). Mesmo quando esses estudos estão disponíveis, não se apresentam muitos dados quantitativos acerca desses impactos. Sendo assim, a **Tabela II.9.2.15** apresenta as informações sobre acidentes para os quais foi reportado algum tipo de impacto ambiental sobre comunidades adjacentes. Dentre os impactos levantados, destacam-se aqueles resultantes dos acidentes com o navio-tanque Exxon-Valdez (1989), que ocorreu em uma área de alta importância biológica, com seus impactos podendo ser observados até os dias de hoje, e com o navio-tanque Jessica, devido à sensibilidade da área atingida (Ilhas Galápagos).

Em novembro de 2011 ocorreu no Campo de Frade, localizado na Bacia de Campos e operado pela empresa Chevron, um acidente envolvendo vazamento de óleo (cerca de 3.700 bbls)<sup>4</sup>. De acordo com informações apresentadas no *site* da Chevron, o fechamento e abandono do poço, trabalho de contenção e demais respostas ao incidente contribuíram para evitar impactos sobre o meio ambiente. Ainda, segundo informações contidas no *site* da empresa, formas de vida marinha não foram afetadas, nenhum óleo atingiu a costa brasileira, não houve feridos e não existe qualquer indicação de ter havido risco à saúde humana<sup>5</sup>. Desta forma, com base nas informações anteriores, este acidente também não será reportado na **Tabela II.9.2.15**.

Como mencionado anteriormente, em abril de 2010 ocorreu um vazamento de gás seguido de explosão na plataforma Deepwater Horizon, a qual se encontrava trabalhando para a BP Exploration & Production Inc. no poço exploratório Macondo, no Golfo do México. O *blowout* provocado por este evento liberou 19 milhões de barris de petróleo a 64 quilômetros da costa e atingiu a área costeira dos estados do Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama e Flórida, nos Estados Unidos.

Cientistas da BP, das agências governamentais, de universidades e de outras organizações estão estudando uma variedade de espécies e *habitats* para entender como a fauna e o meio ambiente podem ter sido afetados pelo derramamento de óleo. Desde maio de 2010, mais de 240 planos de trabalho foram desenvolvidos pelas administrações estaduais e federais e pela BP para estudar recursos e *habitats*. Os dados do estudo irão permitir uma avaliação dos danos aos recursos naturais no Golfo do México e subsidiar o desenvolvimento de um plano de reabilitação. O plano abordará os danos identificados, incluindo o uso recreativo desses recursos, bem como o custo estimado de implementá-lo.

<sup>4</sup> Informação disponível em:

<http://www.anp.gov.br/?pg=62011&m=chevron&t1=&t2=chevron&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1418229853689>  
Acesso em Novembro de 2015.

<sup>5</sup> Informação disponível em: <https://www.chevron.com.br/noticias/atuacao-campo-frade.aspx>. Acesso em Novembro de 2015.

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque SS Witwater	Costa do Caribe no Panamá, a aproximadamente e 3,7 km a nordeste das ilhas Galeta	1968	588.000 gal (~1911 ton)	Diesel e Bunker C Oil	Ruptura por causa dos mares revoltos no Caribe	-	Atingiu praias arenosas, costões rochosos e manguezais das ilhas Galeta. Os ventos fortes causaram um spray de óleo misturado com água do mar que atingiu árvores e arbustos acima da zona de supralitoral (até cerca de 2m acima da média do nível da maré alta). Árvores de mangue-vermelho e mangue-preto foram severamente atingidas e houve a perda de muitas sementes de mangue-vermelho, de espécimes da comunidade algal e de invertebrados. Os pesquisadores também observaram tartarugas marinhas mortas nas praias dos manguezais da região após o vazamento, entretanto a real causa dessas mortalidades não foi determinada. Um estudo de acompanhamento realizado 2 meses após o derramamento descobriu que os recifes de coral foram os menos afetados de todas as comunidades estudadas. Uma vez que os recifes encontram-se na zona de infralitoral, não tiveram contato direto com o óleo, já que maré anormalmente alta causada pelos ventos fortes durante o acidente ajudou a evitar a contaminação.	[7] e [11]

<sup>6</sup> As referências bibliográficas utilizadas estão apresentadas ao final deste item.

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Poço Santa Barbara	Califórnia- EUA	1969	10.500 toneladas	Óleo cru	Problemas mecânicos	Santa Bárbara Channel, praias de Santa Bárbara, a região de Goleta a Ventura e Channel Islands	Efeitos negativos em curto prazo na abundância dos recursos pesqueiros. Sem efeitos em longo prazo na abundância das espécies pelágicas estudadas.	[2] e [13]
Navio-tanque Arrow	Canadá	1970	Cerca de 11.000 toneladas	Petróleo	Desconhecidas	Baía Chedabucto	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.	[2] e [13]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Arco Merchant	Nantucket Shoals (banco de areia), Massachusetts (EUA)	1976	28.000 ton	Óleo combustível	Encalhe	-	Contaminação do sedimento se restringiu à área ao redor do encalhe. Foram encontradas aves com óleo, entretanto o total de mortes foi difícil de avaliar. Além disso, houve mortalidade de ovos de peixes e redução da densidade de larvas, porém, sem grandes impactos pois o vazamento não ocorreu durante o pico da época de desova. Ocasionalmente foram observados exemplares de peixes e mariscos contaminados. Concluiu-se que o vazamento provavelmente teve pouco efeito sobre as populações de aves costeiras e marinhas fora da costa da Nova Inglaterra.	[1] e [2]
Navio-tanque Tsesis	Mar Báltico, Suécia	1977	1.000 toneladas	óleo combustível médio	-	Arquipélago do Mar Báltico	Contaminação de recursos pesqueiros. Alguns efeitos na desova de arenques foram reportados na primavera seguinte, mas esses podem ter outras causas que não o derrame. Após o desastre, foi observado um aumento na mortalidade de ovos e larvas de peixes. Apesar de não ter sido observado significativa mortalidade de peixes comerciais, a frequência de desovas diminuiu. Os mariscos apresentaram níveis notáveis de contaminação.	[2] e [14]
Plataforma Ekofish Bravo	Mar do Norte	1977	9.000 a 13.000 toneladas	Óleo cru	Erro humano- Blowout	Mar do Norte	Houve evidências de contaminação em peixes duas semanas após a explosão, mas somente em quantidades reduzidas.	[2] e [14]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Amoco Cadiz	Bretanha, França	1978	223.000 ton	223.000 (ton) petróleo leve e óleo cru + 4.000 (ton) de diesel	Problemas mecânicos	320 km da costa da Bretanha até as Ilhas Channel.	<p>Vários ecossistemas costeiros de importância ecológica foram atingidos, principalmente marismas e estuários. Cerca de 10.000 toneladas de solo contaminado foram biorremediados.</p> <p>Muitas toneladas de peixes foram mortos. Cardumes de um ano de peixes 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.</p> <p>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.</p>	[1], [2] e [3]
VLCC (Very Large Crude Carrier) Atlantic Express	10 milhas de Tobago, oeste das Índias	1979	276.000 ton	Óleo cru	Colisão com a embarcação VLCC Aegean Captain durante uma tempestade tropical	-	Não foram feitos estudos de impactos, foi reportada pouca quantidade de óleo contaminando a costa de ilhas próximas.	[1], [2] e [3]



**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Poço Intox I	80 km da Ciudad del Carmen	1979	Milhares de barris de óleo antes do poço ser controlado somente em 1980	Óleo cru	<i>Blowout</i> (descontrole do poço)	Baía de Campeche e impactou parte da costa do México e Texas (257 km de costa)	O vazamento atingiu praias de importância comercial e com ecossistemas sensíveis na região do Texas e México. Foram encontradas alguns espécimes de tartarugas sujas com óleo e alguns indivíduos mortos.	[7]
Navio-tanque Betelgeuse	Bantry Bay, Irlanda	1979	114.000 toneladas	Óleo leve cru árabe	Explosão pós-vazamento de 18 meses	Whiddy Island	Não houve efeitos adversos sérios nos ovos e larvas das espécies comerciais detectadas. Nenhuma redução aparente no processo de reprodução das vieiras em 1979.	[2], [13] e [14]
Navio-tanque Bahrain	Golfo Árábico	1980	3.300 toneladas	-	-	-	Inicialmente, alguns indivíduos mortos de garoupas, xereletes e sardinhas, não houve mortalidade massiva.	[2], [13] e [14]
Poço Nowruz	Golfo Pérsico, Irã	1983	42 milhões de galões de óleo (~136.500 ton)	Óleo cru	Guerra Irã-Iraque	-	Foram impactadas as praias arenosas, costões rochosos e ilhas costeiras. Muitos animais morreram e foram encontrados ao longo da costa do Golfo Pérsico, incluindo cerca de 56 tartarugas-verde e de pente que foram mortas nas ilhas de Jan e Karan. Estima-se que cerca de 500 indivíduos das duas espécies tenham morrido, representando redução significativa das populações locais de tartaruga-de-pente e de tartaruga-verde. Os impactos diretos e indiretos do óleo sobre as tartarugas marinhas, seus ninhos e seu habitat ainda permanecem desconhecidos, mas conclui-se que os impactos foram severos.	[7]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Castillo de Bellver	70 milhas ao norte de Cape Town, Baía de Saldanha, África do Sul	1983	160.000 a 190.000 toneladas	Óleo cru	Explosão	Saldanha Bay	Os efeitos ambientais foram mínimos apesar da quantidade considerável de óleo que vazou. Não foi exigida muita limpeza (foram utilizados alguns sprays de dispersantes). 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. O impacto mais significativo foi observado foi a contaminação por óleo de 1.500 gansos-patola, a maioria dos quais foi coletada numa ilha perto da costa onde eles se reuniam para o início do período reprodutivo. Também foi observada uma série de focas próxima à superfície onde foram pulverizados os dispersantes, mas os animais parecem não ter sofrido nenhum efeito adverso.	[1], [2] e [3]
Navio-tanque Braer	Ilhas Shetland, Reino Unido	1993	84.500 ton	84.700 (ton) de óleo cru pesado + 1.500 (ton) de heavy bunker oil	Condições de tempo severas, ventos fortes e tempestades causaram problemas mecânicos causando encalhe	-	Como o vazamento foi pequeno, a linha de costa atingida foi limpa com a ajuda de uma pequena força-tarefa. No entanto, uma grande quantidade de peixes e moluscos foi contaminado por óleo, resultando na exclusão de áreas de pesca por três meses.	[1], [2] e [3]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Exxon-Valdez	Prince William Sound, Alaska, EUA	1989	38.800 (ton)	Óleo cru	Encalhe	30.000 km <sup>2</sup> de costa. Foi o maior vazamento em águas norte-americanas, sendo, conseqüentemente, a resposta a vazamento de óleo mais cara da história (mais de US\$ 2 bilhões).	Vários ecossistemas costeiros foram atingidos, principalmente costões rochosos e praias. Cerca de 1.000 lontras marinhas e 400.000 aves morreram e foram observados danos a longo prazo para a população de peixes. A população residente de baleia Orca sofreu danos diretos e indiretos, resultando na diminuição da sua população.	[1], [2], [3], [5] e [6]
Navio-tanque Vista Bella	Nevis Island, Caribe	1991	2.000 ton	Óleo combustível pesado	Danos no navio	Atingiu 5 jurisdições: Saint Kitts e Nevis, ilhas Sabba e Saint Martin, Saint Bartholomew, as Ilhas Virgens Britânicas e Ilhas Virgens Americanas e Porto Rico.	Praias que são locais de desova de tartarugas marinhas foram atingidas.	[2] e [7]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Poços	Golfo Pérsico	1991	entre 700.000 e 900.000 ton	Óleo cru	Guerra do Golfo	1.554 km <sup>2</sup>	Matou milhares de animais, principalmente peixes, moluscos e corais. A alta mortalidade de peixes beneficiou a população de zôoplancton que se reproduziu rapidamente e se tornou muito abundante devido à falta de predadores. Os corais apresentaram sintomas de forte estresse, causando mortalidade e branqueamento. Milhares de quilômetros quadrados de bancos de algas foram inundados por óleo. Estima-se, também, que 30.000 aves marinhas foram mortas pela exposição direta ao óleo. Em relação às tartarugas marinhas não se sabe a extensão dos danos, mas sabe-se que foram severos, estima-se que centenas de indivíduos foram atingidos, mas isso não é bem documentado. Muitos recursos ambientais levaram mais tempo que o esperado para se recuperar.	[1], [2], [3] e [14]
Navio de carga combinada (óleo e minério Aegean Sea)	Espanha, próximo ao porto de La Coruna na costa da Galícia	1992	67.000 (ton)	Óleo cru	Encalhe	Ocorreu em águas rasas a cerca de 50 metros da costa atingindo cerca de 300km da linha da costa.	O óleo impactou costões rochosos, pequenas praias arenosas e áreas planas de marisma. Populações de várias espécies de importância comercial como mexilhões foram afetadas, e houve restrição à pesca o que acabou impactando a indústria pesqueira.	[1], [2] e [3]
Barcaça Bouchard B155	Tampa Bay, Florida	1993	336.000 gal (~1092 ton)	Óleo combustível pesado	Colisão com outras embarcações	O óleo cobriu aproximadamente 23km de costa.	Foram atingidas praias arenosas, diversos manguezais, ilhas e diques. Também foram impactadas áreas de desova e forrageamento de tartarugas marinhas.	[7] e [9]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Jessica	Ilhas Galápagos, Equador	2001	600 ton de óleo combustível leve + 200 ton de óleo combustível intermediário. <sup>7</sup>	Óleo combustível leve e intermediário	Encalhe (condições meteorológicas e falha humana)	12 ilhas (450km)	Cerca de 370 animais foram atingidos pelo combustível como aves, mamíferos e répteis. 79 leões marinhos foram afetados pelo vazamento e 15.000 iguanas marinhas da ilha de Santa Fé foram mortas. Dezenas de milhares de peixes e invertebrados também foram afetados. Devido ao comportamento de muitos animais e a alta toxicidade do óleo, muitos animais podem ter morrido e afundado, não sendo reportados nas estatísticas. A pesca foi afetada em uma pequena escala.	[1], [2] e [10]
Navio-tanque monocasco Prestige	Espanha	2002	64.000 ton	Óleo combustível pesado	Danos do casco devido aos fortes mares no norte da Espanha	1.900 km de costa	O óleo se espalhou por longas distâncias com os ventos e correntes, atingindo, principalmente as costas da Espanha e França. No total, 6 países foram atingidos. Os ecossistemas mais impactados foram os costões rochosos. A pesca foi proibida em 90% da costa. Na França e Espanha também houve impacto no turismo no ano de 2003.	[1], [2]

<sup>7</sup> Mistura de gasóleo e óleo combustível pesado.

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Navio-tanque Sea Empress	Milford Haven, Reino Unido	1996	73.000 (ton), somente 3.700-5.300 (ton) de óleo atingiram a costa	Óleo cru	Encalhe	200 km de costa	<p>Vários segmentos foram impactados direta e indiretamente como:</p> <p><b>Turismo</b> → devido à rapidez na limpeza associado ao fato dos turistas da região serem "fiéis" ao local, o impacto no turismo foi considerado modesto.</p> <p><b>Pesca comercial</b> → houve proibição da pesca comercial e de recreação, assim como a de coleta de algas. Também foi proibida a captura de salmão e truta nos rios dentro da zona impactada. Essas proibições diziam respeito a uma área de 2.100 km<sup>2</sup>. Não foram relatadas mortalidades de peixes, crustáceos ou moluscos que pudessem ser atribuídos ao vazamento do óleo. Entretanto, não há evidência de que a desova dessas espécies não tenha sofrido danos em 1996 ou nos anos subsequentes.</p> <p><b>Impactos costeiros</b> → costões rochosos, morte de gastrópodes em sua maioria em áreas de contaminação por óleo fresco (próximas ao vazamento).</p> <p><b>Aves</b> → cerca de 7.000 aves contaminadas foram coletadas na área costeira e um número desconhecido morreu no mar.</p>	[1], [2], [3] e [8]

**TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).**

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas <sup>6</sup>
Oleoduto	Baía de Guanabara	2000	300.000 galões (~975 ton)	Óleo	Ruptura de um duto devido a altas temperaturas	-	Uma das espécies mais impactadas foi a ave biquá ( <i>Phalacrocorax brasilianus</i> ) por causa do seu comportamento de mergulho. Entretanto é impossível determinar o grau de impacto na população local devido à falta de informações prévias sobre a abundância e distribuição da espécie. Após o acidente indivíduos da população residente de boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> ) foi vista saindo da baía em direção à linha de costa, evitando assim o contato com o óleo. Após a limpeza da área, a população foi observada de volta na Baía demonstrando comportamento normal de alimentação e reprodução.	[1] e [4]
Navio tanque: Solar 1	Filipinas	2006	2000 ton	Óleo combustível intermediário	Naufração	125km de costa	O acidente causou impacto em diferentes nas ilhotas da região, causando impactos severos a 500 hectares de manguezais e à a atividade pesqueira da região.	[2] e [12]



- **Referências Bibliográficas**

- [1] 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.
- [2] [www.itopf.com](http://www.itopf.com). Acessado em setembro de 2015.
- [3] [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr). Acessado em setembro de 2015.
- [4] BARCELLOS, L. & SILVA F. O, R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. *In: International Oil Spill Conference*. 4p.
- [5] MATKIN, C. & SAULITIS, E. 1997. **Killer Whales**. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. Restoration Notebook.
- [6] [www.evostc.state.ak.us](http://www.evostc.state.ak.us). Acessado em setembro de 2015.
- [7] YENDER, R.A. & MEARNS, A. J. 2003. Case Studies of spills that threaten sea turtles. *In: Oil and Sea Turtles*. NOAA. 116pp.
- [8] 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>. Acessado em setembro de 2015.
- [9] <http://rpitt.eng.ua.edu>. Acessado em setembro de 2015.
- [10] <http://www.galapagos.to/TEXTS/Jessica.HTM>. Acessado em setembro de 2015.
- [11] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2001. **Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations**. 80pp.
- [12] YENDER, R.; 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.
- [13] IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000. **Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries**. Ipieca Report Series, V.8. 28 p.
- [14] TEAL, J. M.; HOWARTH, R. W. 1984. **Oil spill studies: a review of ecological effects**. *Environmental Management*, 8 (1): 27-44.

## II.9.3. IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

### II.9.3.1. INTRODUÇÃO

No contexto de uma Análise de Riscos, um cenário de acidente (também denominado hipótese acidental/cenário ou simplesmente acidente) é definido como uma sequência de eventos específicos, não proposital, que tenham consequências indesejáveis. O primeiro evento da sequência é o evento iniciador. Normalmente há um ou mais eventos entre o evento iniciador e a consequência, onde estes eventos intermediários podem ser decorrentes de variações de respostas do sistema e de seus operadores ao evento iniciador. Diferentes respostas ao mesmo evento iniciador podem determinar consequências distintas do acidente e, portanto, diferentes cenários acidentais. Mesmo quando as consequências são semelhantes quanto ao efeito físico, elas podem diferir em magnitude.

É importante encarar o cenário de acidente como uma sequência de eventos porque, teoricamente, cada evento representa uma oportunidade de redução da frequência e/ou da consequência do acidente.

Em Análise de Riscos, as palavras perigo e risco possuem significados particulares e que não coincidem com seus significados usuais.

Um perigo é definido como uma característica do sistema que representa a causa em potencial de um acidente de consequência indesejável, por exemplo, liberação de líquido inflamável num trecho da planta ou unidade.

Por outro lado, o risco é um conceito definido como combinação de dois outros – a frequência de ocorrência do cenário acidental e a severidade expressa através da sua consequência. De fato, o risco é definido como o produto da frequência do cenário acidental pela respectiva consequência, em símbolos:

$$\text{Risco} = f \times C$$

Observa-se, portanto que:

- 1 Ainda que as consequências de um dado cenário possam ser grandes, o risco pode ser pequeno desde que seja pequena sua frequência de ocorrência, e vice-versa;
- 2 Um perigo não identificado é um risco não avaliado.

### II.9.3.2. METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia empregada para identificação e avaliação qualitativa dos eventos perigosos ao meio ambiente relacionados à Atividade de Perfuração Marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental foi a Análise Preliminar de Riscos (APR). A APR é uma técnica estruturada para identificar os riscos associados à ocorrência de eventos indesejáveis, que tenham como consequência danos à integridade física de pessoas, propriedades ou meio ambiente.


Na APR, busca-se identificar as causas de cada um dos eventos perigosos e suas respectivas consequências. Além disso, é realizada uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência dos diferentes cenários acidentais (a partir da Análise Histórica de Acidentes, item II.9.2 deste estudo), da gravidade das suas consequências e do risco associado.

Todos os cenários identificados foram classificados, com base na Resolução CONAMA 398/08, em pequeno, médio e grande, de acordo com o seguinte critério:

- **Pequeno vazamento:** volume vazado  $\leq 8 \text{ m}^3$
- **Médio vazamento:**  $8 \text{ m}^3 < \text{volume vazado} \leq 200 \text{ m}^3$
- **Grande vazamento:** volume vazado  $> 200 \text{ m}^3$

As frequências foram estimadas com base nos elementos que compõem cada sistema analisado, assim como possíveis causas para os cenários identificados, tendo sido utilizadas, sempre que disponíveis nos bancos de dados consultados, frequências de falha diferentes para cada magnitude considerada. Por sua vez, os graus de severidade foram estimados de acordo com o inventário derramado.

Um modelo da planilha utilizada na realização da APR é apresentado, a seguir, na **Figura II.9.3.1**.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA:					FOLHA:			
DEPARTAMENTO:					REVISÃO:			
SISTEMA:			SUBSISTEMA:		DATA:			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações	Cenário

**FIGURA II.9.3.1 – Modelo de APR**

Para o preenchimento de cada uma das colunas da planilha de APR foram empregadas as seguintes definições:

#### **1ª coluna: Perigo**

São as fontes de risco identificadas no sistema sob análise, com potencial de dano às instalações, aos operadores, ao público ou ao meio ambiente. Tais fontes se encontram associadas à presença de substâncias perigosas capazes de causar danos caso venham a ser liberadas para o mar em consequência de eventos acidentais.

#### **2ª coluna: Causas**

São eventos simples ou combinados que levam à consumação dos perigos previamente identificados, tais como ruptura de tubulações, falhas de instrumentos, erros humanos, falhas de sistemas de proteção, etc.

#### **3ª coluna: Modo de detecção**

São as formas pelas quais é possível perceber a ocorrência de um determinado evento acidental, seja através da própria percepção humana ou por meio de instrumentos indicados para tal finalidade.

#### **4ª coluna: Efeitos**

São as consequências danosas ao meio ambiente e às instalações, advindas da consumação dos perigos identificados. São incluídas a fauna, flora e instalações (ecossistemas/meio ambiente).

#### **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 estão apresentadas na **Tabela II.9.3.1**.

**TABELA II.9.3.1 – Categorias de frequência dos cenários acidentais.**

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Característica</b>	<b>Frequência (ocorrência/ano)</b>
A	Extremamente Remota	Não deverá ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há registro anterior de ocorrência para as condições operacionais da análise.	$F < 10^{-4}$
B	Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-4} \leq F < 10^{-3}$
C	Ocasional	Improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-3} \leq F < 10^{-2}$
D	Provável	Provável de ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-2} \leq F < 10^{-1}$
E	Frequente	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação	$F \geq 10^{-1}$

### 6ª coluna: Categoria de severidade

É a indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada cenário acidental identificado. De maneira geral, a categoria de severidade foi estimada com base na quantidade e na toxicidade das substâncias liberadas para o ambiente. As categorias de severidade utilizadas neste trabalho estão apresentadas na **Tabela II.9.3.2**.

**TABELA II.9.3.2 – Categorias de severidade para danos ao meio ambiente.**

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Característica</b>	<b>Volume Liberado (m³)</b>
I	MENOR	Sem danos ou com danos de baixa significância ao meio ambiente.	$0 < V \leq 8 \text{ m}^3$
II	MÉDIA	Pequenos danos ao meio ambiente (rápido restabelecimento do ecossistema e baixo custo de reparo).	$8 < V \leq 200 \text{ m}^3$
III	CRÍTICA	Severos danos ao meio ambiente (médio restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$200 < V \leq 11.200 \text{ m}^3$
IV	CATASTRÓFICA	Grandes danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$V > 11.200 \text{ m}^3$

### 7ª coluna: Classificação de risco

É a indicação qualitativa do nível de risco residual de cada cenário acidental identificado, a partir das indicações anteriores das categorias de frequência e severidade. A matriz utilizada para classificação de risco dos cenários acidentais está apresentada na **Tabela II.9.3.3**.

**TABELA II.9.3.3 – Matriz para classificação de risco dos cenários acidentais.**

<b>MATRIZ DE RISCO</b>				
<b>Frequência</b>	<b>Severidade</b>			
	<b>I - Menor</b>	<b>II - Média</b>	<b>III - Crítica</b>	<b>IV - Catastrófica</b>
<b>A – Extremamente Remota</b>	Risco baixo	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio
<b>B - Remota</b>	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio	Risco médio
<b>C – Ocasional</b>	Risco baixo	Risco médio	Risco médio	Risco alto
<b>D – Provável</b>	Risco médio	Risco médio	Risco alto	Risco alto
<b>E– Frequente</b>	Risco médio	Risco alto	Risco alto	Risco alto

### 8ª coluna: Recomendações

Esta coluna contém recomendações de medidas de redução do risco associado aos perigos identificados.



### 9ª coluna: Cenário

Esta coluna contém a identificação numérica do cenário/evento acidental analisado, para referência posterior.

#### II.9.3.3. SISTEMAS E SUBSISTEMAS ANALISADOS

A identificação dos eventos perigosos na atividade de perfuração foi obtida a partir da investigação e análise dos processos, equipamentos, sistemas e subsistemas que compõem a unidade de perfuração do tipo navio-sonda *Ocean Rig Mylos*, a ser empregada na Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, bem como as embarcações de apoio previstas para a atividade. A análise buscou diagnosticar as falhas capazes de provocar vazamentos de óleo, derivados e produtos químicos para o ambiente, considerando, desta forma, todas as fases da atividade.

Os resultados obtidos na identificação dos eventos acidentais estão baseados na análise histórica de acidentes e na análise de desvios que provocam falhas, considerando as características dos processos e dos equipamentos.

Na análise foram considerados os sistemas envolvidos nas operações de perfuração e de apoio onde haja possibilidade de ocorrência de eventos acidentais capazes de afetar o meio ambiente ou instalações de terceiros. Para esses sistemas e operação de unidades de apoio, foram identificados os perigos que pudessem resultar em liberação de hidrocarbonetos ou outros produtos segundo as seguintes causas, conforme recomendações de normas internacionais:

- Falhas de processo (dispositivos de controle e segurança dos processos envolvidos na operação de perfuração);
- Falhas mecânicas (erosão ou corrosão de equipamentos, linhas e demais componentes);
- Falhas externas ao processo (falha operacional, colisão, fatores naturais, etc.).

Desta forma, os seguintes sistemas e respectivos subsistemas foram analisados:

**TABELA II.9.3.4 – Identificação dos sistemas e subsistemas analisados para a atividade de perfuração nos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, Bacia do Espírito Santo.**

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	PRODUTO POTENCIALMENTE VAZADO
1. Perfuração do Poço	1.1. Preparo e tratamento do fluido de perfuração	- Óleo cru/gás
	1.2. Armazenamento e circulação de fluido de perfuração	- Fluido de perfuração
	1.3. Controle do poço	- Fluido de perfuração
2. Armazenamento	2.1 Armazenamento e circulação de óleo combustível	- Óleo combustível
	2.2 Armazenamento e circulação de óleo lubrificante	- Óleo lubrificante
	2.3 Armazenamento e circulação de óleo hidráulico	- Óleo hidráulico
	2.4 Armazenamento e circulação de baritina/bentonita	- Baritina/Bentonita
	2.5 Armazenamento e circulação de cimento	- Cimento
3. Drenagem e Tratamento de Efluentes	3.1 Drenagem controlada de efluentes oleosos	- Efluente oleoso
4. Estabilidade da Unidade	4.1 Unidade de Perfuração	- Óleo (combustível, lubrificante, hidráulico, óleo sujo, óleo base e lama ativa)
	4.2 Embarcações de Apoio	- Óleo combustível
5. Atividade de Logística e de Apoio	5.1 Transferência de óleo combustível da embarcação de apoio para a unidade de perfuração	- Óleo combustível
	5.2 Embarcações de Apoio	- Óleo combustível
	5.3 Operações de carga e descarga	- Resíduo oleoso

Destes sistemas e subsistemas analisados resultaram os cenários apresentados na **Tabela II.9.3.5**. Cabe mencionar que os vazamentos ocorridos foram divididos em até três categorias de vazamento de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 398/08, conforme abaixo:

- **Pequeno vazamento:**  $0 < \text{Volume} \leq 8 \text{ m}^3$ ;
- **Médio vazamento:**  $8 < \text{Volume} \leq 200 \text{ m}^3$ ;
- **Grande vazamento:**  $\text{Volume} > 200 \text{ m}^3$ .

**TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.**

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO
01		Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
02			Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
03			Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
04	Perfuração do Poço	Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.
05			Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.
06		Controle do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.
07	Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.		
08	Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.		
09	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.
10			Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.

**TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.**

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	
11	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
12		Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante	Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
13			Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
14		Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico	Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
15		Armazenamento e Circulação de Barita / Bentonita	Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	
16			Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	
17		Armazenamento e Circulação de Cimento	Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	
18			Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	
19		Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.
20				Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.
21	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	
22		Embarcações de Apoio	Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.	
23	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	

**TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.**

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO
24	Atividades de Logística e de Apoio	Embarcações de Apoio	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade de derrame de óleo para o mar.
25			Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade de derrame de óleo para o mar.
26		Operações de Carga e Descarga	Pequeno vazamento de óleo devido à queda de carga no mar.

Cabe ressaltar que o cenário referente ao pequeno vazamento de querosene de aviação (QAV) a partir dos tanques de armazenamento deste composto, embora tenha sido apresentado no *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP do navio-sonda a ser empregado na atividade, o cenário em questão foi excluído desta ARA em função de não haver previsão de abastecimento de aeronaves na sonda durante a atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental. Da mesma forma, na **Tabela II.9.3.5** não estão sendo considerados os cenários referentes ao Teste de Formação, pois este teste não está previsto para a atividade.

A **Tabela II.9.3.6**, a seguir, correlaciona as faixas de vazamentos da Resolução CONAMA nº 398/08 com as Categorias de Severidade (**Tabela II.9.3.2**).

**TABELA II.9.3.6 – Categorias de severidade versus faixas de volume (CONAMA nº 398/08).**

Categoria	Denominação	Característica	Volume Liberado (m <sup>3</sup> )	Correlação CONAMA 398/08
I	MENOR	Sem danos ou com danos de baixa significância ao meio ambiente.	$0 < V \leq 8 \text{ m}^3$	Pequeno Vazamento
II	MÉDIA	Pequenos danos ao meio ambiente (rápido restabelecimento do ecossistema e baixo custo de reparo).	$8 < V \leq 200 \text{ m}^3$	Médio Vazamento
III	CRÍTICA	Severos danos ao meio ambiente (médio restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$200 < V \leq 11.200 \text{ m}^3$	Grande Vazamento
IV	CATASTRÓFICA	Grandes danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$V > 11.200 \text{ m}^3$	

#### II.9.3.4. VOLUMES LIBERADOS DE ÓLEO

Na **Tabela II.9.3.8** são apresentados os volumes liberados de óleo (óleo cru, óleo diesel/óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, fluido de perfuração (base não aquosa/óleo base) e água oleosa/efluente oleoso), para cada um dos cenários analisados envolvendo vazamentos de óleo. É importante mencionar que para fins de cálculo do Risco Ambiental associado à atividade de perfuração marítima, foram selecionados apenas os cenários capazes de resultar em contaminação ambiental, ou seja, os cenários envolvendo vazamentos de hidrocarbonetos para o mar (cenários listados na **Tabela II.9.3.7**).

Para a realização dos cálculos dos volumes liberados de óleo, as seguintes considerações foram feitas:

- Para a determinação da severidade dos sistemas envolvendo armazenamento de óleo foi considerado o inventário total do maior tanque de cada um dos produtos dos sistemas analisados;
- De acordo com informações fornecidas pelo proprietário da sonda, foi considerado que todos os vazamentos de óleo identificados na Análise Preliminar de Riscos (APR) ocorridos nas áreas internas do navio-sonda não atingiriam o mar. Tal consideração deve-se ao fato de todos os vazamentos ocorridos dentro da unidade serem contidos por anteparas metálicas (trincanizes), as quais evitam que qualquer vazamento de óleo interno à unidade vá para o mar. Adicionalmente, os principais equipamentos e linhas das unidades contam com bacias de contenção cujo conteúdo é direcionado para o sistema de drenagem não acarretando, portanto, em vazamento de óleo para o mar e consequente contaminação ambiental;
- A determinação das áreas assistidas pelo sistema de drenagem do navio-sonda, quando da ocorrência de um vazamento de óleo, bem como as suas respectivas capacidades de contenção de óleo foram fornecidas pela empresa proprietária da unidade de perfuração através de desenhos técnicos, P&IDs e informações técnicas. O **Anexo A** apresenta os desenhos técnicos e P&IDs dos sistemas e subsistemas analisados desta unidade;
- Complementarmente, de forma conservativa foi considerado que, caso a capacidade de contenção do sistema de drenagem fosse inferior ao volume de óleo liberado em cada sistema analisado, o sistema seria considerado como sendo 100% não contido, ou seja, que todo o volume de óleo liberado atingiria o mar, resultando, portanto, em contaminação ambiental;
- Ainda de forma conservativa, para os cenários envolvendo vazamentos de fluido de perfuração de base não aquosa considerou-se a ocorrência de vazamentos de base orgânica. Tal consideração deve-se ao fato de o óleo base (base orgânica) ser composto por 100% de óleo enquanto fluidos de base não aquosa apresentam em média cerca de 60% de óleo em suas composições. Desta forma, um vazamento de base orgânica apresenta uma maior severidade para o meio ambiente que o vazamento do fluido de base não aquosa, o qual será circulado no poço;
- Para a determinação do volume máximo de óleo cru devido à ocorrência de *blowout* foi considerada a liberação de óleo durante trinta dias a uma vazão de 22.420 m<sup>3</sup>/dia, resultando em um volume final de 672.600 m<sup>3</sup>;



- A vazão de transferência de óleo diesel/combustível para o navio-sonda, dependente do barco de apoio, foi estimada como sendo de 100 m<sup>3</sup>/h para efeitos de cálculos (limite operacional pelas condições de transferência em alto mar);
- O tempo máximo de detecção e interrupção do bombeio foi estimado como sendo de no máximo 03 (três) minutos;
- Ainda com relação aos barcos de apoio, o volume máximo de óleo liberado a partir dos tanques destas unidades foi considerado como sendo de 200 m<sup>3</sup>. Ressalta-se que em função de as embarcações de apoio previstas para a atividade ainda não estarem definidas, está sendo considerado no presente EIA uma capacidade média de tanques de armazenamento de óleo combustível de embarcações de apoio;
- No que diz respeito ao afundamento das embarcações de apoio, para a determinação da severidade deste sistema considerou-se como volume máximo de óleo combustível capaz de ser liberado o volume de 1.500 m<sup>3</sup>. Ressalta-se que em função de as embarcações de apoio previstas para a atividade ainda não estarem definidas, está sendo aqui considerado aqui um volume médio definido com base na capacidade total de armazenamento de óleo em embarcações de apoio empregadas em outras atividades da Statoil;
- Para a determinação da severidade do cenário relacionado ao vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da Unidade de Perfuração resultando em seu afundamento foi calculada a soma dos tanques de óleo existentes na unidade de perfuração (óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, óleo sujo (*bilge oil tank*), óleo base e fluido de perfuração ativo) presentes no navio-sonda. Vale mencionar ainda que os tanques de armazenamento de querosene de aviação não foram considerados para a determinação do volume total de óleo liberado devido ao afundamento da unidade de perfuração, pois durante a atividade de perfuração marítima não está prevista a ocorrência de abastecimento de aeronaves;
- Nas liberações de água oleosa/efluente oleoso, conservativamente considerou-se que o inventário do tanque de drenagem oleosa (utilizado para determinar o volume máximo deste sistema) seria composto 100% por óleo;
- Na análise dos sistemas foram considerados isolamentos/contenções;
- Considerou-se que em caso de furo/ruptura do casco duplo o volume total do óleo vazado atingirá o mar.

De acordo com as premissas supracitadas dentre todos os sistemas e subsistemas analisadas foram identificadas os cenários listados abaixo como sendo capazes de causar liberação de óleo que atinja o mar:



**TABELA II.9.3.7 – Cenários envolvendo vazamento de óleo para o mar.**

Cenário da APR	Sistema	Subsistema
06, 07 e 08	Perfuração do Poço	Segurança do Poço
19 e 20	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos
21	Estabilidade	Unidade de Perfuração
22		Embarcações de Apoio
23	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração
24 e 25		Embarcações de Apoio
26		Operações de Carga e Descarga

É importante observar, conforme mencionado anteriormente, que alguns cenários envolvendo vazamentos de óleo identificados na APR não foram considerados para efeitos do cálculo do Risco Ambiental em função de estes vazamentos ficarem contidos no sistema de drenagem da unidade de perfuração não resultando, portanto, em contaminação ambiental. Ressalta-se, no entanto, que estes cenários tiveram seus riscos devidamente levantados e registrados, conforme estabelecido na metodologia da APR.

**TABELA II.9.3.8 – Cálculo dos volumes liberados de óleo.**

Cenário da APR	Produto	Volume armazenado em tanques e linhas	Vazão de bombeio / fluxo	Tempo de interrupção	Volume de óleo liberado na transferência [m <sup>3</sup> ]	Ocorrência de contaminação ambiental	Volume de óleo liberado no mar <sup>8</sup> [m <sup>3</sup> ]
01	Fluido de Perfuração (Base não aquosa / Óleo Base)	743,5	-	-	-	Não	-
02	Fluido de Perfuração (Base não aquosa / Óleo Base))	743,5	-	-	-	Não	-
03	Fluido de Perfuração (Base não aquosa / Óleo Base))	743,5	-	-	-	Não	-
04	Fluido de Perfuração (Base não aquosa / Óleo Base))	80,0	-	-	-	Não	-
05	Fluido de Perfuração (Base não aquosa / Óleo Base))	80,0	-	-	-	Não	-
06	Óleo Cru	-	22.420 m <sup>3</sup> /d	30 dias	8,0	Sim	8,0
07	Óleo Cru	-			200,0	Sim	200,0
08	Óleo Cru	-			672.600,0	Sim	672.600,0
09	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
10	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
11	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
12	Óleo Lubrificante	52,3	-	-	-	Não	-
13	Óleo Lubrificante	52,3	-	-	-	Não	-
14	Óleo Hidráulico	5,0	-	-	-	Não	-
19	Efluentes Oleosos	54,5	-	-	-	Sim	8,0
20	Efluentes Oleosos	54,5	-	-	-	Sim	54,5
21	Óleo Combustível / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base	10.451,0	-	-	-	Sim	10.451,0
22	Óleo Combustível	1.500,0	-	-	-	Sim	1.500,0 m <sup>3</sup>
23	Óleo Combustível	5,0	100 m <sup>3</sup> /h	3 min	-	Sim	5,0
24	Óleo Combustível	200,0	-	-	-	Sim	8,0
25	Óleo Combustível	200,0	-	-	-	Sim	200,0
26	Resíduo Oleoso e/ou Produtos Químicos	8,0	-	-	-	Sim	8,0

<sup>8</sup> Não considerando a contenção secundária devido ao casco duplo, quando aplicável.

### II.9.3.5. AVALIAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE OCORRÊNCIA DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

Apresenta-se neste item a Análise Quantitativa de Riscos realizada para a determinação das frequências de ocorrência dos cenários ambientais analisados que envolvem derramamento de óleo para o mar, causando contaminação ambiental. Esta análise foi subsidiada pelos P&IDs (*Piping and Instrumentation Diagrams*) dos principais sistemas da Unidade, os quais estão apresentados no **Anexo A**, e por bancos de dados como TNO e HSE dos quais foram extraídas as taxas de falha dos equipamentos envolvidos em cada um dos sistemas analisados.

Com as taxas de falha dos equipamentos foi possível determinar a frequência de ocorrência dos eventos iniciadores dos cenários identificados nas planilhas de APR. Considerou-se que cada um dos equipamentos dos sistemas analisados pode, individualmente, causar um vazamento. Dessa forma, o cálculo da frequência consiste em somar as taxas de falha de cada um dos equipamentos que constitui os sistemas/subsistemas analisados.

É importante mencionar que as frequências apresentadas neste estudo referentes à unidade de perfuração correspondem às frequências apresentadas no *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração a ser empregada, documento já aprovado por esta CGPEG/DILIC/IBAMA. Desta forma, no que diz respeito aos cenários acidentais referentes à unidade de perfuração, neste item estão sendo apresentadas apenas as frequências finais de cada cenário, conforme constantes no Anexo III do CADUMP da sonda.

- **Cenários 01, 02 e 03**

Para o cálculo do volume de fluido de perfuração liberado durante o seu preparo e tratamento, considerou-se o inventário do tanque de base oleosa existente na unidade (743,5 m<sup>3</sup>). Ressalta-se que a opção pela adoção da capacidade do tanque de base oleosa como o volume máximo possível de ser liberado durante a preparação e tratamento do fluido de perfuração é uma abordagem conservativa em virtude de a base oleosa ser composta 100% por óleo enquanto o fluido de perfuração de base não aquosa possui, em média, 62% de óleo em sua composição. Desta forma, podem ser consideradas as três classes de magnitude de vazamento para este sistema, cada uma resultando em um cenário acidental, com severidades distintas, conforme abaixo:

- **Cenário 01** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 02** – Médio vazamento (até 200 m<sup>3</sup>): severidade média (II).
- **Cenário 03** – Grande vazamento (até 743,5 m<sup>3</sup>): severidade crítica (III).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 01, 02 e 03 são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.9**, a seguir:

**TABELA II.9.3.9 – Frequência e categoria dos cenários 01, 02 e 03.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
01	1,26E-03	Ocasional (C)
02	2,19E-03	Ocasional (C)
03	1,12E-03	Ocasional (C)

• **Cenários 04 e 05**

Para o cálculo do volume máximo de fluido de perfuração liberado durante a sua estocagem e circulação considerou-se o inventário do maior tanque de armazenamento do sistema ativo de fluidos da Unidade (80 m<sup>3</sup>).

Embora o fluido de perfuração de base não aquosa tenha em sua composição cerca de 60% de óleo, assumiu-se, conservativamente, que o volume total do tanque do sistema ativo de fluido corresponde a óleo base (100% óleo). Desta forma, devem ser consideradas duas classes de magnitude, cada uma delas resultando em um cenário acidental, com severidades distintas para o sistema envolvendo a estocagem e circulação do fluido de perfuração:

- **Cenário 04** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 05** – Médio vazamento (até 80 m<sup>3</sup>): severidade média (II).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 04 e 05 são aquelas apresentadas na Tabela **II.9.3.10**, a seguir:

**TABELA II.9.3.10 – Frequência e categoria dos cenários 04 e 05.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
04	9,92E-04	Remota (B)
05	1,92E-03	Ocasional (C)

• **Cenários 06, 07 e 08**

Para o cálculo do volume de óleo cru e gás liberado em função da perda de controle do poço (*blowout*) considerou-se uma liberação máxima durante 30 dias a uma taxa de produção de óleo de 22.420 m<sup>3</sup>/dia, resultando, portanto, em um volume total de 672.600 m<sup>3</sup> de óleo cru e gás. Desta forma, têm-se os seguintes cenários de liberação possíveis:

- **Cenário 06** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 07** – Médio vazamento (até 200 m<sup>3</sup>): severidade média (III).
- **Cenário 08** – Grande vazamento (até 672.600 m<sup>3</sup>): severidade catastrófica (IV).

Com relação à frequência de ocorrência de *blowout* não foi possível determinar distinção entre diferentes magnitudes, com base nos dados disponíveis em bancos de dados. Para esta análise realizada, o banco de

dados adotado para a obtenção da taxa de frequência para ocorrência de *blowout* foi o *Scandpower, 2006*, o qual fornece o valor de  $3,10E-04$ , conforme **Tabela II.9.3.11**.

**TABELA II.9.3.11 – Frequência e categoria dos cenários 06, 07 e 08.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
06	$3,10E-04$	Remota (B)
07	$3,10E-04$	Remota (B)
08	$3,10E-04$	Remota (B)

• **Cenários 09, 10 e 11**

O máximo volume de óleo combustível liberado decorrente da ruptura da linha desde o tanque de estocagem até o ponto de consumo foi de  $2.310,8 \text{ m}^3$ , correspondendo ao volume do maior tanque de estocagem de óleo diesel do navio-sonda (evidenciado no plano de capacidade da sonda apresentado no **Anexo B** deste documento), resultando nos seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 09** – Pequeno vazamento (até  $8 \text{ m}^3$ ): severidade menor (I).
- **Cenário 10** – Médio vazamento (até  $200 \text{ m}^3$ ): severidade média (II).
- **Cenário 11** – Grande vazamento (até  $2.310,8 \text{ m}^3$ ): severidade crítica (III).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 11, 12 e 13 são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.12**, a seguir:

**TABELA II.9.3.12 – Frequência e categoria dos cenários 09, 10 e 11.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
09	$1,24E-03$	Ocasional (C)
10	$1,80E-03$	Ocasional (C)
11	$8,44E-04$	Remota (B)

• **Cenários 12 e 13**

Para a determinação da severidade do sistema envolvendo a estocagem e a circulação de óleo lubrificante, considerou-se o maior tanque de estocagem deste tipo de óleo presente na Unidade ( $52,3 \text{ m}^3$ , conforme apresentado no plano de capacidades da unidade constante no **Anexo B** deste documento), como sendo o máximo volume de óleo lubrificante possível de ser liberado, resultando nos seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 12** – Pequeno vazamento (até  $8 \text{ m}^3$ ): severidade menor (I).
- **Cenário 13** – Médio vazamento (até  $52,3 \text{ m}^3$ ): severidade média (II).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a

**Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 12 e 13 são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.13**, a seguir:

**TABELA II.9.3.13 – Frequência e categoria dos cenários 12 e 13.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
12	1,24E-03	Ocasional (C)
13	1,87E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 14**

O máximo volume de óleo hidráulico possível de ser liberado decorrente da ruptura da linha desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo é de 5,00 m<sup>3</sup>, correspondendo ao volume do maior tanque de armazenamento deste tipo de produto existente no navio-sonda resultando no seguinte cenário com a respectiva severidade:

- **Cenário 14** – Pequeno vazamento (até 5 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, a frequência referente ao armazenamento de óleo hidráulico é aquela apresentada na **Tabela II.9.3.14**, a seguir:

**TABELA II.9.3.14 – Frequência e categoria do cenários 14.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
14	4,00E-10	Extremamente Remota (A)

- **Cenários 15 e 16**

O máximo volume de barita/bentonita que pode ser liberado durante o seu armazenamento e circulação é de 113 m<sup>3</sup>, correspondendo ao volume de um dos silos de armazenamento de barita/bentonita presente na Unidade (todos possuem o mesmo volume, conforme pode ser verificado no fluxograma da unidade para o sistema de barita/bentonita, o qual é apresentado no **Anexo A** deste documento). É importante mencionar que, por a barita e a bentonita serem compostos químicos menos impactantes ao meio ambiente que o óleo, foram adotadas classificações de severidade um nível abaixo à severidade correspondente ao volume liberado de acordo com a **Tabela II.9.3.2**. Como resultante obtém-se os seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 15** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 16** – Médio vazamento (até 113 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a

**Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 15 e 16 são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.15**, a seguir.

**TABELA II.9.3.15 – Frequência e categoria dos cenários 15 e 16.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
15	1,78E-03	Ocasional (C)
16	2,42E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 17 e 18**

O máximo volume de cimento que pode ser liberado durante o seu armazenamento e circulação é de 113 m<sup>3</sup>, correspondendo ao volume de um dos silos de armazenamento deste produto existentes na Unidade (todos os silos de cimento possuem o mesmo volume). É digno de nota que, a exemplo do que ocorreria para o sistema envolvendo a barita/bentonita, também para o cimento foi adotada uma classificação de severidade um nível abaixo à correspondente ao volume liberado, de acordo com a **Tabela II.9.3.2**. Desta forma, como resultante do sistema envolvendo a liberação de cimento durante o seu armazenamento e circulação obtém-se os seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 17** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 18** – Médio vazamento (até 113 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários referentes ao armazenamento e circulação de cimento são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.16**, a seguir:

**TABELA II.9.3.16 – Frequência e categoria dos cenários 17 e 18.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
17	1,79E-03	Ocasional (C)
18	2,35E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 19 e 20**

O volume máximo de resíduo oleoso possível de ser liberado a partir do tanque de drenagem oleosa/efluentes oleosos considerado para determinar a severidade deste cenário acidental é de 54,5 m<sup>3</sup>, correspondendo ao volume do óleo contido no *bilge oil tank* com a maior capacidade de armazenamento existente da unidade (considerando-se, conservativamente que o volume contido no tanque seja 100% óleo e não água oleosa). Tal volume de óleo resultou, de acordo com a **Tabela II.9.3.2**, nos dois cenários abaixo listados:

- **Cenário 19** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 20** – Médio vazamento (até 54,5 m<sup>3</sup>): severidade média (II).



Já com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a **Tabela II.9.3.1** constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários referentes à drenagem e tratamento de efluentes são aquelas apresentadas na **Tabela II.9.3.17**:

**TABELA II.9.3.17 – Frequência e categoria dos cenários 19 e 20.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
19	2,15E-03	Ocasional (C)
20	3,16E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 21**

Para a determinação da severidade do cenário acidental relacionado ao vazamento de óleo em caso de afundamento da Unidade devido à perda de estabilidade foi calculada a soma de todos os tanques de óleo existentes na unidade de perfuração: óleo combustível (8.549,0 m<sup>3</sup>); óleo lubrificante (182,3 m<sup>3</sup>); óleo hidráulico (16,2 m<sup>3</sup>); base oleosa (743,5 m<sup>3</sup>), óleo sujo (148,2 m<sup>3</sup>) e armazenamento de fluido ativo (960 m<sup>3</sup>), resultando em volume total de 10.451,0 m<sup>3</sup>:

- **Cenário 21** – Grande vazamento (até 10.451,0 m<sup>3</sup>): severidade crítica (III)

Ressalta-se que no somatório dos tanques de óleo existentes na unidade de perfuração não foram considerados os tanques de querosene de aviação (QAV) em função de não haver previsão de abastecimento de aeronaves durante a atividade de perfuração. Desta forma, os tanques de QAV da unidade de perfuração permanecerão vazios durante toda a atividade.

Com relação à determinação da frequência de ocorrência deste cenário acidental, de acordo com a **Tabela II.9.2.9** apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada à perda de estabilidade da unidade de perfuração resultando em seu afundamento:

**TABELA II.9.3.18 – Frequência e categoria do cenário 21.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
21	5,00E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 22**

Para a determinação da severidade do cenário acidental relacionado ao vazamento de óleo diesel devido à perda de estabilidade e consequente afundamento das embarcações de apoio considerou-se a maior capacidade de estocagem deste produto, 1.500 m<sup>3</sup>, dentre as embarcações de apoio tipo previstas para a atividade de perfuração exploratória, escopo deste processo de licenciamento ambiental. Desta forma tem-se o seguinte possível cenário acidental:

- **Cenário 22** – Grande vazamento (até 1.500 m<sup>3</sup>): severidade crítica (III)

É importante mencionar que, o volume total de óleo diesel armazenado na embarcação de apoio engloba o volume de óleo necessário para o consumo próprio da embarcação de apoio e o volume de óleo a ser empregado no abastecimento da unidade de perfuração.

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, esta se encontra apresentada na **Tabela II.9.3.19**. Ressalta-se que a frequência apresentada na tabela mencionada foi determinada de forma qualitativa, de modo que este evento tenha uma frequência associada da ordem de 1,00E-03, de modo a possuir a mesma ordem de grandeza associada ao afundamento de um navio-sonda (WOAD, 1999). Tal consideração foi feita em virtude de não ter sido encontrado em banco de dados uma frequência associada à perda total do inventário da embarcação de apoio.

**TABELA II.9.3.19 – Frequência e categoria do cenário 22.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
22	1,00E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 23**

Para o cálculo do máximo volume liberado de óleo durante a transferência do barco de apoio para a unidade de perfuração considerou-se um vazamento durante 03 (três) minutos, tempo considerado suficiente para a detecção e interrupção do vazamento uma vez que a operação é assistida, ou seja, durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração há um técnico de prontidão em cada uma das unidades. Com relação à taxa de liberação de óleo, considerou-se a vazão de 100 m<sup>3</sup>/h, a qual corresponde a maior vazão de transferência de óleo dentre todas as embarcações de apoio a serem utilizadas na atividade (conforme reportado pela empresa operadora). Desta forma o volume total liberado é de 5,0 m<sup>3</sup>, determinando o seguinte possível cenário acidental:

- **Cenário 23** – Pequeno vazamento (até 5,0 m<sup>3</sup>): severidade menor (I)

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, de acordo com a **Tabela II.9.2.9** apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o *Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada ao vazamento de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração:

**TABELA II.9.3.20 – Frequência e categoria do cenário 25.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
23	9,07E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 24 e 25**

Os cenários correspondentes ao vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio têm como volume máximo possível de ser liberado 200 m<sup>3</sup>, correspondente ao volume do maior tanque de estocagem de óleo combustível dentre as embarcações de apoio recentemente empregadas pela empresa (o maior tanque de óleo dentre as embarcações de apoio tipo previstas para a atividade).

Com base no exposto anteriormente, tem-se os seguintes possíveis cenários acidentais decorrentes do vazamento de óleo diesel marítimo devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio:

- **Cenário 24** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).
- **Cenário 25** – Médio vazamento (até 200 m<sup>3</sup>): severidade média (II).

Já com relação à frequência de ocorrência deste cenário acidental, a análise do evento iniciador resultou em frequências de ocorrência de 1,00E-06 (pequeno vazamento) e 1,00E-08 (médio vazamento), as quais correspondem às taxas de falha para furo (vazamento instantâneo e contínuo) e ruptura de tanques atmosféricos, respectivamente, independente do volume vazado correspondente (TNO, 1998). As classificações das frequências dos cenários em questão estão apresentadas na **Tabela II.9.3.21**:

**TABELA II.9.3.21 – Frequência e categoria dos cenários 24 e 25.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
24	1,00E-06	Extremamente Remota (A)
25	1,00E-06	Extremamente Remota (A)

- **Cenário 26**

Para o cenário acidental relacionada à queda de carga, a frequência de ocorrência foi obtida diretamente de banco de dados <sup>[6]</sup> possuindo o valor de 6,67E-03 sendo, portanto, classificado na categoria C (ocasional), de acordo com a **Tabela II.9.3.1**. Com relação à sua severidade, esta foi classificada qualitativamente como sendo menor (categoria I).

Para o cenário acidental relacionada à queda de carga durante as operações de carga e descarga foi considerado, de forma qualitativa, que o volume total de óleo possível de ser liberado é de até 8 m<sup>3</sup>, resultando no seguinte cenário:

- **Cenário 26** – Pequeno vazamento (até 8 m<sup>3</sup>): severidade menor (I).

Com relação à determinação da frequência de ocorrência deste cenário acidental, de acordo com a **Tabela II.9.2.9** apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o **Anexo III – Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração** do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada queda de carga no mar:

**TABELA II.9.3.22 – Frequência e categoria do cenário 26.**

Cenário	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Categoria de Frequência
26	6,67E-03	Ocasional (C)

A **Tabela II.9.3.23** apresentada a seguir contém o sumário dos resultados obtidos na determinação das frequências e das severidades dos cenários acidentais.

**TABELA II.9.3.23 – Sumário dos resultados obtidos.**

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m³)	Denominação	Categoria	
01	Perfuração do Poço	Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	1,26E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
02			Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	2,19E-03	Ocasional	C	200,0	Média	II	Médio

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
03	Perfuração do Poço	Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	1,12E-03	Ocasional	C	743,5	Crítica	III	Médio
04		Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	9,92E-04	Remota	B	8,0	Menor	I	Baixo

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
05	Perfuração do Poço	Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	1,92E-03	Ocasional	C	80,0	Média	II	Médio
06		Controle do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	8,0	Menor	I	Baixo
07			Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	200,0	Média	II	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
08	Perfuração do Poço	Controle do Poço	Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	672.600,0	Catastrófica	IV	Médio
09	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,24E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m³)	Denominação	Categoria	
10	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,80E-03	Ocasional	C	200,0	Média	II	Médio
11			Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	8,44E-04	Remota	B	2.310,8	Crítica	III	Médio

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m³)	Denominação	Categoria	
12	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante	Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,24E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
13			Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,87E-03	Ocasional	C	52,3	Média	II	Médio

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
14	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico	Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	4,00E-10	Extremamente Remota	A	5,0	Menor	I	Baixo
15		Armazenamento e Circulação de Barita / Bentonita	Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	1,78E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
16			Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	2,42E-03	Ocasional	C	113,0	Menor	I	Baixo
17		Armazenamento e Circulação de Cimento	Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	1,79E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
18	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Cimento	Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	2,35E-03	Ocasional	C	113,0	Menor	I	Baixo
19	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.	2,15E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
20			Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.	3,16E-03	Ocasional	C	54,5	Média	II	Médio
21	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	5,00E-03	Ocasional	C	10.451,0	Crítica	III	Médio

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	Denominação	Categoria	
22	Estabilidade da Unidade	Embarcações de Apoio	Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.	1,00E-03	Ocasional	C	1.500,0	Crítica	III	Médio
23	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	9,07E-03	Ocasional	C	5,0	Menor	I	Baixo
24		Embarcações de Apoio	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade de derrame de óleo para o mar.	1,00E-06	Extremamente Remota	A	8,0	Menor	I	Baixo

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m³)	Denominação	Categoria	
25	Atividades de Logística e de Apoio	Embarcações de Apoio	Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade de derrame de óleo para o mar.	1,00E-08	Extremamente Remota	A	200,0	Média	II	Baixo
26		Operações de Carga e Descarga	Pequeno vazamento de óleo devido à queda de carga no mar.	6,67E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo



## ➤ Resultados

Uma vez determinadas as frequências de ocorrência e as severidades dos cenários acidentais levantados na avaliação da atividade de perfuração escopo deste processo de licenciamento ambiental, são apresentadas a seguir as planilhas de Análise Preliminar de Riscos (APR) para cada um dos cenários acidentais.

A **Figura II.9.3.2** apresentada a distribuição dos cenários levantados na APR realizada na matriz de classificação de risco.

**ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR**

EMPRESA: Statoil

FOLHA: 01/03

DEPARTAMENTO: HSE

REVISÃO: 00

SISTEMA: Perfuração do Poço

SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração

DATA: Novembro de 2015



Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.</p> <p>(<math>0 &lt; PV \leq 8 \text{ m}^3</math>)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação - Visual</p>	<p>- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).</p>	C	I	Baixo	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	01

**ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR**

EMPRESA: Statoil

FOLHA: 02/03

DEPARTAMENTO: HSE

REVISÃO: 00

SISTEMA: Perfuração do Poço

SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração


DATA: Novembro de 2015




Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.  ( $8 < MV \leq 200 \text{ m}^3$ )	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	II	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	02


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 03/03			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Perfuração do Poço			SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração		DATA: Novembro de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.  (200 < GV ≤ 743,5 m <sup>3</sup> ) <sup>9</sup>	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• ruptura de tanque;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na UMP.	C	III	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	03

<sup>9</sup> Volume referente ao tanque de óleo base existente na unidade de perfuração.


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.</p> <p>(0 &lt; PV ≤ 8 m<sup>3</sup>)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação</p> <p>- Visual</p>	<p>- Vazamento contido na UMP.</p>	B	I	Baixo	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	04


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 02/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.  (8 < MV ≤ 80 m <sup>3</sup> ) <sup>10</sup>	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de junta e conexões;</li> <li>• ruptura de tanque;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na UMP.	C	II	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	05

<sup>10</sup> Volume referente a um dos tanques de lama ativa existente na unidade de perfuração.


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.  ( $0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$ )	- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço ( <i>kick</i> ) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.	- Instrumentação de controle do poço	- <i>Blowout</i> - Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	B	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. R3) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço. R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .  O1) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	06



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 02/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.  ( $8 < MV \leq 200 \text{ m}^3$ )	- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço ( <i>kick</i> ) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.	- Instrumentação de controle do poço	- <i>Blowout</i> - Contaminação ambiental - Possibilidade de explosão e incêndio	B	II	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. R3) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço. R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .  O1) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	07

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								Cenário
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 03/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	
<p>Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.</p> <p>(200 &lt; GV ≤ 672.600 m<sup>3</sup>)<sup>11</sup></p>	<p>- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço (<i>kick</i>) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.</p>	<p>- Instrumentação de controle do poço</p>	<p>- <i>Blowout</i></p> <p>- Contaminação ambiental</p> <p>- Possibilidade de explosão e incêndio</p>	B	IV	Médio	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>R3) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p>R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R5) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p>O1) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>	08

<sup>11</sup> Volume calculado considerando a vazão de produção de óleo do poço de aproximadamente 22.420 m<sup>3</sup>/d e a ocorrência de um vazamento durante 30 dias.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 01/03					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível		DATA: Novembro de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
<p>Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.</p> <p>(0 &lt; PV ≤ 8 m<sup>3</sup>)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação - Visual</p>	<p>- Vazamento contido na UMP.</p>	C	I	Baixo	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	09		

**ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR**

EMPRESA: Statoil

FOLHA: 02/03

DEPARTAMENTO: HSE

REVISÃO: 00


SISTEMA: Armazenamento

SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível


DATA: Novembro de 2015




Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.  (8 < MV ≤ 200 m <sup>3</sup> )	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na UMP.	C	II	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	10

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 03/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.</p> <p>(200 &lt; GV ≤ 2.310,8 m<sup>3</sup>)<sup>12</sup></p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, centrifugas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• ruptura do tanque;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação</p> <p>- Visual</p>	<p>- Vazamento contido na UMP.</p>	B	III	Médio	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	11


<sup>12</sup> Volume referente ao maior tanque de óleo combustível existente na unidade de perfuração.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 01/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante		DATA: Novembro de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
<p>Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.</p> <p>(0 &lt; PV ≤ 8 m<sup>3</sup>)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação - Visual</p>	<p>- Vazamento contido na UMP.</p>	C	I	Baixo	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	12		

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 02/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.  (8 < MV ≤ 52,3 m <sup>3</sup> ) <sup>13</sup>	- Vazamento em tanques, bombas, centrifugas tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"><li>• corrosão;</li><li>• ruptura do tanque;</li><li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li><li>• falha operacional.</li></ul>	- Instrumentação  - Visual	- Vazamento contido na UMP.	C	II	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	13

<sup>13</sup> Volume correspondente ao maior tanque de óleo lubrificante existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.</p> <p><math>(0 &lt; PV \leq 5 \text{ m}^3)^{14}</math></p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, centrifugas tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• ruptura do tanque;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	<p>- Instrumentação</p> <p>- Visual</p>	<p>- Vazamento contido na UMP.</p>	A	I	Baixo	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	14

<sup>14</sup> Volume correspondente ao maior tanque de óleo hidráulico existente na unidade de perfuração.

**ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR**

EMPRESA: Statoil

FOLHA: 01/02

DEPARTAMENTO: HSE

REVISÃO: 00


SISTEMA: Armazenamento

SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Barita/Bentonita


DATA: Novembro de 2015




Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.  ( $0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$ )	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	15

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 02/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Barita/Bentonita		DATA: Novembro de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.  (8 < MV ≤ 113 m <sup>3</sup> ) <sup>15</sup>	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• ruptura do silo;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	16		

<sup>15</sup> Volume correspondente ao maior silo de barita/bentonita existente na unidade de perfuração.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Cimento		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.  (0 < PV ≤ 8 m <sup>3</sup> )	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	17

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 02/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Cimento		DATA: Novembro de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.  (8 < MV ≤ 113 m <sup>3</sup> ) <sup>16</sup>	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• ruptura do silo;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	18		

<sup>16</sup> Volume correspondente ao maior silo de cimento existente na unidade de perfuração.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR

EMPRESA: Statoil

FOLHA: 01/02

DEPARTAMENTO: HSE


SISTEMA: Drenagem e Tratamento de Efluentes

SUBSISTEMA: Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos

DATA: Novembro de 2015




Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.  ( $0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$ )	- Vazamento em tubulações, tanques, no separador água/óleo, bombas e válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• trincas e furos;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Visual	- Contaminação ambiental  - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	C	I	Baixo	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.  R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.	19


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 02/02			
DEPARTAMENTO: HSE								
SISTEMA: Drenagem e Tratamento de Efluentes			SUBSISTEMA: Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos		DATA: Novembro de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.  (8 < MV ≤ 54,5 m <sup>3</sup> ) <sup>17</sup>	- Vazamento em tubulações, tanques, no separador água/óleo, bombas e válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosão;</li> <li>• ruptura de tanques;</li> <li>• falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>• falha operacional.</li> </ul>	- Visual	- Contaminação ambiental  - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	C	II	Médio	R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.  R3) Dispor de Plano de Emergência Individual - PEI. R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.  R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.	20

<sup>17</sup> Volume do *bilge oil tank* (óleo sujo) com a maior capacidade de armazenamento existente na unidade de perfuração (considerando-se, conservativamente que o volume contido no tanque seja 100% óleo e não água oleosa).




ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								Cenário
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Estabilidade da Unidade		SUBSISTEMA: Unidade de Perfuração		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	
<p>Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.</p> <p>(GV ≤ 10.451,0 m<sup>3</sup>)<sup>18</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inundação</li> <li>- Danos Estruturais</li> <li>- Choques mecânicos com outras embarcações</li> <li>- Perda de lastro</li> <li>- Condições meteoceanográficas adversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visual</li> <li>- Odor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação ambiental</li> <li>- Possibilidade de incêndio e explosão.</li> </ul>	C	III	Médio	<p>R1) Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R6) Controlar nível de água do tanque de lastro.</p> <p>R7) Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p>R8) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O1) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p>O2) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>	21

<sup>18</sup> Volume correspondente à capacidade total de óleo armazenado na unidade de perfuração (óleo combustível + óleo lubrificante + óleo hidráulico + óleo base + óleo sujo + lama ativa).


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Estabilidade da Unidade		SUBSISTEMA: Embarcação de Apoio		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Grande vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.</p> <p>(GV ≤ 1.500 m<sup>3</sup>)<sup>19</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inundação</li> <li>- Danos Estruturais</li> <li>- Colisão com embarcações</li> <li>- Condições meteoceanográficas adversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visual</li> <li>- Odor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação ambiental</li> <li>- Possibilidade de incêndio e explosão.</li> </ul>	C	III	Médio	<p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R7) Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p>R8) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O2) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>	22

<sup>19</sup> Volume estimado com base na capacidade máxima de armazenamento de óleo de embarcações de apoio empregadas em outras atividades da empresa.


ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 01/01					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio			SUBSISTEMA: Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração		DATA: Novembro de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.  ( $0 < PV \leq 5,0 \text{ m}^3$ ) <sup>20</sup>	- Furo ou desconexão de mangote de transferência. - Falha em bomba ou válvula. - Falha operacional.	- Visual	- Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	C	I	Baixo	R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R9) Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno. R10) Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos. R11) Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência. R12) Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação. R13) Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada. O1) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade. O2) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.	23		

<sup>20</sup> Volume calculado considerando uma vazão de transferência de 100 m<sup>3</sup>/h e um tempo de 03 (três) minutos para detectar e interromper o vazamento.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Statoil					FOLHA: 01/03			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio			SUBSISTEMA: Embarcações de Apoio			DATA: Novembro de 2015		
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar..  (0 < PV ≤ 8 m <sup>3</sup> )	Vazamentos em tanques devido à: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosão;</li> <li>• Trincas e furos.</li> </ul>	- Visual	- Contaminação ambiental. - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	A	I	Baixo	R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.  R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.  R7) Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.  R8) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.  O2) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.	24

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								Cenário
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 02/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio		SUBSISTEMA: Embarcações de Apoio		DATA: Novembro de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
<p>Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar.</p> <p><math>(8 &lt; MV \leq 200 \text{ m}^3)^{21}</math></p>	<p>Vazamentos em tanques devido à:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosão;</li> <li>• Ruptura do tanque;</li> <li>• Colisão com outras embarcações.</li> </ul>	- Visual	<p>- Contaminação ambiental.</p> <p>- Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i>.</p>	A	II	Baixo	<p>R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R7) Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p>R8) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O2) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>	25

<sup>21</sup> Capacidade média de tanques de armazenamento de óleo combustível de embarcações de apoio típicas.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								Cenário
EMPRESA: Statoil				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio		SUBSISTEMA: Operações de Carga e Descarga		DATA: Setembro 'de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	
Pequeno vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar.  (0 < PV ≤ 8 m <sup>3</sup> ) <sup>22</sup>	Queda de carga no mar devido à falha no cabo do guindaste	- Visual.	- Contaminação ambiental.	C	I	Baixo	R2) Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. R4) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R14) Seguir procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes. R15) Seguir procedimentos para operações de carga e descarga.	26

<sup>22</sup> Volume determinado de forma qualitativa.

A **Figura II.9.3.2**, a seguir, apresenta o resultado da APR. No total foram identificados 26 (vinte e seis) cenários acidentais. Destes, com relação à severidade dos danos ambientais para o meio ambiente, catorze foram classificados como sendo de severidade menor (53,9%), sete como sendo de severidade média (26,9%), quatro como severidade crítica (15,4%) e um como severidade catastrófica (3,8%). Já com relação à frequência de ocorrência, três cenários acidentais foram classificados como sendo de ocorrência extremamente remota (11,5%), cinco foram classificados com frequência remota (19,2%), dezoito como sendo ocasionais (69,2%) e nenhum cenário acidental foi classificado como provável ou frequente. Por fim, em relação à categoria de risco, dezesseis cenários acidentais resultaram na estimativa de risco baixo (61,5%), dez com risco médio (38,5%) e nenhum cenário foi considerado com alto risco, conforme pode ser observado na matriz de risco apresentada abaixo.

<b>MATRIZ DE RISCO</b>				
<i>Frequência</i>	<i>Severidade</i>			
	<b>I - Menor</b>	<b>II - Média</b>	<b>III - Crítica</b>	<b>IV - Catastrófica</b>
<b>A – Extremamente Remota</b>	C14 e C24	C25		--
<b>B - Remota</b>	C04 e C06	C07	C11	C08
<b>C – Ocasional</b>	C01, C09, C12, C15, C16, C17, C18, C19, C23 e C26	C02, C05, C10, C13 e C20	C03, C21 e C22	--
<b>D – Provável</b>	--	--	--	--
<b>E- Frequente</b>	--	--	--	--

<b>SEVERIDADE</b>			
<b>MENOR</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>CRÍTICA</b>	<b>CATASTRÓFICA</b>
<b>14</b>	<b>07</b>	<b>04</b>	<b>01</b>
<b>53,9%</b>	<b>26,9%</b>	<b>15,4%</b>	<b>3,8%</b>

<b>FREQUÊNCIA</b>				
<b>EXTREMAMENTE REMOTA</b>	<b>REMOTA</b>	<b>OCASIONAL</b>	<b>PROVÁVEL</b>	<b>FREQUENTE</b>
<b>03</b>	<b>05</b>	<b>18</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>11,5%</b>	<b>19,2%</b>	<b>69,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>

<b>RISCO</b>		
<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Alto</b>
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>00</b>
<b>61,5%</b>	<b>38,5%</b>	<b>0,0%</b>

**FIGURA II.9.3.2 – Distribuição dos cenários acidentais na matriz de risco.**



Ainda com relação às planilhas de Análise Preliminar de Riscos, a **Tabela II.9.3.24**, apresentada a seguir, contém a distribuição das medidas preventivas/mitigadoras resultantes da APR realizada e a distribuição destas medidas ao longo dos cenários levantados e analisados

**TABELA II.9.3.24 – Distribuição das recomendações / observações resultantes da APR nos cenários analisados.**

Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
R1	Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
R2	Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
R3	Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.						■	■	■																			
R4	Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.						■	■	■										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																									
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
R5	Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .																										
R6	Controlar nível de água do tanque de lastro.																										
R7	Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação.																										
R8	Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.																										
R9	Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.																										

Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
R10	Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.																											
R11	Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.																											
R12	Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.																											
R13	Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.																											
R14	Seguir procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.																											

Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
R15	Seguir procedimentos para operações de carga e descarga.																											
O1	A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.																											
O2	A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.																											

### II.9.3.6. ÁRVORES DE EVENTOS

A fim de determinar os possíveis cenários/tipologias acidentais decorrentes da evolução dos eventos iniciadores dos cenários identificados por meio da Análise Preliminar de Riscos (APR), foram elaboradas árvores de eventos, nas quais foram associadas probabilidades de ocorrência de situações que poderiam culminar em tipologias/cenários acidentais, que assim tiveram suas frequências determinadas.

São apresentadas neste item as árvores de eventos construídas a partir dos cenários da APR envolvendo vazamentos de óleo para o mar, os quais viabilizaram a determinação da frequência de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associada, aonde aplicável, aos cenários analisados nas planilhas de Análise Preliminar de Riscos.

Vale ressaltar que aqueles cenários em que não foi identificada a possibilidade de contaminação ambiental por óleo não são aqui contemplados (subsistemas que envolvem Barita/Bentonita e Cimento), de forma a manter coerência com as orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA).

Ainda de forma a manter as orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA), também não foram contemplados neste item os cenários identificados na APR envolvendo vazamentos de óleo em áreas cobertas pelo sistema de drenagem do navio-sonda, uma vez que o volume de óleo liberado quando da ocorrência de um vazamento nestas áreas ficaria contido no sistema de drenagem da sonda, não resultando, portanto, em contaminação ambiental (subsistemas envolvendo fluido de perfuração, teste de formação e vazamentos de óleo combustível, lubrificante e hidráulico no navio-sonda).

As árvores de eventos foram construídas a partir dos eventos iniciadores, cujas frequências correspondem às frequências obtidas a partir da Análise Quantitativa de Riscos. Por sua vez, as probabilidades associadas aos desdobramentos acidentais foram extraídas da *International Association of Oil & Gas Procedures, Risk Assessment Data Directory* (OGP, 2010). Como exemplo, apresentam-se na **Tabela II.9.3.25**, valores para a probabilidade de ignição de óleos.

**TABELA II.9.3.25 – Probabilidades de Ignição.**

TAXA DE VAZAMENTO (kg/s)	PROBABILIDADE DE IGNIÇÃO	
	Tanque de Óleo Diesel	Líquidos Inflamáveis – Processo <i>Offshore</i>
0,1	0,0010	0,0010
0,2	0,0010	0,0013
0,5	0,0010	0,0019
1	0,0010	0,0026
2	0,0011	0,0035
5	0,0011	0,0051
10	0,0014	0,0067
20	0,0021	0,0090
50	0,0024	0,0131
100	0,0024	0,0175
200	0,0024	0,0175
500	0,0024	0,0175
1.000	0,0024	0,0175

Fonte: OGP, 2010

De acordo com as premissas adotadas pela OGP as probabilidades de ignição apresentadas na **Tabela II.9.3.25** contemplam o somatório das probabilidades de ignição imediata e retardada, sendo que a probabilidade de ignição imediata definida no estudo é sempre de 0,0010. Desta forma, para a obtenção da probabilidade de ignição retardada deve-se subtrair 0,0010 do valor da probabilidade de ignição associada a cada taxa de vazamento apresentada anteriormente na **Tabela II.9.3.25**.

Nas **Tabelas II.9.3.26** e **II.9.3.27** são apresentadas as informações utilizadas para calcular as frequências dos cenários/tipologias acidentais. Para o cálculo das probabilidades dos desdobramentos acidentais e suas respectivas frequências algumas considerações foram feitas:

- Para a determinação da árvore de eventos foram considerados apenas os sistemas envolvendo derramamento de óleos (óleo cru, óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico e óleo base) de forma a atender às orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA), segundo as quais devem ser considerados apenas os efeitos de contaminação ambiental por óleo. Desta forma não foram aqui contemplados os cenários analisados na APR envolvendo barita/bentonita e cimento, bem como vazamentos de óleo e fluido de perfuração em áreas cobertas pelo sistema de drenagem do navio-sonda sendo, portanto, contidos pelo sistema de drenagem, não resultando, desta forma, em contaminação ambiental;
- Uma vez que a probabilidade de ignição disponível no banco de dados empregada está associada a vazões mássicas de vazamento, foram determinadas as massas das substâncias envolvidas em cada um dos cenários analisados, a partir dos volumes correspondentes e das densidades associadas às substâncias;
- Ainda com relação às probabilidades de ignição, de acordo com as premissas adotadas no banco de dados empregado nesse estudo (OGP, 2010), a probabilidade de ignição imediata possui o valor de 0,0010, sendo a probabilidade de ignição retardada obtida pela subtração do valor da probabilidade

de ignição imediata (0,0010) da probabilidade de ignição total (imediate + retardada) associada a cada taxa de vazamento;

- Para determinar a vazão mássica das substâncias envolvidas em cada um dos cenários analisados relativo ao armazenamento e circulação de óleo foi considerado o tempo de vazamento de 10 minutos, o qual corresponde ao tempo mínimo de detecção e intervenção adotado por referências bibliográficas de Análise de Riscos, como, por exemplo, o “Manual de Elaboração de Estudos de Análise de Riscos” da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo);
- Por sua vez, para determinar a vazão mássica associada ao volume de óleo liberado durante o abastecimento da unidade de perfuração foi considerado o tempo de 03 minutos, o qual corresponde ao tempo máximo para a detecção e interrupção do bombeio de óleo, uma vez que esta é uma operação assistida;
- Para os cenários envolvendo a perda de controle do poço, *blowout*, a OGP (*International Association of Oil and Gas Producers*) fornece uma probabilidade de ignição imediata de 9% e uma probabilidade de ignição retardada de 16%, tendo sido estes valores empregados no presente estudo;
- Para o cenário envolvendo a perda de estabilidade da Unidade de Perfuração, cenário 21, considerou-se os volumes dos tanques de óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, óleo sujo (*bilge tank*), fluido de perfuração (ativo) e óleo base, presentes no navio-sonda, descartando-se, portanto, os volumes de barita/bentonita e cimento, fluido reserva e querosene de aviação (não há previsão de abastecimento da unidade de perfuração durante a atividade), uma vez que o objetivo na construção das árvores de evento era determinar a contaminação ambiental oriunda de vazamento de óleos, atendendo, desta forma, ao estabelecido pela CGPEG/DILIC/IBAMA nas diretrizes para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA);
- De acordo com informações fornecidas pelo proprietário da unidade de perfuração, todos os vazamentos de óleo ocorridos no interior da unidade de perfuração (incluindo os equipamentos associados ao teste de formação) ficam contidos nesta, não resultando, portanto em contaminação ambiental. Desta forma, os cenários referentes aos vazamentos de óleo no interior da unidade de perfuração não estão sendo aqui contemplados para o cálculo do risco ambiental;
- A unidade de perfuração dispõe de um casco duplo (conforme evidenciado no arranjo geral da sonda apresentado no **Anexo B**) o qual funciona como um sistema de contenção secundária para vazamentos ocorridos na área de armazenamento e sistemas de circulação de fluidos de perfuração, óleo diesel/combustível, óleo lubrificante e efluente oleoso. É importante mencionar que vazamentos ocorridos nessas áreas ficarão contidos no casco duplo, não atingindo o mar. Desta forma, apenas haverá contaminação ambiental, ou seja, o óleo vazado atingirá o mar, no caso de áreas não cobertas pela proteção do casco duplo;
- Nas árvores de evento elaboradas, os três eventos de decisão considerados foram: possibilidade de poça confinada; possibilidade de ignição imediata e possibilidade de ignição retardada resultando *em flash* ou incêndio, tendo estes sido considerados na ordem citada. Ressalta-se que o evento de decisão “possibilidade de contenção através do casco duplo da unidade de perfuração” não está

sendo apresentado nas árvores de eventos em função de esta proteção secundária já ter sido considerada quando do cálculo das frequências associadas à unidade de perfuração *Ocean Rig Mylos* apresentadas no Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da *Ocean Rig Mylos*;

- O evento de decisão referente à poça confinada está sendo apresentado nas árvores de evento apenas de forma ilustrativa, já que para os cenários acidentais considerados no cálculo do risco ambiental está sendo adotada a premissa que 100% do inventário de óleo atinge o mar;
- Para o cenário referente à queda de carga no mar durante as operações de carga e descarga (cenário 26 da APR) não foi construída uma árvore de eventos, pois para este cenário foi considerado como cenário acidental apenas a possibilidade de contaminação ambiental, não sendo aplicável os demais desdobramentos acidentais;
- As tipologias/cenários acidentais considerados no estudo foram incêndio em poça, *flash*, explosão e contaminação ambiental, sendo a primeira, incêndio, decorrente da ignição imediata e as tipologias acidentais *flash* e explosão, decorrentes da ignição retardada. Com relação à contaminação ambiental, tipologia acidental com a maior frequência associada, esta foi considerada quando não há probabilidade de ignição;
- Para os cenários/tipologias acidentais de incêndio em poça, *flash* e explosão, considerou-se que a frequência obtida para estas tipologias acidentais corresponde unicamente aos eventos de incêndio em poça, *flash* e explosão causadores apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental.



**TABELA II.9.3.26 – Probabilidades de ignição e de explosão dos cenários acidentais.**

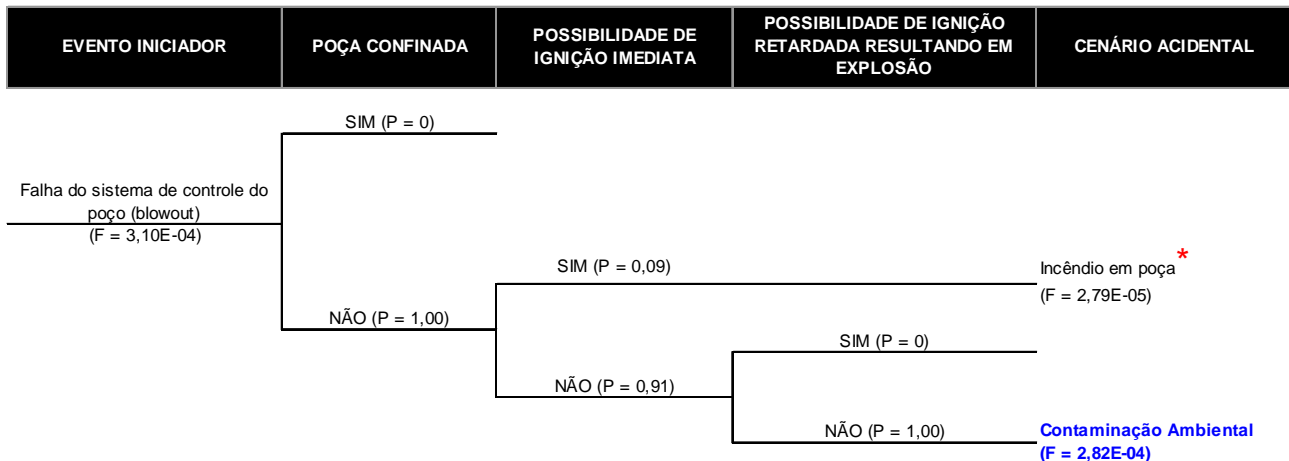
Cenário da APR	Sistema	Subsistema	Substância	Volume (m³)	Densidade (kg/m³)	Massa (kg)	Tempo de Vazamento (s)	Vazão (kg/s)	Probabilidade Total de Ignição (Ignição Imediata + Ignição Retardada)	Probabilidade de Ignição Imediata	Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Flash	Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Explosão
6	Perfuração do Poço	Segurança do Poço	Óleo Cru	8	-	-	-	-	0,0900	0,0900	-	-
7				200		-	-	-	0,2500	0,0900	-	0,1600
8				672.600		-	-	-	0,2500	0,0900	-	0,1600
19	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	8	930	7.440	600	12,40	0,0015	0,0010	0,0005	-
20				54,5		50.685		84,48	0,0024	0,0010	0,0014	-
21	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	10.599,20	850	8.883.350	600	14.805,58	0,0024	0,0010	-	0,0014
22		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	1.500	850	1.275.000		2.125,00	0,0024	0,0010	-	0,0014
23	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Óleo Combustível	5,0	850	6.375	180	35,42	0,0114	0,0010	0,0104	-
24		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	8	850	6.800	600	11,33	0,0015	0,0010	0,0005	-
25				200		170.000		283,33	0,0024	0,0010	0,0014	-
26		Operações de Carga e Descarga	Óleo	8	930	7.440	-	-	-	-	-	-

**TABELA II.9.3.27– Frequências dos cenários acidentais.**

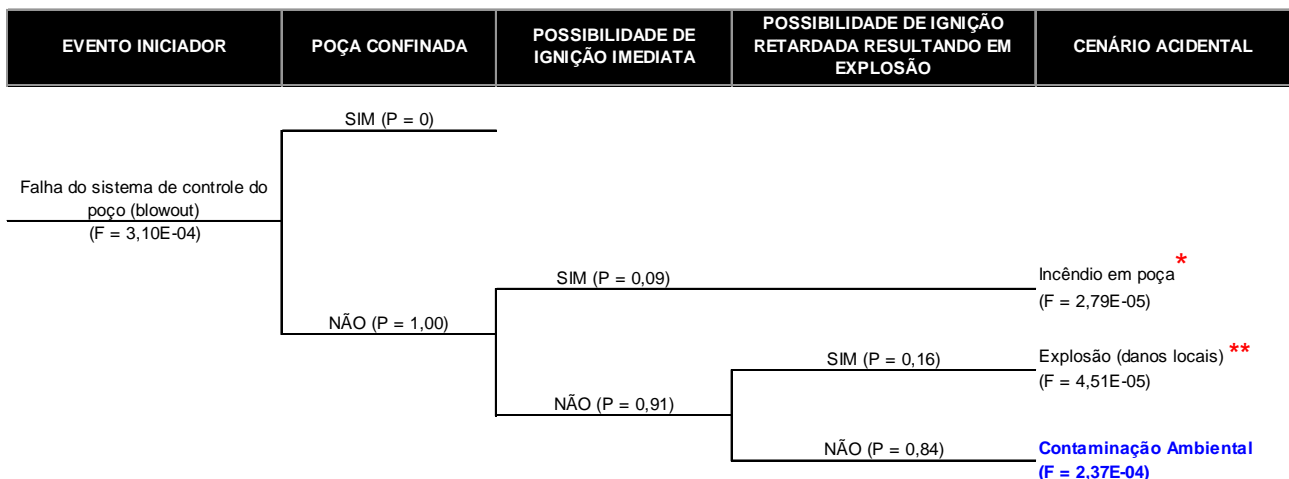
Cenário da APR	Sistema	Subsistema	Substância	Volume (m³)	Frequência (ano <sup>-1</sup> )	Poça Confinada		Probabilidade de Ignição Imediata		Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Flash		Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Explosão		Frequência de Ocorrência de Incêndio (ano <sup>-1</sup> )	Frequência de Ocorrência de Flash (ano <sup>-1</sup> )	Frequência de Ocorrência de Explosão (ano <sup>-1</sup> )	Frequência de Ocorrência de Contaminação Ambiental (ano <sup>-1</sup> )
						SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO				
6	Perfuração do Poço	Segurança do Poço	Óleo Cru	8,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	-	1,0000	2,79E-05	-	-	2,82E-04
7				200,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	0,1600	0,8400	2,79E-05	-	4,51E-05	2,37E-04
8				672.600,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	0,1600	0,8400	2,79E-05	-	4,51E-05	2,37E-04
19	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	8,0	2,15E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0005	0,9995	-	1,0000	2,15E-06	1,07E-06	-	2,15E-03
20			54,5	3,16E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	3,16E-06	4,42E-06	-	3,15E-03	
21	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	10.599,2	5,00E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	-	1,0000	0,0014	0,9986	5,00E-06	-	6,99E-06	4,99E-03
22		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	1.500,0	1,00E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	-	1,0000	0,0014	0,9986	1,00E-06	-	1,40E-06	9,98E-04
23	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Óleo Combustível	5,0	9,07E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	9,07E-06	1,27E-05	-	9,05E-03
24		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	8,0	1,00E-06	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0005	0,9995	-	1,0000	1,00E-09	5,00E-10	-	9,99E-07
25		200,0	1,00E-08	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	1,00E-11	1,40E-11	-	9,98E-09		
26		Operações de Carga e Descarga	Óleo	8,0	6,67E-03	-	1,00	-	1,0000	-	1,0000	-	1,0000	-	-	-	6,67E-03

A seguir são apresentadas as árvores de eventos elaboradas para cada um dos cenários analisados na APR envolvendo vazamento de óleo para o mar com as respectivas frequências tanto para os eventos iniciadores como para os desdobramentos acidentais (cenários/tipologias acidentais), bem como as probabilidades associadas a estes desdobramentos.

- **Cenário 06:** Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.<sup>23</sup>



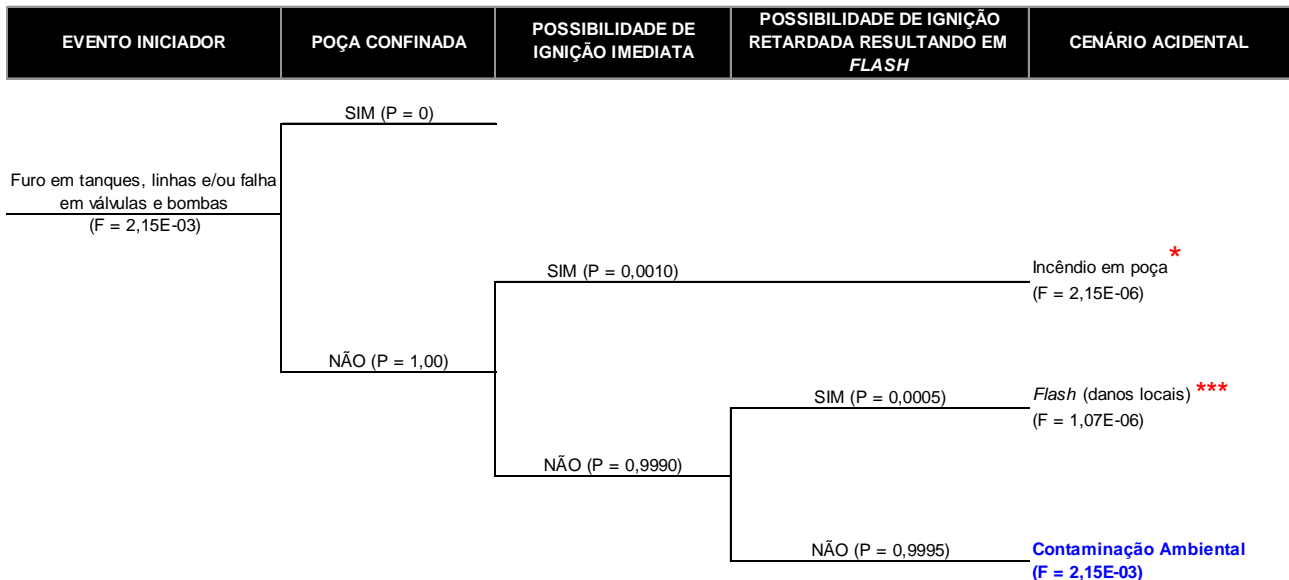
- **Cenários 07 e 08:** Médio e grande vazamentos de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.<sup>24</sup>



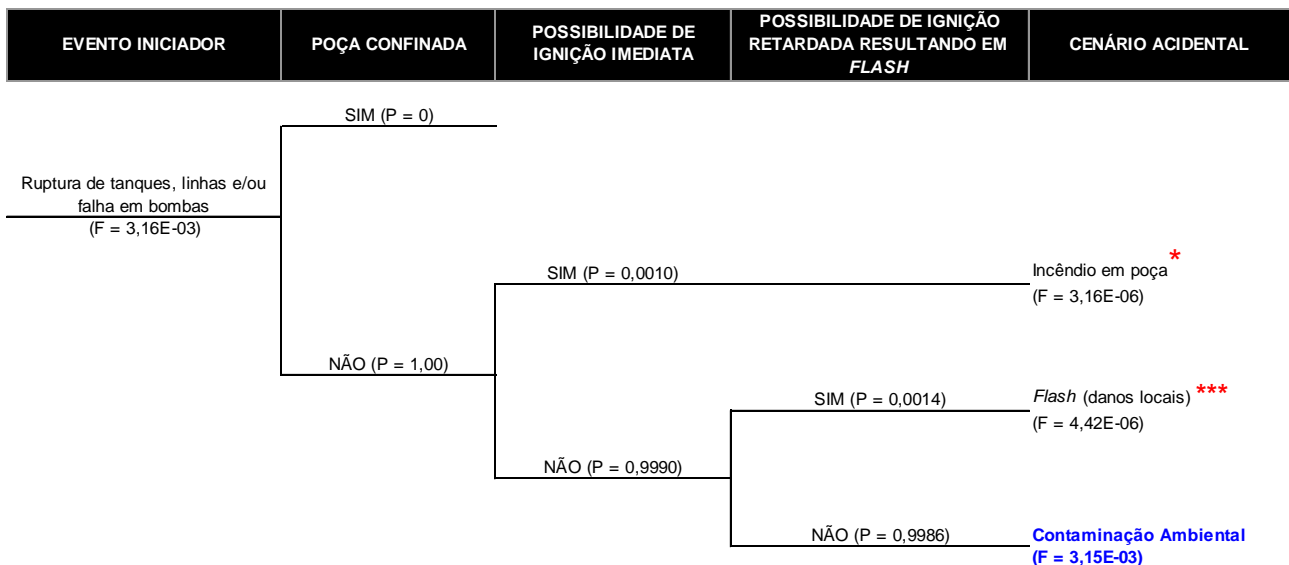
<sup>23</sup> \* Para o cenário acidental de incêndio em poça, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de incêndio em poça, causador apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

<sup>24</sup> \*\* Para o cenário acidental de explosão, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de explosão, causador apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

- **Cenário 19:** Pequeno vazamento de efluentes oleosos/água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.<sup>25</sup>

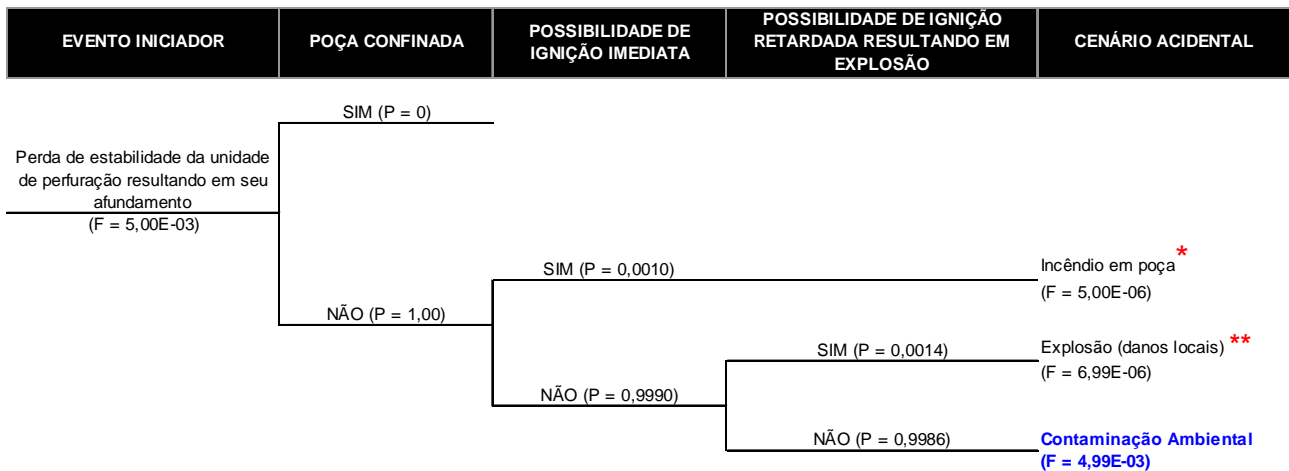


- **Cenário 20:** Médio vazamento de efluentes oleosos/água oleosa devido à ruptura total de tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.

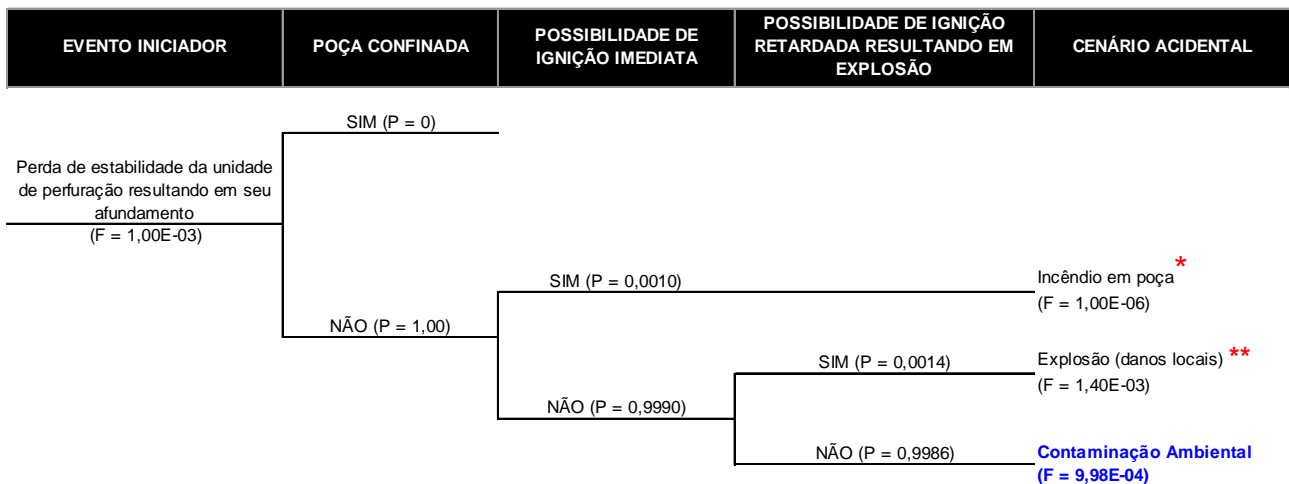


<sup>25</sup> \*\*\* Para o cenário acidental de flash, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de flash, causador de danos de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

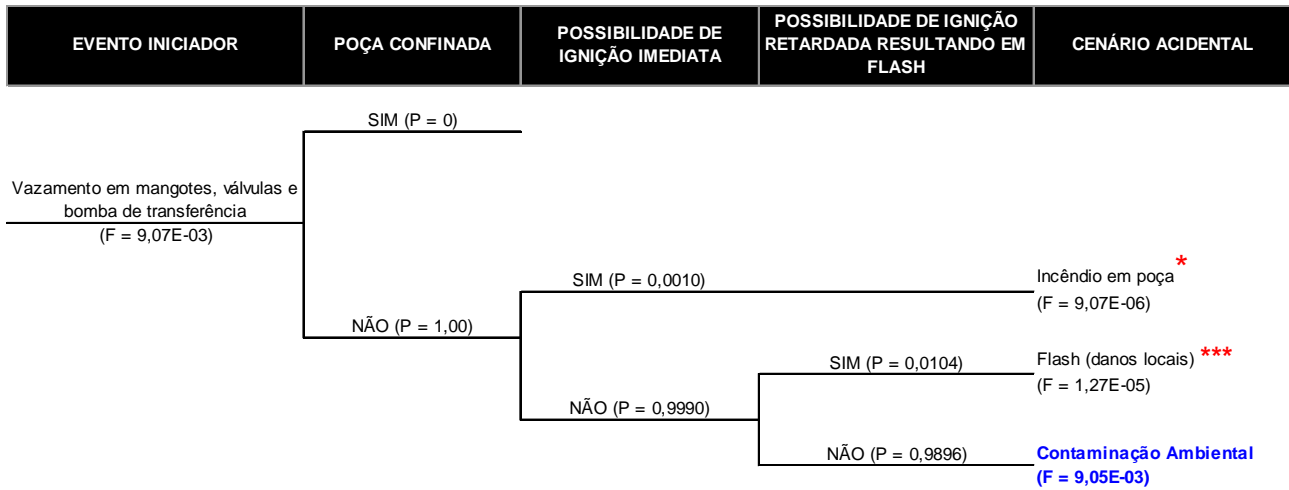
- **Cenário 21:** Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido ao afundamento da unidade de perfuração devido à perda de estabilidade.



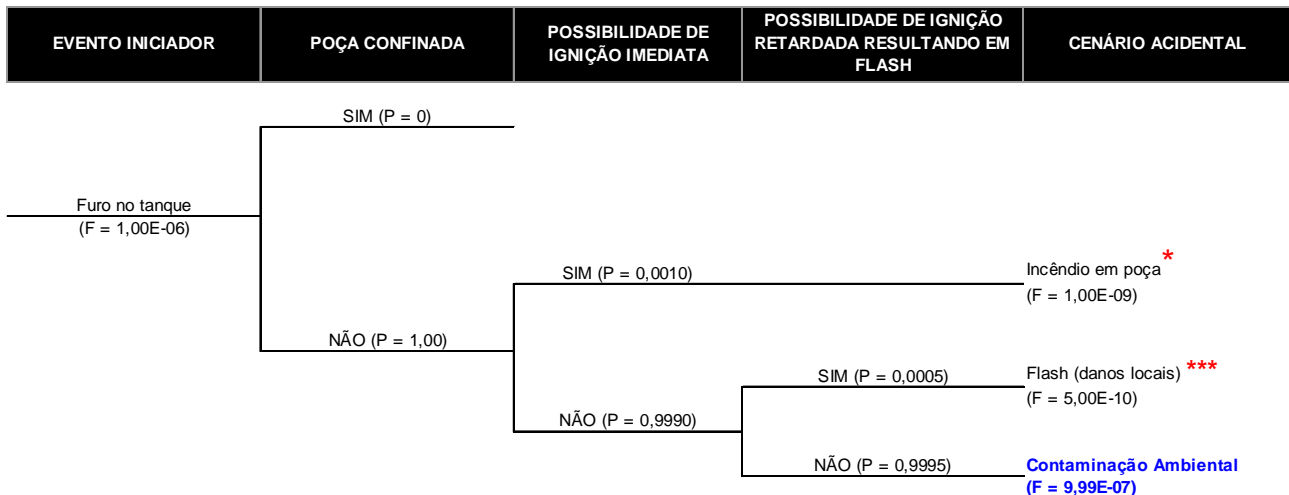
- **Cenário 22:** Grande vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.



- **Cenário 23:** Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.

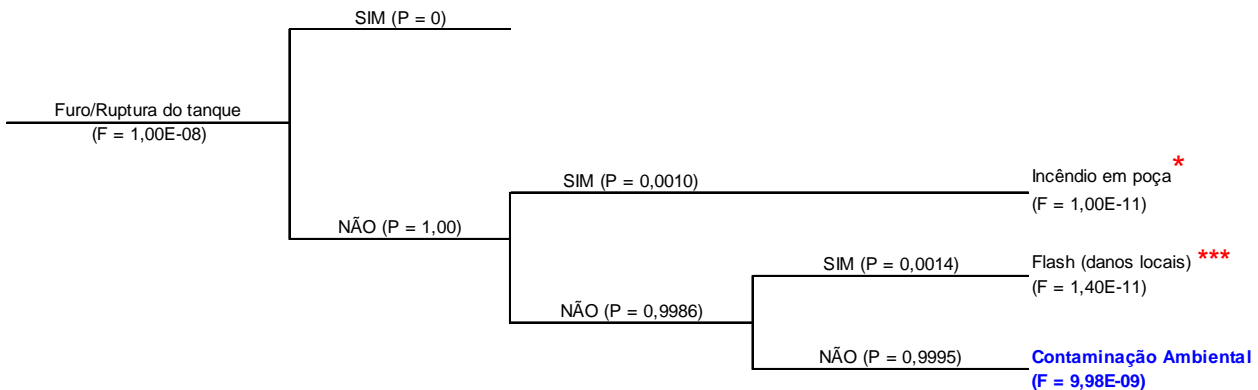


- **Cenário 24:** Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade derrame de óleo para o mar.



- Cenário 25:** Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e com possibilidade de derrame de óleo para o mar.

EVENTO INICIADOR	POÇA CONFINADA	POSSIBILIDADE DE IGNIÇÃO IMEDIATA	POSSIBILIDADE DE IGNIÇÃO RETARDADA RESULTANDO EM FLASH	CENÁRIO ACIDENTAL
------------------	----------------	-----------------------------------	--	-------------------



Com o desenvolvimento das árvores de eventos foi possível obter as frequências associadas a cada um dos cenários/tipologias acidentais identificados como decorrentes dos eventos iniciadores oriundos da Análise Preliminar de Riscos. De acordo com o exposto anteriormente, apenas as frequências obtidas para os cenários/tipologias acidentais correspondentes à contaminação ambiental foram utilizadas no cálculo do Risco Ambiental.

## 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, um de janeiro a junho e outro de julho a dezembro, e três faixas de volume de vazamento, conforme **Tabela II.9.4.1.1** a seguir, estabelecidas pela Resolução CONAMA N°398/08. O relatório técnico de Modelagem de Transporte de Óleo é apresentado na íntegra na seção II.6 (Modelagem Numérica) do presente Estudo Ambiental de Perfuração (EAP).

**TABELA II.9.4.1.1 - Cenários realizados para os pontos de risco na Bacia do Espírito Santo.**

Cenário	Período	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )
1	Janeiro a junho	8
2	Julho a dezembro	8
3	Janeiro a junho	200
4	Julho a dezembro	200
5	Janeiro a junho	672.600
6	Julho a dezembro	672.600

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).

As características dos pontos de vazamento utilizados para a modelagem são apresentadas na **Tabela II.9.4.1.2**. Ressalta-se que para a Análise de Risco Ambiental, foi utilizada a integração dos resultados em superfície dos quatro pontos.

**TABELA II.9.4.1.2 - Coordenadas dos pontos de vazamento na Bacia do Espírito Santo (Datum SIRGAS 2000).**

Ponto	Latitude	Longitude
598B	20°15'29.7400" S	38°26'38.8421" W
671A	20°40'33.3409" S	38°44'54.8739" W
673A	20°37'30.6742" S	38°25'39.4916" W
743B	20°59'3.9352" S	38°44'35.8630" W

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).

Segundo informações da STATOIL, para a Bacia do Espírito Santo, o óleo esperado deverá apresentar valores próximos a 43,8° API (valor do óleo análogo considerado para este estudo ambiental). Na modelagem de óleo foi utilizado um óleo de grau API próximo do banco de dados do OSCAR, cujas características são apresentadas a seguir, na **Tabela II.9.4.1.3**.

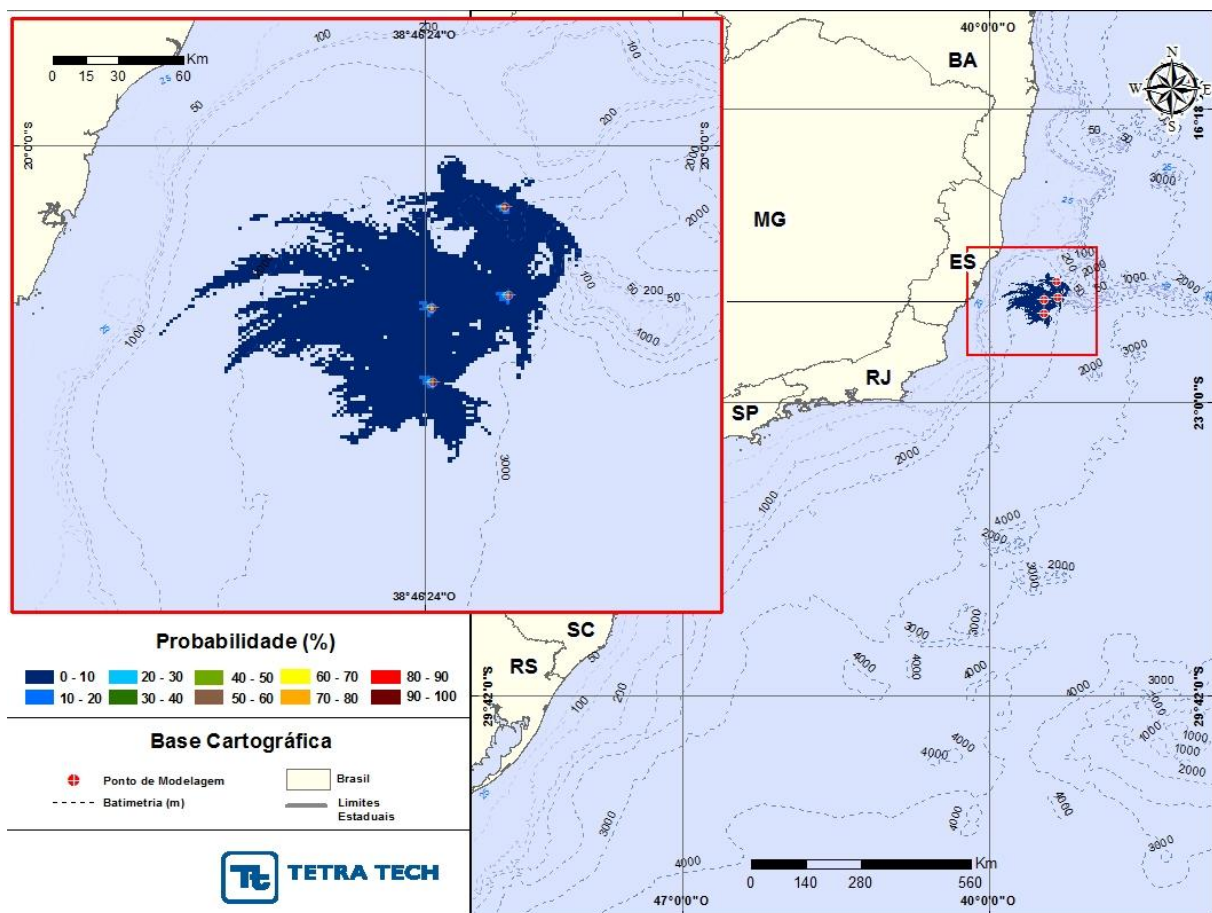


**TABELA II.9.4.1.3 - Características do óleo cru utilizado na simulação.**

<b>Tipo de Óleo</b>	Cru
<b>API</b>	43,8°
<b>Densidade</b>	0,807 g/cm <sup>3</sup> (a 20°C)
<b>Viscosidade dinâmica</b>	5,0 cP (a 13°C)
<b>Ponto de fluidez (<i>Pour point</i>)</b>	-24 °C

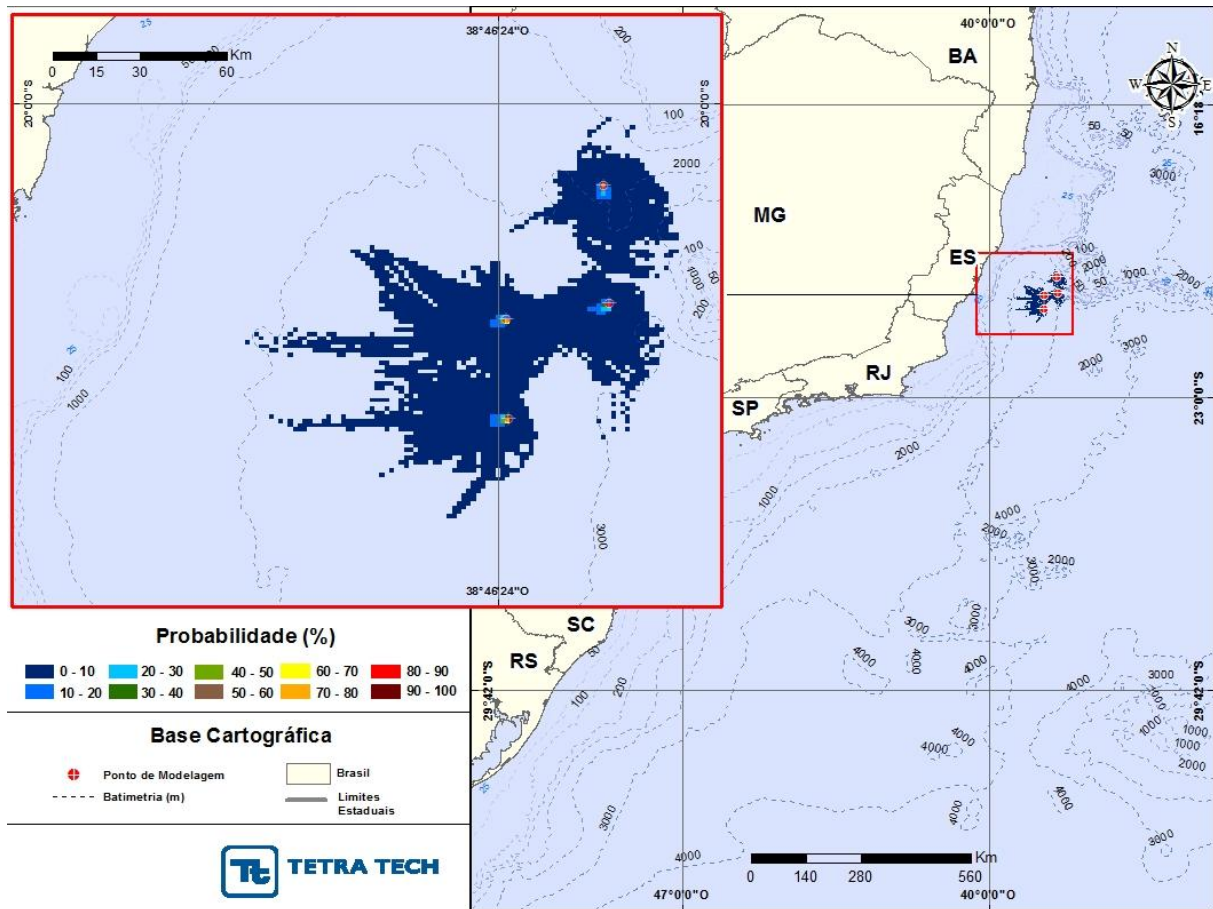
Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).

A seguir, são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo para os vazamentos de volume pequeno (8 m<sup>3</sup>) (**Figuras II.9.4.1.1 e II.9.4.1.2**), volume médio (200 m<sup>3</sup>) (**Figuras II.9.4.1.3 e II.9.4.1.4**) e pior caso (672.600 m<sup>3</sup>) (**Figura II.9.4.1.5 e II.9.4.1.6**).



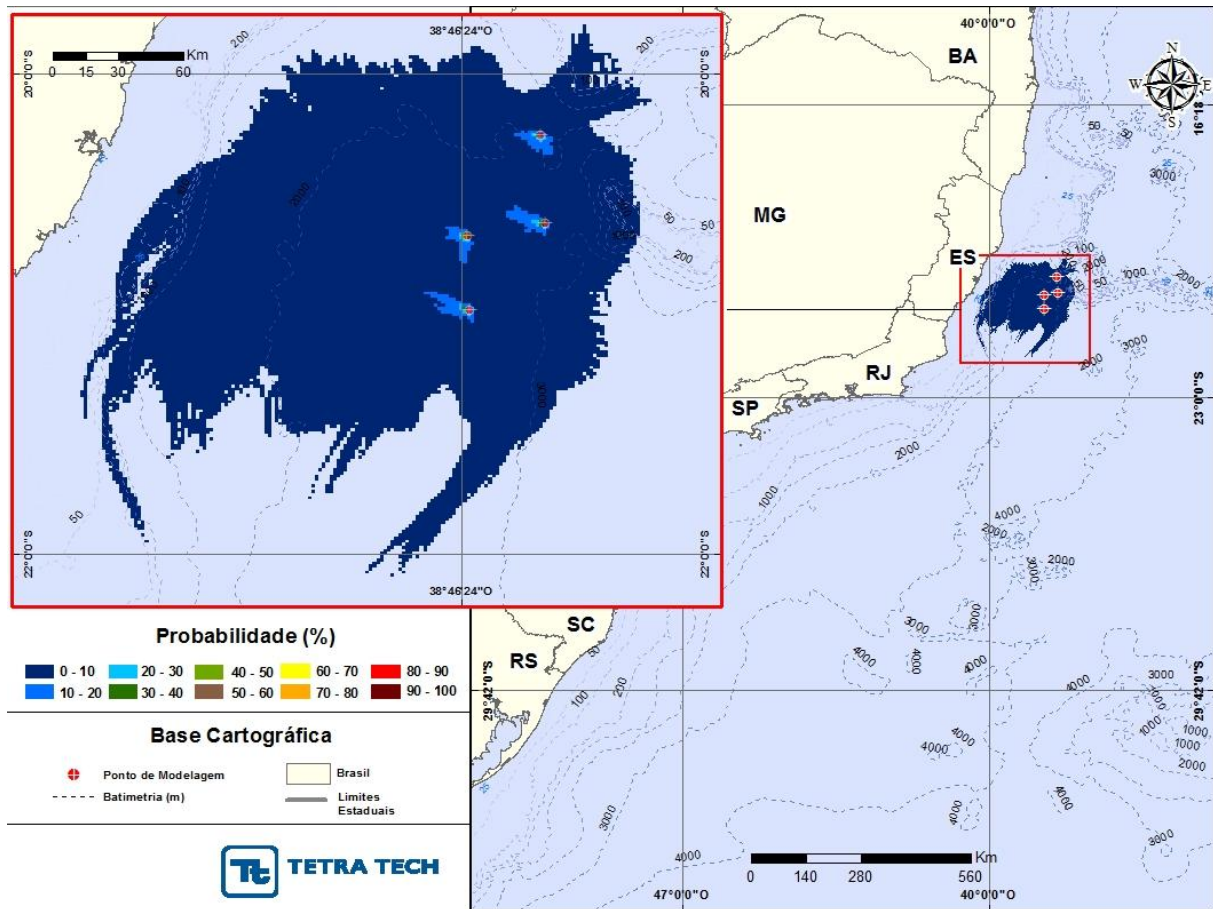
**FIGURA II.9.4.1.1 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 1 (Janeiro a Junho; volume: 8 m<sup>3</sup>; 30 dias de simulação).**

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).



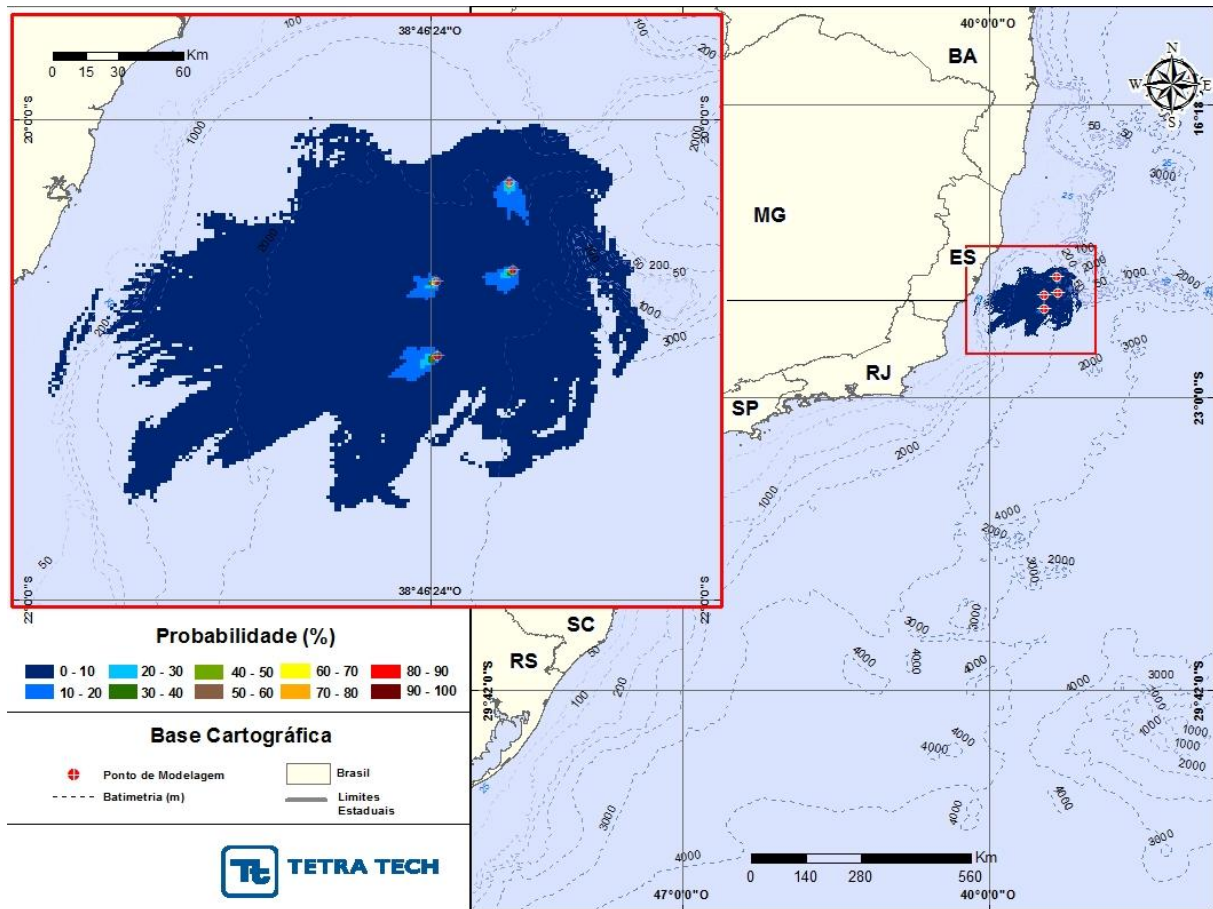
**FIGURA II.9.4.1.2 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 2 (Julho a Dezembro; volume: 8m<sup>3</sup>; 30 dias de simulação).**

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).



**FIGURA II.9.4.1.3 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 3 (Janeiro a Junho; volume: 200 m<sup>3</sup>; 30 dias de simulação).**

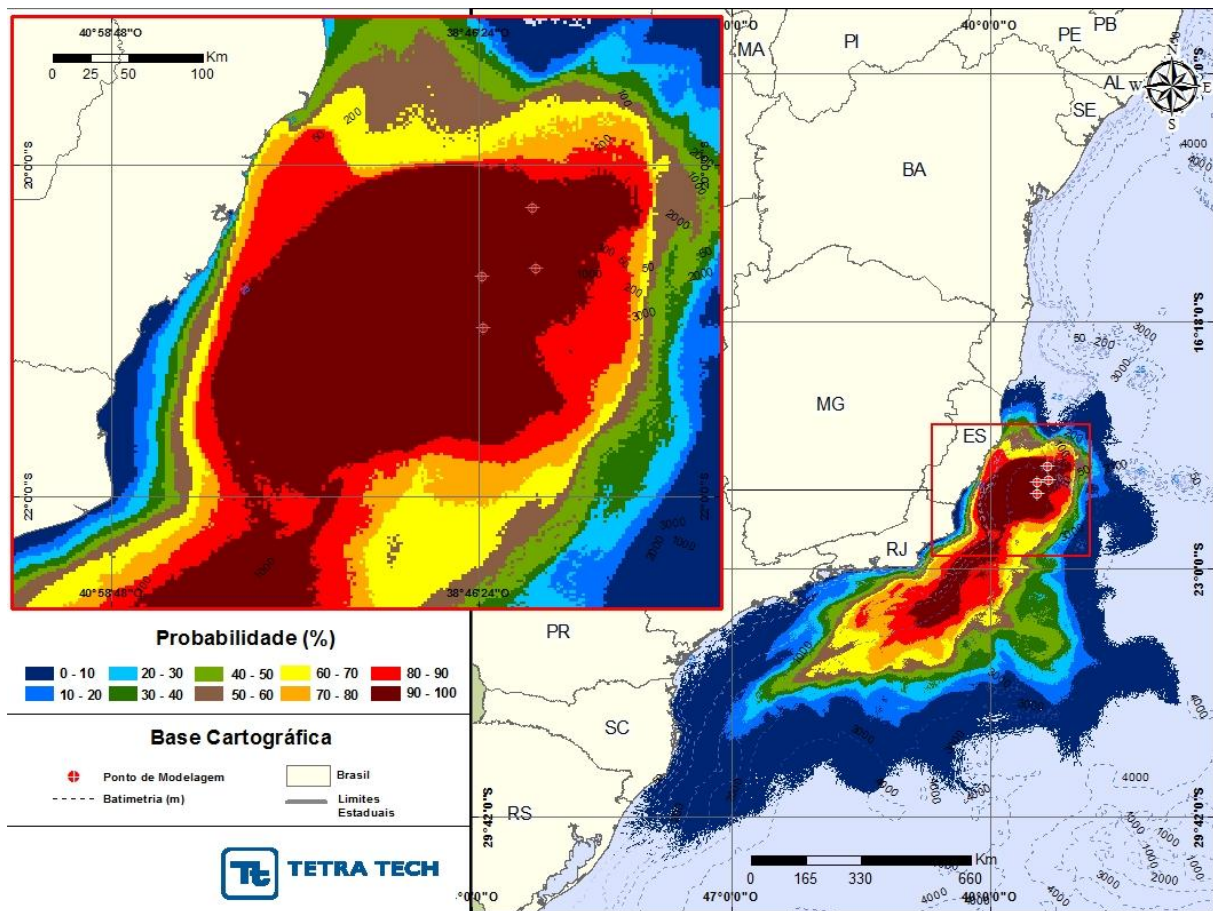
Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).



**FIGURA II.9.4.1.4 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 4 (Julho a Dezembro; volume: 200 m<sup>3</sup>; 30 dias de simulação).**

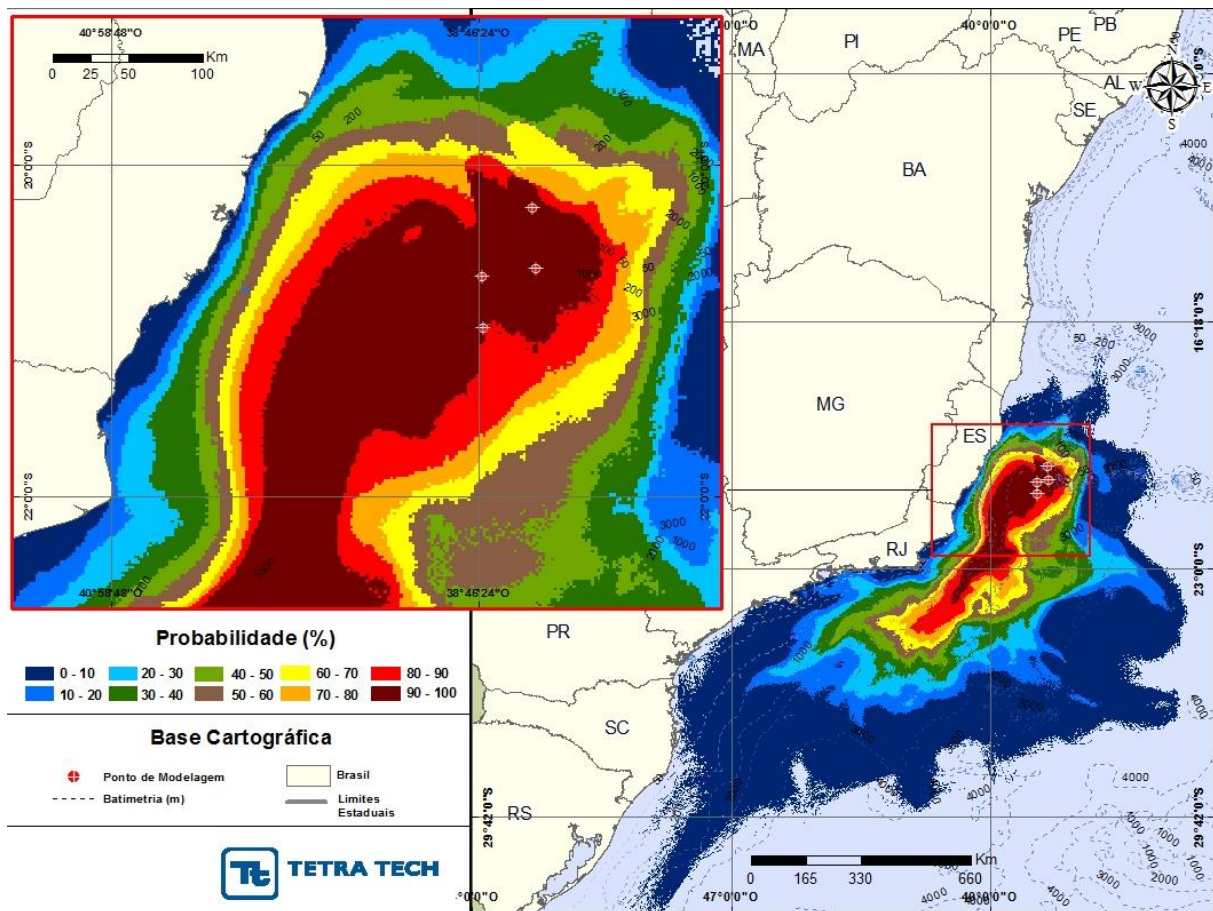
Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).





**FIGURA II.9.4.1.5 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho; volume: 672.600 m<sup>3</sup>; 60 dias de simulação).**

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).



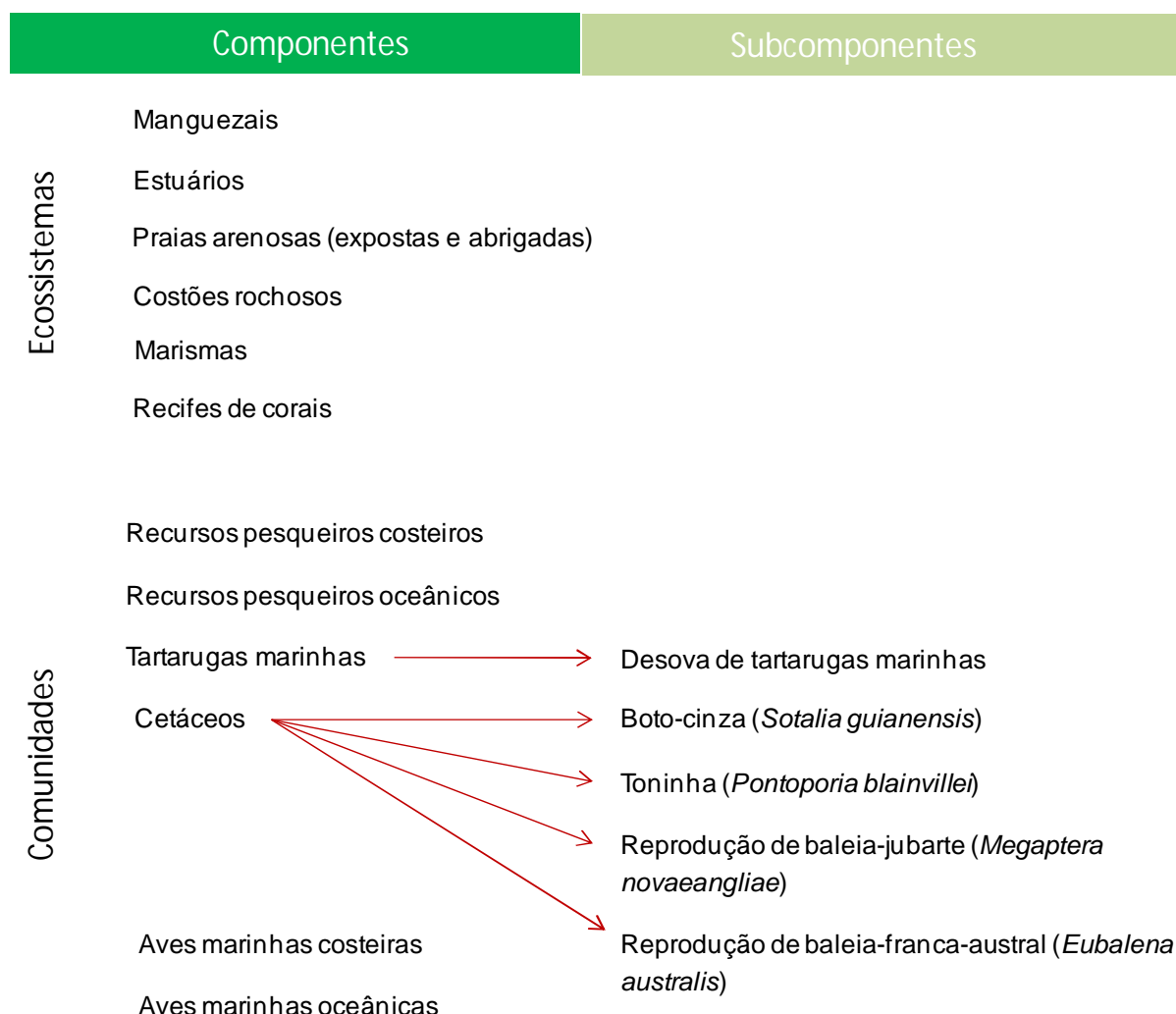
**FIGURA II.9.4.1.6 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro; volume: 672.600 m<sup>3</sup>; 60 dias de simulação).**

Fonte: TETRA TECH/STATOIL (2015).

## II.9.4.2. Análise de Vulnerabilidade e Identificação dos Componentes com Valor Ambiental

Os Componentes (CVA) e Subcomponentes (SVA) de Valor Ambiental passíveis de serem atingidos, considerando o resultado consolidado das modelagens de óleo para o cenário de pior caso com origem nos Blocos ES-M-598, ES-M-671, ES-M-673 e ES-M-743, foram identificados a partir das informações constantes na Análise de Vulnerabilidade e na Síntese da Qualidade Ambiental, integrantes do presente EAP.

Foram identificados, ao todo, 12 componentes (seis ecossistemas e seis comunidades biológicas) e cinco subcomponentes, os quais representam áreas de grande importância biológica por apresentarem concentrações bem definidas de espécies ou distribuição restrita de espécies ameaçadas de extinção (**Figura II.9.4.2.1**).



**FIGURA II.9.4.2.1 – Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental identificados.**

É importante observar que o CVA Estuário foi selecionado visando uma complementação ao CVA Manguezais, uma vez que sua localização é mais ampla que a definida para manguezais e suas áreas são complementares.

É válido destacar que foram considerados como componentes distintos os recursos pesqueiros oceânicos e recursos pesqueiros costeiros assim como as aves marinhas costeiras e as aves marinhas oceânicas, buscando-se atender aos requerimentos da CGPEG/DILIC/IBAMA manifestados em pareceres técnicos já emitidos para Análises de Riscos Ambientais desenvolvidas em outros processos. No caso dos recursos pesqueiros tais requerimentos fundamentam-se nas diferenças entre os ciclos de vida, taxas de crescimento das populações presentes nesses dois ambientes. Já no caso das aves a separação tem relação tanto à área de ocorrência e uso do habitat, quanto no que se refere aos ciclos de vida, que são claramente distintos para cada grupo.

Após a definição dos componentes e subcomponentes relevantes para a presente análise, suas respectivas áreas de ocorrência foram delimitadas espacialmente utilizando-se, prioritariamente, informações acerca de áreas de concentração, reprodução, alimentação e rotas migratórias das espécies. Quando essas informações não estiveram disponíveis, utilizou-se registros de ocorrência, sendo a abordagem, nesses casos, sempre o mais conservadora possível.

Para definição dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental, foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo na situação de *blowout*, ou seja, vazamento de pior caso, mostrando o conservadorismo do estudo.

Uma vez identificados e mapeados os CVAs e SVAs, definiu-se o tempo de recuperação para cada componente e subcomponente e sua classificação de distribuição (que interfere diretamente no cálculo da tolerabilidade). Para a classificação do tempo de recuperação foi consultada bibliografia especializada sobre impactos de óleo em organismos e ecossistemas e os tempos de recuperação, além dos guias da IPIECA. A sensibilidade dos componentes e subcomponentes foi avaliada em função do seu tempo de recuperação.

Ressalta-se 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 (e.g. acidente com Exxon Valdez no Alaska). Além disso, após muitos vazamentos de óleo relatados, medidas mitigadoras foram adotadas podendo acelerar e em alguns casos até retardar o processo de recuperação. Dessa maneira, dificulta-se ainda mais o estabelecimento do tempo de recuperação para áreas atingidas que não contam com qualquer tipo de ação.

A classificação de distribuição está relacionada à mobilidade e/ou dependência dos organismos/ecossistemas à determinada área. Em outras palavras, componentes que apresentam uma ampla distribuição espacial, não sendo possível determinar sua área exata de ocorrência devido à sua grande mobilidade, são classificados como difusos. Já componentes imóveis, como é o caso dos ecossistemas, além dos componentes que apresentam alta fidelidade à determinado habitat (porque se reproduzem, se alimentam ou porque têm distribuição muito restrita) são classificados como fixos.



- **Componentes (CVA) e Subcomponentes (SVA) de Valor Ambiental**

A seguir é apresentada uma breve consideração em relação a cada CVA e SVA identificado, seguida dos respectivos resultados obtidos referentes ao mapeamento e ao tempo de recuperação estimado para cada um deles.

- **CVA Manguezais**

### **A. Introdução**

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).

Os manguezais do estado do Espírito Santo ocupam uma área aproximada de 70 km<sup>2</sup>. As áreas mais extensas são encontradas no entorno da Baía de Vitória e nos estuários dos rios Piraqueçu e São Mateus (VALE & FERREIRA, 1998). A composição florística consiste nas mesmas espécies que ocorrem no estado do Rio de Janeiro ocorrendo, ainda, os gêneros *Spartina*, *Hibiscus* e *Acrostichum*, como associados (SILVA *et al.*, 2005). Na região entre Vila Velha (ES) e o Delta do Paraíba do Sul (RJ), as formações de manguezais são marcadas pela influência marinha e alcançam vários quilômetros para o interior a partir das desembocaduras dos rios presentes nesse trecho (KM/ENSR INTERNATIONAL, 2005).

No estado do Rio de Janeiro, as áreas mais extensas de manguezal estão na foz do Rio Paraíba do Sul, Itabapoana e Macaé, e nas baías de Guanabara, Sepetiba e Angra dos Reis, ocupando uma área de aproximadamente 16.000 km<sup>2</sup> (FEEMA, 1980; MENEZES *et al.*, 2000 apud BERNINI & REZENDE, 2004). As principais espécies de mangue que compõem esse ecossistema são: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans* (BERNINI & REZENDE, 2004).

Já em São Paulo, devido à morfologia do trecho norte do litoral, são encontradas poucas áreas de manguezal, que se restringem às desembocaduras de alguns rios (HYDRO/KERRMCGEE/ENSR/AECOM, 2006). Porém, merecem destaque alguns manguezais com maior representatividade na região como aqueles presentes na enseada de Ubatuba, às margens do Rio Juqueriquerê (Caraguatatuba) e no canal de Bertioiga e de São Vicente (BG/ENSR/AECOM, 2006; HYDRO/KERRMCGEE/ENSR/AECOM, 2006). Destaca-se, ainda, o Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape (SP), Cananéia (SP) e Paranaguá (PR), que formam a chamada região de manguezais de Cananéia (SP) (BG/ENSR/AECOM, 2006). Apesar da importância ecológica desse ecossistema, muitos já se encontram degradados e/ou contaminados com metais pesados (PANITZ *et al.*, 1994; BG/ENSR/AECOM, 2006).

No estado de Santa Catarina os manguezais ocorrem principalmente na porção ocidental protegida do rio Ratoes, Saco Grande e rio Itacorubi, na Baía Norte, e o do rio Tavares na Baía Sul, no município de Florianópolis (SOUZA *et al.*, 1993).

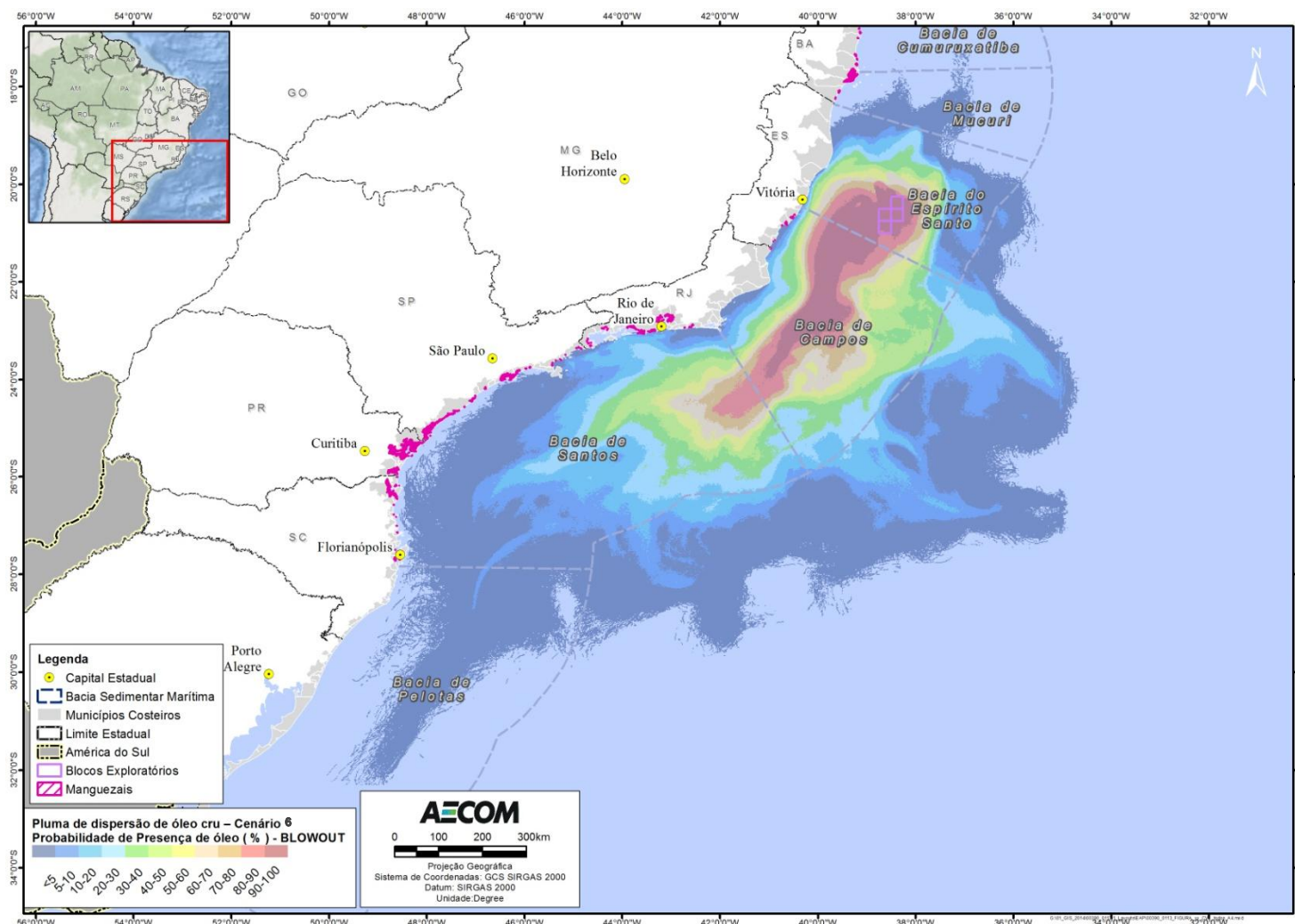
Dessa maneira, a zona costeira da região passível de ser atingida caso ocorra um vazamento de óleo de pior caso é rica em manguezais, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. Entretanto, observa-se que muitos desses ecossistemas encontram-se degradados devido à ação antrópica (BP/AECOM, 2012). Segundo BAHIA-TURSA (2000), podem-se destacar os seguintes impactos nesses ambientes: aterros

e consequente assoreamento; pesca predatória e mariscagem por pessoas que não fazem parte das comunidades locais; o não respeito à época do defeso dos crustáceos; lixo e o esgoto sanitário.

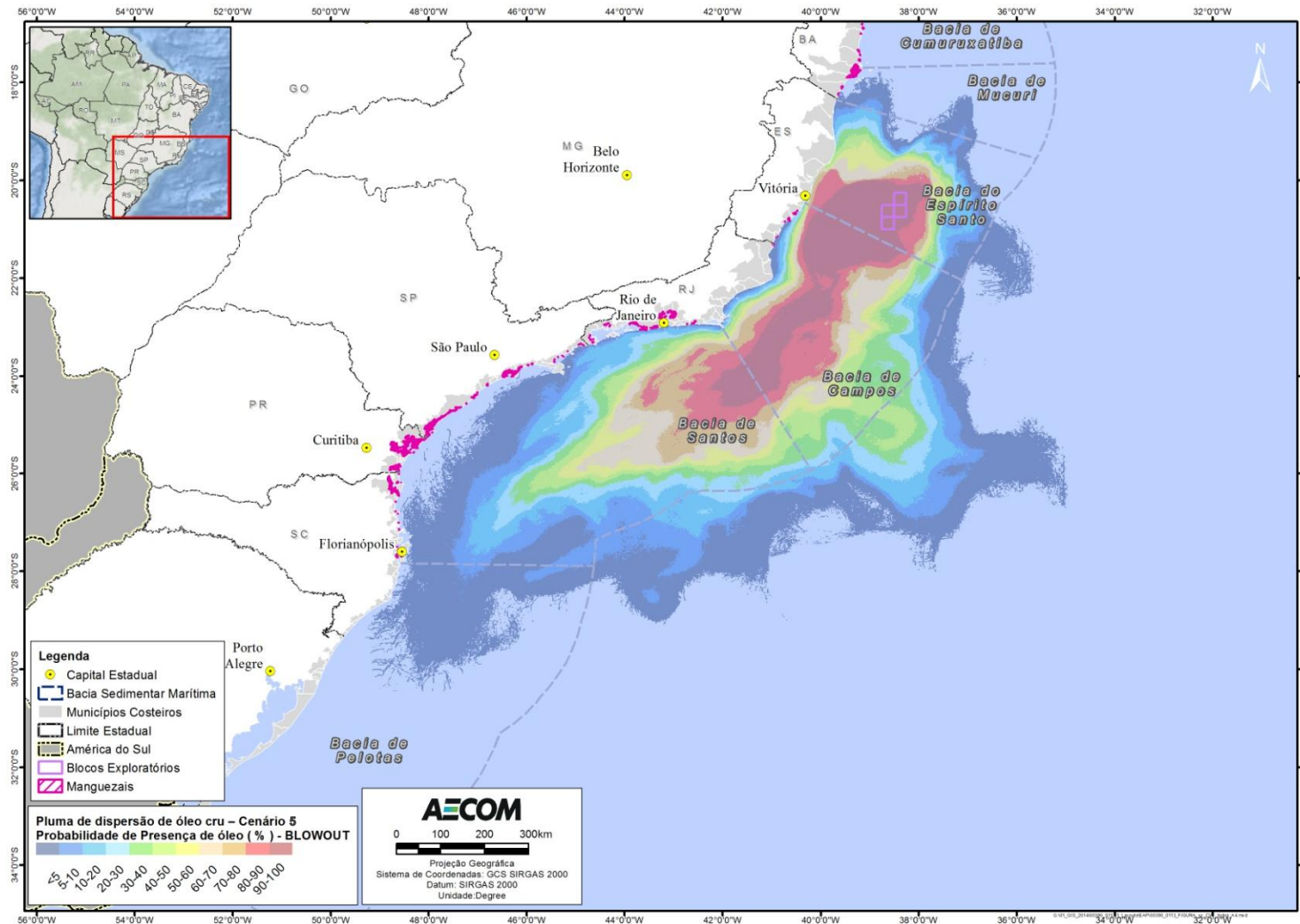
Apesar do quadro de degradação em que os manguezais brasileiros se encontram, no tocante ao aspecto legal, são ecossistemas protegidos pelo Código Florestal Brasileiro no artigo 2, de número 4.771 do ano de 1965, o qual prevê que toda área de manguezal é de preservação permanente protegendo, assim, a 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.

## **B. Mapeamento**

As Figuras **II.9.4.2.2** e **II.9.4.2.3** apresentam a localização dos manguezais (componente fixo) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, nos dois cenários sazonais. As áreas ocupadas por manguezais foram delimitadas através de mapeamento digital utilizando o Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos (MMA, 2007b), e referências bibliográficas apresentadas na Análise de Vulnerabilidade, como SOUZA et al. (1993); VALE & FERREIRA (1998); KM/ENSR INTERNATIONAL (2005); BG/ENSR/AECOM (2006); HYDRO/KERRMCGEE/ ENSR/AECOM (2006); CAMPANILI & PROCHNOW (2006) e MAGRIS & BARRETO (2010).



**FIGURA II.9.4.2.2 – Localização dos manguezais na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.3 – Localização dos manguezais na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**



### C. Tempos de Recuperação

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 em 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 asfíxia e, posteriormente, o impacto crônico pode levar à 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 no 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 de maior retenção de óleo (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.

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 a 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.9.4.2.1** mostra o tempo 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.9.4.2.1 – Impactos e tempo de recuperação de árvores de manguezais em sete vazamentos de óleo e cinco locais.**

Localização	Tipo de Óleo	Impactos no manguezal	Tempo de Recuperação	Bibliografia
<i>Era</i> , Austrália Agosto, 1992	Bunker (combustível)	<i>Avicennia marina</i> 75-100 ha impactados	>4 anos	WARDROP <i>et al.</i> , 1997
<i>Santa Augusta</i> , Ilhas Virgens (EUA), 1971	Óleo cru	<i>Rhizophora mangle</i>	>7 anos (pouca ou nenhuma recolonização)	LEWIS, 1979
<i>Zoe Colocotronis</i> , Porto Rico Março, 1973	Venezuela cru	<i>Rhizophora mangle</i> <i>Avicennia nitida</i>	>6 anos (área exposta)	NADEAU & BERGQUIST, 1977; GILFILLAN <i>et al.</i> , 1981
* <i>Witwater</i> Panamá, 1968	Óleo cru	49 ha desmatados	23 anos (franja – área exposta) >23 anos (área abrigada)	DUKE <i>et al.</i> , 1997
<i>Bahía las Minas</i> , Panamá Abril, 1986	Combustível de aviação (JP-5)	<i>Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i> <i>Avicennia germinans</i> <i>Pelliciera rhizophorae</i>	>5 anos (mangue exposto) >6 anos (recuperação em andamento)	GARRITY <i>et al.</i> , 1994; DUKE <i>et al.</i> , 1997
<i>Roosevelt Roads</i> , Porto Rico Novembro de 1986 a Outubro de 1999	Nº 6 & Nº 2 (combustível)	<i>Laguncularia racemosa</i> 6 ha mortos (1986)  31 acres impactados (1999)	>1 ano  >1,5 ano	BALLOU & LEWIS, 1989; WILKINSON <i>et al.</i> , 2001
<i>Baía Tampa</i> Agosto de 1993	-	<i>Avicennia germinans</i> <i>Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i> 5,5 acres impactados	>2 anos	LEVINGS & GARRITY, 1995

\* 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 disponibilização 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 Kuwait, no vazamento ocorrido durante a Guerra do Golfo, foi mais rápida 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.9.4.2.2**.

**TABELA II.9.4.2.2 – 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
<b>Agudo</b>	
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.
<b>Crônico</b>	
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 sobrevivência de plântulas.
10 a 50 anos (?)	Recuperação completa.

Fonte: WASSERMAN *et al.*, 2002.

## C.1. Estudos de Caso

Os manguezais têm sido 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.9.4.2.3** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos manguezais.

**TABELA II.9.4.2.3 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os manguezais.**

Vazamento	Efeitos reportados
1973: <i>Zoe Colocotronis</i> , La Parguera, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 5.9724 milhões de litros de óleo cru.	Houve desfolhação e morte da vegetação durante os três anos após o vazamento. Um estudo realizado oito meses após o vazamento observou 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.
1978: <i>Peck Slip</i> , Porto Rico. Volume do óleo derramado: entre 1703.435 litros 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: <i>Jet Fuel</i> , Porto Rico. Volume do óleo derramado: 1986 – 223.3393 litros de combustível. 1999 – 423.9661 litros 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 <i>Vesta Bella</i> , Ilhas Virgens americanas. Volume do óleo derramado: desconhecido.	Os mangues brancos de um 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 <i>Era</i> , Sul da Austrália. Volume do óleo derramado: 1794.258 litros 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.

Vazamento	Efeitos reportados
<p>1968 e 1986: Tanques de armazenamento Witwater e Texaco, Bahia Las Minas, Panamá.</p> <p>Volume do óleo derramado:</p> <p>1968: 2225.822 litros de óleo diesel e combustível.</p> <p>1986: 38.178 milhões de litros de óleo cru.</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>1993: Barcaça <i>Bouchard B-155</i>, Tampa Bay, Flórida.</p> <p>Volume do óleo derramado:</p> <p>1279.469 litros de óleo combustível.</p>	<p>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.</p>
<p>2000: Refinaria de Duque de Caxias, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.</p> <p>Volume do óleo derramado: 1,3 milhões de litros de óleo combustível.</p>	<p>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.</p>

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 pode não refletir à 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.

#### **D. Conclusão**

Considerando o já exposto, associado ao fato da atividade estar localizada a no mínimo 145 km da costa (Linhares/ES), em batimetria de 2.000 a 3.000 m de lâmina d'água, o impacto passível de acontecer sobre os manguezais da região configura-se um cenário de menor gravidade quando comparado àqueles resultantes de vazamentos originados em regiões costeiras. Além disso, a região 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 aqui 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.

- **CVA Estuários**

## **A. Introdução**

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.

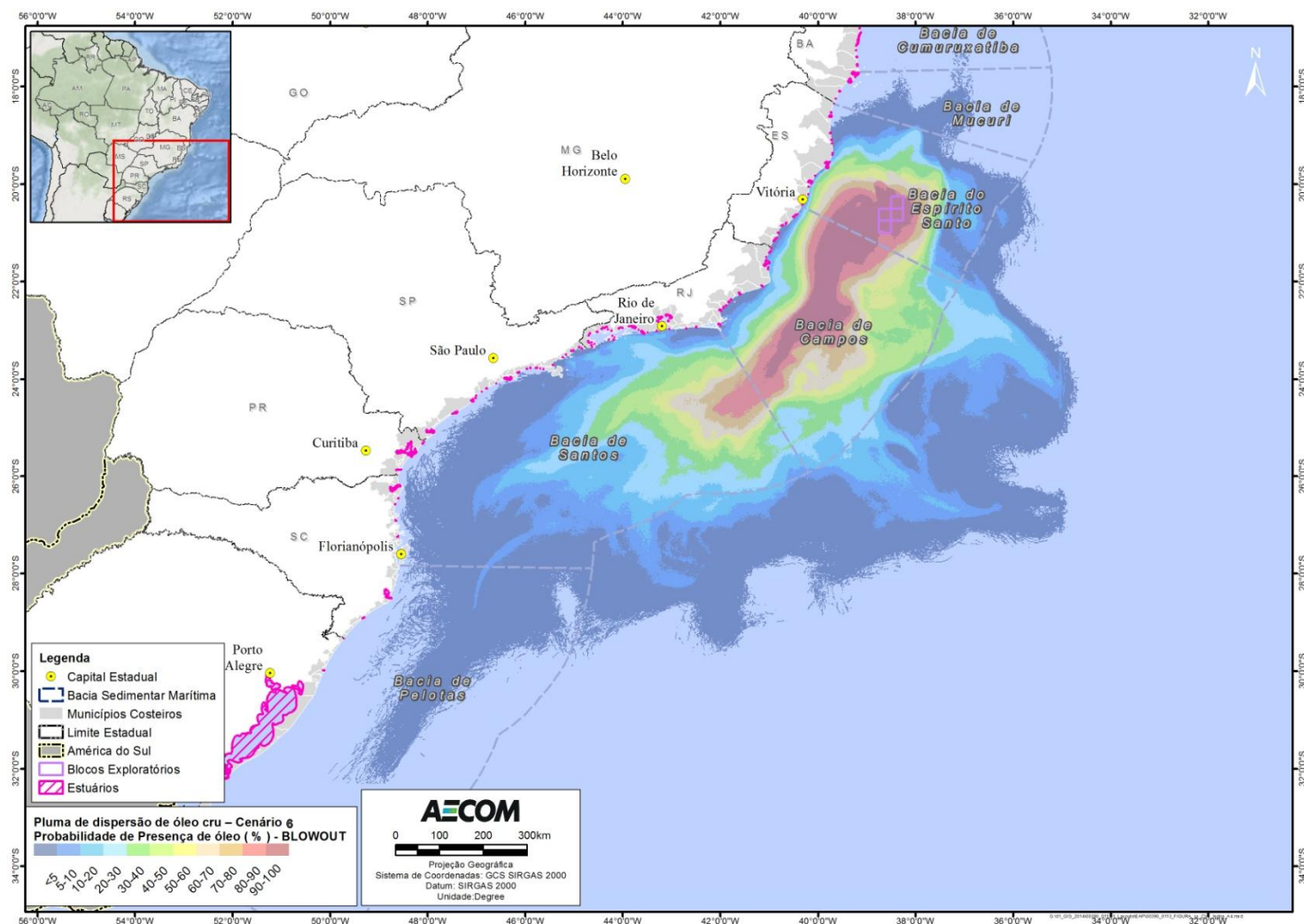
Os estuários exercem um papel importante no equilíbrio do meio ambiente por proporcionarem condições para manutenção das teias tróficas (MELLO & MOCHEL, 2013). Esses ambientes sofrem influência constante das correntes havendo intensas trocas de água e energia (HICKENBICK *et al.*, 2004). Sua alta produtividade 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).

Dentre os principais estuários brasileiros presentes na área potencialmente atingida, destacam-se os estuários dos rios Doce (ES), Paraíba do Sul (RJ), Santos-Cubatão (SP) e Iguape-Paranaguá (SP e PR). O estuário do Rio Paraíba do Sul localiza-se no município de São João da Barra (RJ) e recebe resíduos industriais e domésticos, em sua maioria, sem nenhum tratamento (MOLISANI *et al.*, 1999).

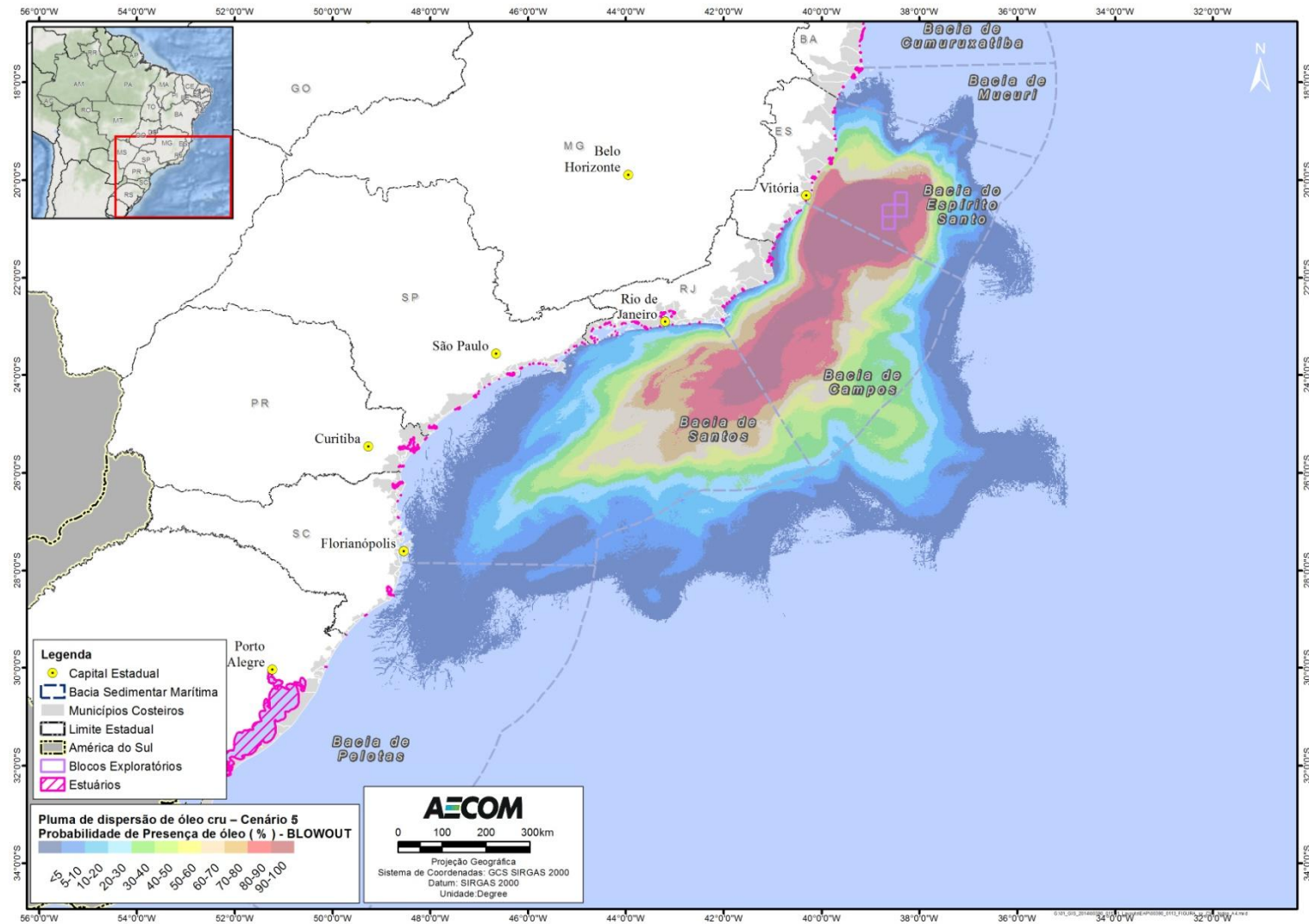
## **B. Mapeamento**

As **Figuras II.9.4.2.4** e **II.9.4.2.5** apresentam a localização dos estuários (componente fixo) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, nos cenários sazonais avaliados. As áreas ocupadas por estuários foram delimitadas através de mapeamento digital, GeoEye resolução 0,5 m, Google Earth Pro™ serviço de mapa (10/08/2015).





**FIGURA II.9.4.2.4 – Localização dos estuários na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.5 – Localização dos estuários na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

## A. Tempos de Recuperação

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 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 conseqüentemente acarreta a asfixia em 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 perderem 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).

### C1. Estudos de caso

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 e previam 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 conseqüências do impacto pelo óleo foram relativamente pequenas quando comparadas àquelas causadas pelo impacto de décadas de despejo de efluentes industriais.



## C2. 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 Estuários deve ser considerado menor do que o tempo estimado para manguezais e, dessa forma, será definido como 20 anos.

- **CVA Praias arenosas (expostas e abrigadas)**

### A. Introdução

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 arrebenção 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, o que depende principalmente das características geomorfológicas e hidrodinâmicas dos locais. Dessa maneira, quanto maior o diâmetro do grão e, conseqüentemente, 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.

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).

No litoral do estado do Espírito Santo, as praias apresentam faixas de areias estreitas com tendência à processos erosivos em decorrência da entrada de ventos sudoeste (ALBINO et al., 2001). O litoral central desse estado, por sua vez, estende-se da baía de Vitória à desembocadura do rio Itapemirim (MARTIN et al., 1996). Neste litoral, as praias são observadas recortadas por obstáculos, como promontórios e ilhas próximas, além de trechos com pontões rochosos e saliências da linha de costa.

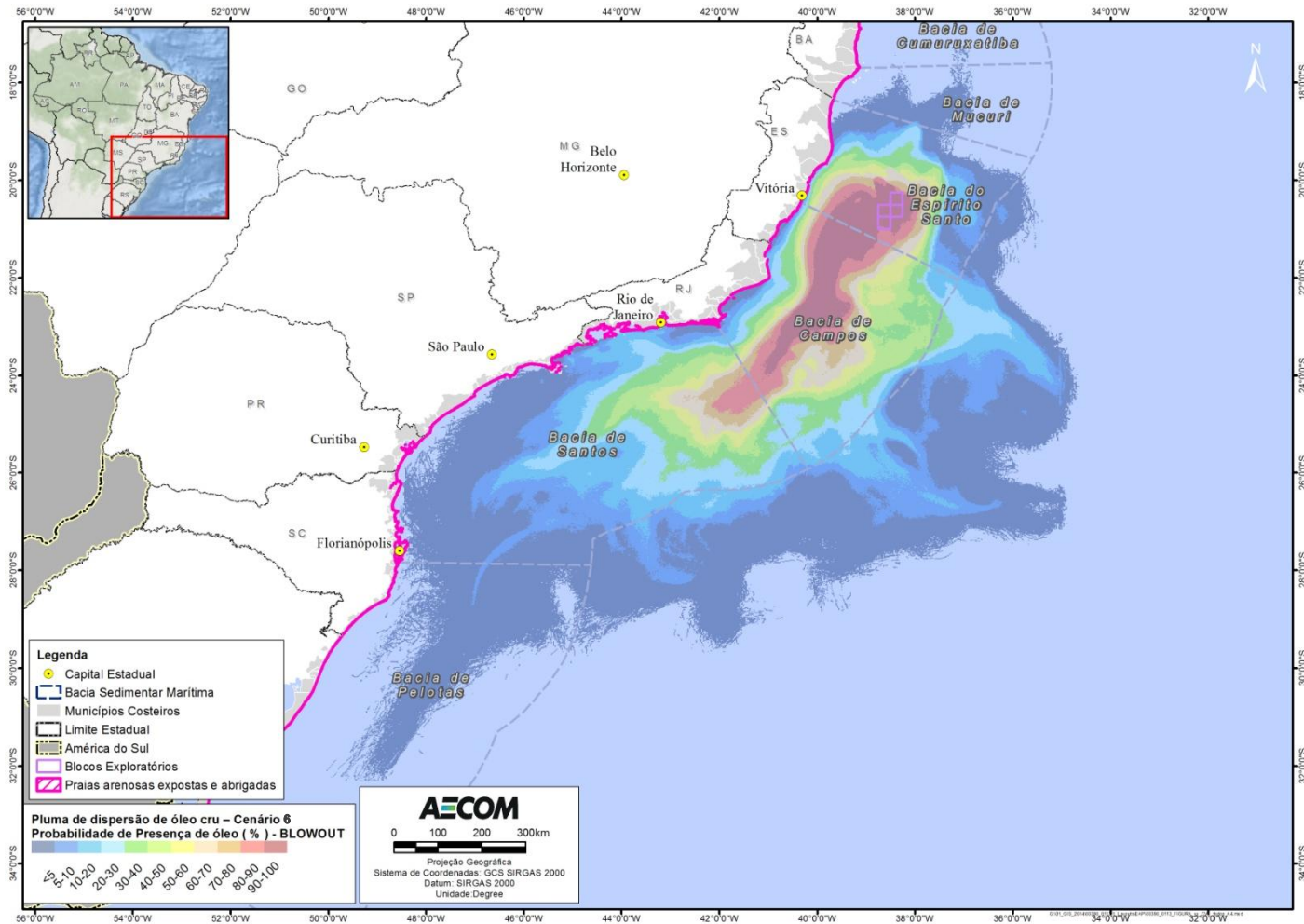
No Rio de Janeiro as praias estão distribuídas descontinuamente, apresentando-se em compartimentos: foz do rio Itabapoana à foz do rio Paraíba do Sul, foz do rio Paraíba do Sul e a foz do rio Macaé, Macaé ao Cabo Búzios. Arraial do Cabo à Niterói, entorno da baía de Guanabara, Ipanema à Pedra de Guaratiba, Pedra de Guaratiba à ilha da Marambaia e orla da baía de Sepetiba e a região entre ilha da Marambaia e a ponta da Trindade (MUEHE et al., 2006).

Já o litoral norte do estado de São Paulo, é bastante recortado, com numerosas ilhas. As praias dessa região estão recuadas em baías e enseadas, e apresentando características morfodinâmicas e sedimentológicas distintas (HYDRO/KERRMCGEE/ENSR/ AECOM, 2006).

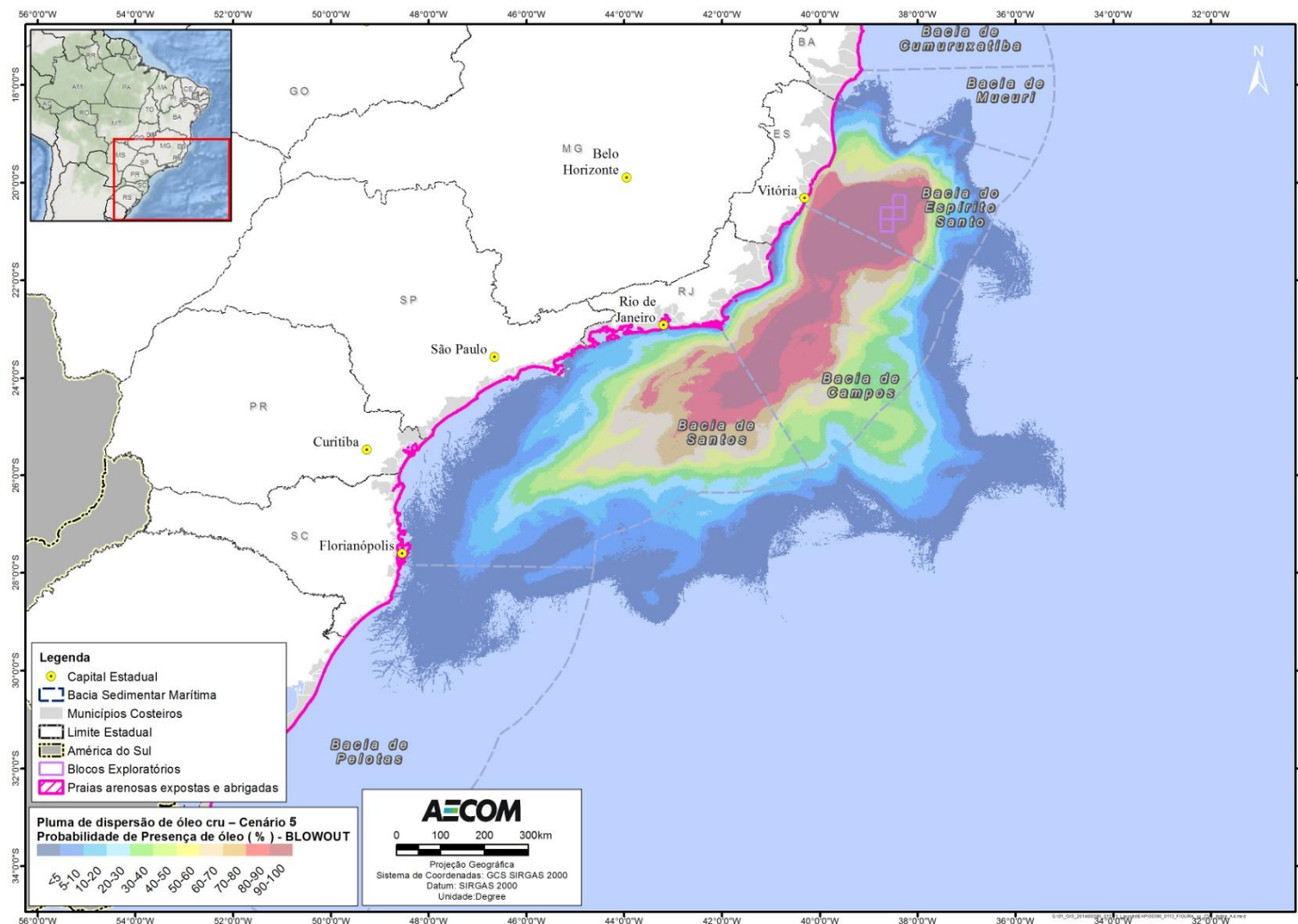
Por fim, o litoral de Santa Catarina, apresenta longas praias com dunas e restingas, atravessadas por pequenos arroios das lagoas interdunares (ICMBio/MMA, 2015b). Segundo HORN FILHO et al. (2000), a ilha de Santa Catarina (Florianópolis) possui um total de 117 praias, que apresentam comprimento médio de 752 m e largura média de 14,93 m.

## B. Mapeamento

As **Figuras II.9.4.2.6 e II.9.4.2.7** apresentam a localização das praias arenosas (componente fixo) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, em ambos os cenários sazonais. As áreas ocupadas por praias arenosas foram delimitadas através de mapeamento digital, utilizando o Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos (MMA, 2007b) e a ferramenta GeoEye resolução 0,5 m, Google Earth Pro™ serviço de mapa (28/07/2001, 04/11/2002, 29/11/2006, 20/07/2009, 27/10/2010).



**FIGURA II.9.4.2.6 – Localização das praias arenosas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.7 – Localização das praias arenosas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**



## C. Tempos de Recuperação

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).

### C1. Estudos de Caso

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 anfípodos 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 as 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<sub>2</sub> 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.

Na **Tabela II.9.4.2.4** são apresentados outros casos de vazamento com impacto em praias arenosas:

**TABELA II.9.4.2.4 - Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as praias.**

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
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, a 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
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.

Fonte: Kingston *et al.*, 2002, Edwards & White (2010)

## B. 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 arenosas foi considerado entre 3 e 10 anos.

- **CVA Costões Rochosos**

## **A. Introdução**

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 bio-massa 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 ou 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).



O estado do Espírito Santo apresenta 303 hectares de costões rochosos distribuídos descontinuamente ao longo do seu litoral (MMA, 2012). A maior predominância dos costões rochosos ocorre no litoral central do Espírito Santo, entre a baía de Vitória e à desembocadura do rio Itapemirim (MARTIN et al., 1996).

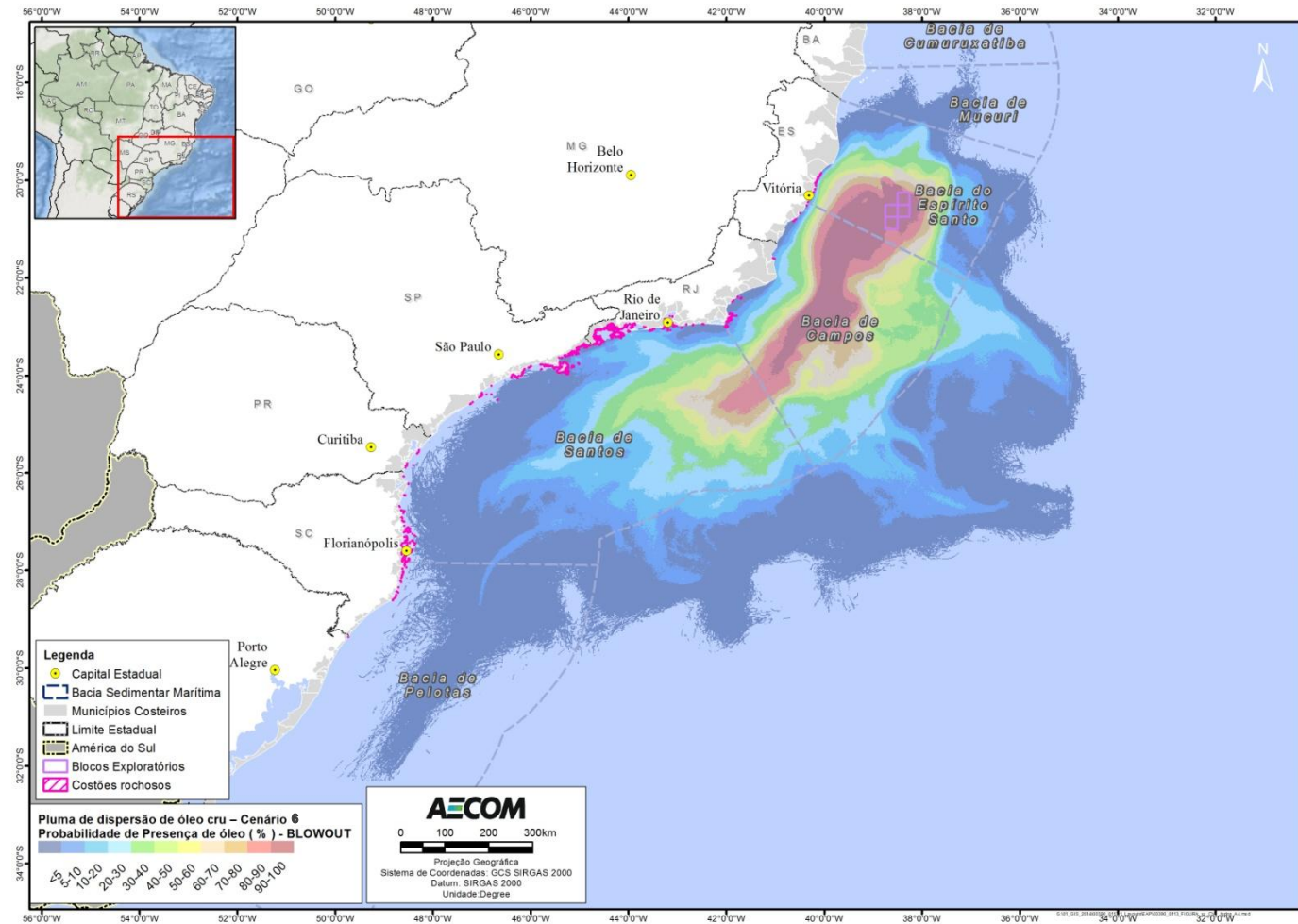
No Rio de Janeiro são observadas significativas ocorrências de costões rochosos no trecho que vai do Delta do Rio Paraíba do Sul até a costa de Cabo Frio (RJ), além das ilhas adjacentes a Cabo Frio e Armação de Búzios, sendo as mais significativas, a de Cabo Frio, dos Papagaios, Comprida e dos Pargos (KM/ENSR INTERNATIONAL, 2005). Grande parte deles encontra-se inserida em Unidades de Conservação que buscam sua proteção (MMA, 2012).

No estado de São Paulo ocorrem grandes faixas de costões rochosos, sendo os municípios de Ubatuba, Ilhabela, Guarujá e São Sebastião os que possuem as maiores extensões deste ambiente (HYDRO/KERRMCGEE/ ENSR/AECOM, 2006). Os demais municípios desta região quase não apresentam costões rochosos, e quando presentes, são bastante inexpressivos (BG/ENSR/AECOM, 2006). Assim como no RJ, grande parte dos costões rochosos encontram-se em Unidades de Conservação.

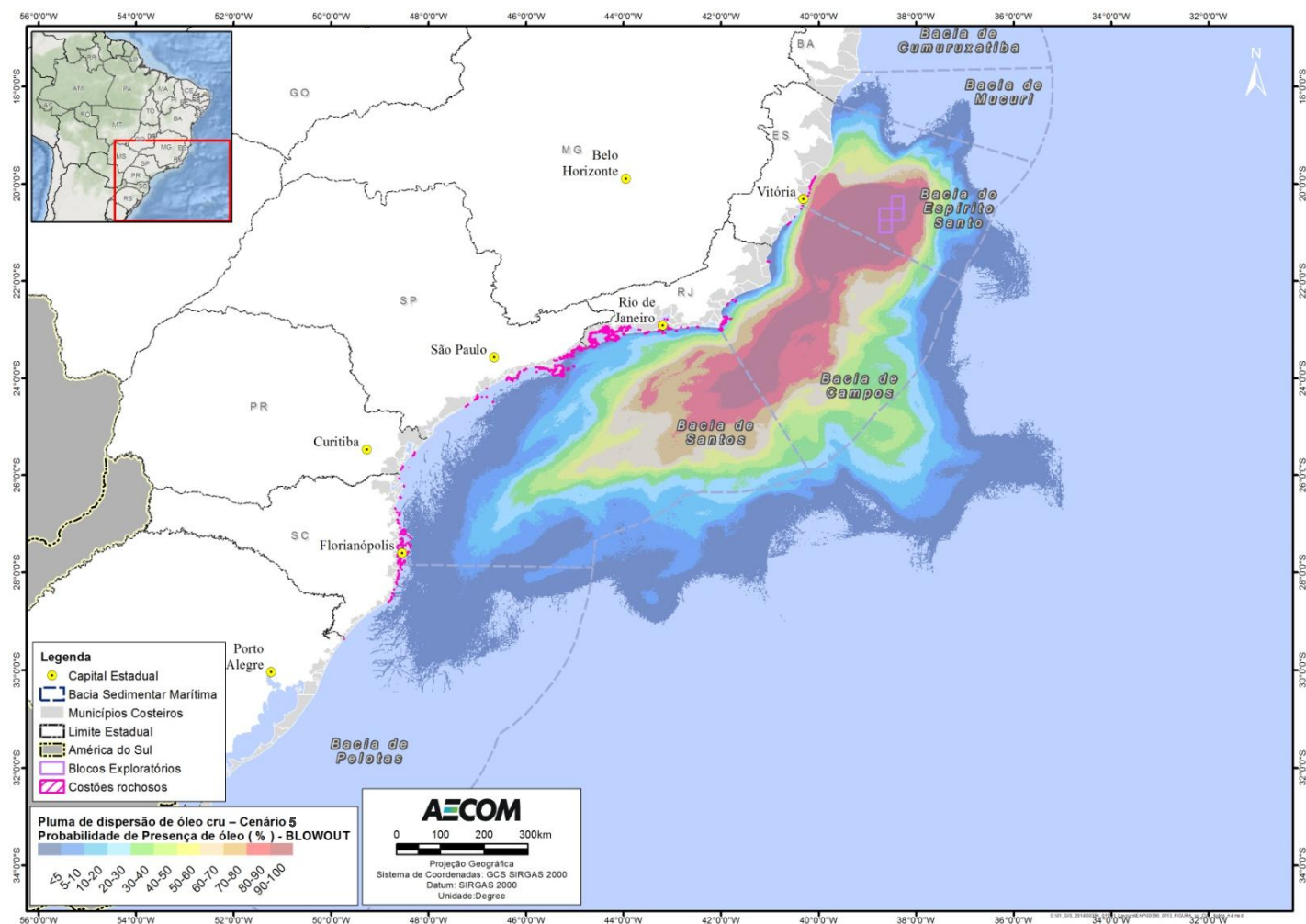
Já nos estados do Paraná e Santa Catarina são observados um total de 279 e 261 hectares deste ecossistema, respectivamente, sendo pouco significativo quando comparado aos demais estados já citados (BG/ENSR/AECOM, 2006).

## **B. Mapeamento**

A **Figuras II.9.4.2.8 e II.9.4.2.9** apresentam a localização dos costões rochosos (componente fixo) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no cenário 5 quanto no cenário 6. As áreas ocupadas por costões rochosos foram delimitadas através de mapeamento digital, utilizando o Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos (MMA, 2007b) e a ferramenta GeoEye resolução 0,5 m, Google Earth Pro™ serviço de mapa (28/07/2001, 04/11/2002, 29/11/2006, 20/07/2009, 27/10/2010).



**FIGURA II.9.4.2.8 – Localização dos costões rochosos na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.9 – Localização dos costões rochosos na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempos 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).

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).

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).

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 atingirem 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, não foi constatado, pelos métodos empregados, qualquer efeito adverso (mortalidade) sobre as populações de craca (*Chthamalus* sp.) atingidas. Isso ocorreu, possivelmente, porque o óleo não chegou a recobrir essas populações e porque as condições meteorológicas favoráveis na ocasião dos derrames diminuíram a toxicidade dos produtos.

Após o acidente ocorrido com o Exxon Valdez, em 1989, no Alaska, observou-se que em 1991 a cobertura de algas e a abundância de invertebrados nos costões rochosos atingidos pelo óleo tinham retornado às condições semelhantes àsquelas 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).

### C.1. Estudos de Caso

A **Tabela II.9.4.2.5** 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.9.4.2.5 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os costões rochosos.**

Vazamento	Efeitos reportados
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 impactos sete anos após o acidente (SMITH & SIMPSON, 1998).
1989: Navio Exxon Valdez, Alasca Volume do óleo derramado: 41 milhões de litros de petróleo.	Durante o acidente com o navio Exxon Valdez, no Alasca, muitos quilômetros de costões rochosos abrigados foram atingidos. O óleo permaneceu mais de um ano em um cenário de energia muito alta, como resultado da proteção oferecida pelos afloramentos rochosos ao largo da plataforma (NOAA, 2005).
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 afetados. No entanto, a ação das ondas acelerou a degradação do óleo e ajudou na regeneração desses ecossistemas. De acordo com BARTH (2002), 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 rochosos estavam completamente recuperados.
1994: Canal de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Ruptura de um duto. Volume do óleo derramado: 2.700 m <sup>3</sup> .	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 ao fato da área amostrada não 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 <i>et al.</i> , 1997).
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 migração de outras espécies oportunistas; em outro ambiente houve a perda de muitas espécies. Um ano após o vazamento o ambiente ainda não havia se reestruturado (LE HIR & HILY, 2002).

Fonte: NOAA (2010a).

## C.2. 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.

- **CVA Marismas**

### **A. Introdução**

As marismas são ecossistemas costeiros presentes ao redor de todo o mundo nas médias e altas latitudes, com relevo pouco expressivo estando, em geral, em planícies ou depressões alagadas (UFBA, 2013). São ambientes frequentemente inundados que apresentam grandes variações de temperatura e salinidade. Por isso, a vegetação dominante é composta por angiospermas herbáceas (geralmente uma ou poucas espécies) adaptadas a essas variações, que podem ser perenes ou anuais (CETESB, 2013; COSTA & DAVY, 1992).

Em regiões temperadas e frias os manguezais são substituídos pelas marismas que desempenham o mesmo papel ecológico de exportadoras de matéria orgânica (ITOPF, 2010). Em latitudes de transição, as marismas e os manguezais podem ainda coexistir configurando um ambiente estuarino com abundância de nutrientes e elevada riqueza biológica.

São encontrados no continente americano entre as latitudes 32°N (Estados Unidos) e 52°S (Argentina), com presença mais significativa a partir dos 25°S (São Paulo/Brasil) em direção às mais altas latitudes (BDT, 1999 apud ZANIN, 2003). No Brasil, as marismas estão presentes em estuários, lagunas e baías ao longo da costa dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Entre os principais papéis desempenhados pelas marismas estão (CETESB, 2013; ZANIN, 2003; RODINI & NETTO, 2009; GUNDLACH & HAYES, 1978):

- Produção de detritos, funcionando como um eficiente exportador de matéria orgânica e nutrientes para os ecossistemas adjacentes;
- Manutenção das margens, impedindo a erosão;
- Fornecimento de superfície para fixação de algas epífitas e organismos epibióticos;
- Depósito de nutrientes, principalmente nitrogênio;
- Fornecimento de habitat para larvas de peixes e invertebrados (grande parte de interesse comercial) e aves migratórias que utilizam esse ecossistema como ponto de escala durante a sua migração.

As maiores marismas do Brasil ficam localizadas nas margens da Lagoa dos Patos/RS e na margem sul da lagoa de Santo Antônio, em Laguna/SC (ZANIN, 2003). No Estuário da Lagoa dos Patos, as marismas



representam 95% daqueles encontrados em toda costa gaúcha e apresentam-se em 24 subáreas espacialmente distintas conforme descontinuidade física e cobertura vegetal (MARANGONI & COSTA, 2009).

Grande parte das marismas brasileiros já vem sofrendo com o processo de degradação devido às atividades antrópicas como pastejo por animais, incêndios, cortes da vegetação, deposição de lixo, construção de aterros e canais de drenagem (BOLICO et al., 2012; MARANGONI & COSTA, 2009). Por esses motivos, processos biológicos e ecológicos como produção de biomassa, reprodução das plantas, diversidade e abundância de espécies e disponibilidade de nutrientes ficam comprometidos (MARANGONI & COSTA, 2009).

A curto prazo, os principais impactos de um vazamento de óleo sobre as marismas são provenientes da deposição de um filme de óleo sobre as folhas das espécies vegetais, o que dificulta as trocas gasosas e diminui a absorção da luz pela planta. Cita-se, ainda, que o recobrimento físico leva à morte das folhas, redução de sementes e estimulação do crescimento (IPIECA, 2000; BAKER, 1970 apud WOLINSK, 2009).

A longo prazo, os efeitos são associados a penetração do óleo no sedimento, porém, poucos estudos abordam esse tema na literatura científica.

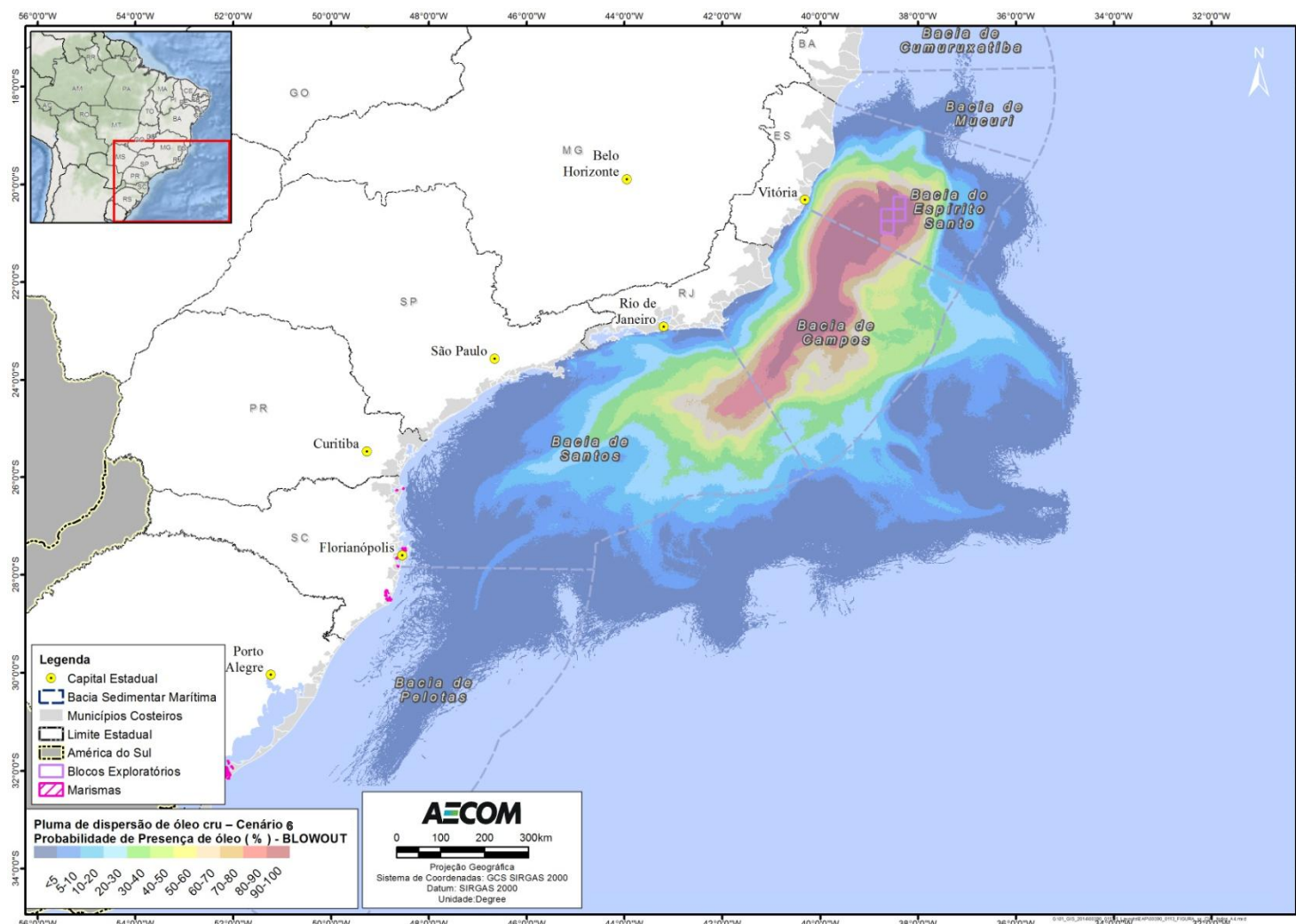
Acredita-se que a falta de legislação que reconheça as funções ecológicas das marismas como sendo indispensáveis ao equilíbrio ecológico da zona costeira de maneira geral, seja um dos principais fatores que levam a sua degradação por múltiplos fatores.

Na área potencialmente atingida pelo óleo apenas os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul apresentam esse ecossistema. Em Santa Catarina são observados 970 hectares de marismas ao longo da costa. Destaca-se na Ilha de Florianópolis significativas áreas de marismas, em especial na Enseada de Ratonos (ZANIN, 2003) e Lagoa da Conceição (SORIANO-SIERRA, 1999). O município de Palhoça também apresenta áreas de marismas ao longo da costa (MMA, 2007b).

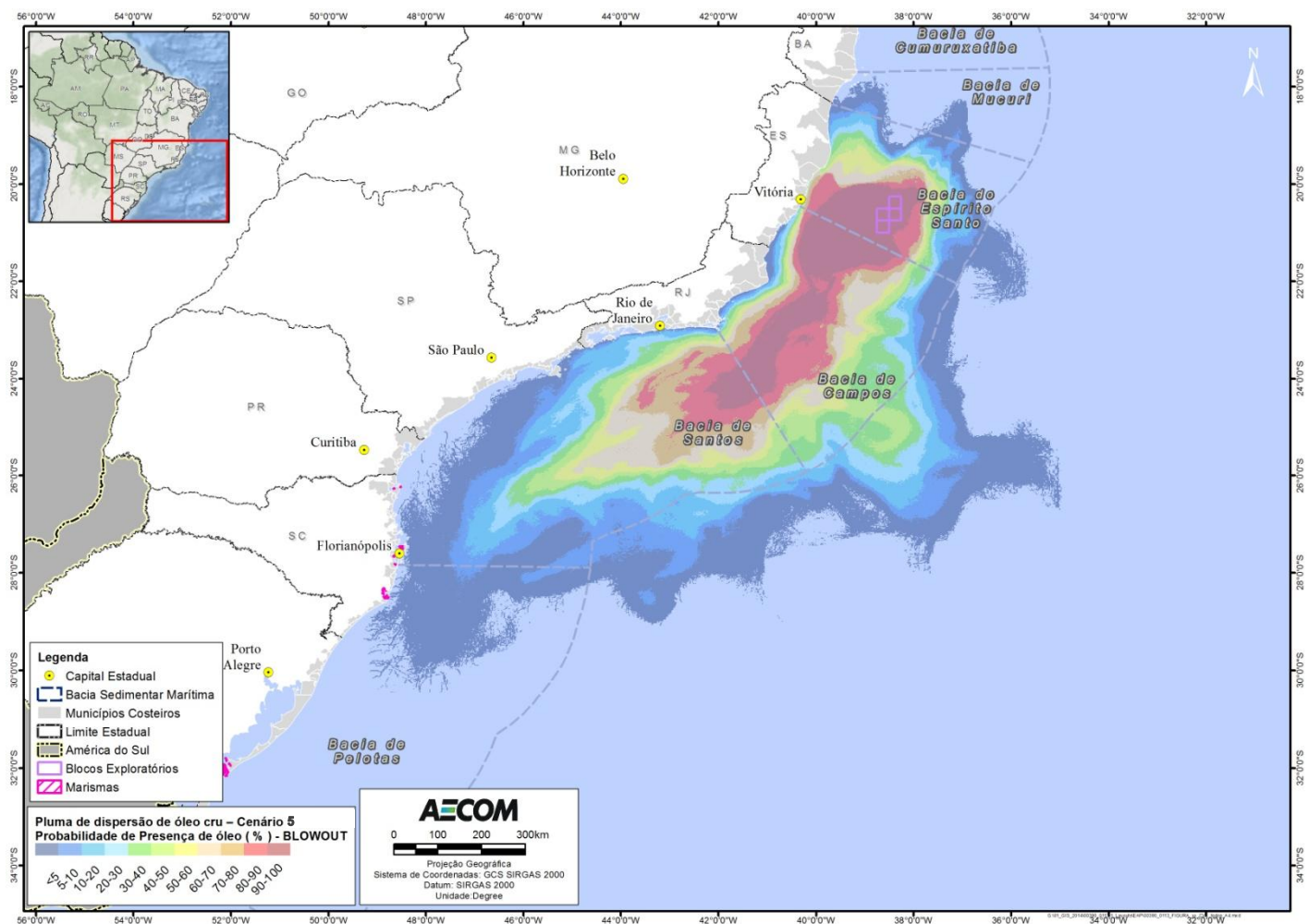
Na região costeira do Rio Grande do Sul, destaca-se o complexo Lagunar Tramandaí-Armazém, onde é possível identificar dois macrohabitats de marismas em áreas mais baixas, frequentemente alagadas (COIMBRA & COSTA, 2006).

## B. Mapeamento

As **Figuras II.9.4.2.10 e II.9.4.2.11** apresentam a localização das marismas na área de estudo, isso é toda a área com alguma probabilidade de chegada de óleo no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. As áreas ocupadas por marisma foram delimitadas através de mapeamento digital usando o Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos (MMA, 2007b) e o mosaico de imagens GeoEye e DigitalGlobe acessado com Google Earth Pro™ em Novembro/2015.



**FIGURA II.9.4.2.10 – Localização das marismas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.11 – Localização das marismas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempos de Recuperação

Assim como os manguezais, as marismas encontram-se nos níveis mais altos da escala de vulnerabilidade a derrames de óleo. São consideradas altamente suscetíveis a este tipo de impacto e requerem proteção, cuidados em caso de limpeza e em algumas situações, restauração (CETESB, 2013). Em seu estudo, GUNDLACH & HAYES (1978) corroboram com essas afirmativas e, em uma escala de 1 a 10 classificam a vulnerabilidade das marismas como 10, assim como a dos manguezais, por serem os ecossistemas mais produtivos do ambiente aquático. Por isso, devem receber prioridade de proteção em caso de vazamento de óleo (CETESB, 2013).

Segundo a IPIECA (1994) o tempo de recuperação das marismas é altamente variável, pois fatores como estação do ano, espécies de vegetais presentes, espessura do depósito de óleo e o grau de penetração no sedimento interferem diretamente neste processo. Principalmente em regiões de clima temperado a vegetação das marismas permanece dormente nas estações de inverno e outono e, por isso, se atingidas por óleo, não demonstram sinais de recuperação. Estima-se um tempo de recuperação de um a dois anos em caso de vazamento de óleo leve ou moderado, sem penetração profunda no sedimento. Quando há contaminação por óleo pesado a situação é distinta e o tempo de recuperação torna-se maior (IPIECA, 1994).

USEPA (2004) ratificou a diferença da recuperação em função da gravidade do derramamento, mencionando que, em geral, a recuperação de marismas é de alguns anos, apesar de em poucos casos extremos este prazo ser superior a décadas. BAKER (1999) também menciona a exceção para casos extremos, e cita como prazo geral um período de 1 a 5 anos para a recuperação natural de marismas.

Acrescenta-se ainda outros fatores de influência na persistência do dano nas marismas, como grau de intemperismo e grau de remoção ou retenção do óleo, disponibilidade de sementes, processo sucessional, erosão/deposição e atividade de restauração pelo homem (IPIECA 1994; CETESB, 2002 apud CANTAGALLO et al., 2007). Além disso, o tempo de recuperação varia consideravelmente quando são comparadas marismas atingidas por um vazamento único de óleo e marismas atingidas por múltiplos vazamentos. No primeiro caso, o tempo de recuperação tende a ser menor do que o segundo, pois não ocorrem efeitos cumulativos (GUNDLACH & HAYES, 1978).

Uma característica agravante ao impacto nesse sistema é a alta sensibilidade das marismas ao pisoteio. O pisoteio pode causar redução da quantidade de tecido das plantas, com isso, expondo o interior das mesmas às frações tóxicas do óleo (CANTAGALLO et al., 2007). Espécies típicas de marismas, os vegetais *Batis* sp. e *Salicornia* sp. são especialmente vulneráveis ao pisoteio (GETTER et al., 1984 apud CANTAGALLO et al., 2007).

A afinidade do óleo às marismas vai variar de acordo com a composição das espécies vegetais e da fenologia (quantidade de detrito vegetal acumulado) das mesmas. Hidrocarbonetos com pequenas cadeias e compostos aromáticos são mais tóxicos para as plantas de marismas do que hidrocarbonetos com moléculas grandes e alcanos (COSTA & MARANGONI, 2000).

Apesar do óleo enalhado sofrer remoção natural pelas marés, além de evaporação e dispersão para ecossistemas adjacentes, em ambientes costeiros de baixa energia, o seu principal meio de degradação ocorre



através da atividade microbiana (LEE & LEVY, 1991). Nas marismas, esse processo é limitado pela disponibilidade de oxigênio, o que acarreta uma lenta biodegradação das moléculas de hidrocarbonetos que podem permanecer nesse ecossistema pelo menos por 10 anos (GUNDLACH & HAYES, 1978; LEE & LEVY, 1991). Experimentos realizados após o vazamento Terra Nova (Canadá) corroboram com essa afirmativa, tendo em vista que amostras de óleo com concentrações mais elevadas que penetraram no sedimento foram extremamente resistentes à biodegradação (LEE & LEVY, 1991)

É válido destacar que a limpeza promovida pelo homem em marismas impactadas por óleo muitas vezes se torna mais prejudicial a esse ecossistema do que os próprios efeitos causados pelo agente impactante. Técnicas como a queima ou o corte estão entre as ações de limpeza desenvolvidas e ocasionam a morte de toda comunidade bentônica (GUNDLACH & HAYES, 1978). Destaca-se que para contaminações leves por óleo é recomendada a recuperação natural das marismas (NOAA, 2000). Segundo IPIECA (2000), a migração de organismos de áreas não impactadas, o recrutamento natural, a recolonização e o crescimento da flora representam os vetores de recomposição natural desses ambientes.

## C1. Estudos de Caso

Assim como ocorre nos manguezais, são muito escassos os estudos sobre os efeitos do óleo e a recuperação de marismas em longo prazo (HESTER & MENDELSSOHN, 2000). A maior parte se resume a avaliações realizadas poucos anos após o vazamento. Também é possível encontrar alguns experimentos, que acompanham recuperações em simulações de derrame, porém com acompanhamento restrito há poucos anos.

GUNDLACH & HAYES (1978) descreveram em seu estudo os efeitos do vazamento do navio Metula em 1974, no Chile, nas marismas presentes na região, e avaliaram que dois anos após o incidente nenhuma mudança significativa em termos de recuperação havia ocorrido. Já WANG et al. (2001), que fizeram estudos na mesma região, em marismas impactadas pelo mesmo vazamento, detectaram que 24 anos após o incidente o óleo já havia sofrido alterações significativas na sua composição química, apesar de ainda estar presente no ecossistema. IPIECA (1994) e BAKER (1999) corroboram com esse estudo e afirmam que 19 anos após o vazamento de Metula, as marismas ainda apresentavam óleo visível. Ainda assim, relataram que 17 anos após esse incidente era possível observar sinais de recuperação, havendo recolonização de plantas nas áreas de deposição do óleo mais espesso.

Em outro estudo sobre os impactos do óleo em marismas, MILLE et al. (1998) descreveram os efeitos do vazamento do navio Almoco Cadiz que atingiu a costa da Inglaterra e França em 1978. A análise dos sedimentos das marismas impactadas na costa inglesa permitiu constatar que 13 anos após o incidente houve um decaimento considerável do nível de hidrocarbonetos no solo apesar de ainda se fazer presente. Sobre o mesmo incidente, em uma análise do impacto nas marismas francesas, BAKER (1999) destacou diferenças no tempo de recuperação para uma área submetida à limpeza e outra deixada sob processo natural. Segundo o autor, em 1990, três marismas submetidas a tratamento estavam 26, 35 e 39% recuperados, enquanto as áreas deixadas para limpeza natural estavam totalmente recuperadas, ocorrendo inclusive aumento da área vegetada original.

O vazamento do navio Florida, ocorrido em Massachussetts, também atingiu as marismas presentes na região em 1969 e gerou uma série de impactos para os organismos presentes nesse ecossistema. Foram analisadas

amostras tanto de sedimentos superficiais quando de sedimentos profundos além dos organismos, que se mostraram contaminados inicialmente, em sua totalidade. Peixes do gênero *Fundulus* se mostraram praticamente livres de contaminantes um ano após o incidente enquanto caranguejos do gênero *Uca* permaneceram fortemente contaminados quatro anos após o vazamento (BURNS & TEAL, 1979). Esses caranguejos apresentaram uma queda populacional devido aos efeitos do óleo e sua recuperação foi diretamente proporcional ao desaparecimento de hidrocarbonetos aromáticos do solo (KREBS & BURNS, 1978; TEAL et al., 1992 apud IPIECA, 1994). Após 20 anos da data do vazamento, a superfície das marismas encontrava-se visualmente recuperada, porém ainda era possível detectar traços de resíduos de óleo nesse ecossistema (KREBS & BURNS, 1978; TEAL et al., 1992 apud IPIECA, 1994).

As marismas presentes no estado da Louisiana (EUA) também foram alvo dos impactos de um vazamento de óleo, em 1985. Estudos mostraram que quatro anos após o incidente já era possível observar uma recuperação substancial (quase total) da cobertura vegetal, embora determinadas áreas do solo ainda apresentassem elevados níveis de hidrocarbonetos. Análises fotossintéticas realizadas cinco anos após o impacto disseram não haver diferença significativa entre uma planta recolonizante impactada e uma planta jamais impactada. Após oito anos pode-se verificar ainda que as taxas de perda de solo das marismas impactadas estavam dentro das taxas esperadas (série histórica) e eram semelhantes às taxas das marismas adjacentes que não haviam sofrido impacto (HESTER & MENDELSSOHN, 2000).

Além das avaliações pós impacto, alguns autores realizam simulações de derramamento de óleo buscando avaliar o comportamento das marismas diante acidentes. A partir desses estudos, foram considerados diversos pontos, influenciando na intensidade do impacto e na recuperação.

Em um estudo de ALEXANDER & WEBB (1985) apud USEPA (2004) foram observados impactos distintos na comparação de diferentes tipos de óleo (óleos cru da Arábia e da Líbia e 2 tipos de óleos combustíveis). A espécie *Spartina alterniflora*, gramínea dominante em marismas da costa do Atlântico e Golfo do México, apresentou alta mortalidade e danos sob impacto de um dos óleos combustíveis, enquanto sob dos demais óleos o impacto não foi significativo. Os autores ainda salientaram que esta gramínea não sofreu danos quando exposta de baixas a moderadas concentrações de óleo. Após cinco meses da exposição, as áreas atingidas pelos diferentes tipos de óleo já apresentavam biomassa comparável às áreas controle. Após dois anos, mesmo a área sob efeito do óleo combustível mais prejudicial, já estava completamente recuperada.

CLARKE & WARD (1999) em um experimento na costa sudeste australiana com hidrocarbonetos de petróleo destacaram quanto à flora das marismas, rápida senescência e pequena inércia para as espécies *Sarcocornia quinqueflora* e *Spolvohts virginicus*, com reprodução prejudicada nos 17 meses subsequentes a exposição. Ainda neste experimento, notou-se alta mortalidade de gastrópodes após a exposição, porém em poucos meses a população mostrou recuperação através de migrações de áreas adjacentes.

WOLINSK (2009) realizou um experimento de recuperação de marismas no Brasil, na Baía de Paranaguá, também com a espécie *Spartina alterniflora*, analisando uma área de sedimento lodoso e baixa energia hidrodinâmica e outra de sedimento arenoso e alta energia hidrodinâmica. Ambas as áreas foram submetidas a derrame de óleo BUNKER, nas marismas de substrato lodoso após três meses já não se observava evidências visuais de óleo, enquanto nas áreas de substrato arenoso os sinais de óleo não foram mais vistos

após quatro meses. O autor mencionou 6 meses como prazo de recuperação das marismas. O trabalho destacou ainda que áreas deixadas sob recuperação natural mostraram recuperação mais rápida comparada a áreas submetidas a cortes.

## C2. Conclusão

A partir das considerações supracitadas, é evidente a variação dos períodos de recuperação de marismas diante de diversos fatores de influência. NOERNBERG & LANA (2002) mencionam a dificuldade em estimar o tempo de persistência do óleo em ambientes de manguezais e marismas. Segundo os autores há ambiguidades nas evidências utilizadas pelos diferentes estudos, e, por vezes, são esquecidos fatores importantes, como, por exemplo, o conhecimento do lençol freático de cada ambiente.

É conhecida a alta vulnerabilidade das marismas, o que demanda preocupação com acidentes que atinjam essas áreas. Para derrames de menor gravidade, a recuperação natural pode ocorrer em menos de uma década, no entanto, este prazo pode se estender proporcionalmente a magnitude do incidente, assim como pelas características específicas de cada área (como tipo de sedimento e energia hidrodinâmica).

A recuperação da flora, da fauna e até do aspecto visual tende a ocorrer nos primeiros anos, porém traços de hidrocarbonetos podem persistir no sedimento por mais de vinte anos (como citado por BAKER, 1999; CLARKE & WARD, 1999; HESTER & MENDELSSOHN, 2000; IPIECA, 1994; WOLINSK, 2009; entre outros).

Destaca-se a distância mínima de 146 km da costa das atividades compreendidas por este estudo, como um cenário com menor propensão a acidentes graves, o que sugere um período menor para recuperação das marismas que possam ser atingidos. Porém, considerando a alta vulnerabilidade desses ambientes e a possibilidade de persistência de hidrocarbonetos no sedimento, o tempo de recuperação desse componente será definido como maior que 10 anos, podendo chegar até 30 anos.

- **CVA Recifes de corais**

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 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, no que é chamado de “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).

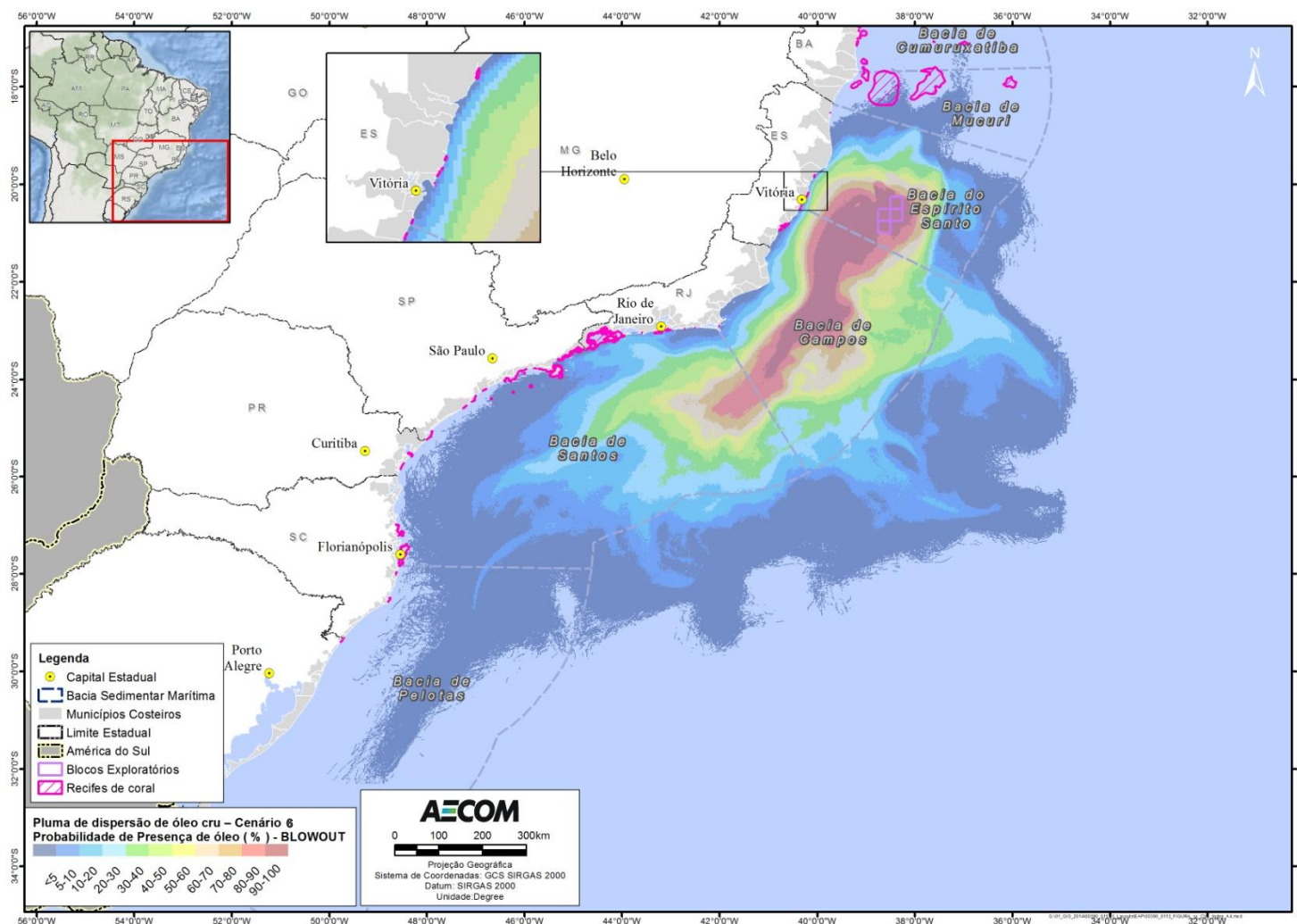
A área de Abrolhos, localizada no sul da Bahia, é considerada a maior e mais rica área de recifes de coral do Atlântico Sul (LEÃO, 1994; LEÃO, 1982, 1996, LABOREL, 1970 apud CASTRO, 2000), com recifes relativamente bem preservados que apresentam todas as espécies de corais recifais já registradas para o Brasil. Os corais se distribuem por uma área de aproximadamente 6 km<sup>2</sup> a profundidades normalmente menores que 20 m (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002; CASTRO, 2000). Dentre as espécies de corais que ocorrem em Abrolhos, duas são consideradas ameaçadas de extinção: *Mussismilia braziliensis* (coral-cérebro) e *Mussismilia harttii* (MMA, 2014).

Já no estado do Espírito Santo, a maioria dos recifes estão localizados ao norte de Vitória e são dominada por algas coralinas incrustantes, com pequenas quantidades de briozoários, algas coralinas ramificadas, serpulídeos e alguns gastrópodes vermetídeos, formando uma assembleia de recifes algálicos (MELO et al., 1975 apud COUTINHO, 1996).

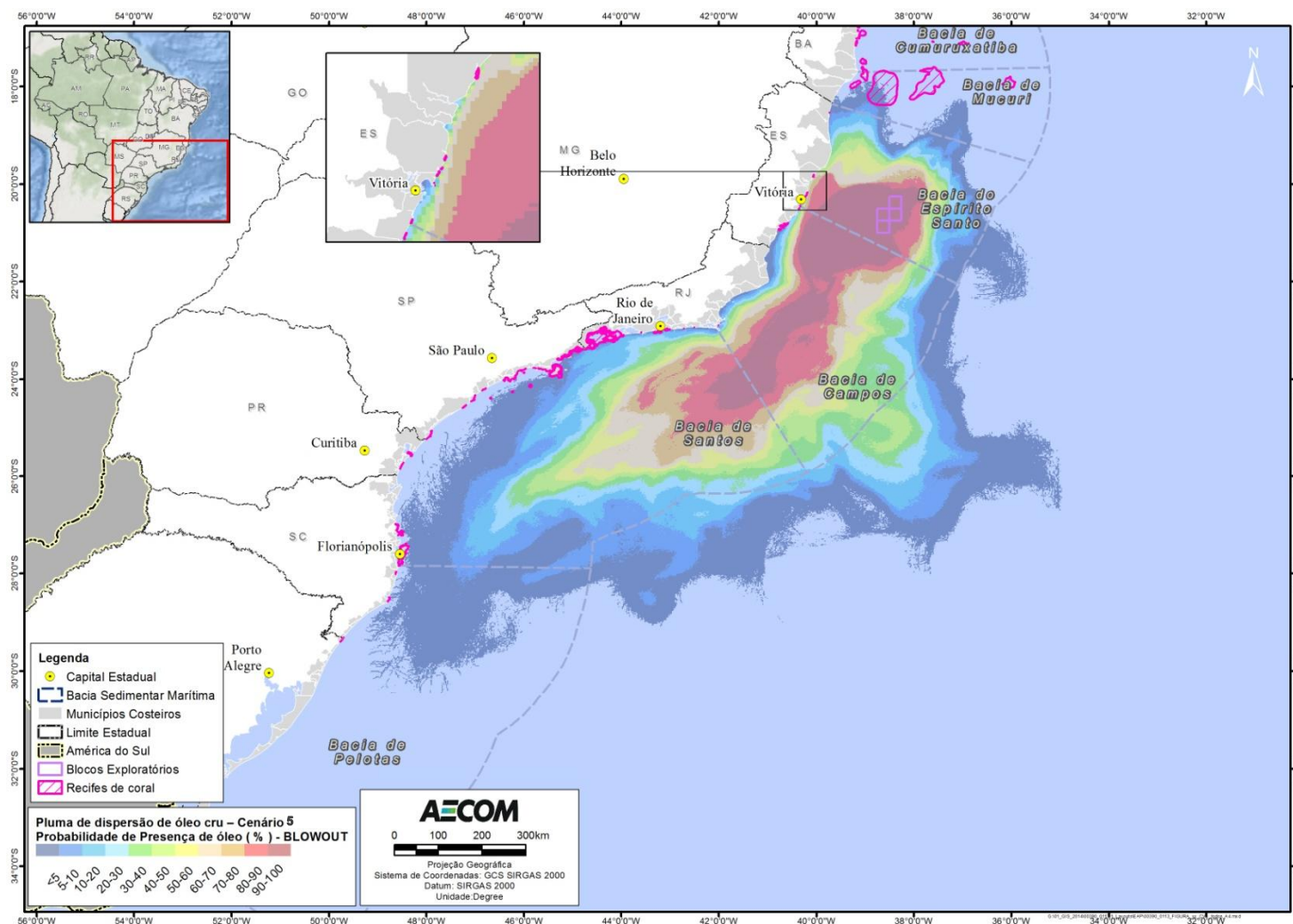
Além disso, são observadas ocorrências coralíneas esporádicas associadas aos costões rochosos, merecendo destaque aqueles presentes na Baía da Ilha Grande (RJ) (MMA, 2007a), na Laje de Santos (SP) (FRANCINI et al., 2002; LUIZ Jr. et al., 2008) e na REBIO Marinha do Arvoredo (SC) (CAPEL, 2012) por propiciarem a ocorrência gregária de algumas espécies de coral formadoras de recife.

## B. Mapeamento

As **Figuras II.9.4.2.12 e II.9.4.2.13** apresentam a localização dos recifes de corais (componente fixo) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. Para a definição dessa área foram usadas as informações provenientes do documento “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA N° 09, de 23 de janeiro de 2007” (MMA, 2007), além de referências bibliográficas como LEÃO, 1982, 1994, 1996; FRANCINI et al., 2002; LUIZ Jr. et al., 2008 e CAPEL, 2012.



**FIGURA II.9.4.2.12 – Localização dos recifes de corais na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.13 – Localização dos recifes de corais na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempo de Recuperação

Considerando que são muito escassos os dados referentes aos efeitos do óleo sobre as algas calcárias e, além disso, que é incipiente o conhecimento sobre a própria dinâmica de vida desse grupo biológico, os impactos e os estudos sobre tempos de recuperação irão se basear nos efeitos sobre os corais que, em grande parte das vezes ocorrem em associação com as algas calcárias.

A severidade dos impactos da exposição dos corais ao óleo e o tempo de recuperação pode 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 essa 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 simbiotes 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, parece que o contato com partículas físicas é menos prejudicial para os corais que os efeitos tóxicos dos óleos (BAK & ELGERSHUIZEN, 1976 apud NOAA, 2010a).

### C.1. Estudos de Caso

A **Tabela II.9.4.2.6** 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.9.4.2.6 – 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.
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.

Vazamento	Efeitos reportados
1973: Navio-tanque Zoe Colocotronis, Bahia Súcía, 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.
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.
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 de coral. No entanto, foi observado um novo crescimento dos corais na parte impactada.
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.

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 estão disponibilizadas.

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 conseqüente 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.

## C.2. 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 iguais 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.

- **CVA Recursos pesqueiros costeiros e CVA Recursos pesqueiros oceânicos**

### A. Introdução

Buscando atender aos requerimentos da CGPEG manifestados em pareceres técnicos relativos a Análises de Riscos Ambientais desenvolvidas para outras atividades semelhantes, buscou-se mapear separadamente os recursos pesqueiros costeiros dos oceânicos, e considerá-los na análise desta ARA separadamente, como dois CVAs. É importante esclarecer que a separação desse componente será feita apenas através do mapeamento, sendo o valor de tempo de recuperação o mesmo para os dois componentes, ainda que se considere que este seja bastante conservador quando atribuído a recursos pesqueiros oceânicos.

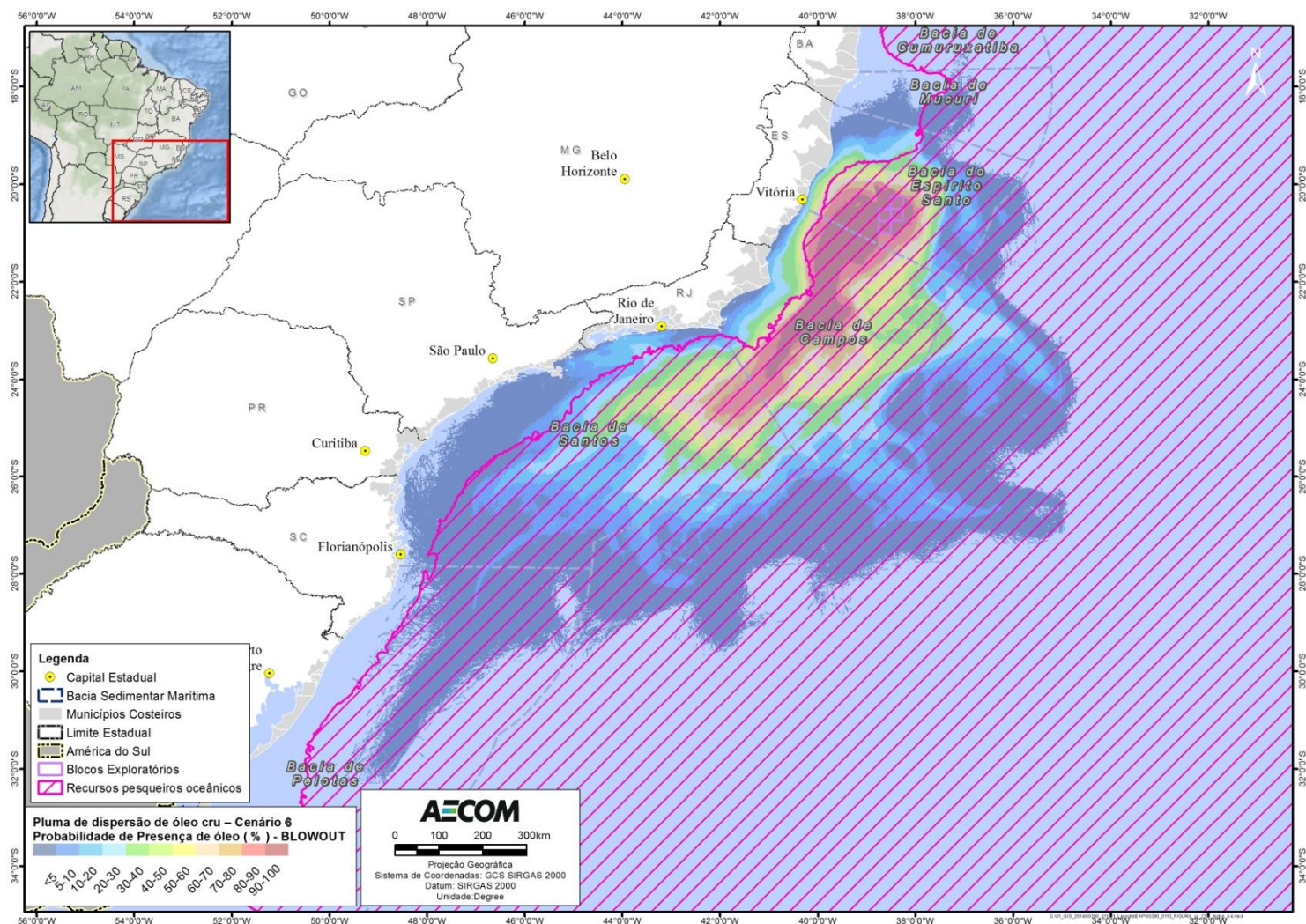


Isso se justifica uma vez que, as referências encontradas sobre tempo de recuperação e impacto de óleo em recursos pesqueiros não fazem diferenciação espacial entre espécies costeiras e oceânicas (e.g. ITOPF, 2004; HJERMANN *et al.*, 2007; MOSBECH *et al.*, 2000; IPIECA, 2000b; TEAL & HOWARTH, 1984). Soma-se a isso, ainda, 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 mínimos ou ausentes.

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, 2000b; 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 tem 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 desse recurso (MASCARELLI, 2010).

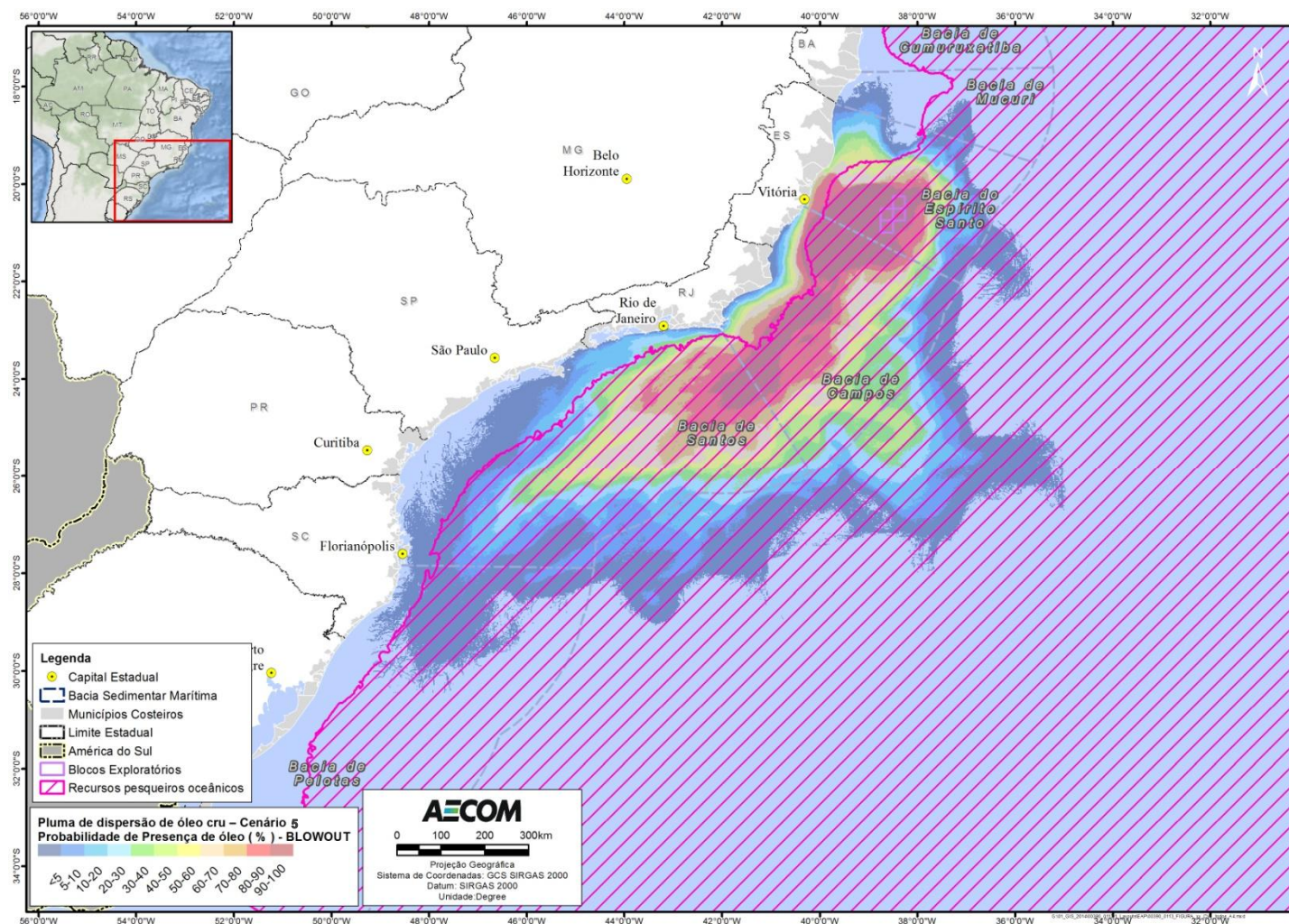
## B. Mapeamento

Para realizar o mapeamento, utilizou-se como referência o REVIZEE, segundo a qual os recursos tradicionalmente explorados na zona costeira estão distribuídos até cerca de 100 m de profundidade (MAGRO *et al.*, 2000). Assim, os recursos costeiros foram considerados aqueles que ocorrem a até 100 m de profundidade, e os oceânicos aqueles que ocorrem em profundidades maiores que 100 m. As **Figuras II.9.4.2.14 a II.9.4.2.17** apresentam a localização dos recursos pesqueiros oceânicos e costeiros nas áreas com probabilidades de chegada de óleo no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. Por apresentarem uma área abrangente de ocorrência, estes CVAs foram classificados como difusos.

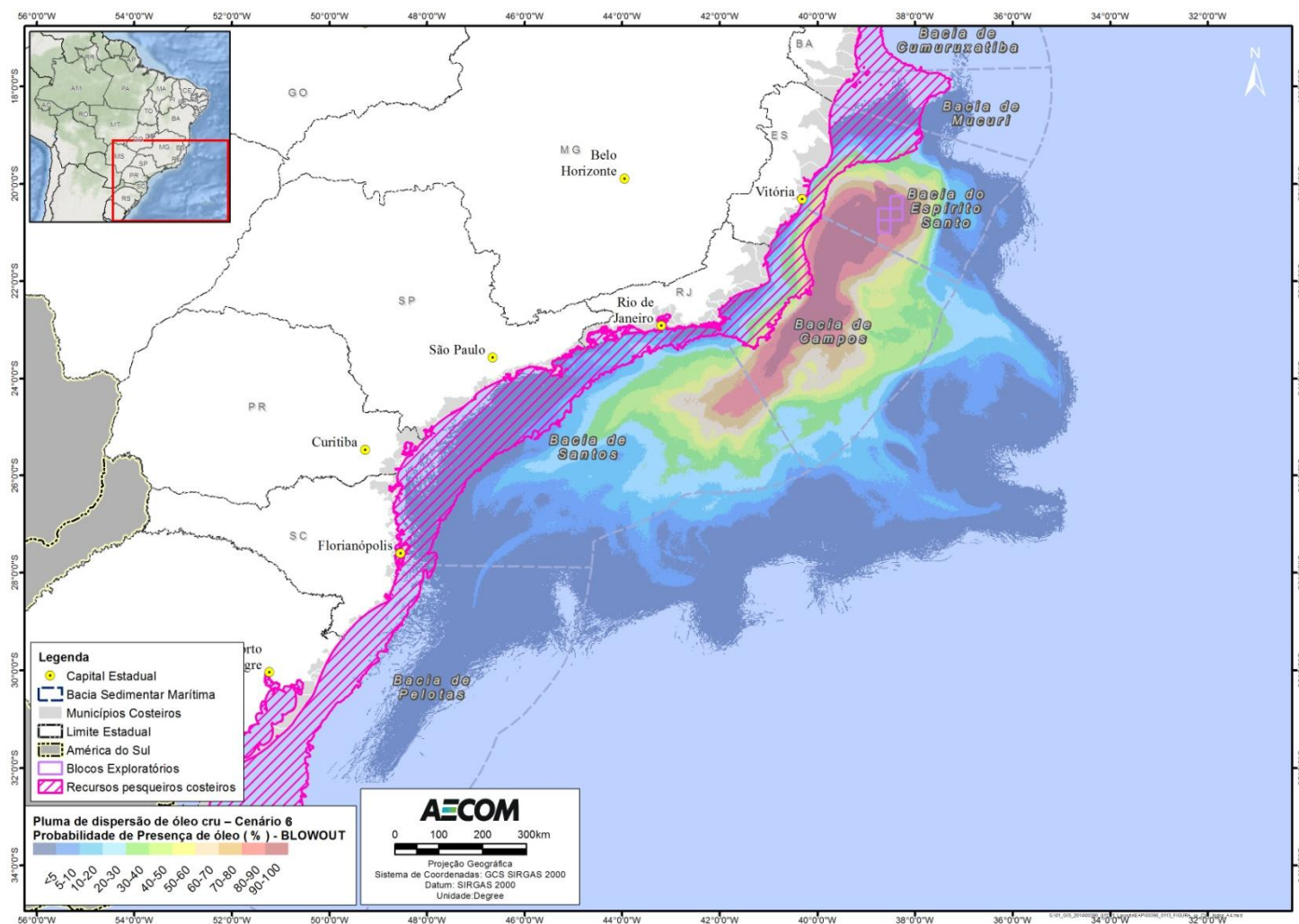


**FIGURA II.9.4.2.14 – Área de concentração de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



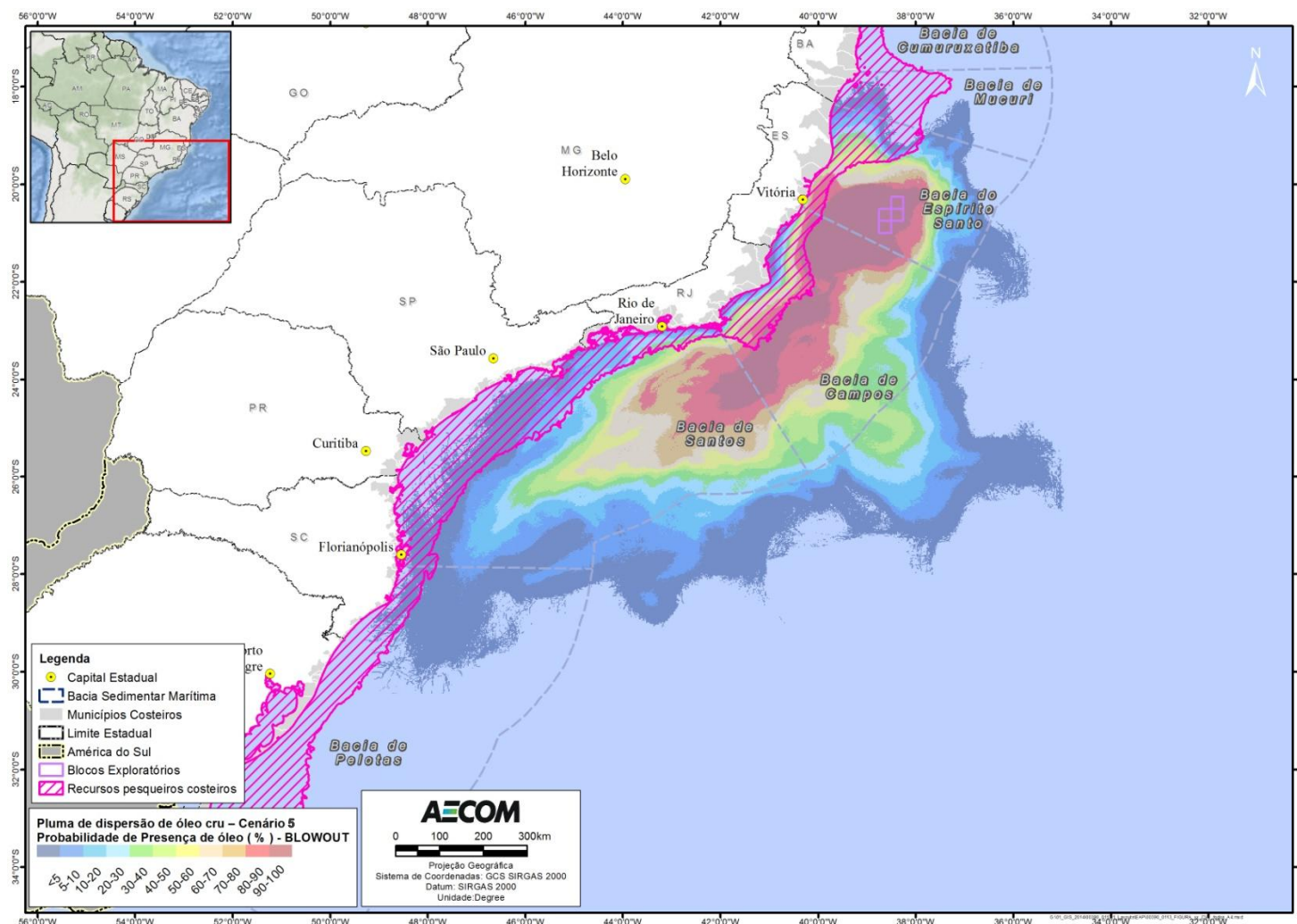


**FIGURA II.9.4.2.15 - Área de concentração de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.16 - Área de concentração de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.17 - Área de concentração de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

Para esse estudo, são entendidos como recursos pesqueiros os peixes, crustáceos e moluscos capturados pelos pescadores e marisqueiros inseridos na área de estudo, e que os utilizam para a própria subsistência ou 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 vágéis, vivendo e/ou se alimentando sobre ou próximo ao fundo (FROESE & PAULY, 1998 *apud* HAIMOVICI & KLIPPEL, 1999; IPIECA, 2000b).

Ressalta-se que para esses Componentes de Valor Ambiental (CVAs) não serão considerados os animais que vivem nos ecossistemas já incluídos como componentes desse estudo, como, por exemplo, os crustáceos e moluscos que habitam os manguezais e os peixes recifais, pois se considera que estes já estão devidamente resguardados dentro dos respectivos CVAs. Assim, será dada mais ênfase aos recursos pesqueiros oceânicos.

### C. Tempos de Recuperação

Os efeitos de um vazamento de óleo sobre os recursos pesqueiros em determinada área depende de vários fatores, sendo esses fatores, em sua maioria, referentes 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 a 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.

Nenhum fator isolado é um parâmetro confiável para predizer ou mensurar o dano, sendo 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).

Considerando-se a possibilidade de ocorrer um impacto sobre esses componentes, assume-se que um vazamento pode impactar a pesca e o pescado das seguintes maneiras:

- Afetando diretamente os organismos,
- Causando efeitos na pesca, e
- Impactando indiretamente a pesca e o pescado através de distúrbios nos ecossistemas.

Muitos ecossistemas como manguezais e recifes de coral são importantes para a pesca, tanto como áreas de berçário quanto como habitat. Para as espécies que vivem nesses ambientes, o tempo de recuperação considerado será aquele estipulado para o ecossistema em questão. Portanto, esses componentes abordarão as duas primeiras situações mencionadas acima, avaliando, principalmente, aqueles que residem na região oceânica.

Encontram-se detalhadas, a seguir, as formas com que os recursos pesqueiros e a pesca podem vir a ser impactados em caso de um derramamento significativo de óleo.

- **Efeitos diretos sobre os organismos**

- **Contaminação Física**

O óleo, dependendo da sua concentração e composição, pode causar inúmeros efeitos fisiológicos e histopatológicos nos animais (IPIECA, 2000b; ITOPIF, 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). Nesses locais, o dano potencial para os organismos é grande, particularmente nas espécies que possuem estoque restrito ou com limitadas áreas de desova (IPIECA, 2000b).

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, 2000b).

Diminuições na taxa de sobrevivência dos ovos assim como mutações também são observadas como efeito da contaminação por óleo. Meses após o vazamento do Exxon Valdez no Alaska, ovos de salmão que foram expostos ao óleo apresentaram uma diminuição na taxa de sobrevivência em comparação com aqueles que não foram expostos ao óleo. Algumas mutações raras, como o crescimento de uma nadadeira a mais, também apareceram em uma pequena fração da população. Alguns desses efeitos, porém, diminuiram após cinco anos (MASCARELLI, 2010).

- **Alterações de comportamento**

Em alguns casos, o comportamento de peixes pode ser alterado afetando a pesca local. A pesca que depende do aparecimento sazonal do peixe, por exemplo, pode ser interrompida se o peixe alterar sua rota de migração como resultado de um derrame de óleo. Entretanto, 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, 2000b; 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, 2000b).



### ○ **Efeitos no plâncton**

Os ovos e as larvas de peixe são geralmente mais sensíveis à poluição por óleo do que os peixes adultos (IPIECA, 2000b; MOSBECH *et al.*, 2000). Embora os 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, 2000b).

A maior preocupação é com os HPAs (hidrocarbonetos policíclico 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, 2000b).

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 ao incidente também.

### ○ **Efeitos na pesca**

Acidentes com vazamentos de óleo podem resultar em perdas na atividade pesqueira, uma vez que os pescadores não podem ou não querem pescar devido ao risco de incrustação do óleo nos barcos ou nos artefatos de pesca. Essa contaminação pode, também, acabar sendo transferida para o pescado. No caso de toque de óleo na região litorânea e nerítica, a mariscagem também é prejudicada, pois a prática corrente de coleta manual não dá conta de localizar e remover espécies com óleo (ITOPF, 2004).

Em situações de vazamento frequentemente são criadas zonas de exclusão, dentro das quais os pescadores são proibidos de pescar até que suas espécies-alvo sejam declaradas como livres de contaminação. A depender da localização e da extensão da região afetada, pode haver perda financeira, ainda que temporária, para o pescador. (IPIECA, 2000b).

Alguns artefatos de pesca são mais sensíveis que outros à contaminação por óleo. A **Tabela II.9.4.2.7** apresenta alguns dos principais artefatos de pesca utilizados na região de estudo e sua sensibilidade ao encalhe e/ou ao óleo.

**TABELA II.9.4.2.7 – Sensibilidade dos artefatos de pesca a danos causados por encalhe ou contaminação por óleo.**

<b>Tipo de artefato de pesca</b>	<b>Sensibilidade</b>
Currais, fuzarca, cacuri, manzuás, covos, gaiolas e pesqueiros	Alta
Tarrafa, rede de emalhe	Moderada
Arrasto de praia	Moderada/baixa
Linha de mão, espinhel	Baixa
Arrasto de fundo	Baixa

Fonte: IPIECA (2000b); ITOPF (2004).

Conforme observado na tabela acima, equipamentos que flutuam e se estendem pela superfície do mar, como tarrafas e armadilhas, são mais suscetíveis à contaminação pelo óleo, enquanto que as linhas e o arrasto de fundo são geralmente menos sensíveis, desde que não sejam levantados até a superfície do mar suja com óleo, ou afetadas por óleo submerso.

Esse tipo de impacto normalmente é temporário, com os pescadores voltando à sua atividade normal após o óleo ter sido removido das embarcações, artefatos de pesca e/ou do mar.

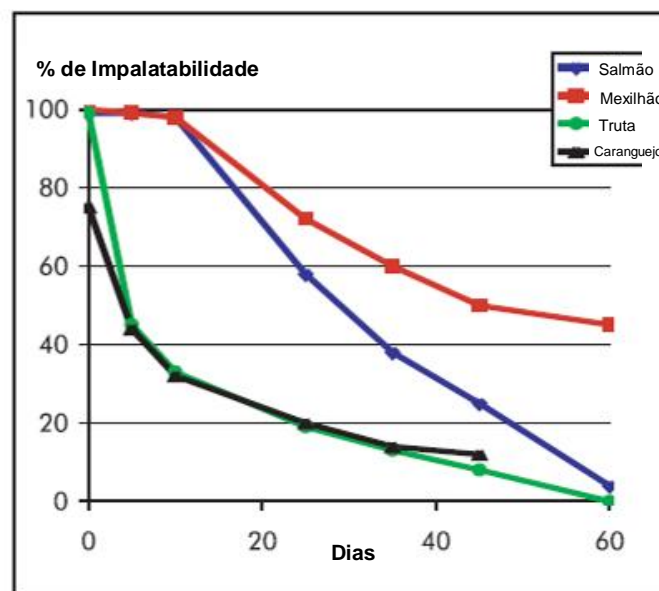
- **Impalatabilidade (*taint*)**

A contaminação dos recursos pesqueiros por substâncias derivadas do óleo pode, geralmente, ser detectada por um odor e sabor característicos do petróleo. Com isso, peixes, crustáceos e moluscos tornam-se impalatáveis e impróprios para a venda (ITOPF, 2004). A concentração que pode causar a impalatabilidade e a persistência do fenômeno, varia de acordo com o tipo de óleo, espécie impactada, extensão da exposição e com as condições hidrográficas e de temperatura (IPIECA, 2000b; ITOPF, 2004).

Os consumidores podem, rapidamente, perder a confiança nos produtos como resultado de uma simples suspeita, ou real contaminação do pescado que chega aos mercados (ITOPF, 2004).

Os peixes podem adquirir tais substâncias através da água ou do sedimento via absorção através das brânquias e da pele ou, ainda, se alimentando de presas contaminadas. As espécies comerciais também podem se contaminar externamente através do contato com petrechos de pesca contaminados. E se o óleo atingir o sedimento, espécies bentônicas de fundo lamoso, como a lagosta, correm um risco particular de se tornarem impalatáveis, porque sedimentos finos podem absorver e reter maiores quantidades de óleo (IPIECA, 2000b).

A escala temporal para a perda da impalatabilidade (uma vez que a fonte de contaminação tenha sido removida) é relativamente curta e vai de dias a meses, dependendo do tempo de exposição, da espécie, da temperatura e de padrões de alimentação, entre outros fatores (IPIECA, 2000b). A **Figura II.9.4.2.18** apresenta a taxa de depuração (perda da impalatabilidade) para salmão, mexilhão, truta e caranguejo após uma exposição experimental a óleo cru.



**FIGURA II.9.4.2.18 – Taxa de depuração de recursos pesqueiros após contaminação por óleo.**

Fonte: ITOPF (2004)

O gráfico acima mostra que a maioria das espécies torna-se novamente palatável em cerca de 60 dias. Ressalta-se que os moluscos sésseis tendem a permanecer mais tempo impalatóveis, uma vez que não podem se afastar da fonte de contaminação. Entretanto, tão logo a fonte seja removida eles podem iniciar seu processo de recuperação.

É importante ressaltar que o alimento se torna impalatóvel mesmo em níveis muito baixos de contaminação, trazendo uma margem de segurança em termos de saúde pública. Ou seja, no contexto de contaminação por óleo, se um recurso pesqueiro está palatável, então é seguro comê-lo (ITOPF, 2004).

Após o acidente com o petroleiro Braer, em 1993, na região próxima ao litoral da Escócia (Reino Unido), os níveis de contaminação nos peixes coletados na zona de exclusão decaíram rapidamente e, três meses após o vazamento, a proibição da pesca foi retirada. Entretanto, um ano após o acidente ainda existiam áreas com níveis elevados de óleo no sedimento. Algumas espécies de moluscos, que estão mais expostas ao óleo no sedimento do que os peixes, ainda apresentavam níveis baixos de contaminação, fazendo com que a captura dessas espécies permanecesse proibida (MOSBECH *et al.*, 2000).

## C1. Estudos de Caso

A Tabela II.9.4.2.8 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para os recursos pesqueiros.

**TABELA II.9.4.2.8 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre a pesca e os recursos pesqueiros.**

<b>Vazamento</b>	<b>Efeitos reportados</b>
1969: <i>Blowout</i> do poço Santa Barbara, Califórnia- EUA.  Volume do óleo derramado: 4.500 a 10.500 toneladas de óleo cru.	Efeitos negativos em curto prazo na abundância do bonito e da cavala. Sem efeitos em longo prazo na abundância das espécies pelágicas estudadas.
1976: Argo Merchant, Estados Unidos.  Volume do óleo derramado: 28.000 toneladas de petróleo venezuelano.	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.
1977: Tsesis, Mar Báltico, Suécia.  Volume do óleo derramado: 1.000 toneladas de óleo combustível médio.	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 esses 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.
1977: Ekofish 'Bravo <i>blowout</i> , Mar do Norte.  Volume do óleo derramado: 9.000 a 13.000 toneladas de óleo cru.	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.
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.	Muitas toneladas de peixes foram mortos. 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.  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.

Vazamento	Efeitos reportados
<p>1979: Betelgeuse, Bantry Bay, Irlanda.</p> <p>Volume do óleo derramado: 1,3 milhões de toneladas</p> <p>Óleo leve cru árabe – explosão pós-vazamento de 18 meses.</p>	<p>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.</p>
<p>1980: Bahrain.</p> <p>Volume do óleo derramado: Estima-se que 3.300 toneladas chegaram a costa.</p>	<p>Inicialmente, alguns indivíduos mortos de garoupas, xereletes e sardinhas, sem ocorrência de mortalidade massiva.</p>
<p>1983: Castillo de Bellver, África do Sul.</p> <p>Volume do óleo derramado: 160.000 a 190.000 toneladas de óleo cru.</p>	<p>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.</p>
<p>1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico.</p> <p>Volume do óleo derramado: 700.000 a 900.000 toneladas de óleo cru.</p>	<p>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.</p>
<p>1989: Exxon Valdez, Alasca, EUA.</p> <p>Volume do óleo derramado: 38.800 toneladas de petróleo.</p>	<p>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.</p>
<p>1993: Braer, Escócia, Reino Unido.</p> <p>Volume do óleo derramado: 84.700 toneladas de petróleo, além de até 1.500 toneladas de combustível.</p>	<p>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.</p>

Vazamento	Efeitos reportados
1970: Arrow, Baía Chedabucto, Canadá.  Cerca de 11.000 toneladas de petróleo.	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.

Modificado de IPIECA (2000b); ITOPIF (2010b); MOSBECH *et al.* (2000); TEAL & HOWARTH (1984).

Alguns 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, sendo que três anos após o vazamento, as espécies tinham recuperado seus valores metabólicos normais.

Outro estudo que pode ser citado é o realizado por FALL & FIELS (1993) após o acidente com o petroleiro Exxon Valdez, no litoral do Alaska, em 1989. Os autores estudaram as consequências do acidente na atividade pesqueira e notaram que a pesca de subsistência caiu 77% em 10 das 15 comunidades estudadas, em comparação com as médias registradas antes do acidente. Isso ocorreu principalmente por causa da incerteza dos moradores sobre a segurança do consumo de alimentos. O estudo foi realizado por três anos e foram analisados também tecidos de invertebrados e peixes quanto à concentração de hidrocarbonetos. Os resultados indicaram que os peixes de todas as áreas eram seguros para a alimentação, mas que os invertebrados da zona entre marés de algumas áreas específicas não deviam ser consumidos. Ao final dos três anos de estudo, o nível de coleta para subsistência apresentou recuperação em algumas comunidades, mas ainda assim ficou abaixo das médias observadas antes do vazamento.

## D. 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.

- **CVA Tartarugas marinhas**

## A. Introdução



A região de estudo (áreas com probabilidades de presença de óleo em cenários de pior caso) pode ser considerada de grande importância biológica para as tartarugas marinhas. As cinco espécies existentes no Brasil são encontradas na região, onde há 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).

Todas as espécies presentes na região de estudo são consideradas ameaçadas de extinção mundialmente pela União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (IUCN, 2015), bem como nacionalmente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MMA, 2014). A **Tabela II.9.4.2.9** apresenta as espécies encontradas no litoral da área de estudo e seu status de conservação.

**TABELA II.9.4.2.9 – Lista de espécies de tartarugas marinhas encontradas na área de estudo e seus status de conservação.**

Família	Espécie	Nome Comum	Status de conservação	
			MMA (2014)	IUCN (2014)
Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i>	Tartaruga-cabeçuda	EN	EN
	<i>Chelonia mydas</i>	Tartaruga-verde	VU	EN
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tartaruga-de-pente	CR	CR
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tartaruga-oliva	EN	VU
Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Tartaruga-de-couro	CR	VU

Fonte: MMA (2014) e IUCN (2015).

Categorias segundo MMA (2014) e IUCN (2015):

EN - Em perigo – Risco muito alto de extinção na natureza.

VU - Vulnerável - Risco alto de extinção na natureza.

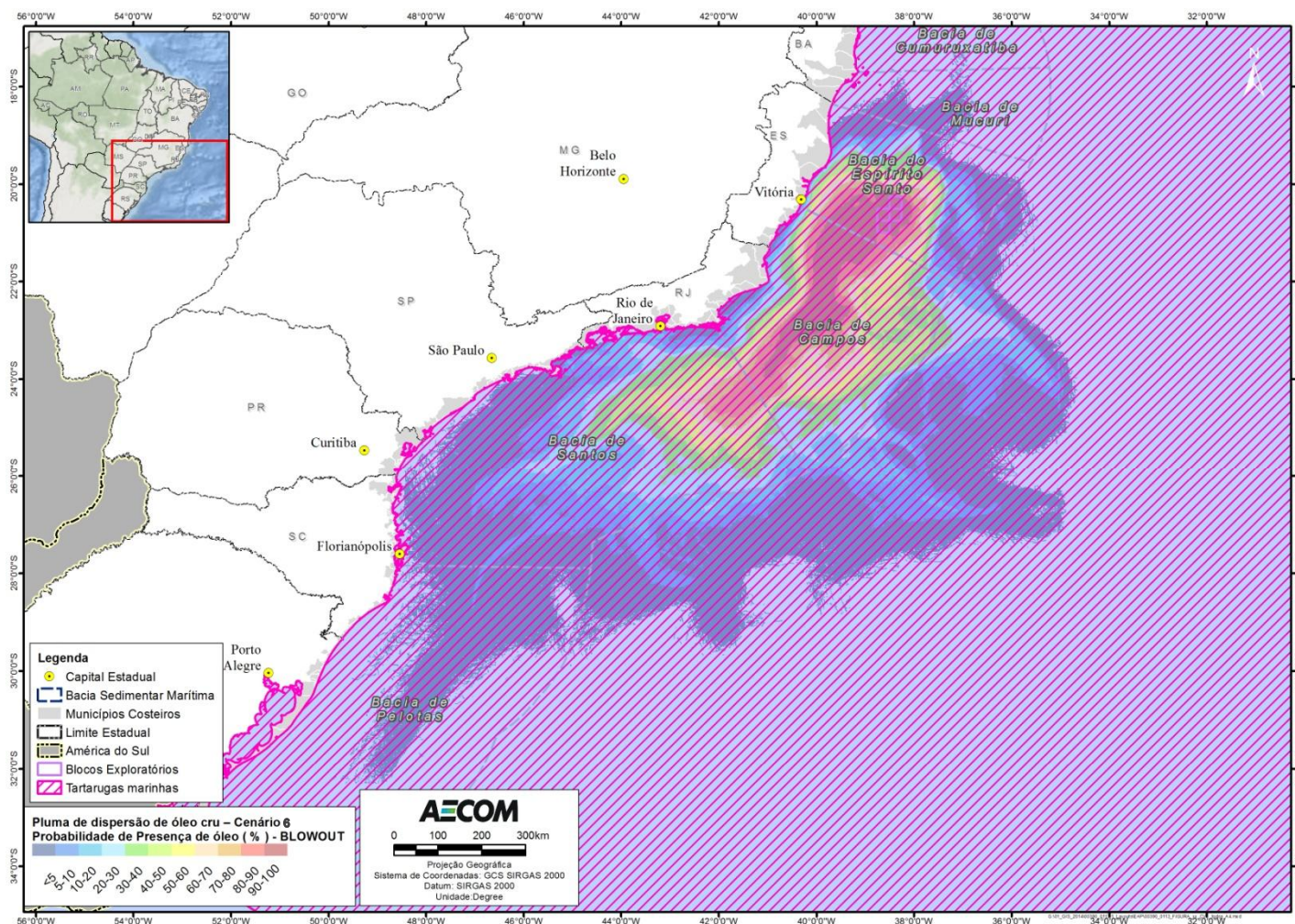
CR – Criticamente em perigo - Quando um táxon é considerado como enfrentando um risco extremamente alto de extinção na natureza.

As tartarugas marinhas distribuem-se amplamente entre as bacias oceânicas, com registros desde o Ártico até a Tasmânia (MEYLAN & DONNELLY, 1999). No entanto, a maior parte das ocorrências reprodutivas está concentrada em regiões tropicais e subtropicais (MÁRQUEZ, 1990). Esses animais são altamente migratórios, possuem um complexo ciclo de vida e utilizam uma grande área geográfica e uma variedade de habitats (MÁRQUEZ, 1990). Sua alimentação consiste de organismos do zooplâncton gelatinoso, como cnidários e salpas (JAMES & HERMAN, 2001; WITT *et al.*, 2007), além de peixes, moluscos, crustáceos e algas (BJORNDAL, 1997).

## B. Mapeamento

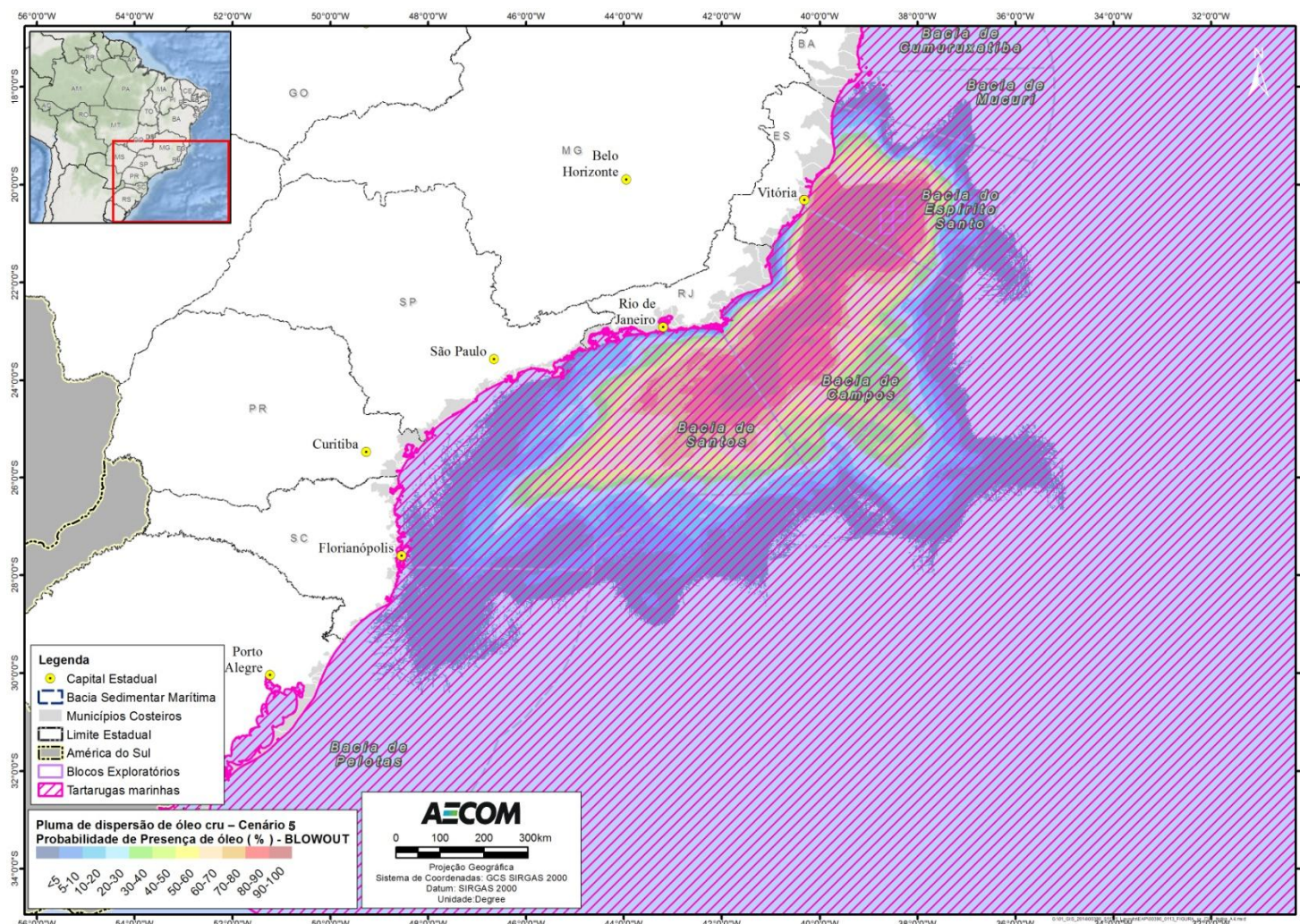
As **Figuras II.9.4.2.19** e **II.9.4.2.20** apresentam as áreas de ocorrências não reprodutivas de tartarugas nas áreas com probabilidade de chegada de óleo, considerando o vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais.

Considerando que as tartarugas podem ocorrer em todo ambiente marinho, em 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 difuso.



**FIGURA II.9.4.2.19 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.20 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempos de Recuperação

As tartarugas 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, 2010b). Entretanto, alguns aspectos de sua morfologia podem diminuir sua chance de mortalidade, por exemplo, a incapacidade de limpar oralmente seu corpo devido a limitações da sua carapaça e a pouca flexibilidade (SHIGENAKA, 2003; NOAA, 2010b; SABA & SPOTILA, 2003).

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, por exemplo, o mecanismo metabólico que um animal usa para desintoxicar seu organismo pode ainda não estar desenvolvido em um animal juvenil e os estágios iniciais podem conter mais lipídios em seu corpo, no qual muitos contaminantes como hidrocarbonetos de petróleo se ligam (SHIGENAKA, 2003).

Adicionalmente, as tartarugas marinhas podem ser impactadas em suas praias 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 (SHINEGAKA, 2003).

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).

Não existem muitas informações a respeito da toxicidade do óleo em tartarugas marinhas. Uma vez que todas as espécies se encontram ameaçadas de extinção, os estudos em laboratório se concentram em efeitos subletais que são facilmente revertidos quando tratados, evitando a morte do animal (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).

#### o Efeitos internos

A ingestão de poluentes pode ser intencional ou acidental. Alguns estudos demonstram que o óleo cru não é percebido pelos quelônios como sendo algo perigoso, 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*<sup>26</sup>) de um item alimentar (LUTZ & LUTCAVAGE, 2010). Além disso, uma vez que

---

<sup>26</sup> *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).

esses animais sobem com frequência à superfície para respirar, em 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 a morte (SHIGENAKA, 2003).

Vale ressaltar que diferenças na alimentação podem potencialmente influenciar o risco de ingestão de hidrocarbonetos. Por exemplo, tartarugas-cabeçuda, que se alimentam primariamente de crustáceos e moluscos, espécies que bioacumulam hidrocarbonetos de petróleo, apresentam mais risco de contaminação que tartarugas-de-couro, que se alimentam primariamente de cnidários (SHIGENAKA, 2003).

Estudos fisiológicos e clinicopatológicos em tartarugas-cabeçuda cronicamente expostas ao óleo mostraram anormalidades nas células epiteliais, alterações nos padrões respiratórios e disfunções nas células sanguíneas. O óleo foi observado preso às narinas, olhos e esôfago superior, e foi 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 a 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).

Existe uma preocupação particular em relação à contaminação dos ninhos e dos recém-nascidos em praias de desova. Geralmente os ninhos não seriam impactados, uma vez que as tartarugas desovam bem acima da linha de maré alta. Entretanto, os vazamentos podem estar associados a tempestades e marés excepcionais, que podem depositar óleo acima dos níveis normais. Além disso, as fêmeas que vêm à praia para desovar podem contaminar a região próxima aos ninhos (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010; SHIGENAKA, 2003).

Três importantes fatores afetam o sucesso da desova, temperatura do ninho, troca gasosa e umidade, e o óleo pode, potencialmente, impactar todos esses três fatores, seja interferindo na troca de gases (por exemplo, o óleo nas camadas intersticiais de areia pode evitar a troca de oxigênio entre os ovos e a areia), alterando o balanço hídrico (os ovos precisam estar em área nem tão úmida nem tão seca) ou ainda alterando a temperatura do ninho (mudando a cor e a condutividade termal da areia) (SHIGENAKA, 2003).

Falando especificamente do impacto sobre os ovos, pode-se citar o estudo de PHILLOTT & PARMENTER (2001) apud SHIGENAKA (2003) que determinaram que a cobertura por óleo em diferentes porções e diferentes proporções na superfície dos ovos afeta o sucesso de nascimento. Por exemplo, o hemisfério superior do ovo é o principal responsável pela troca de gases com o meio externo durante o início da incubação, se o óleo cobrir suficientemente essa região, isso impedirá a troca de gases, ocorrendo maior mortalidade de embriões.

Em outro estudo, realizado após o *blowout* do poço Ixtoc 1, em 1979, na Baía de Campeche no México, FRITTS & MCGEHEE (1981) coletaram dados de campo e de laboratório sobre o efeito do óleo em ninhos



de tartarugas marinhas de uma praia impactada. Nos experimentos de laboratório, onde o óleo cru foi derramado sobre os ninhos durante a última metade do período de incubação, os pesquisadores encontraram um decréscimo significativo na sobrevivência dos embriões. Os ovos sujos de óleo no início da incubação sobreviveram, mas os recém-nascidos desenvolveram deformidades no número de placas (escudos) corpóreas. O óleo intemperizado, entretanto, parece ter baixo efeito tóxico nos ovos: a areia oleosa coletada de praias um ano após o vazamento não reduziu a sobrevivência dos recém-nascidos ou alterou sua morfologia. Os dados sugerem que a contaminação por óleo em locais com desova de tartarugas poderiam ser mais danosa se o óleo cru vazasse durante uma época de desova. Os mesmo autores (FRITTS & MCGEHEE, 1982) citam que os efeitos mais drásticos de um único evento de vazamento de óleo são provavelmente curtos e causariam danos a apenas um único ano de esforço reprodutivo.

Os recém-nascidos, por sua vez, uma vez que alcançam o mar, estão sujeitos aos mesmos impactos apresentados para os adultos. Entretanto, devido a fatores como tamanho reduzido, baixa mobilidade e natação superficial, eles estão mais propensos à contaminação (SHIGENAKA, 2003). Além dos efeitos diretos, pode-se citar também a possibilidade das praias de desova contaminadas com óleo afetar a capacidade de *imprinting* dos recém-nascidos, que deveriam voltar a essas praias para desovar quando adultos.

A exposição ao óleo também tem efeitos significativos sobre a reprodução das tartarugas de água doce, como observado por BELL (2005) após o derramamento de óleo em John Heinz National Wildlife Refuge, na Filadélfia (EUA). Dentre os efeitos observados estão o aumento da taxa de mortalidade de embriões, bem como o aumento da incidência e severidade de deformações nos embriões de algumas espécies (BELL, 2005).

### **Efeitos externos**

Em relação aos efeitos externos pode-se citar a incrustação por óleo, entretanto todos os efeitos em tartarugas ainda não são bem conhecidos. 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.

Em outro estudo MIGNUCCI-GIANNONI (1998) apud SABA & SPOTILA (2003) encontraram 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 tinham óleo residual presente nos seus tecidos após a reabilitação.

Efeitos indiretos também podem afetar as tartarugas marinhas, entre eles podemos 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 dos 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.



SABA & SPOTILA (2003) ressaltam que a maioria dos trabalhos sobre os efeitos da exposição ao óleo em animais vertebrados foca em organismos marinhos, havendo poucas publicações sobre os efeitos do óleo em organismos de água doce. Os mesmos autores destacam que, de acordo com os resultados encontrados em seu trabalho, as tartarugas de água doce conseguem se reabilitar em exposições limitadas ao óleo. Assim como as tartarugas marinhas, as tartarugas de água doce possuem uma anatomia e fisiologia que facilita a remoção do óleo. Sua carapaça lisa permite que fluidos, viscosos ou aquosos, passem sem restrições (SABA & SPOTILA, 2003).

Quanto a contaminação é apenas externa, existe a possibilidade de recuperação após a limpeza. SABA & SPOTILA (2003), avaliando a recuperação de tartarugas de água doce contaminadas por óleo, verificaram que o tempo de recuperação variou de 5 a 6 meses, quando os animais foram considerados apresentando comportamento normal e devolvidos à natureza, sendo que 18 das 19 tartarugas capturadas sobreviveram (taxa de 95% de reabilitação).

### C1. Estudos de caso

Apesar de haver impacto potencial de vazamentos de óleo sobre as tartarugas marinhas, poucos casos de tartarugas e praias de desova contaminadas por óleo foram reportados, sendo a sua maioria na Flórida e no Caribe. Atualmente a maior ameaça às tartarugas não vem do óleo cru, mas de óleo combustível de barcos pesqueiros ancorados ou cargueiros.

A **Tabela II.9.4.2.10** apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para as tartarugas marinhas.

**TABELA II.9.4.2.10 – 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 ( <i>Eretmochelys imbricata</i> e <i>Chelonia mydas</i> ), entretanto somente uma parte da costa foi monitorada, portanto o número pode ser maior. BURCHARD (citado em NOAA, 2010a) 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. O impacto sobre as áreas de desova é desconhecido.
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 está na gama de dezenas a centenas, mas 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.
1991: Barge Vistabella, mar do Caribe  Volume de óleo derramado: 2.000 toneladas de óleo combustível pesado	Restos de óleo e <i>tarballs</i> atingiram as praias da região, mas apenas uma tartaruga-de-pente foi encontrada com óleo (atribuído ao acidente) em uma praia de Porto Rico.

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 cabeçadas, 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 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.

Fonte: CEDRE (2011), SHIGENAKA (2003).

Um estudo em especial, realizado por HALL *et al.* (1983) após o acidente ocorrido no Golfo do México é detalhado a seguir devido à sua importância em relação às conclusões obtidas pelo autor quanto aos impactos gerados sobre as tartarugas marinhas a partir de vazamentos de óleo.

Os autores analisaram 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.

No total, sete tartarugas (seis *Chelonia mydas* – tartarugas-verde- e uma *Lepidochelis kempfi* – tartaruga de kempfi) foram coletadas durante o episódio de vazamento, algumas foram tratadas e uma foi reintroduzida.

Três tartarugas (duas verdes e uma jovem Ridley) foram encontradas mortas em Laguna Madre e foram congeladas para determinação da causa da morte. Todas as três tartarugas apresentaram óleo na região externa, sendo que uma o apresentava em grandes quantidades. Entretanto, pelas conclusões dos autores, mesmo essa grande quantidade de óleo provavelmente não teria evitado um movimento normal ou sido fatal para as tartarugas. Além disso, aventou-se que algum óleo externo poderia ter se acumulado após a morte.

Apesar de em todos os tecidos examinados das 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, com as tartarugas evidentemente não tendo encontrado o óleo pouco tempo antes da sua morte, mas tendo ficado expostas a ele por algum tempo.

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. Os exames microscópicos não indicaram a causa da morte.

LUISELLIE & AKANI (2003) observaram efeitos negativos sobre as populações de tartarugas de água doce após o derramamento de óleo na região do Delta do Níger, na Nigéria, oeste da África, em 1988. Um dos efeitos observados foi a mudança de habitat, devido à perda e/ou diminuição de nichos após o vazamento, o

que pode gerar, em longo prazo, efeitos sobre as populações, como o aumento da competição entre as espécies de tartarugas. Os autores destacam como principal efeito a diminuição da diversidade (50% das espécies foram perdidas), além do declínio do número de espécimes.

BURY (1972), estudando os efeitos do derramamento de óleo sobre a fauna de água doce, em Hayfork Creek, na Califórnia (EUA), observou espécimes de tartarugas que, após serem expostas a esse cantamimante, apresentaram os olhos e pescoços inchados. Alguns juvenis foram encontrados apresentando movimentos descoordenados, sendo incapazes de nadar ou mergulhar. Além disso, 30 espécimes possuíam a epiderme dos seus apêndices descamada e um indivíduo foi encontrado morto.

#### **D. Conclusão**

Embora relativamente poucos estudos tenham analisado o impacto do óleo em tartarugas marinhas e, mais ainda, em tartarugas de água doce, muitos aspectos da biologia desse grupo fazem com que as tartarugas estejam expostas a riscos 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.

Surpreendentemente existem poucos registros de tartarugas 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 tartarugas marinhas estejam associados com 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 sobre os efeitos nas populações e o seu tempo de recuperação, faz esse item difícil de ser avaliado. Dessa forma, foi levado em consideração o potencial de impacto e os danos sobre os indivíduos, além do fato da região não ser uma área preferencial de desova para as espécies, e que os efeitos mais drásticos de um único evento de vazamento de óleo são, provavelmente, curtos e causam impactos em um único ano de esforço reprodutivo. Portanto, considerou-se que o tempo para a população de tartarugas que ocorre nessa região, obter novamente o número de indivíduos anterior ao vazamento, está entre 3 e 10 anos.

A seguir, será descrito o Subcomponente de Valor Ambiental relacionado ao CVA Tartarugas marinhas. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para o SVA é o mesmo estabelecido para o CVA Tartarugas marinhas. A escolha desse componente foi motivada pelo fato de existirem populações com desovas limitadas a determinadas áreas e que caso os indivíduos sejam perdidos, o reestabelecimento dessa população não poderá ser feito por indivíduos de populações adjacentes. Além disso, tais espécies estão ameaçadas de extinção.

Destaca-se que, mesmo que esse subcomponente seja avaliado separadamente, ele ainda está vinculado ao CVA Tartarugas marinhas.

- **SVA Desova de tartarugas marinhas**

As áreas de reprodução e desova das tartarugas marinhas com ocorrência na área de estudo (*Dermochelys coriacea*, *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*) 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 no 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).

É importante observar que devido à sua alta filopatria (homíng - 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.

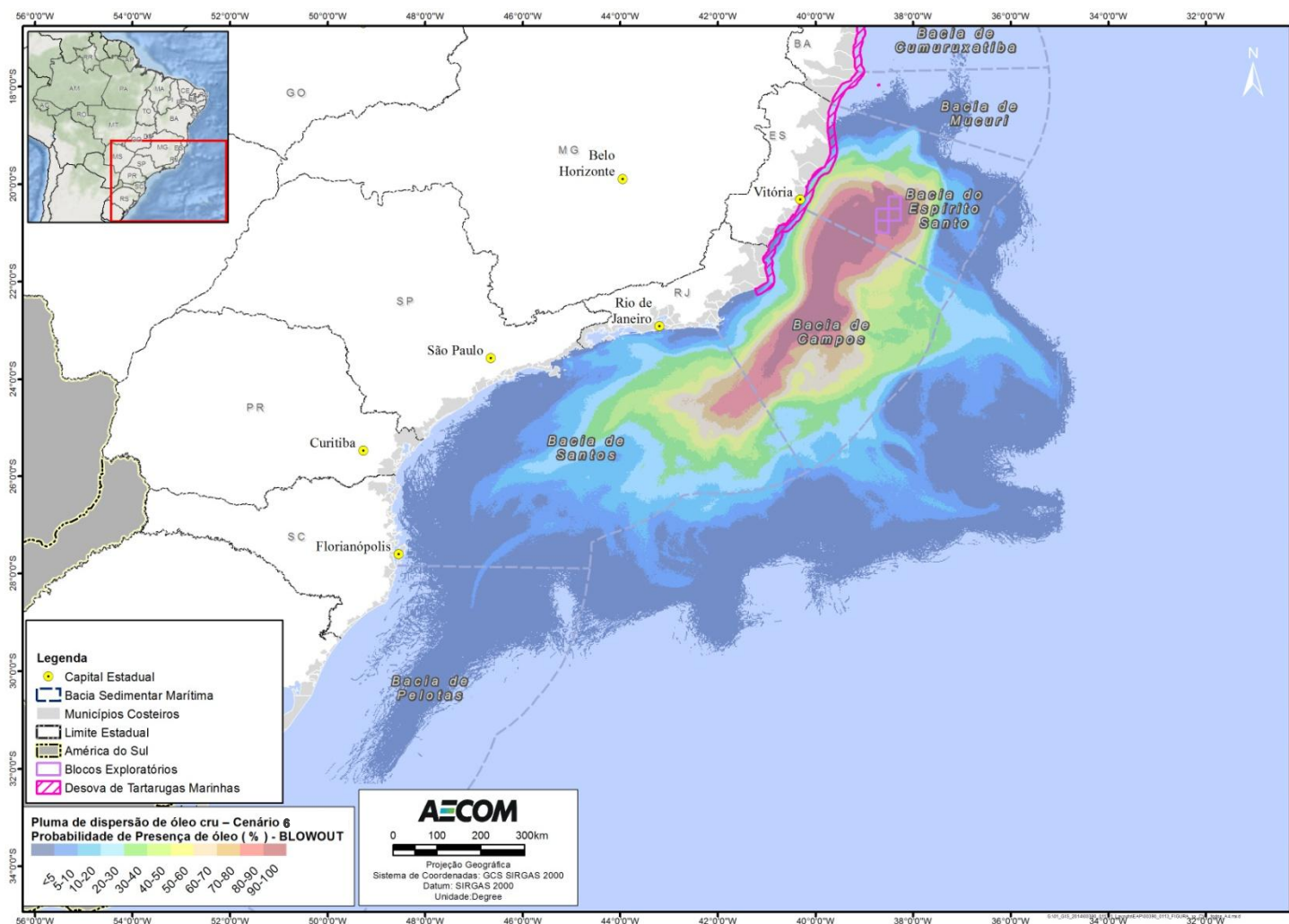
A seguir, são apresentadas as áreas prioritárias de desova de tartarugas marinhas, juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. Para a definição dessas áreas foram usadas as informações contidas no documento “Avaliação do Estado de Conservação das Tartaruga Marinha *D. coriacea* (ALMEIDA et al., 2011b), *C. caretta* (SANTOS et al., 2011) e *E. imbricata* (MARCOVALDI et al., 2011).

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.

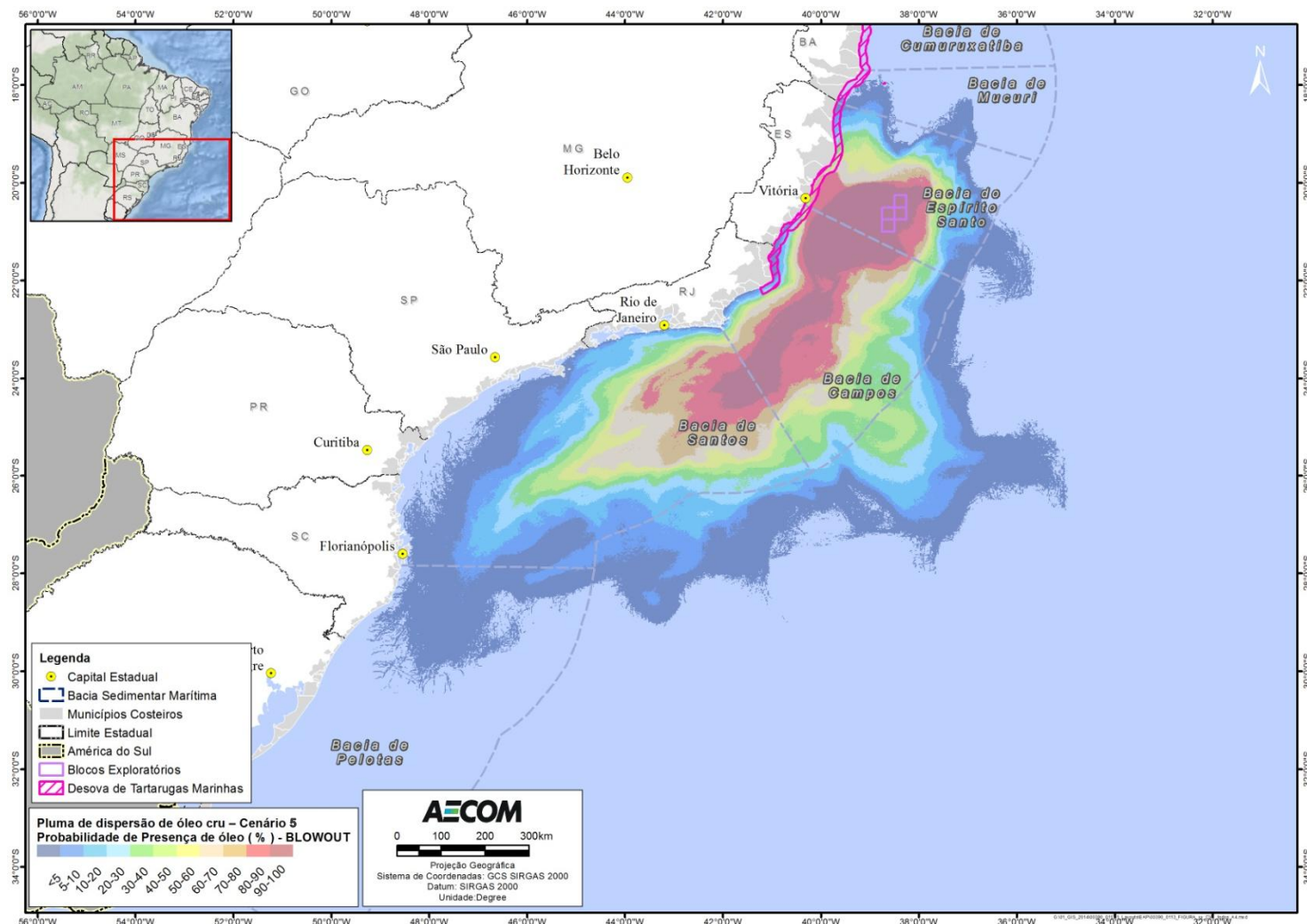
As **Figuras II.9.4.2.21 e II.9.4.2.22** apresentam as áreas de ocorrências reprodutivas de tartarugas marinhas nas áreas com probabilidade de chegada de óleo, considerando o vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais.





**FIGURA II.9.4.2.21 – Área de desova de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.22 – Área de desova de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

- **CVA Cetáceos**

### A. Introdução

Na área com probabilidade de presença de óleo, são registradas 35 espécies de cetáceos. Do total de espécies, 27 são odontocetos e oito são mysticetos (ZERBINI et al., 1999; SICILIANO et al., 2006; ENGEL et al., 2006; SIMMAM, 2015), o que representa cerca de 75% do total de espécies de cetáceos registrados em águas brasileiras. Algumas destas espécies são consideradas ameaçadas de extinção no Brasil (MMA, 2014) e/ou no mundo (IUCN, 2015) (**Tabela II.9.4.2.11**).

**TABELA II.9.4.2.11 – Cetáceos da área de estudo e status de conservação nacional e global.**

Nome comum	Nome específico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
<b>Família Pontoporiidae</b>			
Toninha	<i>Pontoporia blainvillei</i>	CR	VU
<b>Família Delphinidae</b>			
Golfinho-liso-austral	<i>Lissodelphis peronii</i>	NA	DD
Boto-cinza	<i>Sotalia guianensis</i>	VU	DD
Golfinho-de-dentes-rugosos	<i>Steno bredanensis</i>	NA	LC
Golfinho-nariz-de-garrafa	<i>Tursiops truncatus</i>	DD	LC
Golfinho-pintado-pantropical	<i>Stenella attenuata</i>	NA	LC
Golfinho-pintado-do-Atlântico	<i>Stenella frontalis</i>	DD	DD
Golfinho-rotador	<i>Stenella longirostris</i>	DD	DD
Golfinho-de-clymene	<i>Stenella clymene</i>	NA	DD
Golfinho-listrado	<i>Stenella coeruleoalba</i>	NA	LC
Golfinho-comum-de-bico-curto	<i>Delphinus delphis</i>	DD	LC
Golfinho-comum-de-bico-longo	<i>Delphinus capensis</i>	NA	DD
Golfinho-de-Fraser	<i>Lagenodelphis hosei</i>	DD	LC
Golfinho-cabeça-de-melão	<i>Peponocephala electra</i>	NA	LC
Orca-pigméia	<i>Feresa attenuata</i>	NA	DD
Falsa-orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	NA	DD
Orca	<i>Orcinus orca</i>	NA	DD
Baleia-piloto-de-peitorais-curtas	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	NA	DD
Baleia-piloto-de-peitorais-longas	<i>Globicephala melas</i>	NA	DD
Golfinho-de-Risso	<i>Grampus griseus</i>	NA	LC
<b>Família Physeteridae</b>			
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU	VU
<b>Família Ziphiidae</b>			
Baleias-bicuda-de-True	<i>Mesoplodon mirus</i>	NA	DD
Baleia-bicuda-de-Gervais	<i>Mesoplodon europaeus</i>	NA	DD
Baleia-bicuda-de-Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	DD	LC
Baleia-bicuda-de-Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>	NA	DD
<b>Família Kogiidae</b>			
Cachalote-pigmeu	<i>Kogia breviceps</i>	NA	DD
Cachalote-anão	<i>Kogia sima</i>	NA	DD
<b>Família Balaenidae</b>			
Baleia-franca-austral	<i>Eubalaena australis</i>	EN	LC
<b>Família Balaenopteridae</b>			

Nome comum	Nome específico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
Baleia-azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	CR	EN
Baleia-fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	EN	EN
Baleia-sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	EN	EN
Baleia-de-Bryde	<i>Balaenoptera edeni</i>	DD	DD
Baleia-minke-antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	DD	DD
Baleia-minke-anã	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	NA	LC
Baleia-jubarte	<i>Megaptera novaeangliae</i>	NT	LC

Fonte: SICILIANO et al. (2006); ENGEL et al. (2006); ZERBINI et al. (1999); LODI & BOROBIA (2013); SIMMAM (2015), IUCN (2015); MMA (2014).

Categorias de ameaça:

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.

LC (Pouco preocupante) - “*Least Concern*” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima.

DD (Dados Insuficientes) – “*Data Deficient*” – Quando não existem dados suficientes para se definir uma característica de risco de extinção para a espécie.

Ocorrência:

OC - Ocorrência Confirmada

OP - Ocorrência Provável

A distribuição dessas espécies varia desde águas mais rasas e costeiras (p.e., boto-cinza e toninha) até lâminas d’água superiores a 500 m (misticetos, zifídeos e maior parte dos delfinídeos). Algumas espécies podem ainda se aproximar mais da costa, apenas durante o período reprodutivo, como a baleia-jubarte e a baleia-franca-austral (SICILIANO et al., 2006).

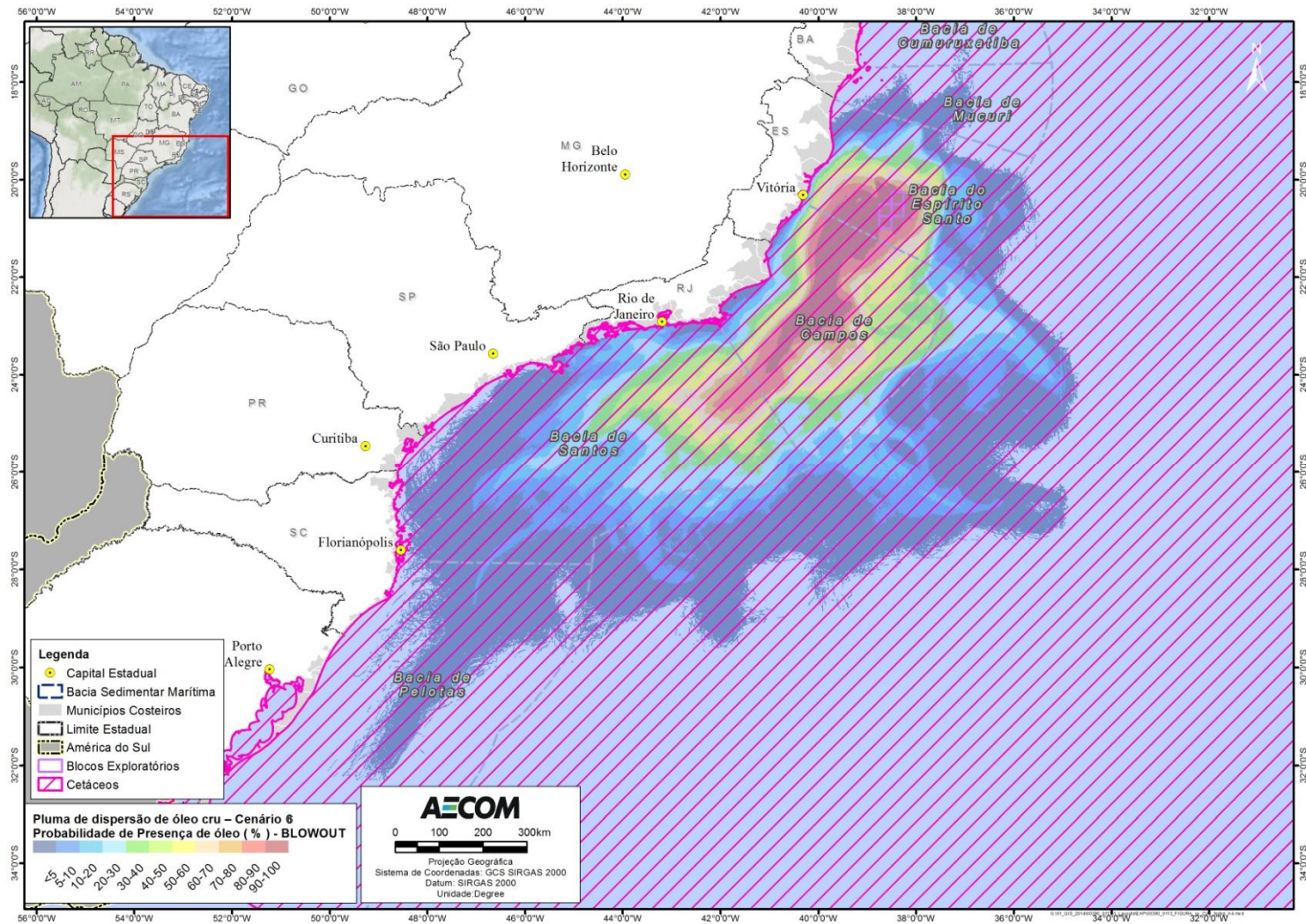
Quanto à biologia dos cetáceos é importante observar que o período de gestação da maioria das espécies é de cerca de um ano, só nascendo um filhote por vez, e o período de lactação é altamente variável, podendo chegar a muitos anos em alguns odontocetos (JEFFERSON et al., 2008).

É importante destacar que entre as espécies levantadas para a área de estudo, seis estão ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou global. São elas: a toninha (*Pontoporia blainvillei*), o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), o cachalote (*Physeter macrocephalus*), a baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*), a baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), a baleia-fin (*Balaenoptera physalus*) e a baleia-sei (*Balaenoptera borealis*) (MMA, 2014; IUCN, 2015).

## B. Mapeamento

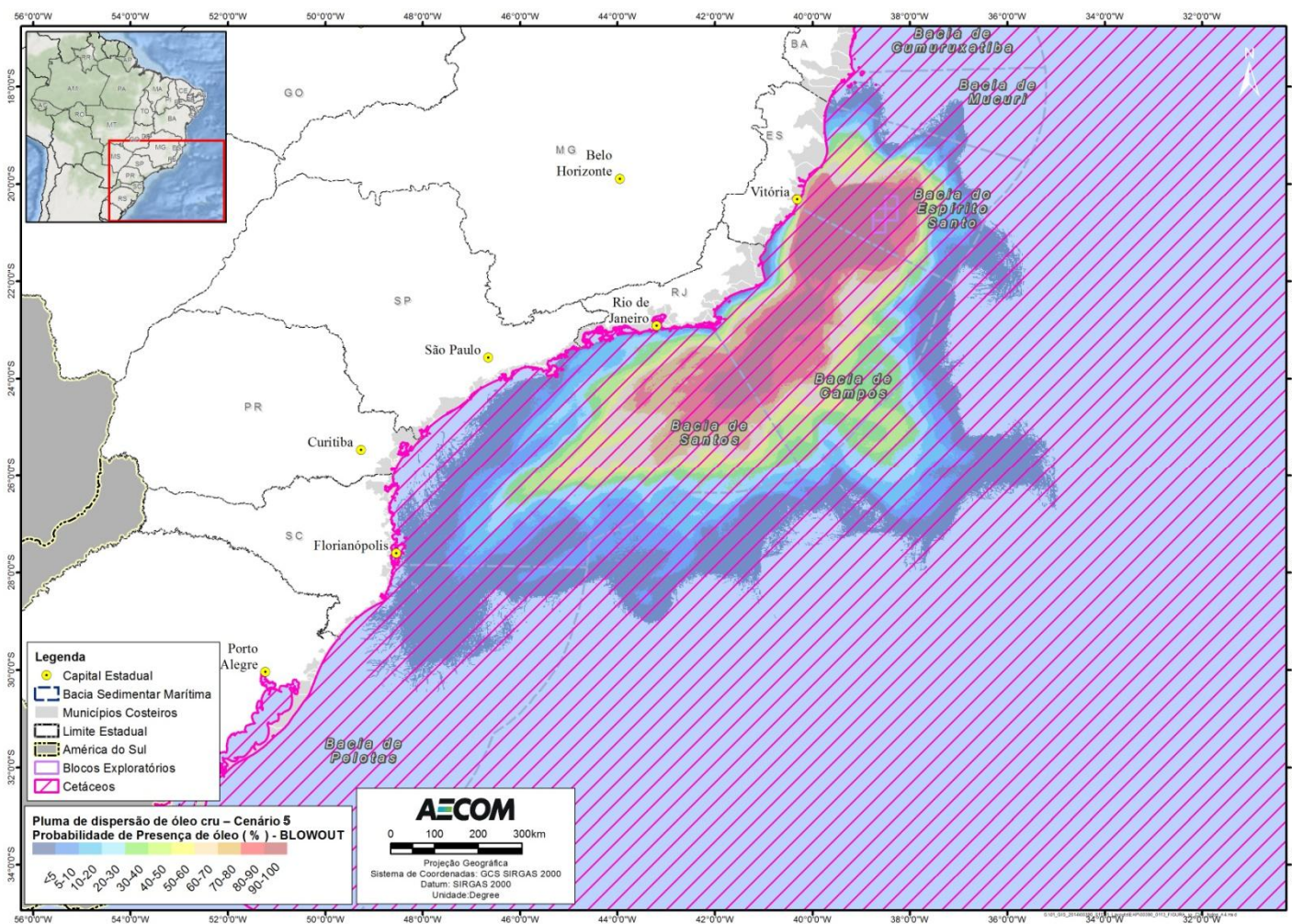
As **Figuras II.9.4.2.23** e **II.9.4.2.24** apresentam as áreas de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, nos dois cenários sazonais avaliados. Considerando que os cetáceos podem ocorrer em todo ambiente marinho, em águas costeiras e oceânicas, foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo em ambos os cenários sazonais. 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 difuso.





**FIGURA II.9.4.2.23 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.24 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempo de Recuperação

Existem poucos estudos sobre impactos de óleo em cetáceos e praticamente nenhum sobre tempo de recuperação, salvo o realizado com orcas na Baía de Prince William Sound após o acidente com o Exxon Valdez, ocorrido em 1989 e que será discutido em detalhes no subitem de Estudos de Caso.

A existência de poucos estudos pode ser explicada, em parte, pelo fato de que as carcaças da maioria das espécies afundam no oceano, impossibilitando a coleta para pesquisa (GUBBAY & EARLL, 1999; MATKIN *et al.*, 2008). Em alguns casos, elas até podem flutuar e encalhar na região costeira, porém essa é uma situação mais comum para os animais que vivem nessas regiões costeiras, dificultando a realização deste tipo de estudo com espécies de hábitos oceânicos. Em outros casos, espécies oceânicas podem ser expostas ao óleo e nunca encalharem, podendo levar a uma subestimação do dano ambiental a tais espécies (WILLIAMS *et al.*, 2011).

Além disso, existem questões éticas sobre experimentos desnecessários e que causem sofrimento a esses animais (MATKIN *et al.*, 2008). Com isso, os dados de vazamentos parecem ser a melhor fonte de informações sobre estudos comportamentais e efeitos fisiológicos do óleo neste grupo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

As ameaças a uma espécie em particular variam bastante e irão depender do seu comportamento, 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).

Alguns estudos sugerem, ainda, que os cetáceos podem detectar o óleo na superfície da água, e com isso evitá-lo. Isso pôde ser comprovado pelo estudo realizado por St AUBIN (1992), no qual experimentos 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. O mesmo resultado foi encontrado por SMITH *et al.* (1983).

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, 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 aparente 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, 2010b). Durante o vazamento Mega Borg, no Novo 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). MATKIN *et*



al. (2008) também observaram que orcas não tentaram evitar as áreas contaminadas por óleo após o vazamento Exxon Valdez no Alaska.

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, espera-se que o impacto sobre estas não seja tão severo, pois os cetáceos, ao contrário de outros mamíferos marinhos, não dependem da pele para regular sua temperatura corporal (ITOPF, 2010b; EPA, 1999; MOSBECH, 2002). Além disso, esta mesma pele 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 nessas partes rugosas (pelos e calosidades dos animais), como estas são limitadas a uma pequena área da pele dos animais, 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 a que cetáceos estariam normalmente expostos na natureza, exceto para animais em locais confinados, normalmente na região costeira. 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 RAAZMAKERS (1994), a inalação de porções de óleo, vapores e fumaça é bem provável se a subida dos cetáceos à superfície para respirar se der numa 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, 2010b; 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, 2010b; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 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 esse 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 diferente tipo de ameaça aos misticetos, que se alimentam através de ingestão de grandes quantidades de água, utilizando suas cerdas orais para capturar o plâncton e krill existentes na mesma (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. Dependendo da magnitude do vazamento, porém, 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 imune dos animais (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

## C.1. Estudos de caso

Existem muito poucas evidências documentadas de que populações de cetáceos, principalmente baleias, tenham sido afetadas por vazamentos de óleo, a maior parte dos trabalhos analisa indivíduos separadamente, sem considerar a população como um todo.

A seguir são apresentados alguns estudos de caso em que houve a morte e/ou contaminação de cetáceos por causa de vazamento de óleo. Especial atenção será dada ao caso das populações de orcas em Prince William Sound após o vazamento do Exxon Valdez no Alaska, uma vez que se trata de um caso extremo em que populações pequenas e residentes foram afetadas, sendo esse também o único estudo em que o tema recuperação é tratado.

SHORT (2003) apresentou em seu trabalho dois estudos em que cetáceos foram encontrados mortos após acidentes com vazamentos de óleo, o primeiro foi no canal de Santa Barbara, California, EUA em 1969, no qual 4 golfinhos e 6 baleias foram encontrados mortos (BROWNWELL, 1971), e o outro foi o acidente com o petroleiro Exxon Valdez, no Alaska, EUA, em 1989, onde foram encontrados mortos nas praias da região 26 baleias-cinzentas (*Eschrichtius robustus*), 5 botos (*Phocoena phocoena*), 5 baleias minkes (*Balaenoptera bonaerensis*), 1 baleia fin (*Balaenoptera physalus*) e 3 baleias não identificadas (LOUGHLIN, 1994). Além disso, houve grande mortalidade de orcas, mas isso será tratado no trabalho a seguir.

MATKIN *et al.* (2008) apresenta em seu trabalho um estudo realizado com orcas após o vazamento do Exxon Valdez em 1989. Esse estudo apresenta dados de 16 anos de monitoramento após o acidente. Dois grupos foram estudados em detalhes, um grupo residente, chamado de AB, e uma população itinerante, AT1. Ambos os grupos sofreram perdas de 33 a 41%, respectivamente, no ano após o vazamento. O grupo AB 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 que o número esperado para o mesmo período de tempo, levando-se em conta a estrutura sexual e etária do grupo. O grupo AT1 perdeu nove animais de um total de 22, sendo importante observar que nesse grupo quatro animais foram vistos nadando no óleo (**Figura II.9.4.2.25**) logo após o vazamento, e que nenhum recrutamento foi observado nessa população desde 1984. Até a data da publicação do estudo os autores ainda não haviam observado recuperação nos grupos estudados e concluíram que, mesmo em condições ótimas, os grupos podem levar décadas para se recuperar, particularmente se fêmeas reprodutivas e/ou fêmeas juvenis tenham sido perdidas. Além disso, em um grupo pequeno isolado e ameaçado como o AT1, um evento ambiental de grande magnitude pode levá-los à extinção.



**FIGURA II.9.4.2.25 – Quatro membros do grupo AT1 próximo ao Exxon Valdez menos de 24h após o vazamento.**

Fonte: Matkin *et al.*, 2008

Entretanto, é preciso levar em consideração que MATKIN & SAUTILIS (1997) citam que entre 1985-1986, período anterior ao acidente, seis orcas foram perdidas do grupo AB (residentes), uma taxa de mortalidade cinco vezes maior que o esperado. 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 sozinho 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) com as orcas da região, no qual a espécie foi examinada para a presença de contaminantes em seus tecidos. Os resultados encontrados indicaram que os indivíduos da população AT1 (transeuntes) carregavam elevados níveis de PCBs, DDT e metabólitos de DDT nos seus tecidos. Entretanto, a presença desses contaminantes não está relacionada ao vazamento 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 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 seja 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. Vale ressaltar que a população de orcas que pode ser encontrada na região de estudo se alimenta primariamente de peixes e golfinhos (SICILIANO *et al.*, 2006).

## D. Conclusão

Os mamíferos marinhos possuem uma ampla gama de sensibilidade ao óleo, demonstrada pela sua diversidade na morfologia, comportamento e ecologia. Para se estabelecer apropriadamente aos efeitos do petróleo em dada espécie são necessários mais conhecimento sobre a sua história natural e fisiologia, além de mais estudos sobre as características toxicológicas do óleo nesses animais.

Para definir o tempo de recuperação de cetáceos, é importante primeiramente entender se os cetáceos são ou não afetados em um vazamento de óleo. Os estudos ainda são incipientes e contraditórios, sendo as informações mais confiáveis aquelas provenientes de situações reais de acidentes.

Levando-se em consideração as informações apresentadas acima, além do fato de o tempo de recuperação ser definido para a comunidade como um todo, estima-se que o tempo para que a comunidade de cetáceos se recupere aos níveis anteriores ao de um acidente com vazamento de óleo esteja entre 3 e 10 anos.

Apesar de não ser considerada a limpeza dos indivíduos para o cálculo de tempo de recuperação dos animais, vale destacar que capturar e limpar mamíferos marinhos sujos com óleo geralmente não é possível. Tais procedimentos podem machucá-los mais que o óleo em si (EPA, 1999).

A seguir, são descritos os Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionado para este CVA. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para estes SVAs é o mesmo estabelecido para o CVA Cetáceos.

A escolha desses subcomponentes 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. Foram estabelecidos quatro SVAs dentro do CVA Cetáceos. São eles: SVA Boto-cinza (*Sotalia guianensis*), SVA Toninha (*Pontoporia blainvillei*), SVA Reprodução de baleia-jubarte (*Megaptera novaeagliae*) e SVA Reprodução de baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*).

É importante destacar que três das quatro espécies consideradas nos SVAs são classificadas como ameaçadas de extinção no Brasil, o boto-cinza está na categoria de “Vulnerável”, a toninha em “Criticamente em Perigo” e a baleia-franca-austral na categoria de “Em Perigo” (MMA, 2014). A baleia-jubarte encontrava-se ameaçada de extinção até o ano de 2014, quando após medidas de proteção, foi retirada da categoria sendo hoje classificada como “Quase ameaçada”.

- **SVA Boto-cinza (*Sotalia guianensis*)**

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é a espécie de odontoceto 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, 2015). No Brasil, diversos grupos de trabalho estudam o boto-cinza, que é classificado como “Vulnerável” na lista de espécies

ameaçadas (MMA, 2014). Além disso, é ainda considerado como uma das espécies prioritárias no Plano de Ação Nacional para Conservação dos Mamíferos Aquáticos do Brasil (MMA/ICMBio, 2011a).

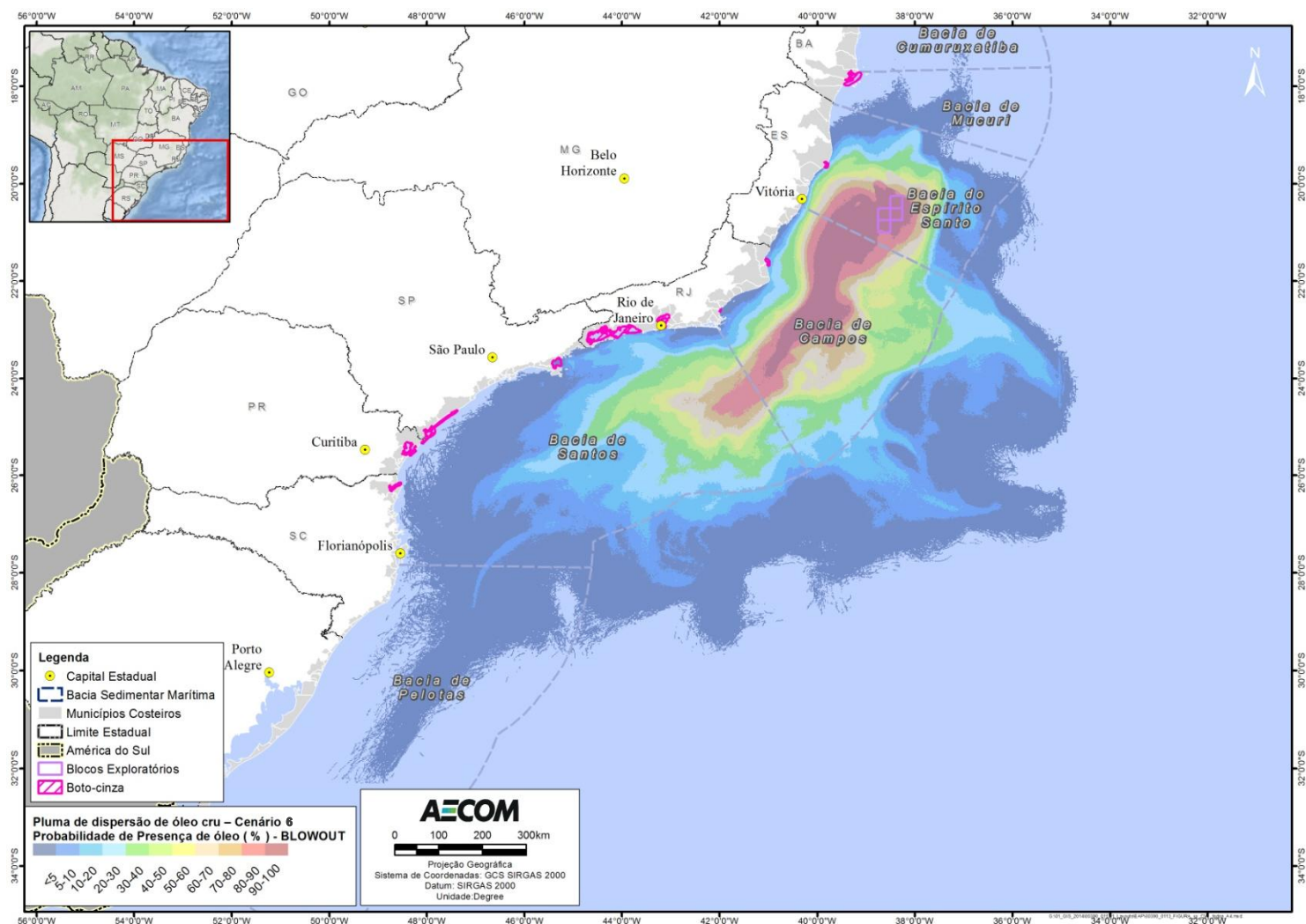
O boto-cinza apresenta hábitos costeiros e encontra-se distribuído amplamente pelo litoral das Américas do Sul e Central, tendo como limites de sua distribuição, ao norte, a Nicarágua, na América Central, e ao sul, o Estado de Santa Catarina, na América do Sul (SIMÕES-LOPES, 1987; CARR & BONDE, 2000). No entanto, DA SILVA (1994) e DA SILVA & BEST (1996) apontam para a possível ocorrência da espécie até Honduras. O boto-cinza pode ser avistado se deslocando tanto em águas superficiais ao longo da costa quanto em áreas protegidas de bocas de grandes rios, baías e estuários (DA SILVA & BEST, 1996).

Para o boto-cinza, as áreas de concentração consideradas no presente estudo foram definidas a partir das informações presentes na Síntese da Qualidade Ambiental e na Análise de Vulnerabilidade, além dos estudos de ZANELATO (2001); (LODI, 2003a) DAURA-JORGE et al. (2004); FLACH (2004); PIVARI, (2004); CREMER & SIMÕES-LOPES (2005); HARDT (2005); SICILIANO et al. (2006), GONÇALVES (2006); SANTOS & ROSSO (2007); CARVALHO et al. (2009) e PROJETO BOTO-CINZA (2015), sendo considerados os locais onde existem populações residentes.

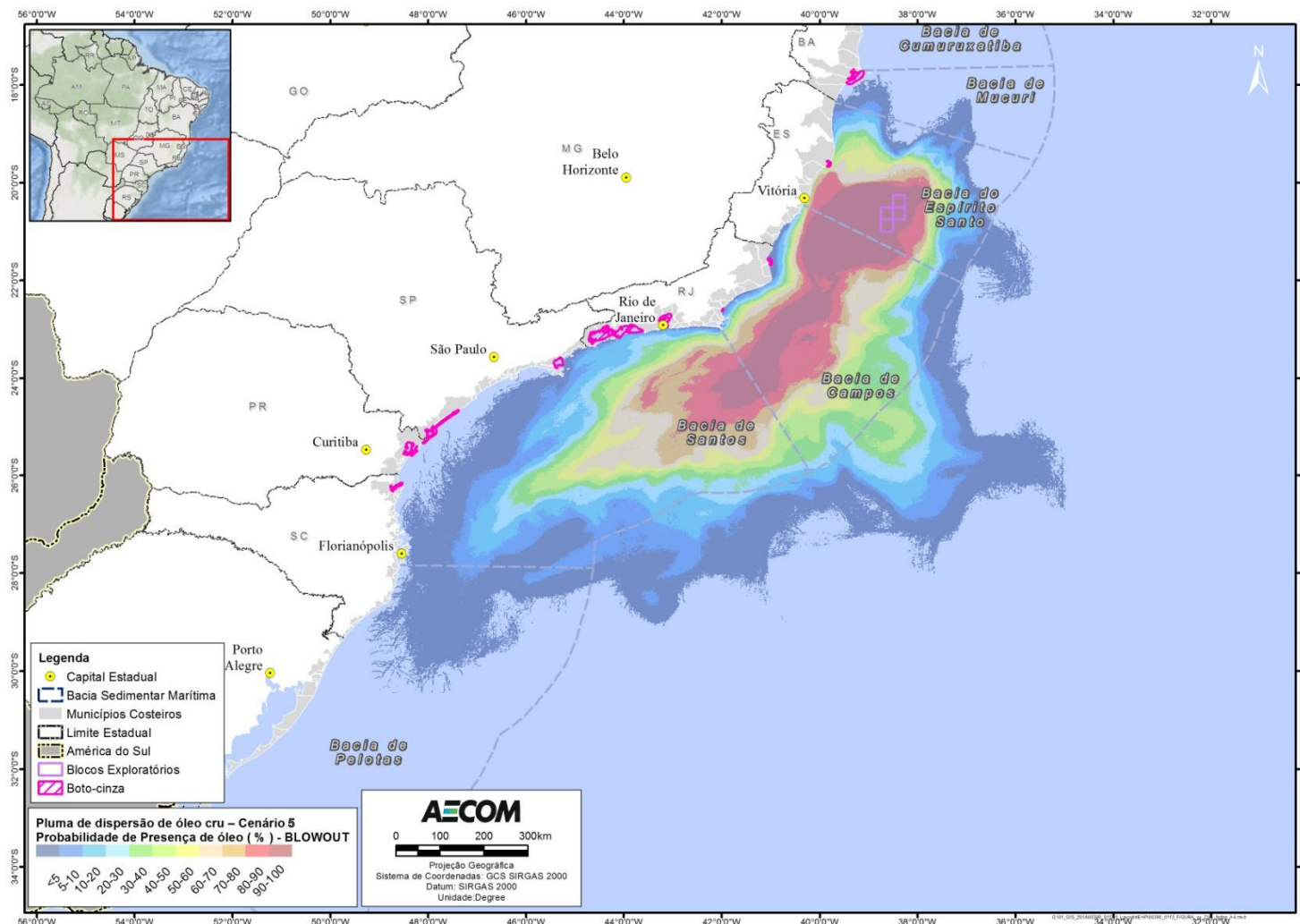
As **Figuras II.9.4.2.26** e **II.9.4.2.27** apresentam as áreas de ocorrência de populações de boto-cinza juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no pior vazamento previsto, em ambos os cenários sazonais. Ressalta-se que, uma vez que as populações são entendidas como residentes, o SVA Boto-cinza foi considerado como subcomponente fixo, para o qual foi utilizado o maior valor de probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental.

O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para o CVA Cetáceos, que é de 10 anos.





**FIGURA II.9.4.2.26 - Área de ocorrência de populações residentes de *Sotalia guianensis* (boto-cinza) na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.27 - Área de ocorrência de populações residentes de *Sotalia guianensis* (boto-cinza) na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

- **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 nesses casos (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).

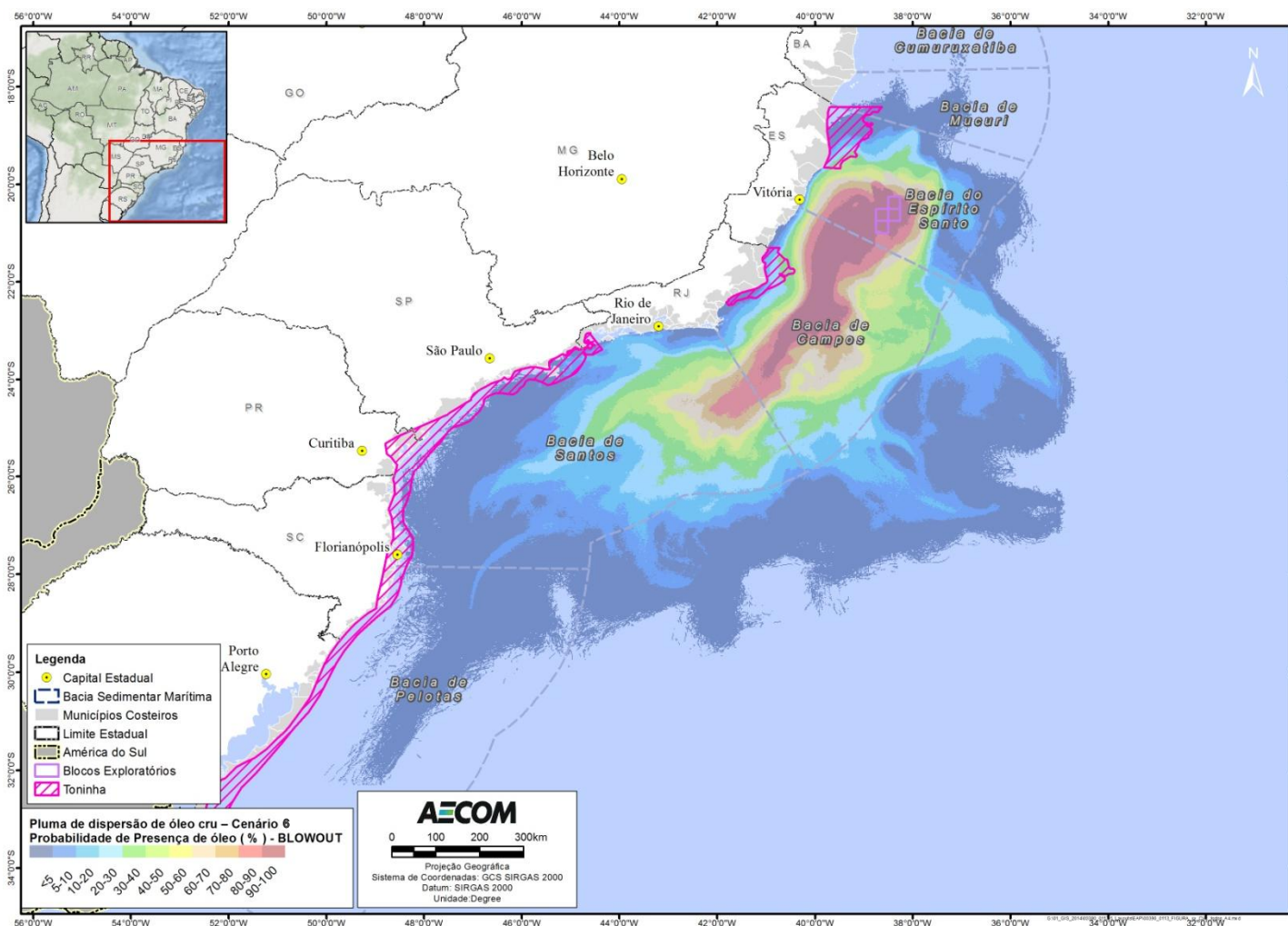
A toninha é ainda o pequeno cetáceo mais ameaçado no Atlântico Sul Ocidental, devido aos altos níveis de mortalidade acidental em redes de emalhe. Encontra-se em diversas listas de animais ameaçados de extinção, na IUCN (2015) está na categoria “Vulnerável” e no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2014) 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:

- 1) Norte do Espírito Santo;
- 2) Norte do Rio de Janeiro;
- 3) Ubatuba (São Paulo) até o extremo sul do Brasil.

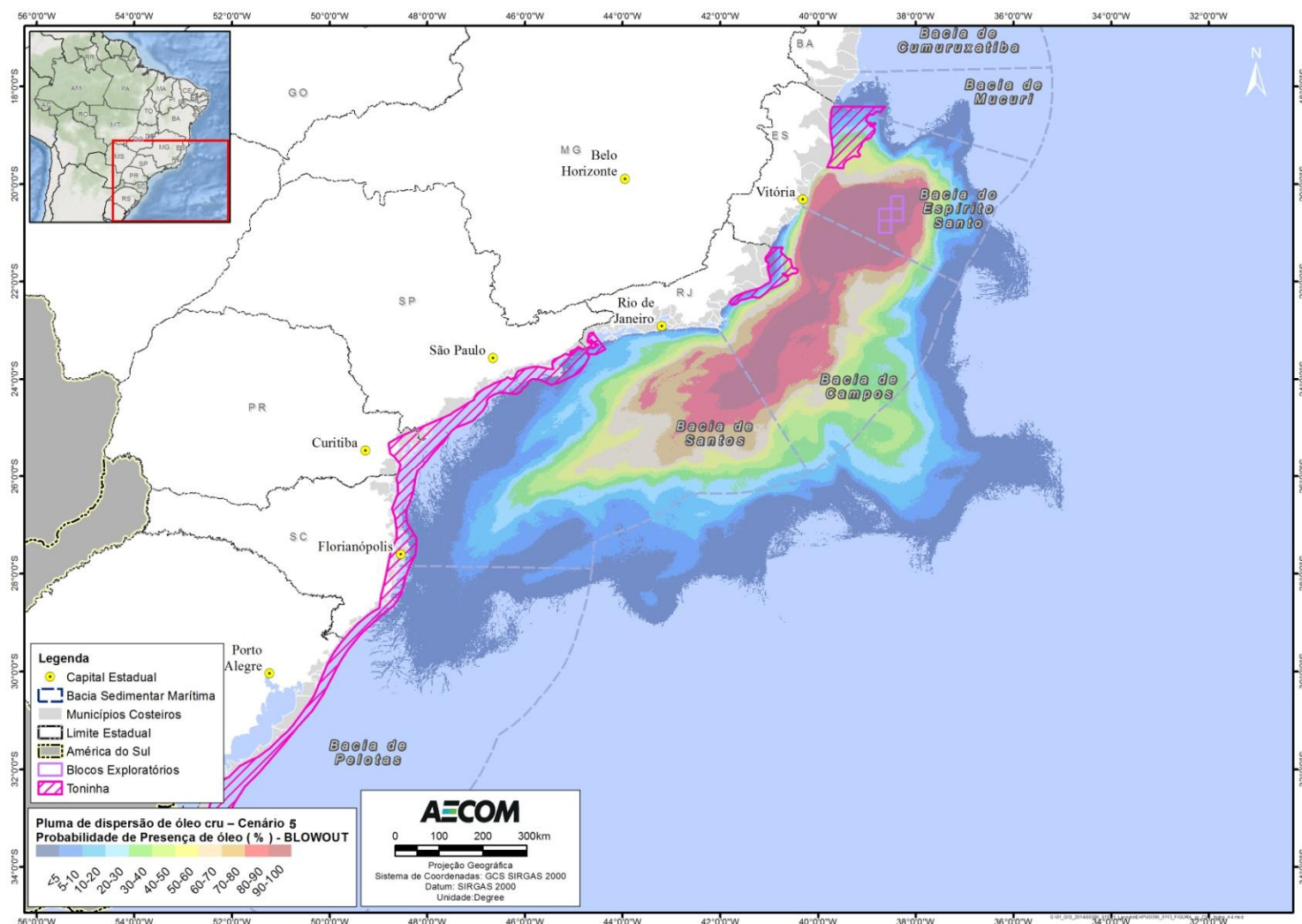
No mapeamento realizado para o presente estudo, a delimitação de profundidade foi até a isóbata de 30 m, uma vez que há fortes indícios de ocorrência restrita dessa espécie até essa profundidade (PINEDO *et al.*, 1989; DI BENEDITTO & RAMOS, 2001). As **Figuras II.9.4.2.28 e II.9.4.2.29** apresentam as áreas de ocorrência de *Pontoporia blainvillei* nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no pior cenário previsto, nos dois cenários sazonais avaliados.

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. O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para o CVA Cetáceos, que é de 10 anos.



**FIGURA II.9.4.2.28 – Área de ocorrência de populações de *Pontoporia blainvillei* (toninha) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.29 – Área de ocorrência de populações de *Pontoporia blainvillei* (toninha) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

- **SVA Reprodução de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*)**

As baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) 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 que apresenta densidade relativa máxima da mesma (SICILIANO *et al.*, 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, 2011) das quais respectivamente 5.973 (93,26%) e 8.531 (91,4%) 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 *et al.*, 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). Até maio de 2014, a espécie era considerada ameaçada de extinção, porém, a partir da adoção de medidas protecionistas por parte do governo brasileiro, as baleias-jubarte atualmente estão fora da lista de espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2014).

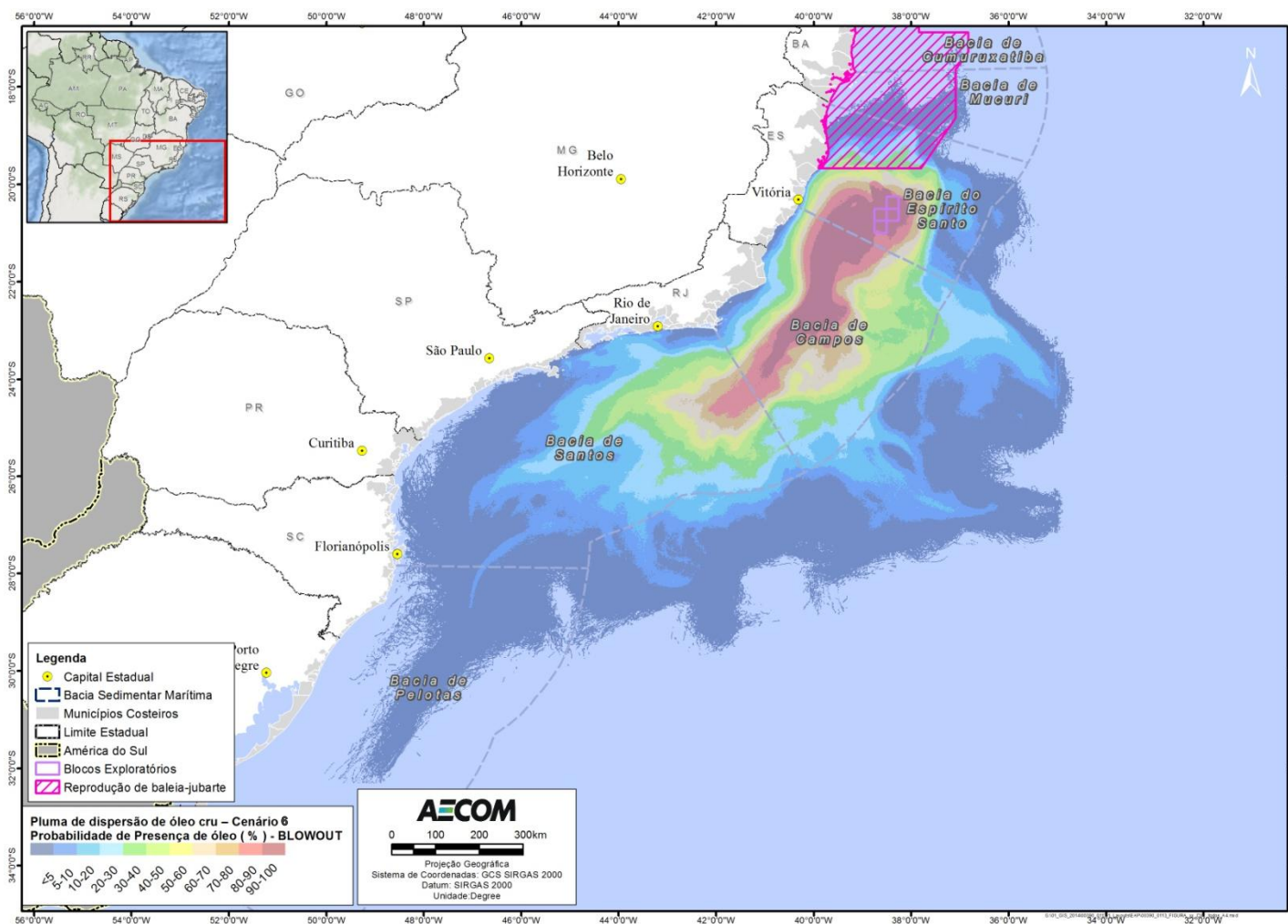
Atualmente, os principais impactos sobre as populações de baleia-jubarte estão relacionados às rotas de navegação de barcas e corredores de navegação próximos ao Banco de Abrolhos e outras áreas de concentração para a espécie, localizadas próximas à costa baiana, às atividades de exploração de hidrocarbonetos e ao crescimento na atividade de observação de baleias, principalmente na região de Abrolhos (MORETE *et al.*, 2003; MARTINS, 2004).

A região do Banco dos Abrolhos apresenta densidade relativa máxima de baleia-jubarte durante o período de reprodução, já que essa área representa o principal sítio reprodutivo da espécie em todo o Oceano Atlântico Sul Ocidental (SICILIANO *et al.*, 2006). Sendo assim, devido à importância dessa área na manutenção da população de baleia-jubarte e considerando a probabilidade da mesma ser atingida por óleo em caso de vazamento, a área de reprodução de baleia-jubarte é considerada um SVA.

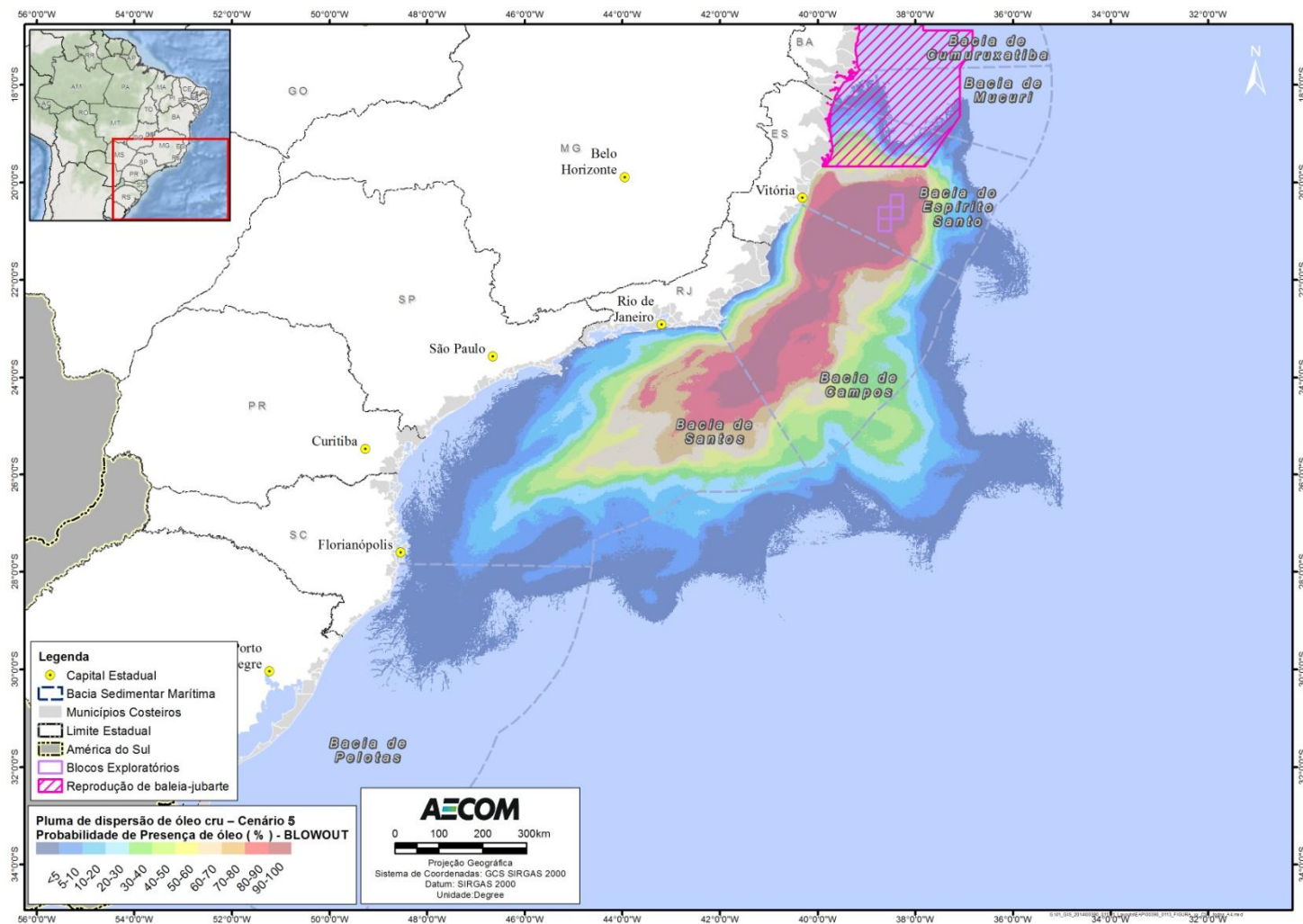
Para delimitação dessa área foram utilizadas as informações presentes na proposta de ampliação da área protegida presente na região do Banco dos Abrolhos, a qual tem, entre outros objetivos, o de proteger essa espécie migratória (MMA, 2012). Este SVA foi considerado um subcomponente fixo, para o qual foi utilizado a maior probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental. As **Figuras II.9.4.2.30 e II.9.4.2.31** apresentam a área de reprodução da baleia-jubarte juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no pior vazamento previsto, para ambos os cenários sazonais.



O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para o CVA Cetáceos, que é de 10 anos.



**FIGURA II.9.4.2.30 – Área de reprodução de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.31 – Área de reprodução de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

- **SVA Baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*)**

A baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) é a única espécie da família Balaenidae presente no Hemisfério Sul (SICILIANO *et al.*, 2006). Habitam águas oceânicas e costeiras, ocorrendo geralmente entre 20° S e 63° S. Essa espécie apresenta um padrão de migração sazonal característico entre as áreas de reprodução, durante o inverno, e as áreas de alimentação, durante o verão (PROJETO BALEIA FRANCA, 2015).

Os principais sítios reprodutivos localizam-se em áreas costeiras ao sul da Austrália, Mar da Tasmânia e Nova Zelândia, Argentina, Uruguai, Brasil e África do Sul (SICILIANO *et al.*, 2006).

No Brasil, as maiores concentrações da espécie são observadas em águas costeiras do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MMA/ICMBio, 2011b). As principais avistagens são registradas ao longo da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APA da Baleia Franca), localizada no litoral sul de Santa Catarina, entre os municípios de Florianópolis e Içara (MMA/ICMBio, 2011b).

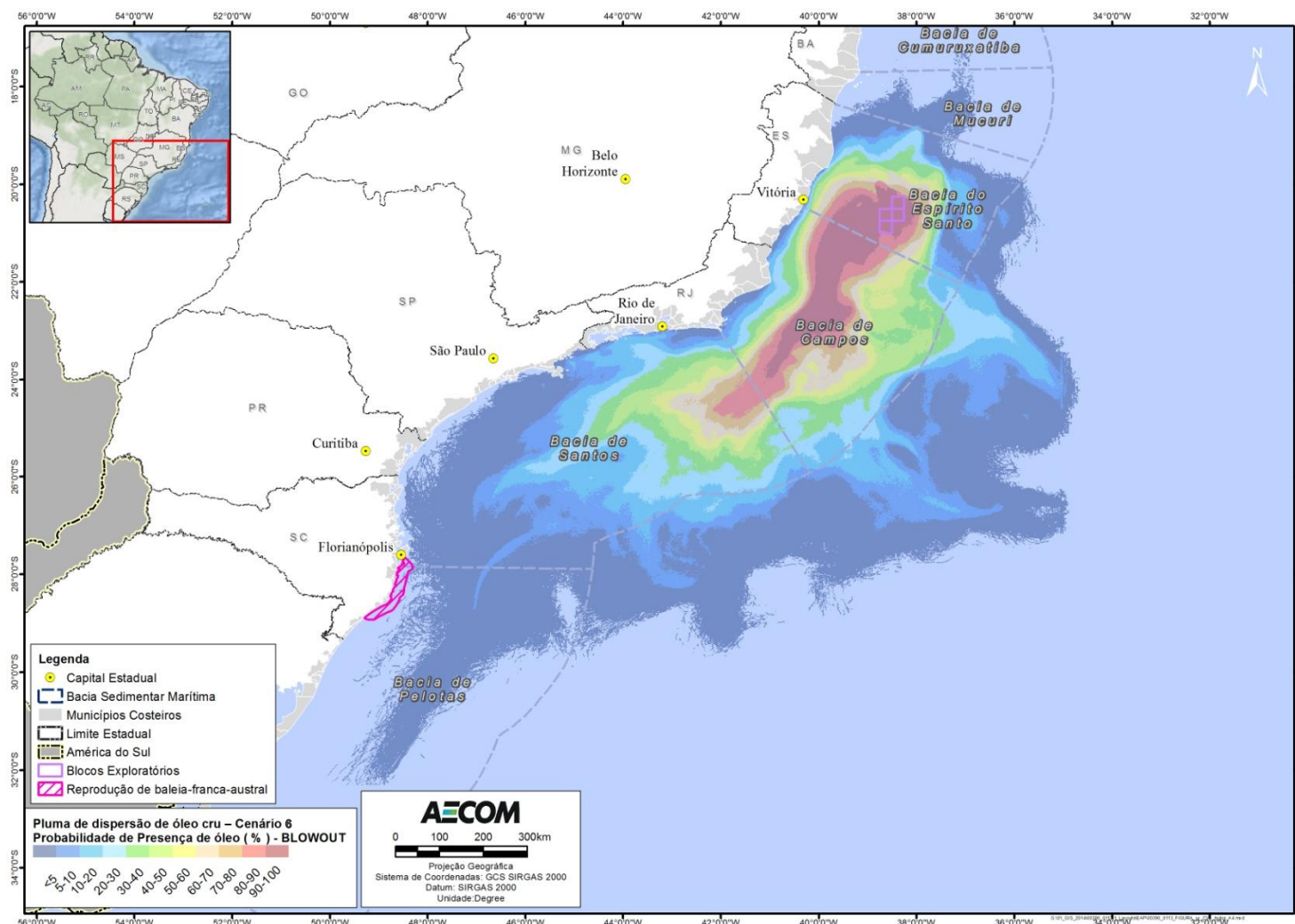
A APA da Baleia Franca possui 156.100 hectares, representando a maior área de concentração reprodutiva da espécie no Brasil (IWC/BRASIL, 1999 apud QUITO *et al.*, 2008; PROJETO BALEIA FRANCA, 2015). As baleias migram das áreas de alimentação para essa região principalmente nos meses de inverno e primavera (SICILIANO *et al.*, 2006). A Enseada da Ribanceira/Ibiraquera, localizada dentro dessa APA, vem representando, nos últimos anos, a área de maior concentração de baleias-franca no Brasil, sendo frequentada principalmente por pares de fêmea/filhote (QUITO *et al.*, 2008).

Como já abordado anteriormente, baleia-franca-austral é considerada na categoria “Em Perigo” segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2014). Essa espécie foi intensamente caçada no Hemisfério Sul entre os séculos XVII e XX, especialmente por apresentar um hábito costeiro nas áreas de reprodução, ser relativamente lenta e apresentar uma espessa camada de gordura (IWC, 1996; 2001 apud MMA/ICMBio, 2011b). Atualmente, as principais ameaças enfrentadas pela espécie são colisões com embarcações e emalhamento em artefatos de pesca (IWC, 2001 apud MMA/ICMBio, 2011b).

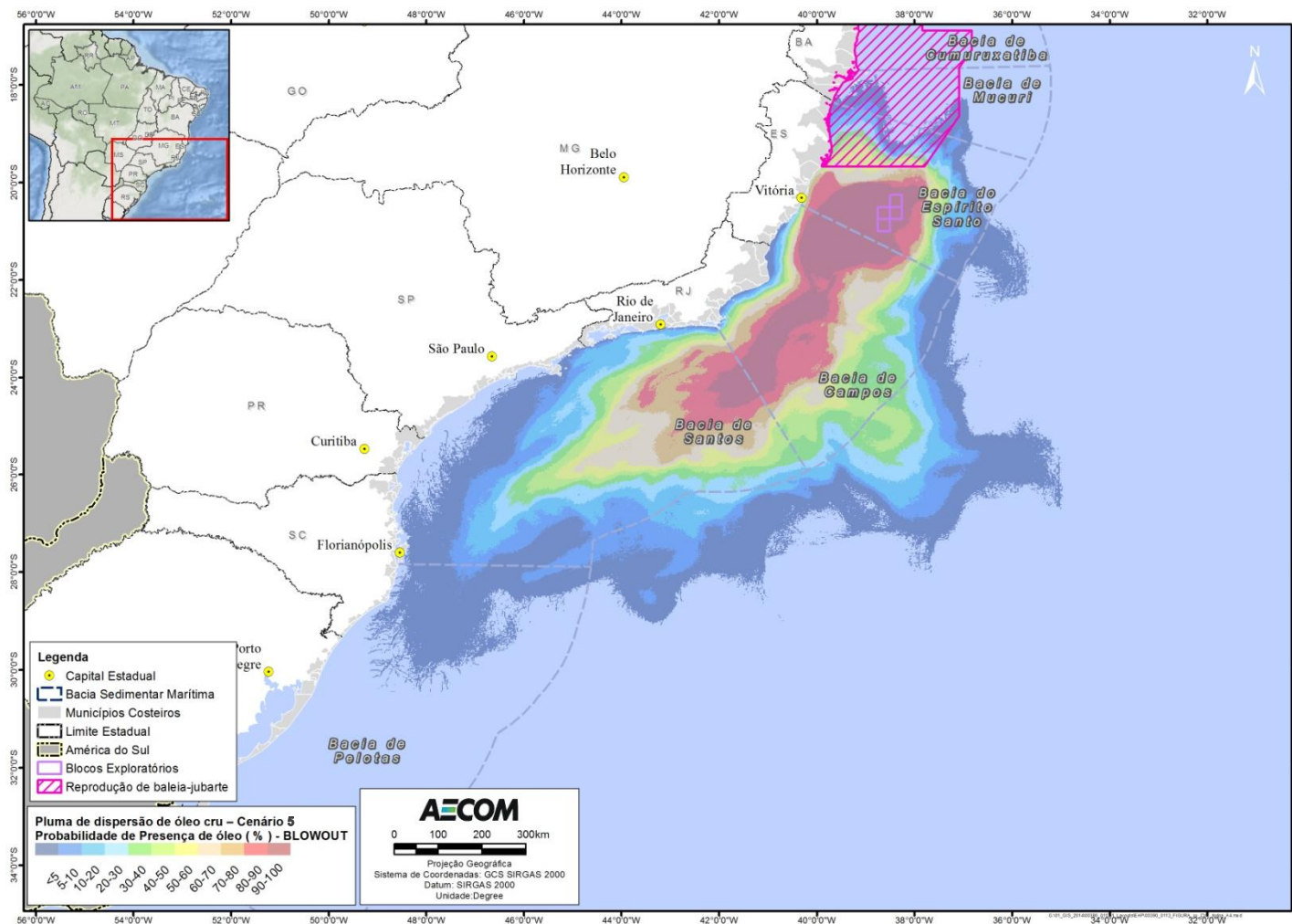
As **Figuras II.9.4.2.32 e II.9.4.2.33** apresentam as áreas de concentração reprodutiva da baleia-franca-austral, juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no pior vazamento previsto, em ambos os cenários sazonais. Para o SVA baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) foi considerada, portanto, a área marinha da APA da Baleia Franca e seu entorno, que é uma área restrita. Por isso, este SVA foi considerado um subcomponente fixo, para o qual foi utilizado a maior probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental. Ressalta-se que a probabilidade de interferência do óleo neste CVA é extremamente baixa nos dois cenários de pior caso (<5%).

O tempo de recuperação adotado no cálculo da tolerabilidade deste SVA é o mesmo adotado para o CVA Cetáceos, que é de 10 anos.





**FIGURA II.9.4.2.32 – Área de concentração reprodutiva de baleia-franca-austral (*Eubalena australis*) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.33 – Área de concentração reprodutiva de baleia-franca-austral (*Eubalena australis*) nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**



- **CVA Avifauna marinha costeira e CVA Avifauna marinha oceânica**

### A. Introdução

Buscando atender aos requerimentos da CGPEG manifestados em pareceres técnicos relativos a Análises de Riscos Ambientais desenvolvidas para outras atividades semelhantes, buscou-se mapear separadamente as aves marinhas costeiras e aves marinhas oceânicas, e considerá-los na análise desta 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).

São encontradas na região 96 espécies de aves que possuem estreita dependência dos ambientes marinhos oceânico e costeiro, distribuídas em 21 famílias. Dentre as aves marinhas oceânicas, que apresentam principal ocorrência na área, podem ser citados os albatrozes, as pardelas e os petréis. Com relação às aves marinhas costeiras destacam-se atobás, fragatas, bатуíras, maçaricos, garças, narcejas, gaivotas e trinta-réis (ALVES *et al.*, 2004; NACINOVIC, 2005; SICK, 1997 e SIGRIST, 2009).

**TABELA II.9.4.2.12 – Aves com registros na área de estudo ou áreas próximas (ocorrência potencial) e status de conservação.**

Nome comum	Nome específico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
<b>Família Diomedidae - Albatrozes</b>			
Albatroz-gigante	<i>Diomedea exulans</i>	CR	VU
Albatroz-de-tristão	<i>Diomedea dabbenena</i>	CR	CR
Albatroz-real	<i>Diomedea epomophora</i>	VU	VU
Albatroz-real-do-norte	<i>Diomedea sanfordi</i>	EN	EN
Albatroz-de-sobrancelha	<i>Thalassarche melanophris</i>	NT	NT
Albatroz-de-nariz-amarelo	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	EN	EN
Albatroz-de-cabeça-cinza	<i>Thalassarche chrysostoma</i>	NA	EN
<b>Família Procellariidae – Pardelas e petréis</b>			
Petrel-gigante	<i>Macronectes giganteus</i>	NA	LC
Petrel-gigante-do-norte	<i>Macronectes halli</i>	NA	LC
Pardelão-prateado	<i>Fulmarus glacialis</i>	NA	LC
Pomba-do-cabo	<i>Daption capense</i>	NA	LC
Grazina-de-barriga-branca	<i>Pterodroma incerta</i>	EN	EN
Grazina-de-Trindade	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	CR	VU
Grazina-mole	<i>Pterodroma mollis</i>	NA	LC
Petrel-azul	<i>Halobaena caerulea</i>	NA	LC
Faigão-de-bico-largo	<i>Pachyptila vittata</i>	NA	LC
Faigão-de-bico-fino	<i>Pachyptila belcheri</i>	NA	LC
Faigão-rola	<i>Pachyptila desolata</i>	NA	LC
Pardela-preta	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	VU	VU
Pardela-de-óculos	<i>Procellaria conspicillata</i>	VU	VU

Nome comum	Nome específico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
Bobo-grande	<i>Calonectris diomedea</i>	NA	LC
Bobo-de-cabo-verde	<i>Calonectris edwardsii</i>	NT	NT
Bobo-grande-de-sobre-branco	<i>Puffinus gravis</i>	NA	LC
Bobo-escuro	<i>Puffinus griseus</i>	NA	NT
Bobo-pequeno	<i>Puffinus puffinus</i>	NA	LC
<b>Família Hydrobatidae – Painhos</b>			
Alma-de-mestre	<i>Oceanites oceanicus</i>	NA	LC
Pardela-de-Audubon	<i>Puffinus lherminieri</i>	CR	LC
Painho-de-cauda-furcada	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	NA	LC
Painho-da-ilha-da-madeira	<i>Oceanodroma castro</i>	NA	LC
Painho-de-barriga-preta	<i>Fregatta tropica</i>	NA	LC
Painho-de-barriga-branca	<i>Fregatta grallaria</i>	NA	LC
<b>Família Spheniscidae – Pinguins</b>			
Pinguim-de-magalhães	<i>Spheniscus magellanicus</i>	NT	NT
<b>Família: Pandionidae</b>			
Águia-pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	NA	LC
<b>Família Stercorariidae – Mandriões</b>			
Mandrião-parasítico	<i>Stercorarius parasiticus</i>	NA	LC
Mandrião-de-cauda-comprida	<i>Stercorarius longicaudus</i>	NA	LC
Mandrião-pomarinino	<i>Stercorarius pomarinus</i>	NA	LC
Mandrião-grande	<i>Stercorarius skua</i>	NA	LC
Mandrião-do-sul	<i>Stercorarius maccormicki</i>	NA	LC
<b>Família Laridae - Gaivotas</b>			
Gaivotão	<i>Larus dominicanus</i>	NA	LC
Gaivota-maria-velha	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	NA	NA
Gaivota-de-cabeça-cinza	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	NA	NA
<b>Família Sternidae – Trinta-réis</b>			
Trinta-réis-de-bico-vermelho	<i>Sterna hirundinacea</i>	VU	LC
Trinta-réis-boreal	<i>Sterna hirundo</i>	NA	LC
Trinta-réis-do-ártico	<i>Sterna paradisaea</i>	NA	LC
Trinta-réis-de-coroa-branca	<i>Sterna trudeaui</i>	NA	LC
Trinta-réis-anão	<i>Sternula supercilialis</i>	NA	LC
Trinta-réis-grande	<i>Phaetusa simplex</i>	NA	LC
Trinta-réis-escuro	<i>Anous stolidus</i>	NA	LC
Trinta-réis-de-bando	<i>Sterna aculeatus eurygnatha</i>	NA	NA
Trinta-réis-de-bico-amarelo	<i>Sterna sandvicensis eurygnatha</i>	NA	NAV
Trinta-réis-real	<i>Thalasseus maximus</i>	EN	LC
<b>Família Charadriidae – Batuíras</b>			
Quero-quero	<i>Vanellus chilensis</i>	NA	LC
Batuíra-de-coleira	<i>Charadrius collaris</i>	NA	LC
Batuíra-de-bando	<i>Charadrius semipalmatus</i>	NA	LC
Batuíra-bicuda	<i>Charadrius wilsonia</i>	VU	LC
Batuíra-de-coleira-dupla	<i>Charadrius falklandicus</i>	NA	LC
Batuíra-de-axila-preta	<i>Pluvialis squatarola</i>	NA	LC
Batuíra-de-axila-branca	<i>Pluvialis dominica</i>	DD	LC
<b>Família Scolopacidae – Maçaricos</b>			
Maçarico-de-sobre-branco	<i>Calidris fuscicollis</i>	NA	LC
Maçarico-rasteirinho	<i>Calidris pusilla</i>	EN	NT
Maçarico-de-papo-vermelho	<i>Calidris canutus</i>	CR	LC
Maçarico-quinho	<i>Calidris minutilla</i>	DD	LC
Maçarico-pernilongo	<i>Calidris himantopus</i>	NA	LC

Nome comum	Nome específico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
Maçarico-acanelado	<i>Calidris subruficollis</i>	VU	NT
Maçarico-galego	<i>Numenius phaeopus</i>	NA	LC
Vira-pedras	<i>Arenaria interpres</i>	NT	LC
Maçarico-solitário	<i>Tringa solitaria</i>	NA	LC
Maçarico-de-bico-virado	<i>Limosa haemastica</i>	NA	LC
Maçarico-de-perna-amarela	<i>Tringa flavipes</i>	NA	LC
Maçarico-grande-de-perna-amarela	<i>Tringa melanoleuca</i>	NA	LC
Maçarico-pintado	<i>Actitis macularius</i>	NA	LC
Maçarico-branco	<i>Calidris alba</i>	NA	LC
Pisa-n'água	<i>Phalaropus tricolor</i>	DD	LC
<b>Família Haematopodidae – Piru-piru</b>			
Piru-piru	<i>Haematopus palliatus</i>	NT	LC
Pernilongo-de-costas-brancas	<i>Haematopus melanurus</i>	NA	NA
<b>Família Sulidae – Atobás</b>			
Atobá-marrom	<i>Sula leucogaster</i>	NA	LC
Atobá-mascarado	<i>Sula dactylatra</i>	NA	LC
Atobá-australiano	<i>Morus serrator</i>	NA	LC
<b>Família Phalacrocoracidae - Biguás</b>			
Biguá	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	NA	LC
<b>Família Fregatidae – Tesourão ou fragatas</b>			
Tesourão	<i>Fregata magnificens</i>	NA	LC
<b>Família Ardeidae – Garças, Socós e Savacus</b>			
Garça-branca-grande	<i>Ardea alba</i>	NA	LC
Garça-branca-pequena	<i>Egretta thula</i>	NA	LC
Garça-azul	<i>Egretta caerulea</i>	NA	LC
Garça-vaqueira	<i>Bubulcus ibis</i>	NA	LC
Garça-moura	<i>Ardea cocoi</i>	NA	LC
Socozinho	<i>Butorides striata</i>	NA	LC
Savacu	<i>Nycticorax nycticorax</i>	NA	LC
Savacu-de-coroa	<i>Nyctanassa violacea</i>	NA	LC
Socó-boi	<i>Tigrisoma lineatum</i>	NA	LC
<b>Família Threskiornithidae – Curicacas e outros</b>			
Curicaca	<i>Theristicus caudatus</i>	NA	LC
Colhereiro	<i>Platalea ajaja</i>	NA	LC
Guará	<i>Eudocimus ruber</i>	NA	LC
<b>Família Alcedinidae - Martim</b>			
Martim-pescador-grande	<i>Megasceryle torquata</i>	NA	LC
<b>Família Rynchopidae</b>			
Talha-mar	<i>Rynchops niger</i>	NA	LC
<b>Família Rallidae</b>			
Saracura-do-mangue	<i>Aramides mangle</i>	NA	LC
<b>Família Thamnophilidae</b>			
Formigueiro-do-litoral	<i>Formicivora littoralis</i>	EN	EN
Formigueiro-de-cabeça-negra	<i>Formicivora erythronotos</i>	CR	EN
<b>Família Psittacidae</b>			
Papagaio-de-cara-roxa	<i>Amazona brasiliensis</i>	NT	VU

Fonte: ALVES et al.(2004); CITES (2014), NACINOVIC (2005), SICK (1997); SIGRIST (2009) MMA (2014); IUCN (2015).

Legenda:

NT (Quase ameaçado) – “Near Threatened” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima, mas está perto de ser classificada.

LC (Pouco preocupante) - “Least Concern” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima.  
 VU (Vulnerável) - “Vulnerable” - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo.  
 EN (Em perigo) - “Endangered” - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo.  
 CR - Criticamente em perigo - Risco extremamente alto de extinção na natureza.  
 NA - Não ameaçada - Quando a espécie não se encontra ameaçada de extinção pelo MMA.  
 NAV - Não Avaliado.

É importante ressaltar que algumas das espécies citadas para a área de estudo são consideradas ameaçadas de extinção a nível nacional (MMA, 2014) e/ou global (IUCN, 2015). Podemos citar as espécies presentes na **Tabela II.9.4.2.13**.

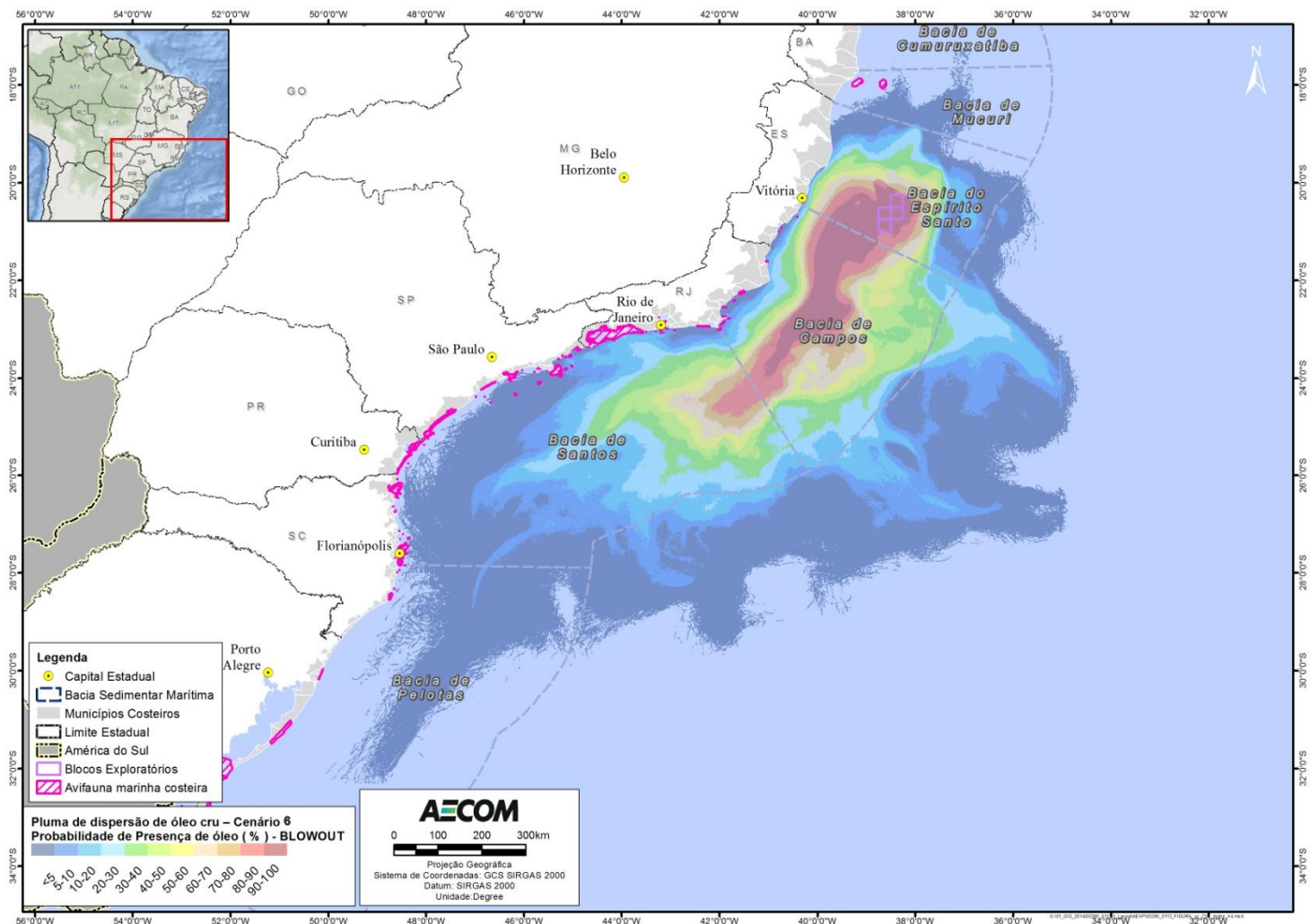
**TABELA II.9.4.2.13 – Espécies de aves que podem ser encontradas na área de estudo e que estão ameaçadas de extinção.**

Nome comum	Nome científico	Status de Conservação	
		MMA (2014)	IUCN (2015)
Albatroz-gigante	<i>Diomedea exulans</i>	CR	VU
Albatroz-de-tristão	<i>Diomedea dabbenena</i>	CR	CR
Albatroz-real	<i>Diomedea epomophora</i>	VU	VU
Albatroz-real-do-norte	<i>Diomedea sanfordi</i>	EN	EN
Albatroz-de-nariz-amarelo	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	EN	EN
Albatroz-de-cabeça-cinza	<i>Thalassarche chrysostoma</i>	NA	EN
Grazina-de-barriga-branca	<i>Pterodroma incerta</i>	EN	EN
Grazina-de-Trindade	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	CR	VU
Pardela-preta	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	VU	VU
Pardela-de-óculos	<i>Procellaria conspicillata</i>	VU	VU
Pardela-de-Audubon	<i>Puffinus lherminieri</i>	CR	LC
Trinta-réis-de-bico-vermelho	<i>Sterna hirundinacea</i>	VU	LC
Trinta-réis-real	<i>Thalasseus maximus</i>	EN	LC
Batuíra-bicuda	<i>Charadrius wilsonia</i>	VU	LC
Maçarico-rasteirinho	<i>Calidris pusilla</i>	EN	NT
Maçarico-de-papo-vermelho	<i>Calidris canutus</i>	CR	LC
Maçarico-acanelado	<i>Calidris subruficollis</i>	VU	NT
Formigueiro-do-litoral	<i>Formicivora littoralis</i>	EN	EN
Formigueiro-de-cabeça-negra	<i>Formicivora erythronotos</i>	CR	EN
Papagaio-de-cara-roxa	<i>Amazona brasiliensis</i>	NT	VU

## B. Mapeamento

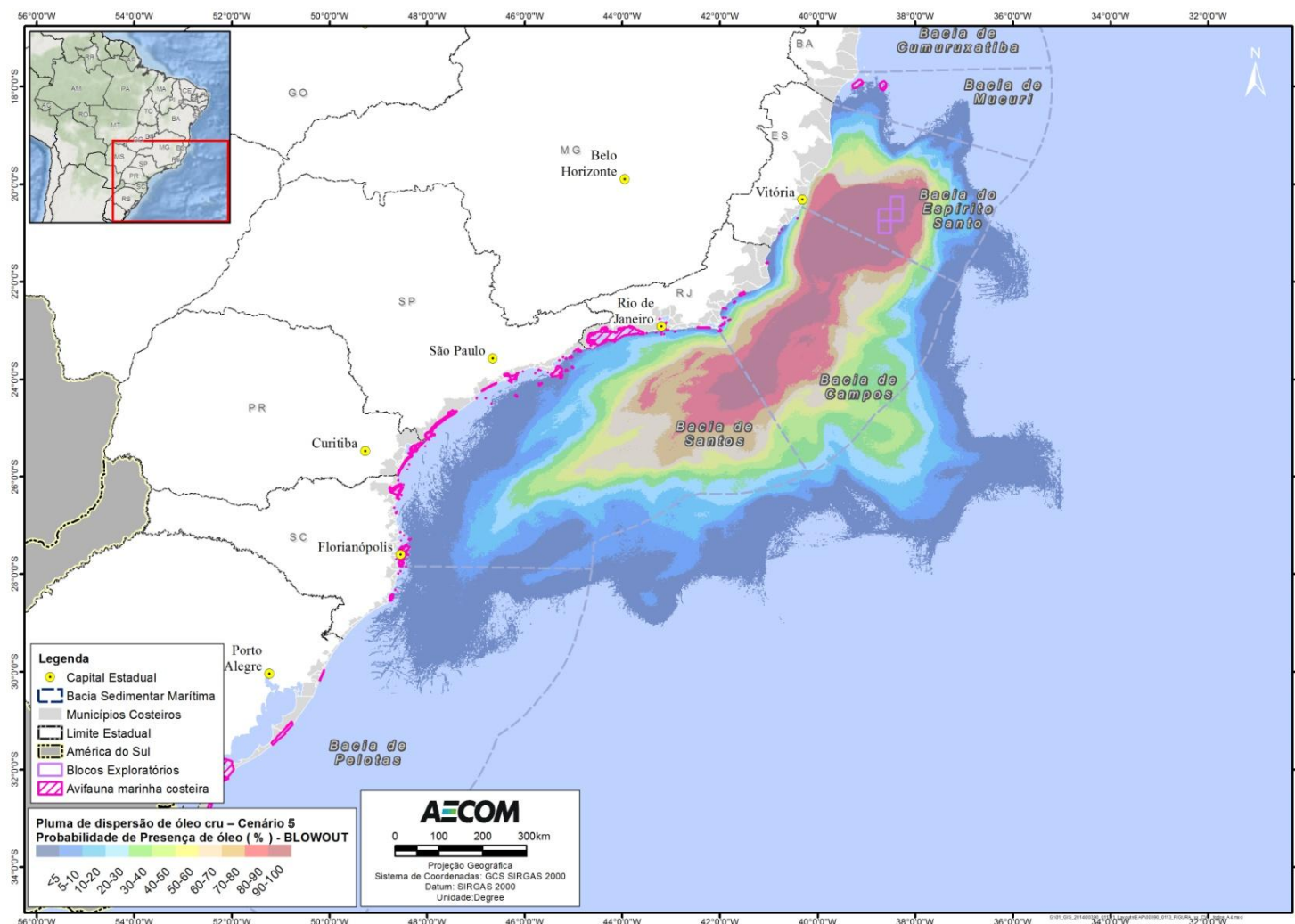
As **Figuras II.9.4.2.34 e II.9.4.2.35** apresentam as áreas de concentração de avifauna marinha costeira nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no vazamento de pior caso, em ambos os cenários sazonais. Essas áreas representam as áreas de agregação e, por esse motivo, será considerado um CVA fixo.

Já as **Figuras II.9.4.2.36 e II.9.4.2.37** apresentam a área de ocorrência de avifauna marinhas oceânica nos mesmo cenários. Essa área representa uma distribuição muito abrangente, sendo, portanto, um CVA difuso.

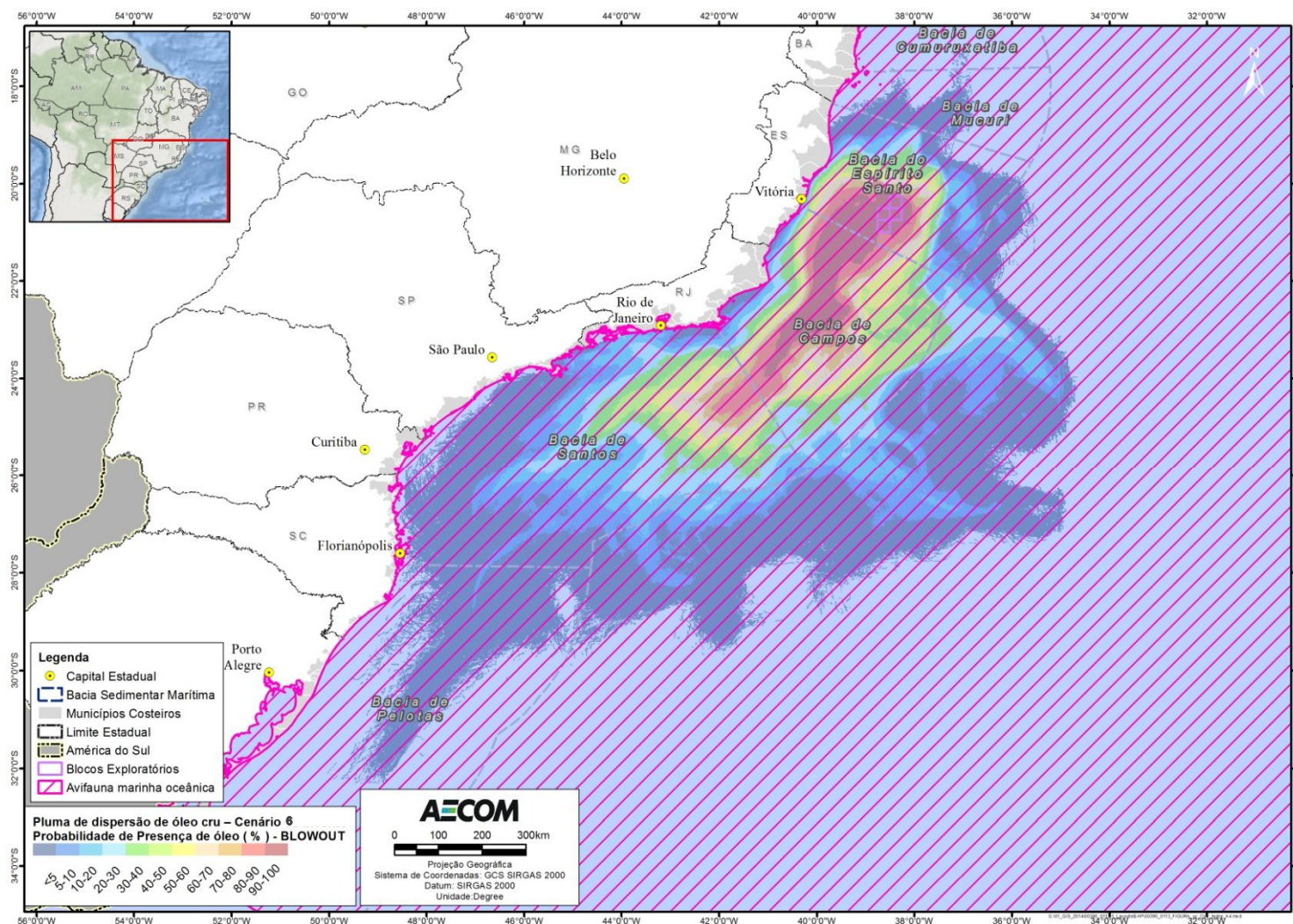


**FIGURA II.9.4.2.34 – Áreas de concentração de avifauna marinha costeira na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**



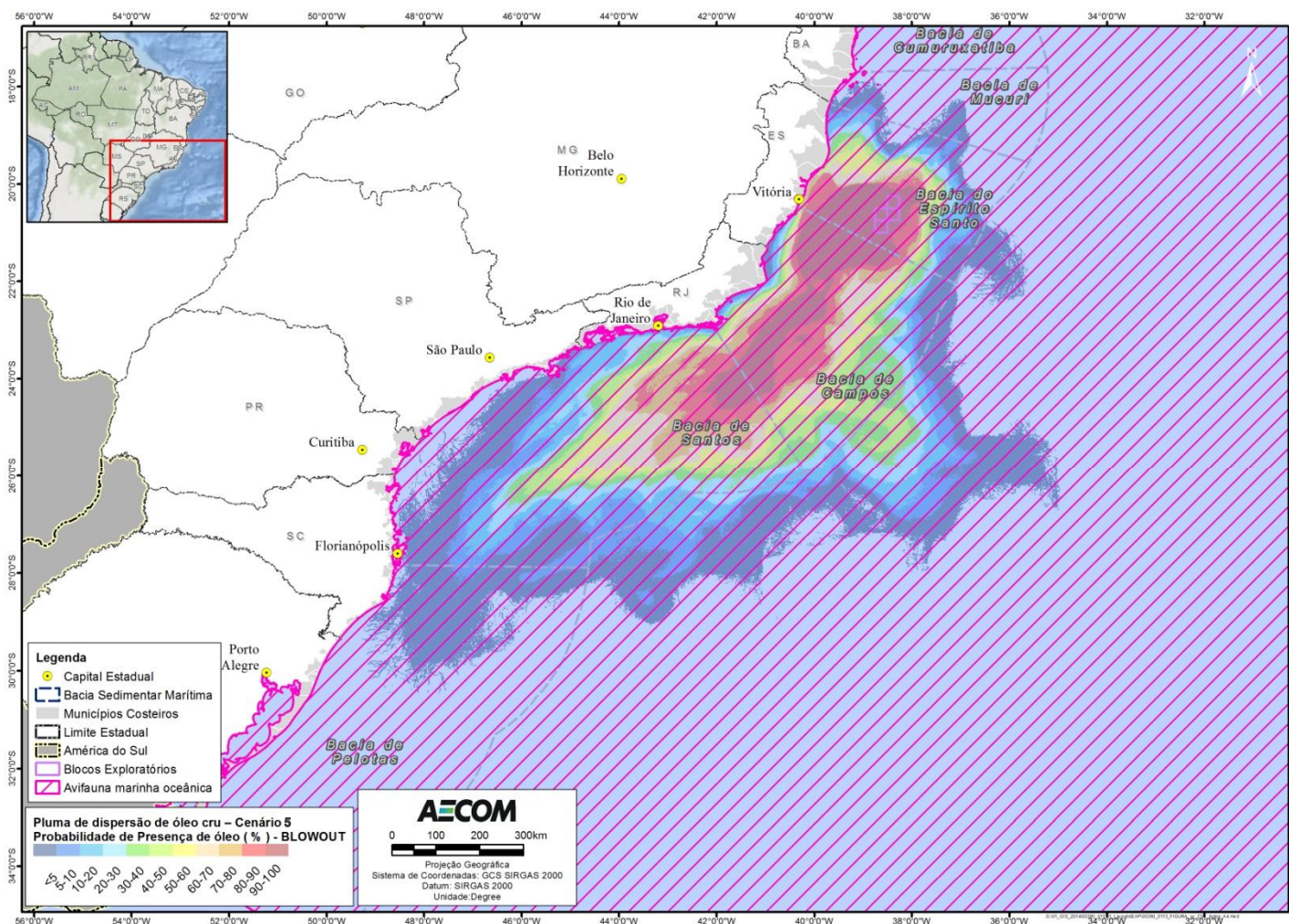


**FIGURA II.9.4.2.35 - Áreas de concentração de avifauna marinha costeira na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**



**FIGURA II.9.4.2.36 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 6 (Julho a Dezembro), pior caso.**





**FIGURA II.9.4.2.37 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo, no CENÁRIO 5 (Janeiro a Junho), pior caso.**

### C. Tempos de Recuperação

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.

Na maior parte dos acidentes em que há documentação de morte de aves marinhas, o número de aves impactadas tem sido apenas estimado, enquanto que os impactos a nível populacional têm sido dificilmente determinados devido a dificuldade de análise. Os únicos dados confiáveis são a contagem de carcaças que aparecem no litoral. Porém, mesmo esse valor é subjetivo e o método possui grandes limitações, uma vez que desconsidera variáveis como intensidade de busca, acessibilidade da linha de costa e condições do mar na hora do vazamento (KINGSTON, 2002).

Como a maior parte das espécies possui alta mobilidade e pode viajar grandes distâncias, tanto para suas áreas de reprodução quanto para encontrar comida, na ausência de dados precisos e sem conhecimento da estrutura etária e da possível origem das aves envolvidas, é muito difícil prever ou interpretar tendências populacionais após um acidente com vazamento de óleo (HEUBECK *et al.*, 2003).

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).

#### o Contaminação externa dos indivíduos

O óleo presente na porção externa do corpo das aves é provavelmente o responsável pela maior parte da mortalidade e estresse em aves marinhas após um vazamento de óleo, sendo que os efeitos podem ocorrer mesmo com quantidades muito pequenas na plumagem (e.g. 12.5 ml de óleo pesado) (BURGER, 2003; MOSBECH, 2002). É importante observar que como o comportamento das aves marinhas é variável, quanto mais tempo a ave gastar no mar, seja mergulhando para encontrar comida, nadando ou pousada na superfície, mais susceptível ela está à contaminação por óleo no caso de um vazamento. As aves sujas de óleo podem sofrer hipotermia, desidratação, afogamento e fome, e se tornam presas fáceis (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

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 por causa do 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; ITOPI, 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 conseqüente 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, realizado após um vazamento de óleo na costa atlântica de Nova Jersey, mostrou que o tempo gasto por essas espécies na alimentação diminuiu 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 fluidez das penas encharcadas (BURGUER, 1997 *apud* MOSBECH, 2002).

#### o **Contaminação interna dos indivíduos**

Muitos estudos apresentam efeitos tóxicos do óleo em aves, com resultados variáveis dependendo da composição química do óleo, da espécie e da idade do indivíduo (BURGER, 2003). 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; ITOPI, 2010b).

A ingestão de óleo causa envenenamento e intoxicação, além de irritação gastro-intestinal, rompimento da 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).

O acompanhamento de indivíduos de pato-real (*Anas platyrhynchos*) alimentados com óleo intemperizado proveniente do acidente Exxon Valdez mostrou que não houve interferência significativa sobre a sobrevivência, o crescimento e a reprodução dos mesmos. Os resultados indicaram, porém, que em concentrações extremamente altas (20g de óleo/kg de alimento) existiram reduções significativas na espessura média e na resistência da casca dos ovos. Baseando-se nesses resultados e na literatura toxicológica disponível, foi possível concluir que os efeitos tóxicos subletais do óleo intemperizado na vida selvagem em vazamentos como o Exxon Valdez parecem ser bastante improváveis (MOSBECH, 2002). Destaca-se, contudo, que essa espécie não ocorre na área de estudo.

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 em longo prazo são muito difíceis de detectar e monitorar porque 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, diminuindo o sucesso reprodutivo e o recrutamento. Esses efeitos devem, contudo 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, a alteração nos níveis hormonais, a redução na sobrevivência e crescimento de embriões e filhotes cujos pais tenham sido externamente contaminados por óleo, a supressão da imunidade e da resistência a 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).

#### ○ **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 a 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).

Uma importante questão que deve ser feita com relação aos impactos de exposição ao óleo sobre as populações de aves é se existe a possibilidade destas se tornarem extintas após serem impactadas por um acidente com vazamento de óleo. 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 a 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, devido à 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).

#### o **Recuperação de populações**

Apesar de haver relatos, na literatura disponível, de tempos de recuperação para espécies após acidentes com vazamentos de óleo, a modelagem computacional é, atualmente, a ferramenta mais utilizada 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 em longo prazo são extremamente necessários para entender e prever 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, mesmo 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, pela baixa mortalidade aguda 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).

Monitorar a mortalidade e a recuperação através de estudos populacionais pode ser difícil, pois esses estudos inevitavelmente têm erros de medição, algumas vezes maiores do que as estimativas de mortalidade aguda. Além disso, o monitoramento não mede simultaneamente impacto e condições pré-acidente e a variabilidade ambiental pode dificultar a definição de uma condição pré-acidente estática (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 na zona entremarés e a ser residentes, 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 estudados no Alaska e em outros locais.

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 airoos (*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 airoos 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).

Conforme dito anteriormente, o uso da modelagem matemática tem sido importante na antecipação dos impactos populacionais causados por vazamentos de óleo através de modelos de simulação. Normalmente, as estimativas feitas indicam tempos de recuperação muito grandes. Vale ressaltar, porém, que esses modelos não levam em consideração o crescimento populacional devido à diminuição da competição em uma população impactada (ou seja, em que indivíduos foram mortos), superestimando, possivelmente, o tempo de recuperação (MOSBECH, 2002).

A seguir são apresentados estudos em que foram estimados tempos de recuperação para populações de aves após vazamento de óleo.

### **C1. Estudos de caso**

Assim como feito anteriormente para outros grupos biológicos, a maior parte dos estudos de caso encontrados na bibliografia científica aborda os efeitos do impacto do óleo e o tempo de recuperação de animais contaminados em ambientes costeiros. Sabe-se, portanto, que aves costeiras que costumam se alimentar em ambientes rasos apresentam um quadro de contaminação crônica já que a comunidade bentônica que constitui a base de sua dieta alimentar pode armazenar as substâncias tóxicas por muitos anos (PETERSON *et al.*, 2003). Ainda assim, considerando a ausência de estudos com espécies oceânicas, esses casos foram considerados e seus tempos de recuperação foram adotados, de forma conservadora, para a presente análise.

Conforme dito anteriormente, um dos impactos mais visíveis de acidentes com vazamentos de óleo é o sobre a avifauna. Muitos estudos reportam tais impactos, porém poucos falam de tempo de recuperação. A seguir serão citados alguns desses trabalhos, evidenciando aqueles que citam tempo de recuperação.

Após o acidente com o navio-tanque Exxon Valdez, em 1989, vários estudos sobre tempo de recuperação e impactos sobre aves foram realizados, uma vez que um dos mais conspícuos efeitos desse acidente foi a morte de um grande número de aves. Dentre esses, pode-se citar o realizado por GERTLER (1992), no qual ele indica que aproximadamente 36.000 aves mortas foram coletadas da área atingida. Segundo o autor, porém, esse valor representaria somente uma pequena porção da mortalidade total de aves, cujas estimativas indicariam, na realidade, entre 260.000 a 580.000, ou mais precisamente entre 350.000 e 390.000 indivíduos mortos durante e imediatamente após o vazamento. Monitoramentos de colônias de aves marinhas foram iniciados em 1989 e continuaram até 1991 buscando determinar se houve diminuição do número de indivíduos em comparação com os valores encontrados antes do vazamento ou com o número de animais em colônias que não foram atingidas. O airo (*Uria aalge*) foi a espécie mais severamente impactada, com 60 a 70% de mortalidade de aves adultas em fase reprodutiva nas colônias impactadas e completa falha na reprodução nos anos de 1989 e 1990. Essa mortalidade já era esperada uma vez que airos adultos se agruparam em antecipação ao período reprodutivo no mesmo momento em que as áreas foram atingidas pelo óleo. A diminuição da densidade de aves em fase reprodutiva, o atraso no início da reprodução e o rompimento da sincronia da reprodução nas colônias afetadas causaram essa completa falha reprodutiva. As colônias de airo não atingidas pelo óleo não apresentaram impacto e tiveram reprodução normal.

GERTLER (1992) também 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 a exposição ao óleo residual, a 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 continuam a ser registrados, em contraste com o paradigma convencional de que os efeitos do óleo em populações de aves têm vida curta. As características da história de vida dos arlequins fazem com que a espécie seja particularmente sensível, uma vez que eles se alimentam de organismos bentônicos nas zonas entremarés, passando a maior parte do ano próximos à costa, podendo ser impactados tanto a curto como a longo prazo.

É importante citar, também, o estudo realizado por BARCELLOS & SILVA (2003) com as aves impactadas após o vazamento de óleo que ocorreu na Baía de Guanabara em 2000, onde o biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) foi a espécie mais afetada devido ao seu comportamento de mergulho. Estudos anteriores sobre a abundância e a distribuição dessas populações na região, no entanto, não permitiu determinar o grau de impacto na população local.

#### **D. 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 avaliar o impacto e a recuperação deste grupo a um evento único, como o vazamento acidental de óleo. Entretanto, existem poucas evidências concretas de que as aves sofrem efeitos a longo prazo decorrentes de eventos deste tipo.

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).

É importante considerar que a maior parte dos estudos citados se refere a poucas espécies e casos extremos de um único acidente. Além disso, ressalta-se que as espécies que utilizam os ecossistemas para reprodução ou como habitat já estão apropriadamente resguardadas dentro desses, uma vez que esses componentes (manguezais, estuários e recifes) já possuem tempo de recuperação acima de 10 anos.

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. Além disso, os casos

estudados se limitam ao ambiente costeiro onde a contaminação tende a ser mais grave, já que nesses locais existe uma agregação muito maior de aves formadoras de colônias reprodutivas, somada à presença de espécies que se alimentam de espécies bioacumuladoras, como mexilhões e outros invertebrados marinhos, presentes na zona de infralitoral e entremarés, áreas normalmente muito contaminadas em eventos em que o óleo chega à costa.

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.

### • 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).

A **Tabela II.9.4.2.14** apresenta um resumo das informações apresentadas no item 4.2, mostrando em que classes de tempo de recuperação os CVAs e SVAs identificados foram dispostos e qual o valor foi utilizado para o cálculo da tolerabilidade.

**TABELA II.9.4.2.14 – Tempo de recuperação dos componentes ambientais ao óleo.**

Componentes & Subcomponentes	Classe de Tempo de Recuperação	Valor usado para o cálculo da Tolerabilidade	Classificação quando à distribuição
Manguezais	>10 anos	30 anos	Fixo
Estuários	>10 anos	20 anos	Fixo
Praias arenosas (expostas e abrigadas)	3-10 anos	10 anos*	Fixo
Costões rochosos	3-10 anos	10 anos*	Fixo
Marismas	>10 anos	30 anos	Fixo
Recifes de corais	>10 anos	30 anos	Fixo
Recursos pesqueiros costeiros	1-3 anos	3 anos*	Difuso
Recursos pesqueiros oceânicos	1-3 anos	3 anos*	Difuso
Tartarugas marinhas	3-10 anos	10 anos*	Difuso
Desova de tartarugas marinhas			Fixo
Cetáceos	3-10 anos	10 anos*	Difuso
Boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> )			Fixo
Toninha ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )			Fixo
Reprodução de baleia-jubarte ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )			Fixo
Reprodução de baleia-franca-austral ( <i>Eubalaena australis</i> )			Fixo
Avifauna marinha costeira	3-10 anos	10 anos*	Fixo
Avifauna marinha oceânica	3-10 anos	10 anos*	Difuso

\*Valor utilizado seguindo orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA recebida em pareceres técnicos para outras atividades, na qual se deve 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 encontradas nas bibliografias consultadas, associadas a enorme dificuldade de se estabelecer apropriadamente 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, em sua maioria, selecionados como o valor máximo da classe na qual o componente ou subcomponente se encontra, seguindo a orientação da CGPEG em pareceres técnicos para estudos de Análise de Riscos Ambientais desenvolvidos para outras atividades. São exceções aqueles CVAs que se inserem na categoria “<10 anos”, para as quais o valor de tempo de recuperação foi estabelecido usando-se as referências bibliográficas consultadas e considerando-se as características da região que pode vir a ser impactada.

Além disso, é importante considerar que, na maioria dos casos, a recuperação ambiental em ambientes marinhos é relativamente veloz e, excetuando-se manguezais e recifes de corais, que podem levar décadas, espera-se que seja concluída em 2 a 10 anos (KINGSTON, 2002). Além disso, se uma área é suprimida de sua fauna e flora, a fauna pode se recuperar através do recrutamento de populações próximas (KINGSTON, 2002). No caso do estudo em questão, essa situação é bem provável para a maioria das espécies, pois os animais presentes na região não estão restritos apenas à área atingida pelo óleo, com suas populações podendo ser estabelecidas através da migração de indivíduos de populações adjacentes e que estão em ambiente não impactado.

Por fim, entende-se a importância da existência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de concentração reprodutivas na área de estudo, inclusive com essa informação sendo considerada para se estabelecer os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental. Entretanto, 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 nesse estudo é uma estimativa entre o pior e o melhor caso.



### II.9.4.3. Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Considerando os resultados da modelagem de óleo e os componentes e subcomponentes ambientais (CVAs/SVAs) identificados, calculou-se a probabilidade de cada componente ambiental ser atingido por óleo.

Para cada CVA/SVA mapeado foram extraídos os resultados (probabilidade de presença de óleo) do cruzamento da área de concentração/ocorrência do CVA/SVA com as probabilidades de chegada de óleo, para os seis cenários avaliados, a fim de que a probabilidade individual de cada CVA/SVA, em cada um dos cenários, fosse inferida.

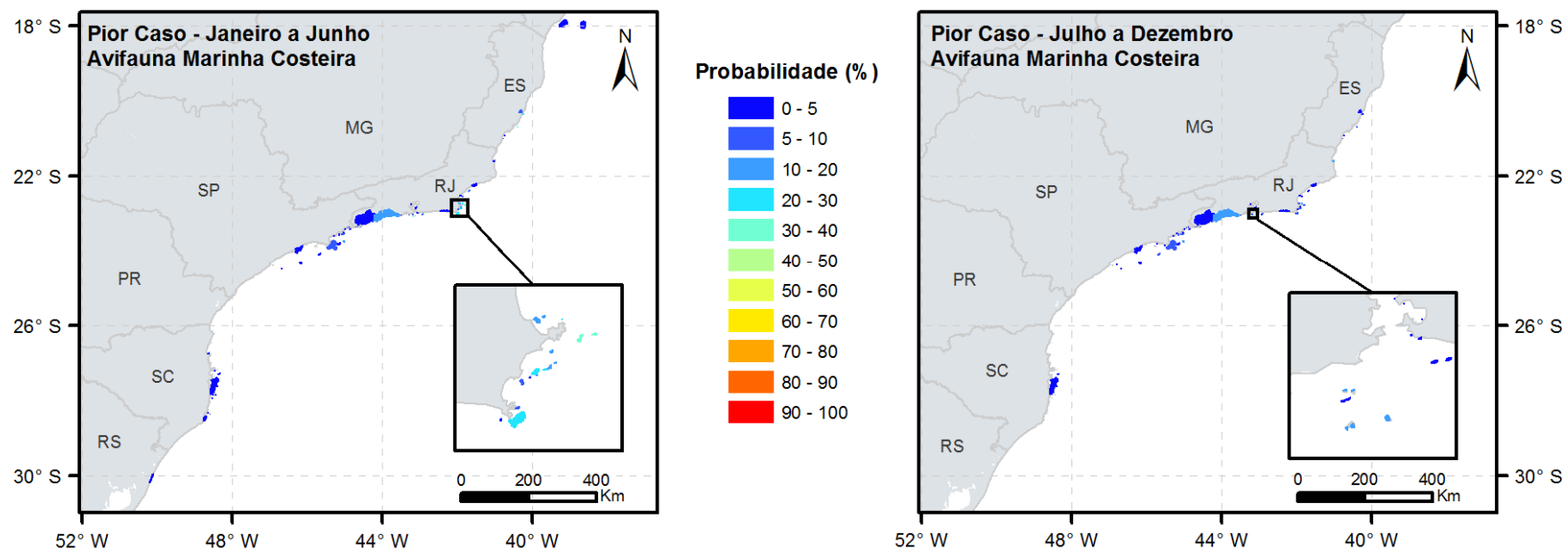
Conforme apresentado no item Metodologia, o cálculo da probabilidade de um dado CVA/SVA de distribuição difusa (Recursos Pesqueiros Costeiros e Oceânicos, Tartarugas Marinhas, Cetáceos e Avifauna Marinha Oceânica) ser atingido considera a média ponderada das probabilidades de toque em relação à área de ocorrência potencial atingida. No caso dos CVAs considerados sem mobilidade/costeiros (Avifauna Marinha Costeira, Cetáceos – Boto-cinza, Cetáceos – Toninha, Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte, Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca, Área de Desova de Tartarugas Marinhas, Praias Arenosas Expostas e Abrigadas, Costões Rochosos, Marismas, Manguezais, Estuários e Recifes de Corais), utilizou-se a maior probabilidade de toque encontrada, conforme orientação da CGPEG/DILIC/IBAMA.

Nos itens a seguir, serão apresentadas as probabilidades de presença de óleo para cada CVA, em determinada faixa de volume (8 m<sup>3</sup> – pequeno, 200 m<sup>3</sup> – médio, e pior caso, que é de 672.600 m<sup>3</sup>), e cenários sazonais (um de janeiro a junho e outro de julho a dezembro).

Os CVAs Cetáceos, Tartarugas Marinhas e Avifauna Marinha Oceânica possuem mesma área de ocorrência e, por isso, serão apresentados juntos.

- **CVA – Avifauna Marinha Costeira**

Os resultados referentes ao CVA – Avifauna Marinha Costeira, para os cenários em que houve probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.1** e na **Tabela II.9.4.3.1**.



**FIGURA II.9.4.3.1 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Avifauna Marinha Costeira nos cenários 5 e 6.**

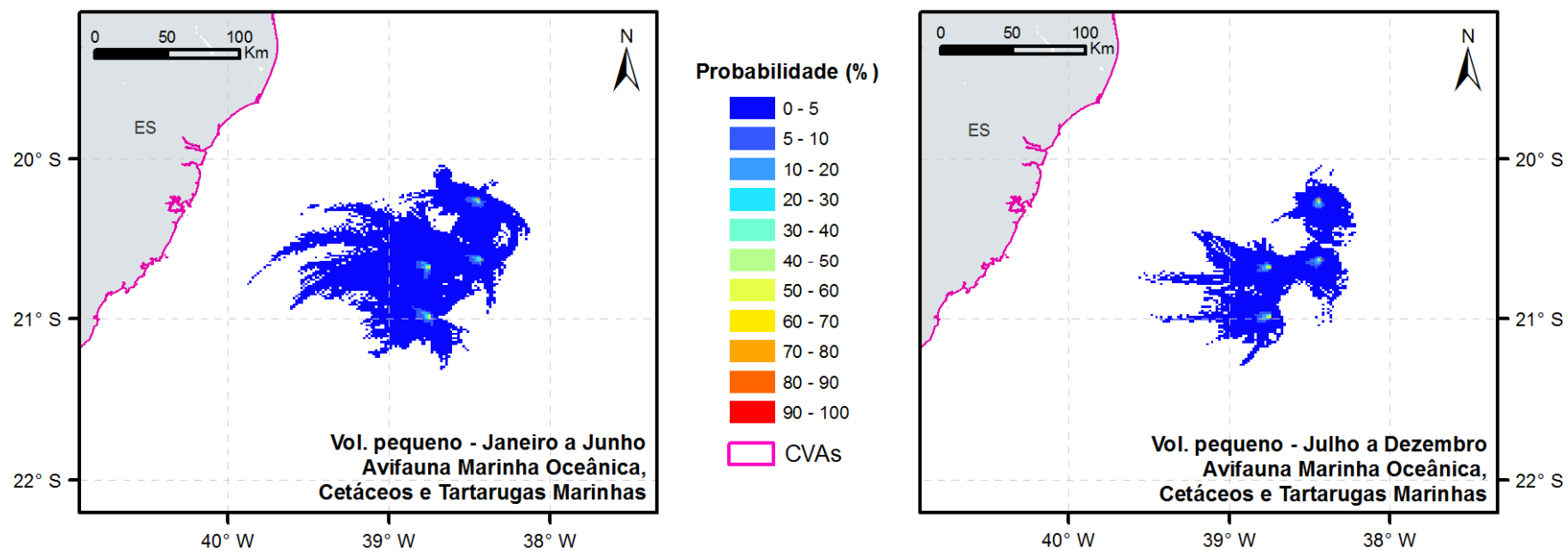
**TABELA II.9.4.3.1 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Avifauna Marinha Costeira.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	37,6	280,0
6	Julho a Dezembro	672.600	17,9	252,0

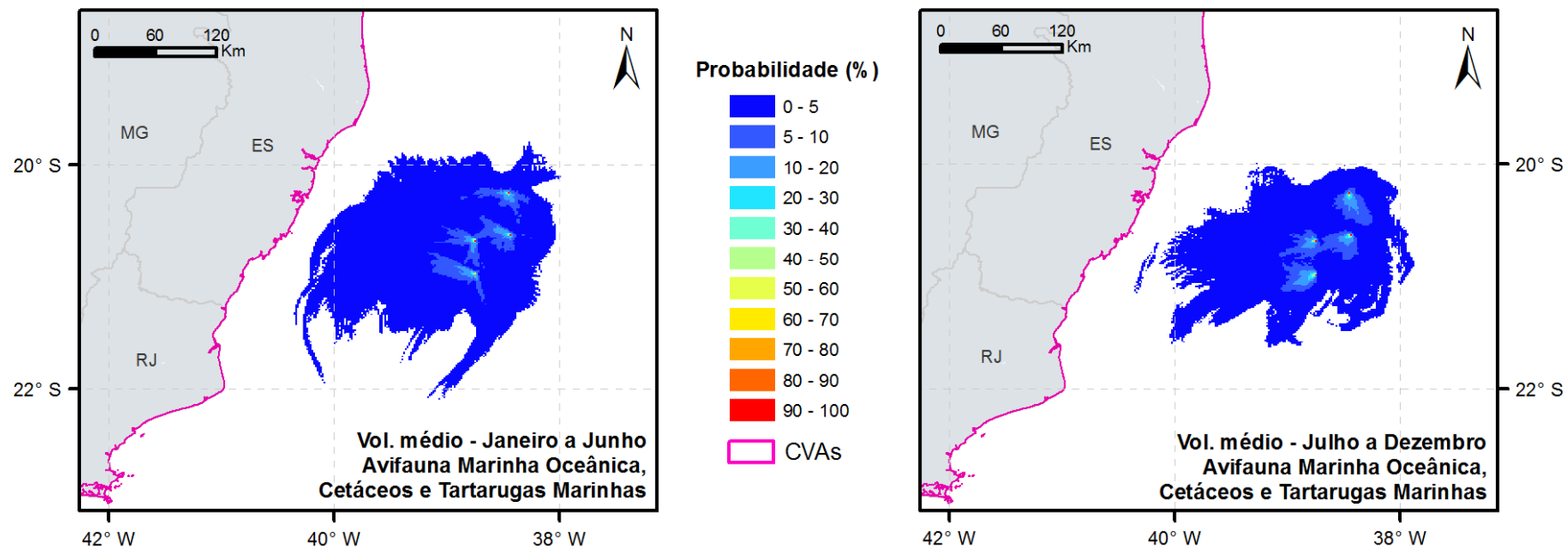
O CVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). A maior probabilidade é observada no período de janeiro a junho (37,6%) em ilhas da Armação de Búzios, no Rio de Janeiro (área destacada no zoom da **Figura II.9.4.3.1**). Já no cenário de julho a dezembro, a probabilidade máxima ocorre em ilhas da entrada da Baía de Guanabara e ao sul da Ilha Grande, no Rio de Janeiro, chegando a 17,9%. O tempo mínimo de chegada é de 252 horas (10,5 dias) no cenário de julho a dezembro.

- **CVAs – Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas**

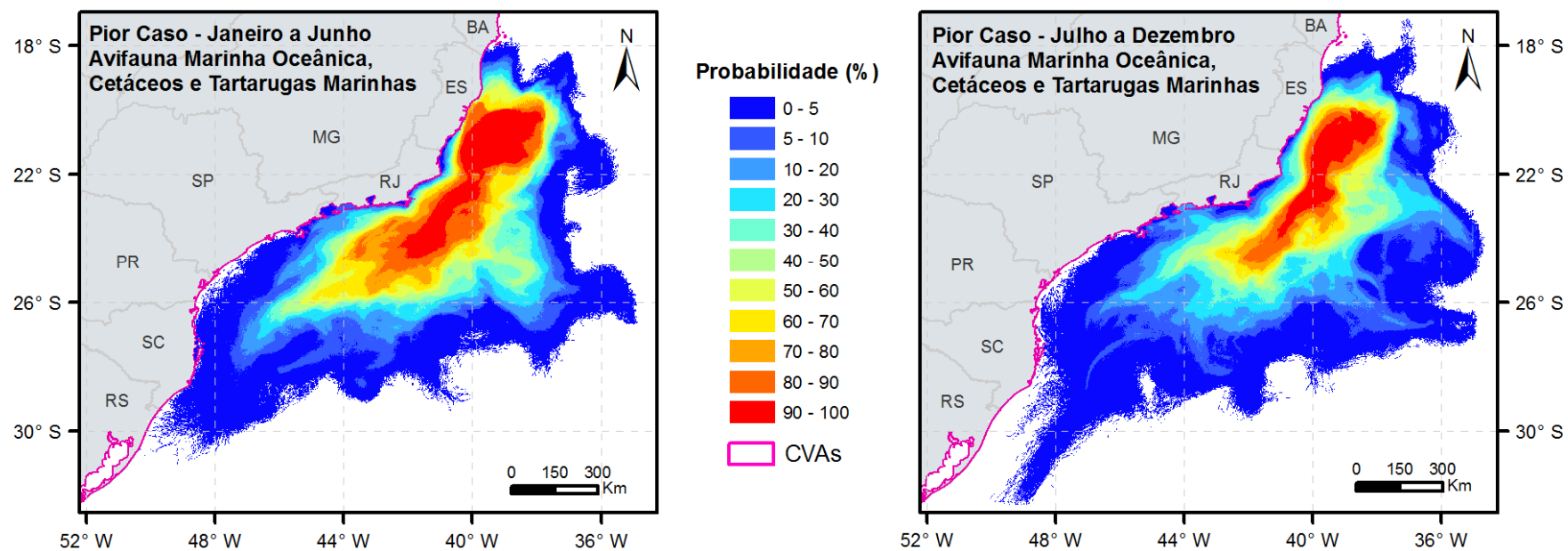
Os resultados referentes aos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas para os seis cenários, são apresentados juntos, devido à área de ocorrência igual, da **Figura II.9.4.3.2** a **Figura II.9.4.3.4**, e na **Tabela II.9.4.3.2**.



**FIGURA II.9.4.3.2 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas nos cenários 1 e 2.**



**FIGURA II.9.4.3.3 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas nos cenários 3 e 4.**



**FIGURA II.9.4.3.4 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas nos cenários 5 e 6.**



**TABELA II.9.4.3.2 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas em cada cenário.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	0,95	1,0
2	Julho a Dezembro	8	1,12	1,0
3	Janeiro a Junho	200	1,84	1,0
4	Julho a Dezembro	200	1,92	1,0
5	Janeiro a Junho	672.600	27,60	1,0
6	Julho a Dezembro	672.600	19,89	1,0

Nos cenários de 8 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>, a área dos CVAs com probabilidade de presença de óleo é pequena, restrita às proximidades do estado do Espírito Santo, e as probabilidades ponderadas foram inferiores a 2%. Nos cenários de pior caso, a área que pode ser atingida pelo óleo é bem mais extensa, da Bahia ao Rio Grande do Sul. No período de janeiro a junho, a área com probabilidades acima de 60% é maior, resultando na maior probabilidade ponderada, de 27,6%.

Os tempos mínimos de chegada de óleo aos CVAs foram os mesmos em todos os cenários, de 1 hora, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência dos CVAs.

- **SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*), para cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.5** e na **Tabela II.9.4.3.3**.

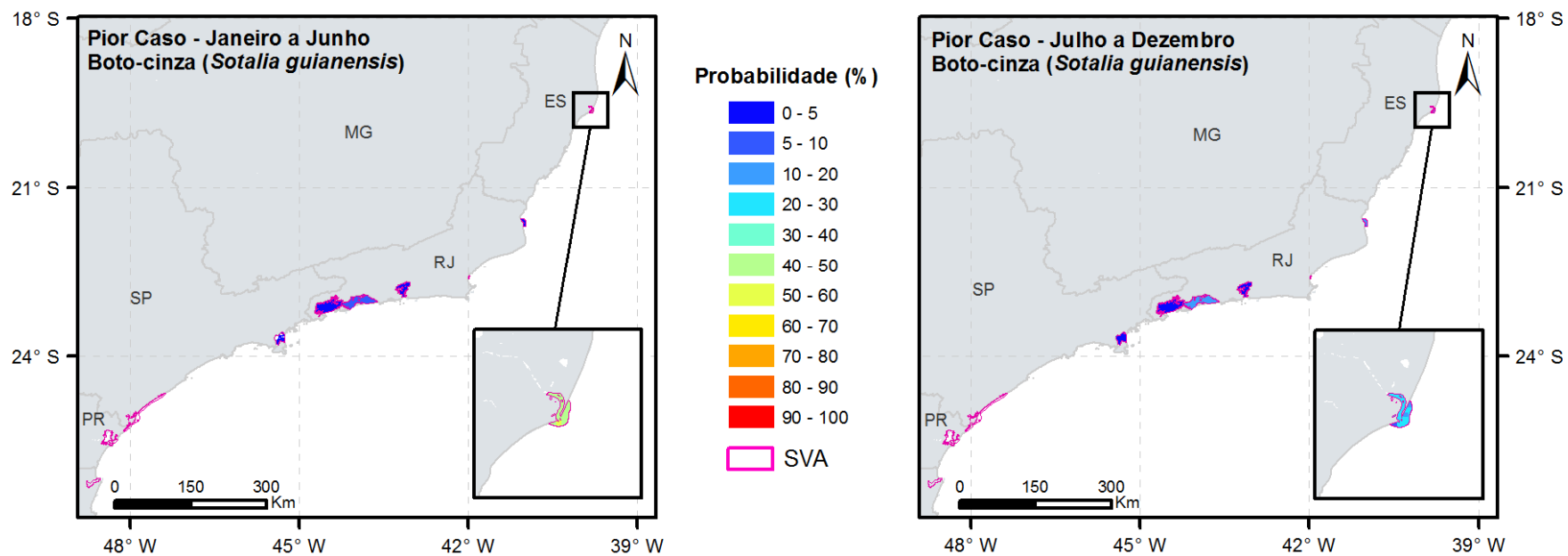


FIGURA II.9.4.3.5 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) nos cenários 5 e 6.

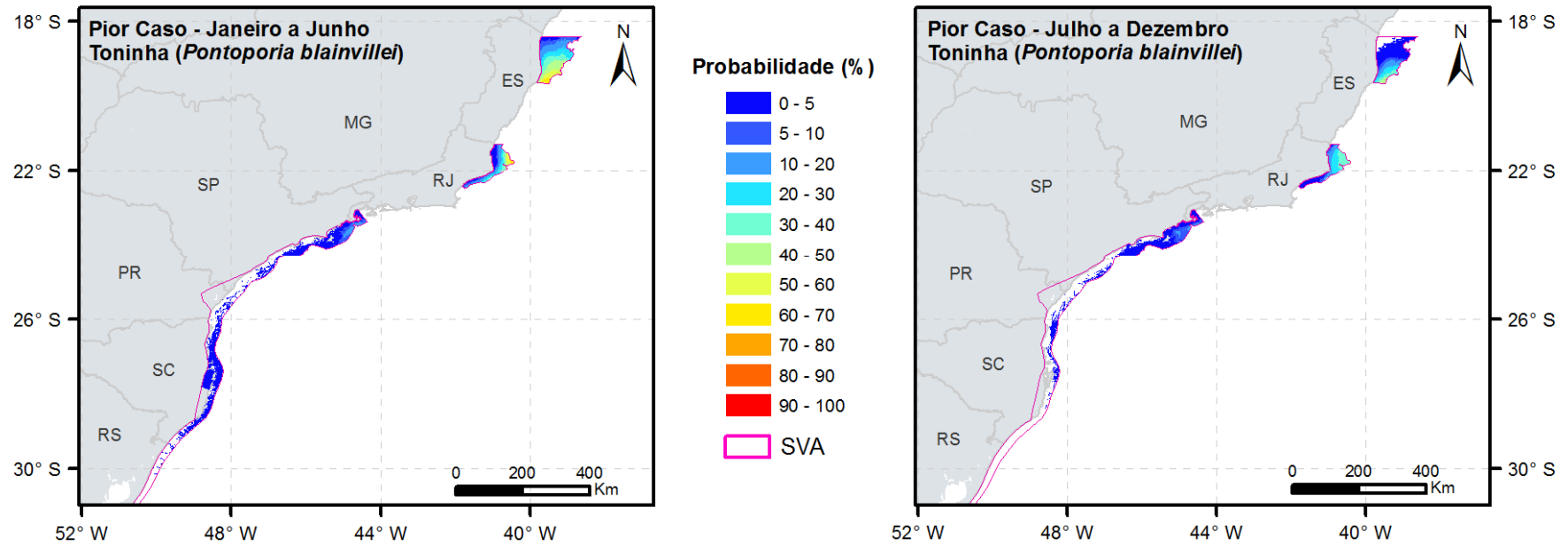
**TABELA II.9.4.3.3 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*).**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	50,7	251,0
6	Julho a Dezembro	672.600	28,4	281,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso, com valor máximo de 50,7% e tempo mínimo de 251 horas (10,5 dias) no período de janeiro a junho. Em ambos os cenários sazonais, a probabilidade máxima é observada no mesmo trecho do SVA, no Espírito Santo (destacado no *zoom* da **Figura II.9.4.3.5**).

- **SVA – Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*), para o cenário em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.6** e na **Tabela II.9.4.3.4**.



**FIGURA II.9.4.3.6 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*) nos cenários 5 e 6.**

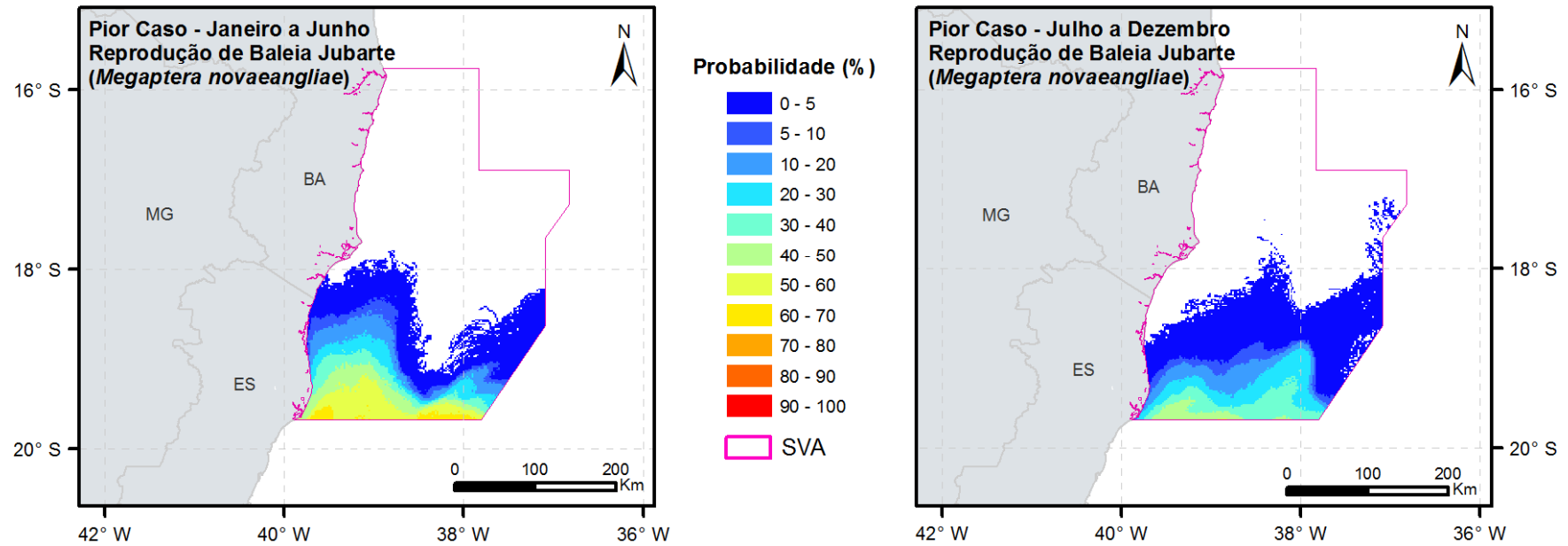
**TABELA II.9.4.3.4 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*).**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	81,4	137,0
6	Julho a Dezembro	672.600	48,1	131,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). Entre os cenários sazonais, a área com probabilidade de presença é semelhante, porém com valores mais altos no período de janeiro a junho, com máximo de 81,4%. O menor tempo de chegada de óleo, no entanto, é observado no período de julho a dezembro, de 131 horas (5,5 dias).

- **SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*), para o cenário em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.7** e na **Tabela II.9.4.3.5**.



**FIGURA II.9.4.3.7 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) nos cenários 5 e 6.**



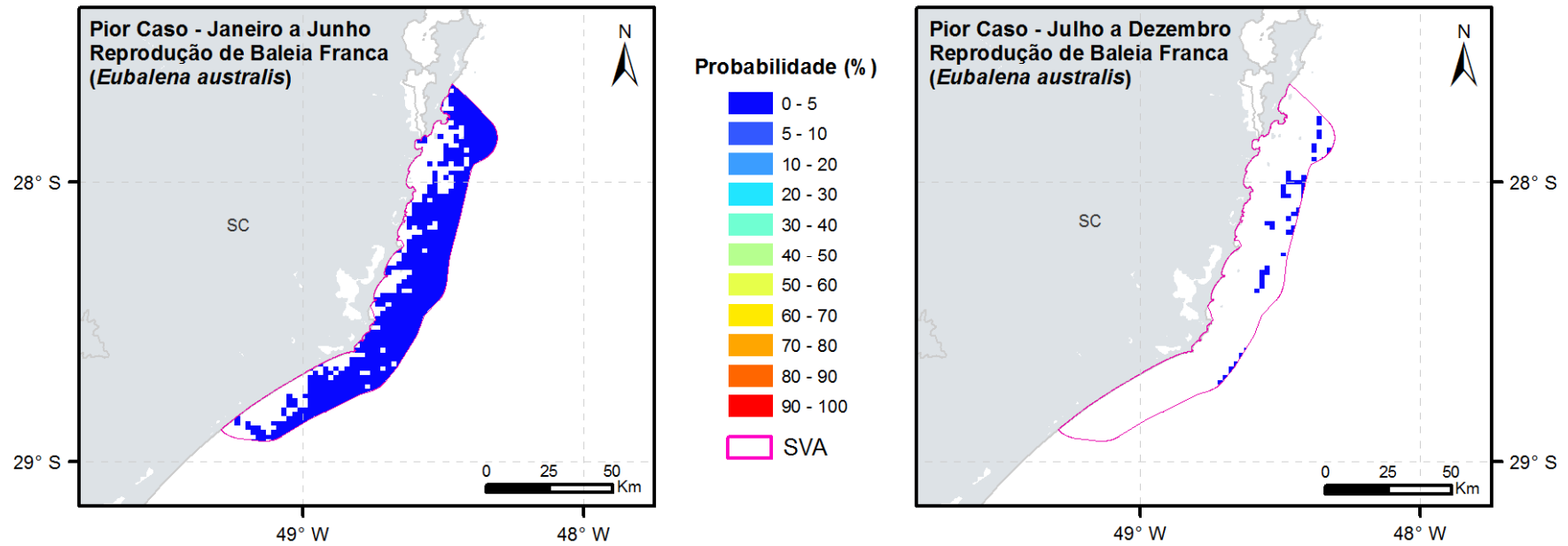
**TABELA II.9.4.3.5 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*).**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	69,7	72,0
6	Julho a Dezembro	672.600	50,8	50,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso, com probabilidade máxima de 69,7% ao sul do SVA no período de janeiro a junho. Já o tempo mínimo de chegada de óleo é de 50 horas no período de julho a dezembro.

- **SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca (*Eubalena australis*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca (*Eubalena australis*), para o cenário em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.8** e na **Tabela II.9.4.3.6**.



**FIGURA II.9.4.3.8 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca (*Eubalena australis*) nos cenários 5 e 6.**

**TABELA II.9.4.3.6 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca (*Eubalena australis*).**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	0,9	1090,0
6	Julho a Dezembro	672.600	0,2	1376,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). No período de janeiro a junho, a área do SVA com probabilidade de toque é consideravelmente maior, no entanto em ambos os cenários sazonais as probabilidades não chegam a 1%. Além disso, o SVA somente apresenta probabilidade a partir de 45,4 dias (1.090 horas) no período de janeiro a junho.

- **SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas**

Os resultados referentes ao SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.9** e na **Tabela II.9.4.3.7**.

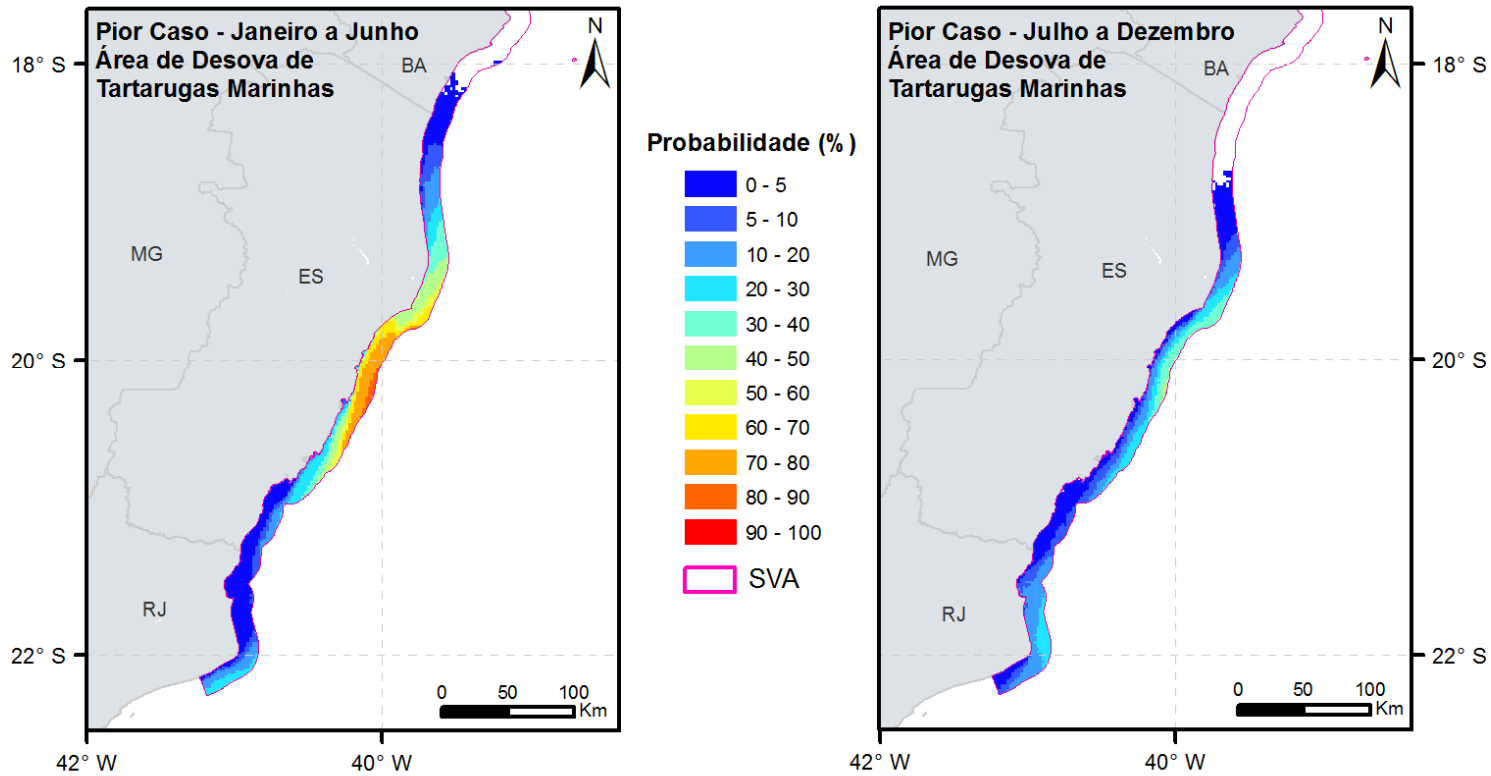


FIGURA II.9.4.3.9 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas nos cenários 5 e 6.

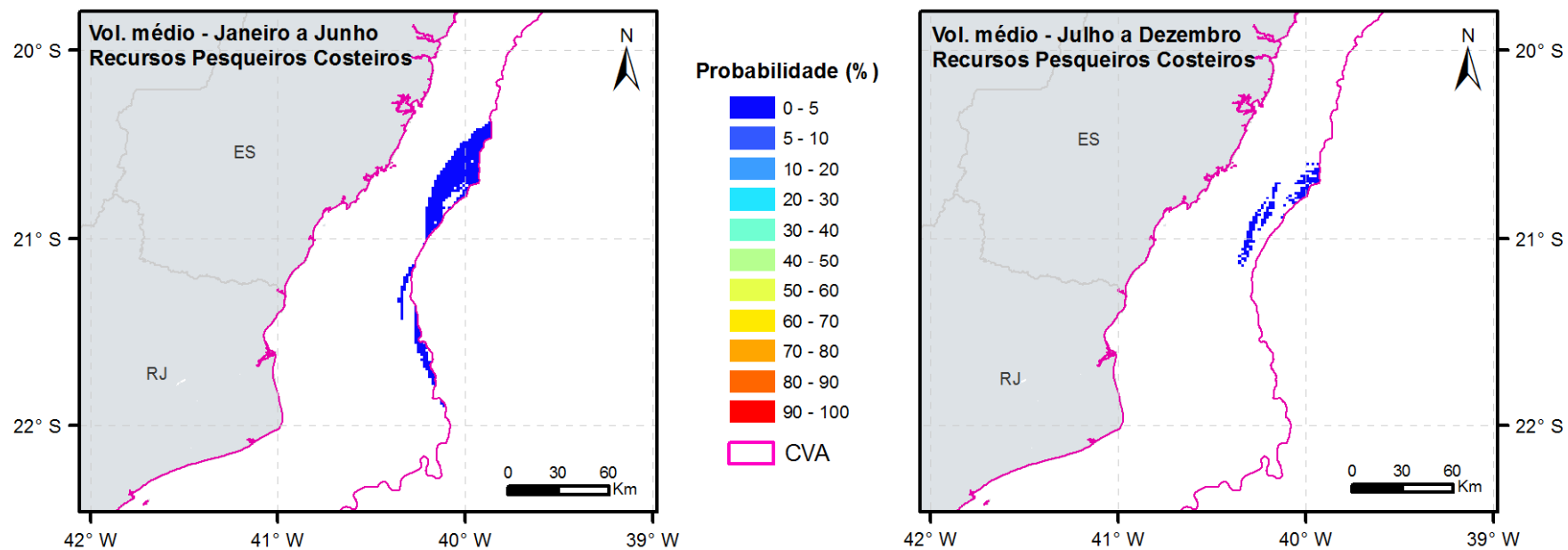
**TABELA II.9.4.3.7 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	84,0	162,0
6	Julho a Dezembro	672.600	44,7	125,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>) do Rio de Janeiro ao norte do Espírito Santo no período de julho a dezembro e até o sul da Bahia no período de janeiro a junho, sendo a maior probabilidade observada neste último, 84%. Já o tempo mínimo de chegada de óleo ao SVA é observado no período de julho a dezembro, 125 horas (5,2 dias).

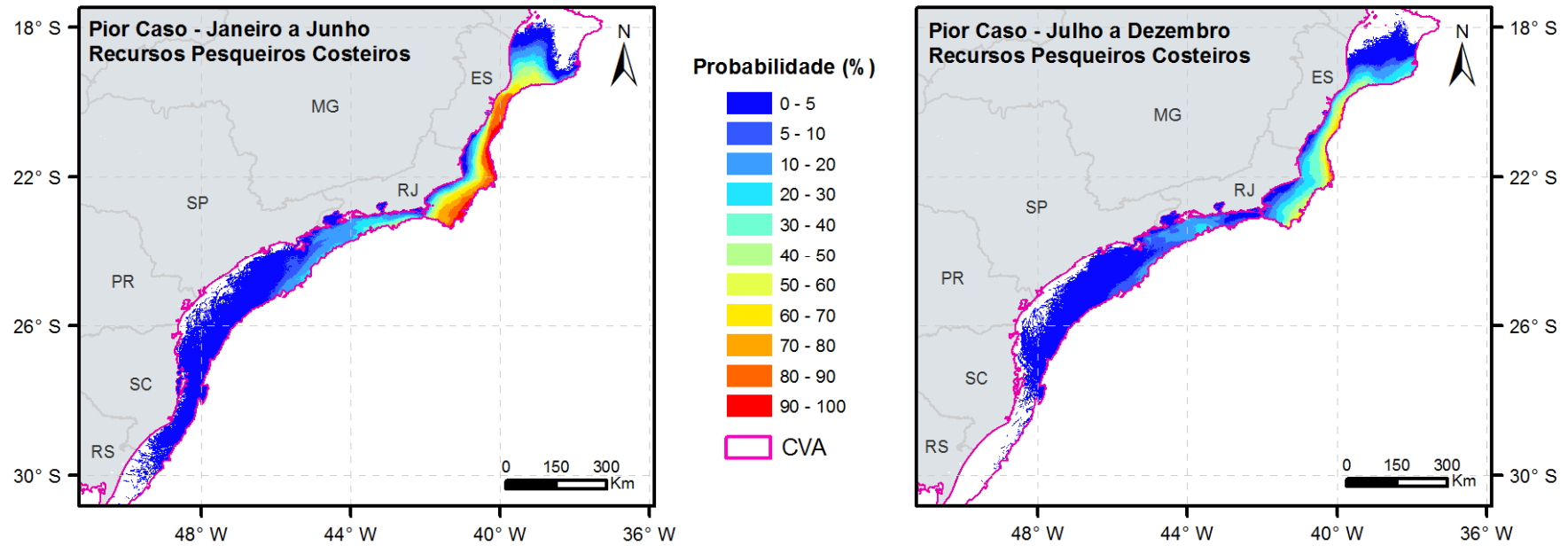
- **CVA - Recursos Pesqueiros Costeiros**

Os resultados referentes ao CVA –Recursos Pesqueiros Costeiros, para os cenários em que houve toque de óleo, são apresentados da **Figura II.9.4.3.10** a **Figura II.9.4.3.11**, e na **Tabela II.9.4.3.8**.



**FIGURA II.9.4.3.10 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 3 e 4.**





**FIGURA II.9.4.3.11 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 5 e 6.**

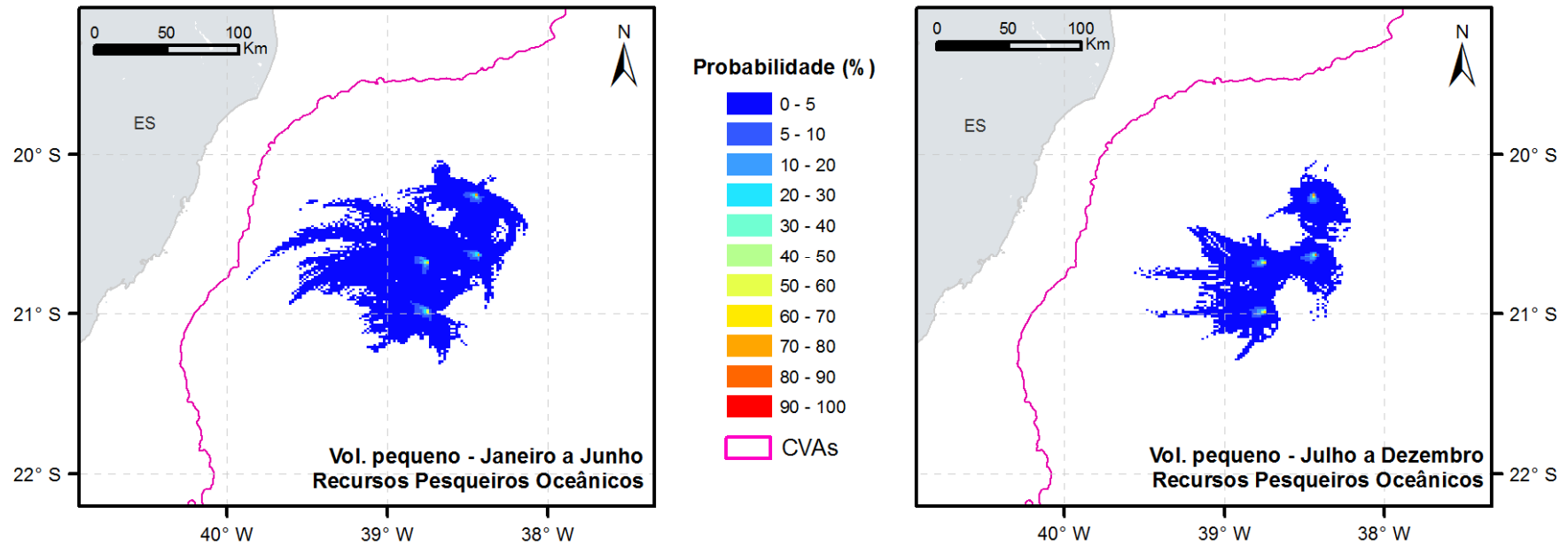
**TABELA II.9.4.3.8 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	0,3	74,0
4	Julho a Dezembro	200	0,1	82,0
5	Janeiro a Junho	672.600	18,6	71,0
6	Julho a Dezembro	672.600	11,4	72,0

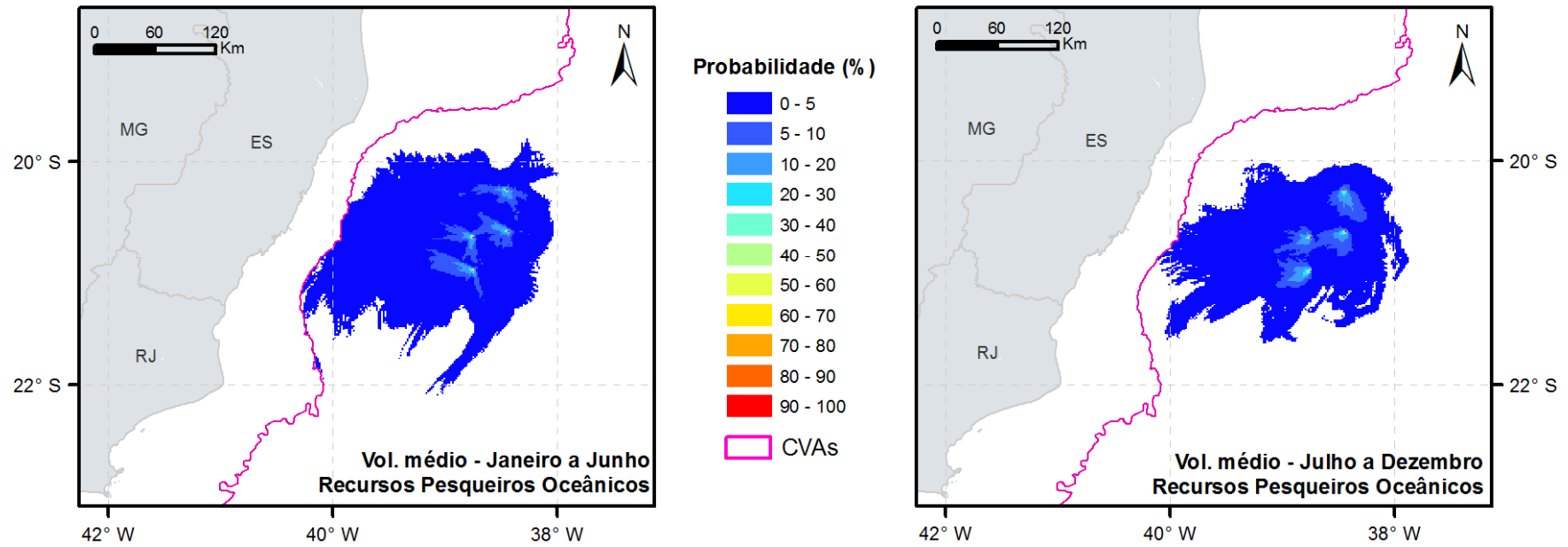
Não há probabilidade de chegada de óleo no CVA nos vazamentos de volume pequeno (8 m<sup>3</sup>). Nos vazamentos de volume médio (200 m<sup>3</sup>), as probabilidades máximas são inferiores a 1% e restritas a uma pequena porção do CVA. Nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>), as áreas que podem ser atingidas e os valores de probabilidade são maiores, com média ponderada máxima de 18,6% no período de janeiro a junho. Já o tempo mínimo de chegada de óleo no CVA é de 71 horas no cenário de pior caso, de julho a dezembro.

- **CVA - Recursos Pesqueiros Oceânicos**

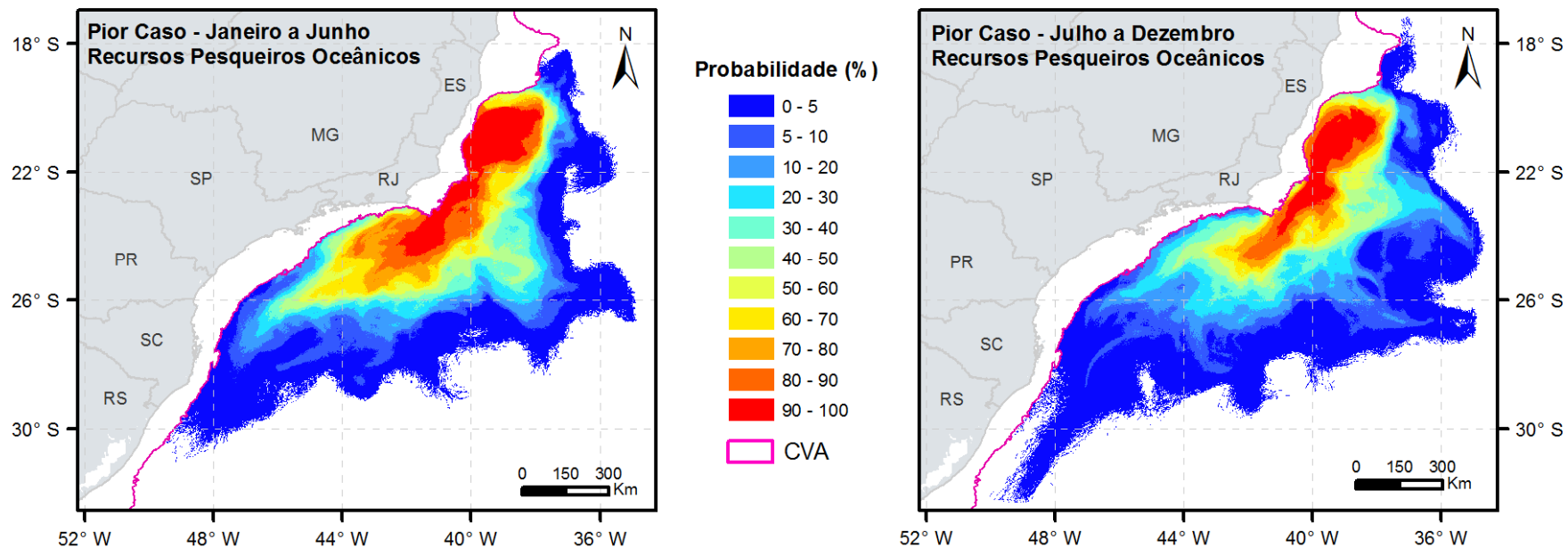
Os resultados referentes ao CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos, para os seis cenários, são apresentados da **Figura II.9.4.3.12 à Figura II.9.4.3.14**, e na **Tabela II.9.4.3.9**.



**FIGURA II.9.4.3.12 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 1 e 2.**



**FIGURA II.9.4.3.13 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 3 e 4.**



**FIGURA II.12.4.3.14 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 5 e 6.**

**TABELA II.9.4.3.9 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	1,0	1,0
2	Julho a Dezembro	8	1,1	1,0
3	Janeiro a Junho	200	1,9	1,0
4	Julho a Dezembro	200	1,9	1,0
5	Janeiro a Junho	672.600	29,3	1,0
6	Julho a Dezembro	672.600	21,1	1,0

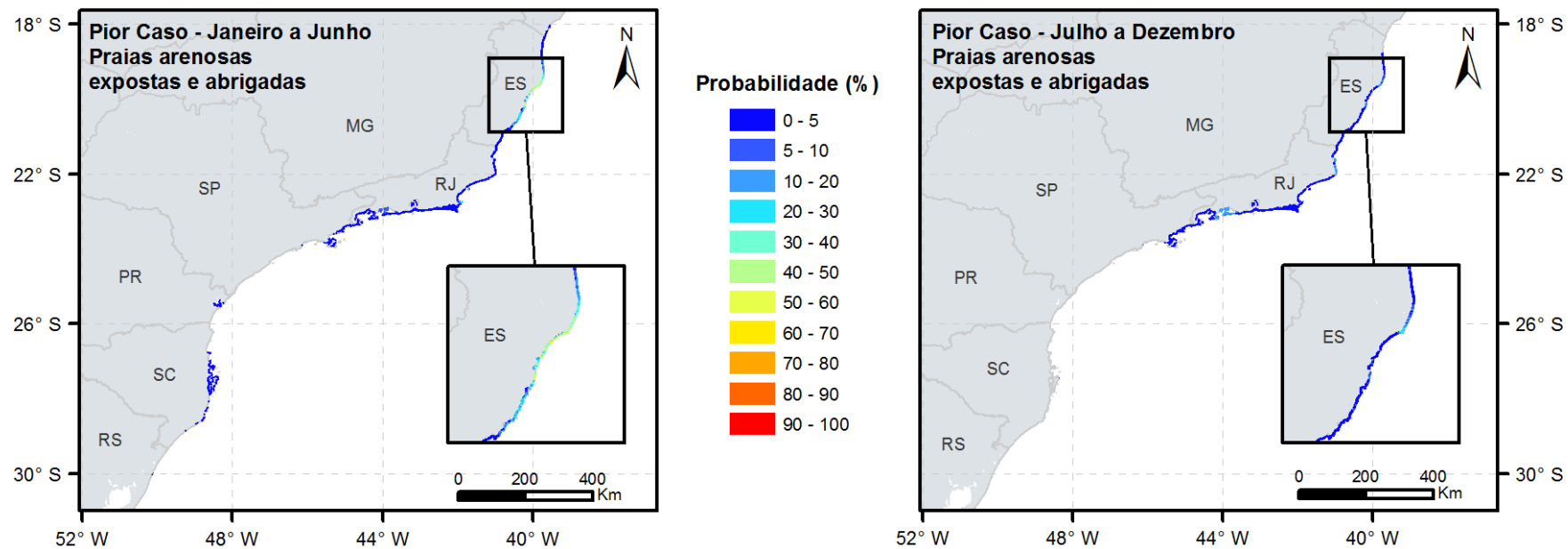
Nos cenários de 8 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>, a área do CVA com probabilidade de presença de óleo é pequena e as probabilidades ponderadas foram inferiores a 2%. Nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>), a área que pode ser atingida pelo óleo se estende da Bahia ao Rio Grande do Sul, sendo a maior probabilidade ponderada de 29,3% no período de janeiro a junho.

Os tempos mínimos de chegada de óleo ao CVA foram os mesmos em todos os cenários, de 1 hora, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência deste.

- **CVA – Praias Arenosas Expostas e Abridadas**

Os resultados referentes ao CVA – Praias Arenosas Expostas e Abridadas, para os cenários em que há probabilidade de presença de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.15** e na **Tabela II.9.4.3.10**.





**FIGURA II.9.4.3.15 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Praias Arenosas Expostas e Abrigadas nos cenários 5 e 6.**

**TABELA II.9.4.3.10 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Praias Arenosas Expostas e Abrigadas.**

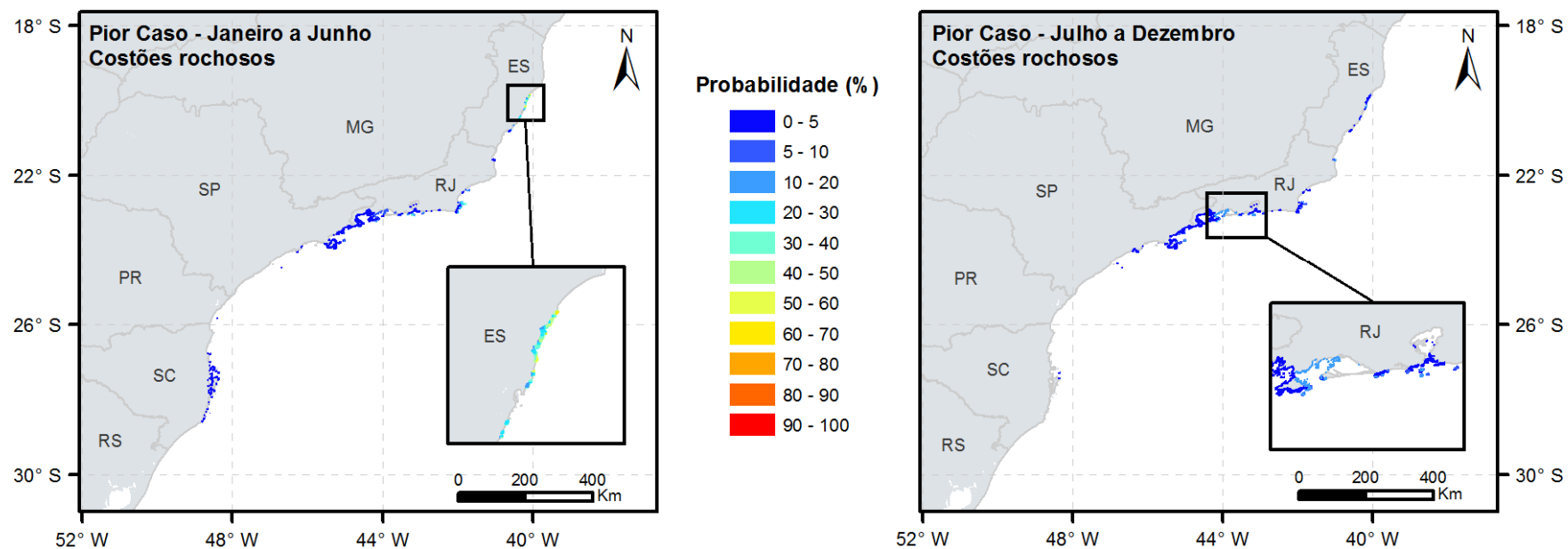
Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	66,2	218,0
6	Julho a Dezembro	672.600	28,4	252,0

Somente há probabilidade de chegada de óleo ao CVA nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). Em ambos os cenários, a probabilidade máxima é observada na costa do Espírito Santo. No cenário de janeiro a junho, há probabilidade nas praias do Rio Grande do Sul ao sul da Bahia, com máximo de 66,2%, enquanto no cenário de julho a dezembro as praias arenosas com probabilidade de toque se estende de São Paulo ao norte do Espírito Santo, com máximo de 28,4%.

O tempo mínimo de chegada é de 218 horas (9,1 dias) no período de janeiro a junho.

- **CVA – Costões Rochosos**

Os resultados referentes ao CVA – Costões Rochosos, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.16** e na **Tabela II.9.4.3.11**.



**FIGURA II.9.4.3.16 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Costões Rochosos nos cenários 5 e 6.**

**TABELA II.9.4.3.11 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Costões Rochosos.**

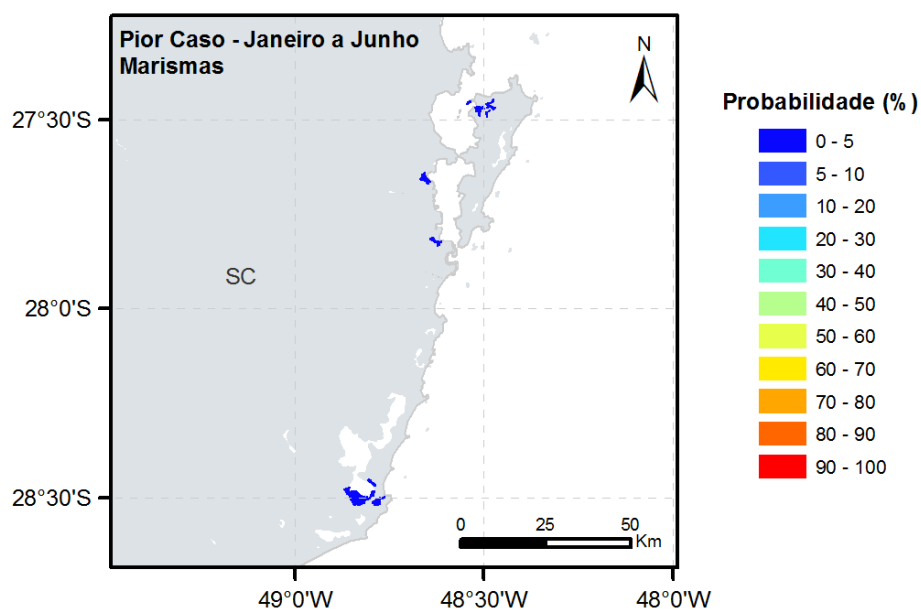
Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	66,2	222,0
6	Julho a Dezembro	672.600	17,9	271,0

Assim como no CVA Praias Arenosas, somente houve probabilidade de chegada de óleo neste CVA nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). A probabilidade máxima foi de 66,2% no período de janeiro a junho nos costões rochosos do Espírito Santo e de 17,9% em costões da entrada da Baía de Guanabara e ao sul da Ilha Grande, no Rio de Janeiro, no período de julho a dezembro.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA é de 222 horas (9,3 dias) no período de janeiro a junho.

- **CVA - Marismas**

Os resultados referentes ao CVA – Marismas, para o cenário em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.17** e na **Tabela II.9.4.3.12**.



**FIGURA II.9.4.3.17 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Marismas no cenário 5.**

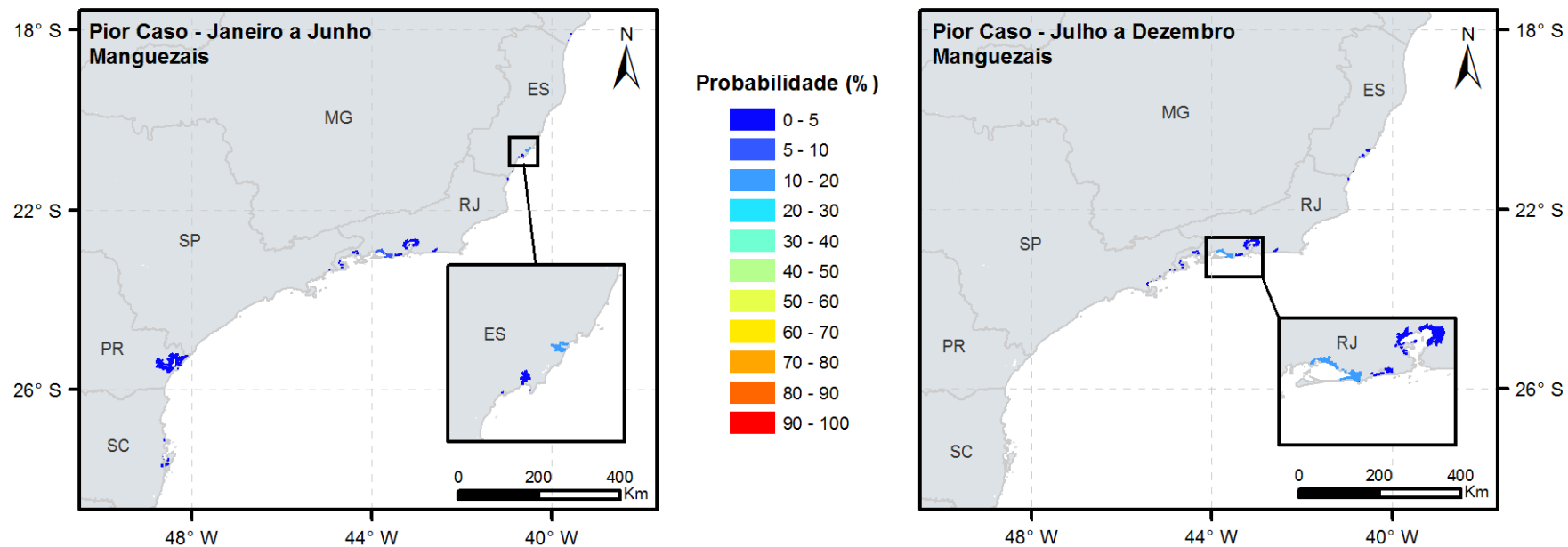
**TABELA II.9.4.3.12 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Marismas.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	0,4	1253,0
6	Julho a Dezembro	672.600	-	-

Este CVA somente apresenta probabilidade de toque no cenário de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>) de janeiro a junho, no estado de Santa Catarina, sendo a probabilidade máxima de 0,4% e o tempo de toque de 1.253 horas (acima de 52 dias).

- **CVA - Manguezais**

Os resultados referentes ao CVA – Manguezais, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.18** e na **Tabela II.9.4.3.13**.



**FIGURA II.9.4.3.18 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Manguezais nos cenários 5 e 6.**



**TABELA II.9.4.3.13 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Manguezais.**

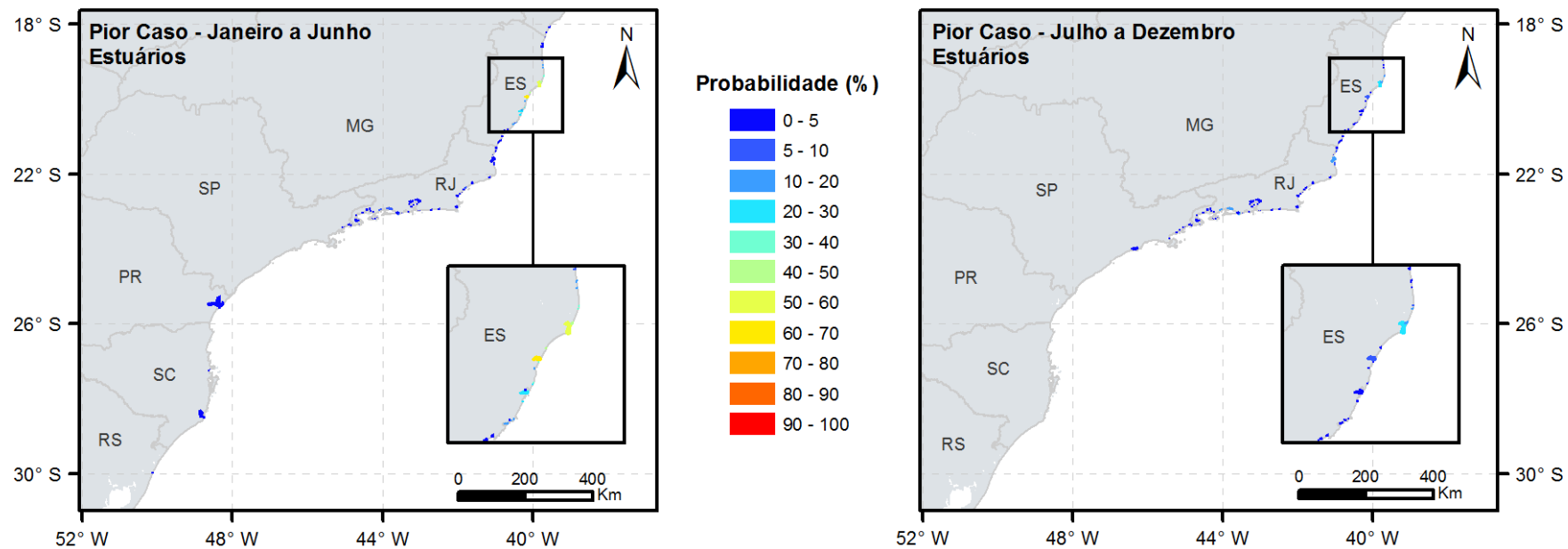
Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	15,8	439,0
6	Julho a Dezembro	672.600	12,3	377,0

Assim como nos demais CVAs costeiros, houve probabilidade de chegada de óleo ao CVA apenas nos cenários de pior caso, sendo o máximo de 15,8% no sul do Espírito Santo no cenário de janeiro a junho, e de 12,3% na Baía de Sepetiba no cenário de julho a dezembro. Ressalta-se que nas regiões de baías/estuários foram consideradas as probabilidades registradas em sua entrada.

O tempo mínimo de chegada é de 377 horas (15,7 dias) no período de julho a dezembro.

- **CVA - Estuários**

Os resultados referentes ao CVA – Estuários, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.19** e na **Tabela II.9.4.3.14**.



**FIGURA II.9.4.3.19 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Estuários nos cenários 5 e 6.**

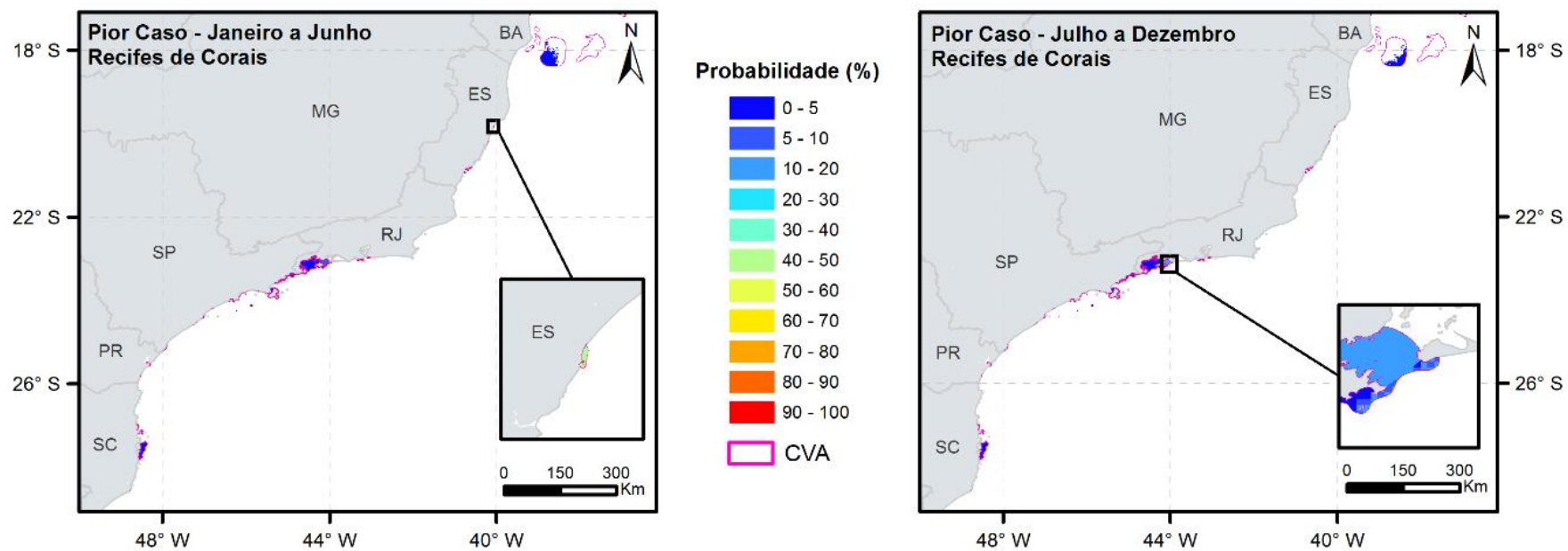
**TABELA II.9.4.3.14 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Estuários.**

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	61,3	248,0
6	Julho a Dezembro	672.600	28,4	254,0

Assim como nos demais CVAs de distribuição restrita à costa, o CVA Estuários somente apresenta probabilidade de toque de óleo nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>). No período de janeiro a junho, podem ser atingidos trechos do CVA do Rio Grande do Sul à Bahia e é observada a maior probabilidade, 61,3%, e o menor tempo de chegada, 248 horas (10,3 dias). Já no cenário de julho a dezembro, somente trechos do CVA de São Paulo ao Espírito Santo podem ser atingidos pelo óleo e com probabilidades inferiores a 30%.

- **CVA – Recifes de Corais**

Os resultados referentes ao CVA –Recifes de Corais, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na **Figura II.9.4.3.20** e na **Tabela II.9.4.3.15**.



**FIGURA II.9.4.3.20 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recifes de Corais nos cenários 5 e 6.**

**TABELA II.9.4.3.15 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recifes de Corais.**

<b>Cenário</b>	<b>Cenário Sazonal</b>	<b>Volume Vazado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)</b>	<b>Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)</b>
1	Janeiro a Junho	8	-	-
2	Julho a Dezembro	8	-	-
3	Janeiro a Junho	200	-	-
4	Julho a Dezembro	200	-	-
5	Janeiro a Junho	672.600	66,2	233,0
6	Julho a Dezembro	672.600	17,9	278,0

De acordo com os resultados da modelagem de dispersão de óleo não há probabilidade de chegada de óleo no CVA nos vazamentos de volume pequeno (8 m<sup>3</sup>) e médio (200 m<sup>3</sup>). Nos cenários de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>), no entanto, a probabilidade é maior no cenário de janeiro a junho, com 66,2% na costa do Espírito Santo, enquanto no cenário de julho a dezembro o máximo é de 17,9% a leste de Ilha Grande. Ressalta-se que nas regiões de baías/estuários foram consideradas as probabilidades registradas em sua entrada. Já o tempo mínimo de chegada de óleo no CVA é de 233 horas (9,7 dias) também no cenário de janeiro a junho.

## II.9.5. CÁLCULO DOS RISCOS AMBIENTAIS

Com base no somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais de contaminação ambiental (obtidas através das árvores de falhas e árvores de eventos desenvolvidas para os cenários identificados nas APRs) e nas probabilidades de alcance de óleo em cada CVA/SVA, foram calculados, através da fórmula abaixo, os Riscos Ambientais inerentes a cada CVA/SVA, em cada faixa de volume e cenário sazonal, conforme descrito no item Metodologia.

$$RA(x) = F_{\text{total} - y} \times \text{Prob}(x)$$

O resultado do somatório das frequências encontradas, considerando o volume de óleo vazado, é apresentado na **Tabela II.9.5.1**. Destaca-se que, tais valores tiveram origem na **Tabela II.9.3.27** (Frequências dos cenários acidentais), item 3.5, mais especificamente na coluna “Frequência de Ocorrência de Contaminação Ambiental (ano<sup>-1</sup>)”.

**TABELA II.9.5.1 - Somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais para cada faixa de volume.**

Faixa de Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	≤ 8	> 8 e ≤ 200	> 200 e ≤ 672.600
Somatório da Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais (ano <sup>-1</sup> )	1,82E-02	3,39E-03	6,23E-03

As probabilidades de presença de óleo encontradas por CVA/SVA em cada faixa de volume e cenário sazonal e os valores de **Risco Ambiental** associados são apresentados na **Tabela II.9.5.2**. Para uma melhor visualização dos resultados, na **Figura II.9.5.1** é apresentado um gráfico do Risco Ambiental por cenário de vazamento para todos os CVAs/SVAs.



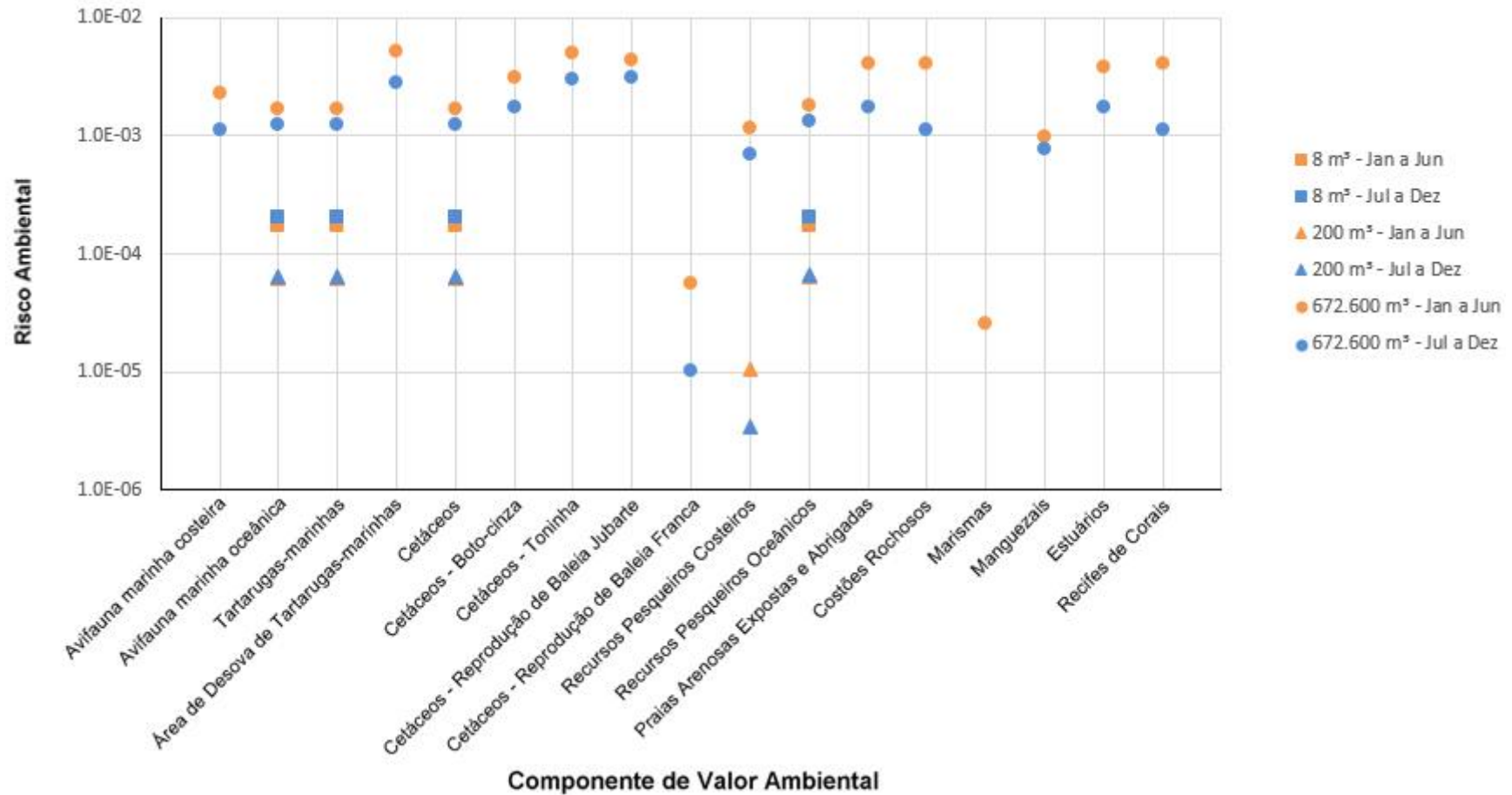
**TABELA II.9.5.2 – Probabilidade de presença de óleo e Risco Ambiental por Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA), Cenário Sazonal, Volume Vazado.**

Cenário	1	2	3	4	5	6
Cenário Sazonal	Jan a Jun	Jul a Dez	Jan a Jun	Jul a Dez	Jan a Jun	Jul a Dez
Volume Vazado (m <sup>3</sup> )	8	8	200	200	672.600	672.600
Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais	1,82E-02	1,82E-02	3,39E-03	3,39E-03	6,23E-03	6,23E-03

Probabilidade (%)	Cenário Sazonal						
	1	2	3	4	5	6	
Avifauna marinha costeira	-	-	-	-	37,6	17,9	
Avifauna marinha oceânica	1,0	1,1	1,8	1,9	27,6	19,9	
Tartarugas Marinhas	1,0	1,1	1,8	1,9	27,6	19,9	
Área de Desova de Tartarugas Marinhas	-	-	-	-	84,0	44,7	
Cetáceos	1,0	1,1	1,8	1,9	27,6	19,9	
Cetáceos - Boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> )	-	-	-	-	50,7	28,4	
Cetáceos - Toninha ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )	-	-	-	-	81,4	48,1	
Cetáceos - Reprodução de Baleia Jubarte ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	-	-	-	-	69,7	50,8	
Cetáceos - Reprodução de Baleia Franca ( <i>Eubalena australis</i> )	-	-	-	-	0,9	0,2	
Recursos Pesqueiros Costeiros	-	-	0,3	0,1	18,6	11,4	
Recursos Pesqueiros Oceânicos	1,0	1,1	1,9	1,9	29,3	21,1	
Praias Arenosas Expostas e Abridadas	-	-	-	-	66,2	28,4	
Costões rochosos	-	-	-	-	66,2	17,9	
Marismas	-	-	-	-	0,4	-	
Manguezais	-	-	-	-	15,8	12,3	
Estuários	-	-	-	-	61,3	28,4	
Recifes de Corais	-	-	-	-	66,2	17,9	

Risco Ambiental	Cenário Sazonal						
	1	2	3	4	5	6	
Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	2,34E-03	1,12E-03	
Avifauna marinha oceânica	1,73E-04	2,04E-04	6,23E-05	6,51E-05	1,72E-03	1,24E-03	
Tartarugas Marinhas	1,73E-04	2,04E-04	6,23E-05	6,51E-05	1,72E-03	1,24E-03	
Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	5,23E-03	2,78E-03	
Cetáceos	1,73E-04	2,04E-04	6,23E-05	6,51E-05	1,72E-03	1,24E-03	
Cetáceos - Boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> )	NA	NA	NA	NA	3,15E-03	1,77E-03	
Cetáceos - Toninha ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )	NA	NA	NA	NA	5,07E-03	2,99E-03	
Cetáceos - Reprodução de Baleia Jubarte ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	NA	NA	NA	NA	4,34E-03	3,16E-03	
Cetáceos - Reprodução de Baleia Franca ( <i>Eubalena australis</i> )	NA	NA	NA	NA	5,71E-05	1,04E-05	
Recursos Pesqueiros Costeiros	NA	NA	1,06E-05	3,40E-06	1,16E-03	7,09E-04	
Recursos Pesqueiros Oceânicos	1,73E-04	2,04E-04	6,40E-05	6,59E-05	1,82E-03	1,32E-03	
Praias Arenosas Expostas e Abridadas	NA	NA	NA	NA	4,12E-03	1,77E-03	
Costões rochosos	NA	NA	NA	NA	4,12E-03	1,12E-03	
Marismas	NA	NA	NA	NA	2,59E-05	NA	
Manguezais	NA	NA	NA	NA	9,86E-04	7,63E-04	
Estuários	NA	NA	NA	NA	3,82E-03	1,77E-03	
Recifes de Corais	NA	NA	NA	NA	4,12E-03	1,12 E-03	

\*NA – Não aplicável devido à ausência de probabilidades.



**FIGURA II.9.5.1 – Risco Ambiental de todos os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental para cada cenário de vazamento.**

A maioria dos CVAs/SVAs sem mobilidade e/ou de distribuição costeira somente apresentou probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso. Nos CVAs/SVAs de distribuição difusa, os maiores valores de probabilidade foram nos cenários de pior caso no período de janeiro a junho. As maiores probabilidades foram observadas nos SVAs Área de Desova de Tartarugas Marinhas, com 84%, e Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*), com 81,4%.

A frequência de Risco Operacional é maior para o vazamento de 8 m<sup>3</sup>, seguida pela de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>) e, por último, pela de 200 m<sup>3</sup>. No entanto, apesar das maiores frequências nos vazamentos de 8 m<sup>3</sup>, os maiores **Riscos Ambientais** estão associados aos cenários do vazamento de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>), devido às maiores probabilidades. Em seguida, aparecem os riscos dos cenários de 8 m<sup>3</sup> e, por último, de 200 m<sup>3</sup>. Entre os vazamentos de mesmo volume, observa-se que os cenários de Janeiro a Junho apresentam os maiores Riscos Ambientais. Já entre os CVAs, os maiores riscos, em geral, são observados nos que possuem distribuição fixa, devido à utilização da probabilidade máxima no cálculo. Os maiores Riscos Ambientais foram observados nos SVAs Área de Desova de Tartarugas Marinhas e Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*) no cenário de Pior Caso de janeiro a junho, com  $5,23 \times 10^{-3}$  e  $5,07 \times 10^{-3}$ , respectivamente.

## II.9.6. TOLERABILIDADE DOS RISCOS

A **Tolerabilidade** dos Riscos Ambientais foi calculada por meio da razão entre o **Tempo de Recuperação** ( $T_{rec}$ ) de cada CVA e o **Tempo de Recorrência** do dano ambiental (obtido pelo inverso do Risco Ambiental, RA, associado a cada faixa de volume vazado, em cada cenário sazonal), conforme especificado no item Metodologia. A tolerabilidade percentual é obtida por:

$$\text{Tolerabilidade\% (x)} = 100 * \frac{T_{rec}(x)}{1/RA(x)}$$

Com esse cálculo é possível estabelecer se o Tempo de Recuperação de um CVA pode ser considerado insignificante quando comparado ao Tempo de Recorrência de vazamentos de determinado volume e cenário sazonal.

Cabe ressaltar que, apesar do **Tempo de Recuperação** ser classificado em categorias estabelecidas, para o cálculo da Tolerabilidade são necessárias referências numéricas. Sendo assim, foram estabelecidos valores para cada categoria, onde para aquelas que possuem definição de extremos, como as de consequência Moderada (1-3 anos) e Considerável (3-10 anos), de forma conservativa e atendendo à determinação da CGPEG, foi utilizado o valor máximo das faixas estabelecidas conforme justificado no item II.9.4.2 deste documento – Análise de Vulnerabilidade e Identificação dos Componentes com Valor Ambiental. O resumo com as classes de Tempo de Recuperação determinadas para cada CVA, assim como os valores utilizados nos cálculos de Tolerabilidade foram apresentados na **Tabela II.9.4.2.7**. Ressalta-se que, para os dois CVAs relativos a Recursos Pesqueiros (Costeiros e Oceânicos), assim como para os dois CVAs relativos à Avifauna Marinha (Costeira e Oceânica), foram utilizados os mesmos tempos de recuperação. No caso dos SVAs Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*), Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*), Cetáceos – Reprodução de Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*), Cetáceos – Reprodução de Baleia Franca (*Eubalena australis*), por tratar-se de subcomponentes do CVA – Cetáceos, foi utilizado o mesmo tempo de recuperação deste. O mesmo foi feito para o SVA Área de Reprodução de Tartarugas Marinhas, em que foi usado o mesmo tempo do CVA Tartarugas Marinhas.

Para a definição do **Tempo de Recorrência** utilizou-se o espaço de tempo entre eventos de vazamento de óleo no mar que poderiam causar danos a um determinado CVA/SVA. Ele é apresentado em anos e, conforme já mencionado, corresponde ao inverso do valor do Risco Ambiental, representando o tempo necessário para que um evento capaz de atingir o CVA/SVA ocorra.

A **Tabela II.9.6.1** apresenta os **Tempos de Recorrência** de cada evento, por CVA/SVA, bem como os resultados referentes à **Tolerabilidade** percentual aos riscos, considerando os cenários de vazamento. A **Figura II.9.6.1** apresenta um gráfico da Tolerabilidade de cada Componente e Subcomponente, por cenário de vazamento.

**TABELA II.9.6.1 – Tolerabilidade percentual e Tempo de Recorrência de um evento por Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA), Cenário Sazonal e Volume vazado.**

Cenário		1	2	3	4	5	6
Cenário Sazonal		Jan a Jun	Jul a Dez	Jan a Jun	Jul a Dez	Jan a Jun	Jul a Dez
Volume Vazado (m3)		8	8	200	200	672.600	672.600
Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais		1,82E-02	1,82E-02	3,39E-03	3,39E-03	6,23E-03	6,23E-03
Tolerabilidade (%)	Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	2,34	1,12
	Avifauna marinha oceânica	0,17	0,20	0,06	0,07	1,72	1,24
	Tartarugas Marinhas	0,17	0,20	0,06	0,07	1,72	1,24
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	5,23	2,78
	Cetáceos	0,17	0,20	0,06	0,07	1,72	1,24
	Cetáceos - Boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> )	NA	NA	NA	NA	3,15	1,77
	Cetáceos - Toninha ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )	NA	NA	NA	NA	5,07	2,99
	Cetáceos - Reprodução de Baleia Jubarte ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	NA	NA	NA	NA	4,34	3,16
	Cetáceos - Reprodução de Baleia Franca ( <i>Eubalena australis</i> )	NA	NA	NA	NA	0,06	0,01
	Recursos Pesqueiros Costeiros	NA	NA	<0,01	<0,01	0,35	0,21
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	0,05	0,06	0,02	0,02	0,55	0,39
	Praias Arenosas Expostas e Abrigadas	NA	NA	NA	NA	4,12	1,77
	Costões rochosos	NA	NA	NA	NA	4,12	1,12
	Marismas	NA	NA	NA	NA	0,08	NA
	Manguezais	NA	NA	NA	NA	2,96	2,29
	Estuários	NA	NA	NA	NA	7,64	3,54
Recifes de Corais	NA	NA	NA	NA	12,36	3,35	
Tempo de Recorrência (anos)	Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	427,4	896,6
	Avifauna marinha oceânica	5783,5	4905,1	16059,6	15355,4	582,0	807,8
	Tartarugas Marinhas	5783,5	4905,1	16059,6	15355,4	582,0	807,8
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	191,2	359,6
	Cetáceos	5783,5	4905,1	16059,6	15355,4	582,0	807,8
	Cetáceos - Boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> )	NA	NA	NA	NA	317,1	565,3
	Cetáceos - Toninha ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )	NA	NA	NA	NA	197,3	334,1
	Cetáceos - Reprodução de Baleia Jubarte ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	NA	NA	NA	NA	230,3	316,5
	Cetáceos - Reprodução de Baleia Franca ( <i>Eubalena australis</i> )	NA	NA	NA	NA	17524,6	96385,3
	Recursos Pesqueiros Costeiros	NA	NA	94495,5	294185,1	864,9	1410,6
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	5783,5	4905,1	15618,7	15170,9	548,6	760,3
	Praias Arenosas Expostas e Abrigadas	NA	NA	NA	NA	242,8	565,3
	Costões rochosos	NA	NA	NA	NA	242,8	896,6
	Marismas	NA	NA	NA	NA	38553,9	NA
	Manguezais	NA	NA	NA	NA	1014,6	1311,4
	Estuários	NA	NA	NA	NA	261,9	565,3
Recifes de Corais	NA	NA	NA	NA	242,8	896,6	

\*NA – Não aplicável devido à ausência de probabilidades.

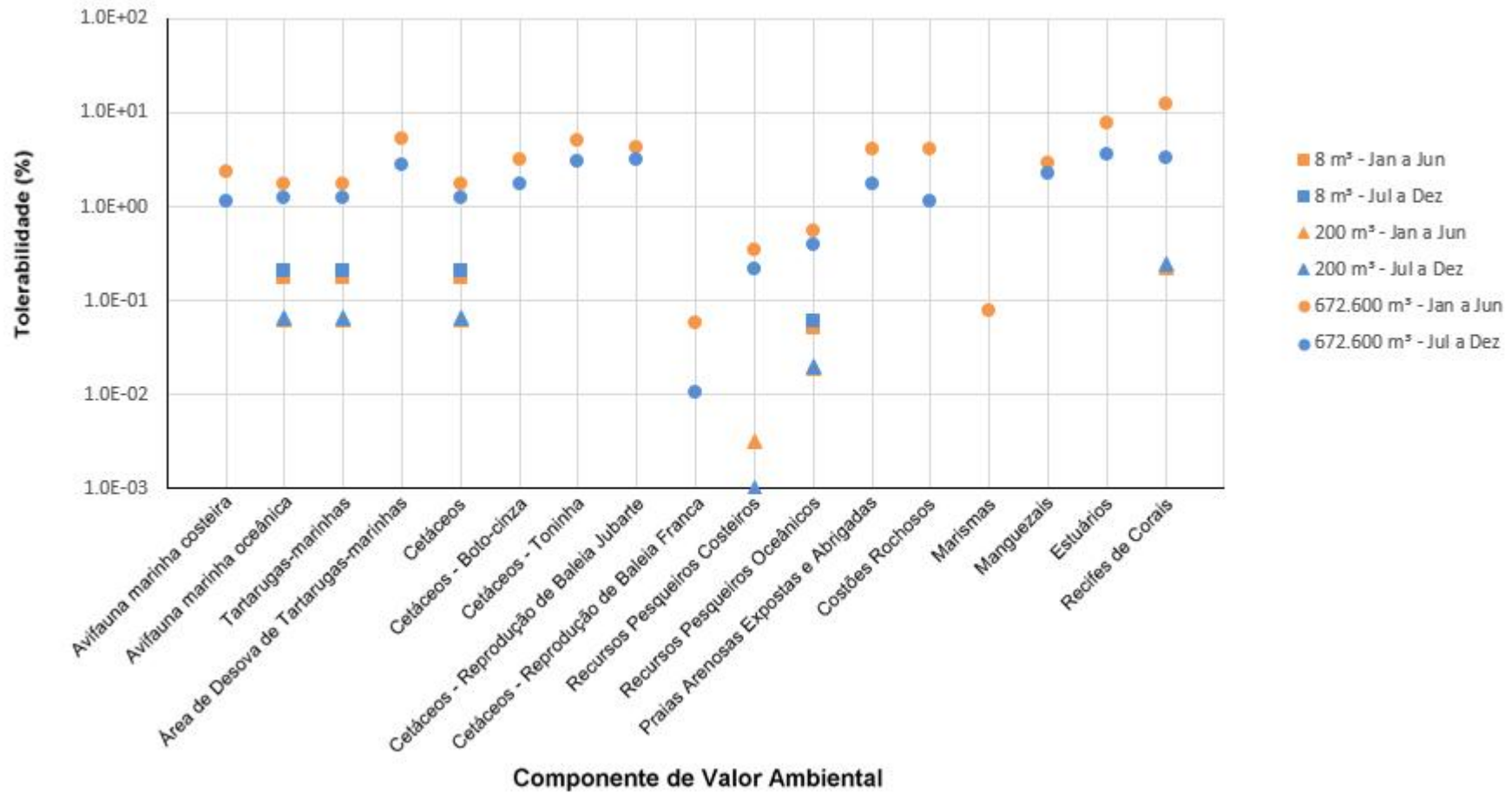


FIGURA II.9.6.1 – Tolerabilidade de cada Componente e Subcomponente de Valor Ambiental, para cada cenário de vazamento de óleo.



A partir da análise dos resultados de Tolerabilidade apresentados na **Tabela II.9.6.1**, é possível estabelecer se o Risco Ambiental é considerado tolerável do ponto de vista ambiental, ou seja, se o Tempo de Recuperação do CVA é insignificante em comparação ao Tempo de Recorrência do dano.

A maior **Tolerabilidade** foi observada para o CVA Recifes de Corais, no cenário de Pior Caso de janeiro a junho, com 12,36%. Apesar deste CVA não ter apresentado os maiores Riscos Ambientais, a Tolerabilidade é maior para ele devido ao Tempo de Recuperação maior adotado. Nos demais CVAs e SVAs, as tolerabilidades em todos os cenários ficaram abaixo de 8%. As menores tolerabilidades foram observadas para o CVA Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários de 200 m<sup>3</sup>, sendo inferior a 0,01%.

O cenário de maior tolerabilidade está associado a um **Tempo de Recorrência** de 242,8 anos. Este tempo é 8,1 vezes superior ao **Tempo de Recuperação** do CVA Recifes de Corais considerado para o fim desta análise (30 anos), o que significa que o CVA é capaz de se recuperar mais rapidamente que o possível intervalo entre dois eventos dessa magnitude que possam atingi-lo.

Os menores Tempos de Recorrência, no entanto, são observados para os SVAs Área de Desova de Tartarugas Marinhas e Cetáceos – Toninha (*Pontoporia blainvillei*) também no cenário de Pior Caso, de janeiro a junho, sendo de 191,2 e 197,3 anos, respectivamente. Estes, por sua vez, são pelo menos 19 vezes maiores que os Tempos de Recuperação considerados para estes SVAs (10 anos). Ressalta-se que os valores de Tempo de Recuperação adotados foram bastante conservadores.

## 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

Um Plano de Gerenciamento de Riscos - PGR deve ser implantado em instalações que manipulem ou trabalhem com substâncias ou processos perigosos, a fim de garantir sua operação dentro de padrões considerados toleráveis.

Embora as ações previstas no PGR devam contemplar todas as operações e equipamentos, o mesmo deve considerar os aspectos críticos identificados na Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais, a partir de critérios estabelecidos com base nos Cenários Acidentais de maior relevância.

O objetivo deste PGR é prover a sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos contendo as orientações gerais na gestão de riscos, com vistas à prevenção de acidentes na instalação.

Este documento apresenta, de forma sumarizada, as informações relativas ao PGR da unidade de perfuração tipo navio-sonda – *Ocean Rig Mylos* pertencente à *Ocean Rig* e que considera os seguintes elementos:

1. Definição de Atribuições;
2. Inspeções Planejadas;
3. Programas de Manutenção (preventiva e corretiva);
4. Capacitação Técnica;
5. Processo de Contratação de Terceiros;
6. Registro e Investigação de Acidentes;
7. Gerenciamento de Mudanças;
8. Sistema de Permissão de Trabalho.

O PGR da unidade de perfuração *Ocean Rig Mylos* contemplando os itens supracitados encontra-se apresentados no **Anexo C** desta seção.

No que diz respeito ao cronograma para acompanhamento/implementação das ações propostas no Plano de Gerenciamento de Riscos apresentado no **Anexo C**, todas as medidas propostas no Plano supramencionado serão iniciadas antes mesmo da mobilização da unidade, contudo todas serão executadas/acompanhadas com vistas à atividade de perfuração durante todo o período de operação.

## II.9.8.2. Riscos que estão sendo gerenciados

Os riscos que estão sendo gerenciados são aqueles inerentes ao projeto e que foram levantados na Análise Preliminar de Riscos. A **Tabela II.9.8.1** relaciona cada um dos cenários acidentais com seus respectivos riscos avaliados e medidas preventivas/mitigadoras associadas.

**TABELA II.9.8.1 – Riscos avaliados e recomendações preventivas associadas.**

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
01	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
02	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
03	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>grande</b> vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
04	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
05	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.

### RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
06	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p><b>R3)</b> Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R5)</b> Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p><b>O1)</b> A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>
07	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R3)</b> Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R5)</b> Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p><b>O1)</b> A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>

**RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO**

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
08	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>grande</b> vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R3)</b> Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R5)</b> Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p><b>O1)</b> A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>
09	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
10	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
11	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>grande</b> vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
12	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>

**RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO**

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
13	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
14	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
15	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
16	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
17	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
18	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
19	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.	<b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. <b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. <b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.



**RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO**

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
20	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p>
21	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>grande</b> vazamento óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	<p><b>R1)</b> Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R6)</b> Controlar nível de água do tanque de lastro.</p> <p><b>R7)</b> Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p><b>R8)</b> Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p><b>O1)</b> A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p><b>O2)</b> A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>
22	Risco <b>médio</b> de ocorrência de <b>grande</b> vazamento óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	<p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R7)</b> Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p><b>R8)</b> Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p><b>O2)</b> A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>

### RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras
23	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	<p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R9)</b> Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.</p> <p><b>R10)</b> Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.</p> <p><b>R11)</b> Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.</p> <p><b>R12)</b> Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.</p> <p><b>R13)</b> Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.</p> <p><b>O1)</b> A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p><b>O2)</b> A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>
24	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar.	<p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R8)</b> Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p><b>R9)</b> Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p><b>O2)</b> A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p><b>O3)</b> A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.</p>

<b>RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Risco Avaliado</b>	<b>Recomendações Preventivas e Mitigadoras</b>
<b>25</b>	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>médio</b> vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar.	<p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R8)</b> Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p> <p><b>R9)</b> Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p><b>O2)</b> A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p><b>O3)</b> A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.</p>
<b>26</b>	Risco <b>baixo</b> de ocorrência de <b>pequeno</b> vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar.	<p><b>R2)</b> Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p><b>R4)</b> Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p><b>R14)</b> Seguir procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.</p> <p><b>R15)</b> Seguir procedimentos para operações de carga e descarga.</p>

### II.9.8.3. Medidas preventivas de gerenciamento de riscos

A **Tabela II.9.8.2** apresenta as Medidas de Gerenciamento de Riscos para a atividade. Estas medidas são baseadas nas recomendações indicadas na APP para cada cenário acidental e os respectivos planos/procedimentos existentes adotados no programa de gerenciamento de riscos.

**TABELA II.9.8.2 – Medidas de gerenciamento de riscos (Procedimentos estabelecidos pela empresa proprietária da unidade de perfuração).**

Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras)		Item Relacionado
Nº	Descrição	
R1	Seguir os procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.	Inspeção Periódica/Manutenção
R2	Seguir programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	Capacitação Técnica
R3	Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R4	Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R5	Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .	Capacitação Técnica
R6	Controlar nível de água do tanque de lastro.	Inspeção Periódica/Manutenção
R7	Assegurar que a Unidade possua sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	Inspeção Periódica/Manutenção
R8	Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.	Capacitação Técnica
R9	Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.	Capacitação Técnica
R10	Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.	Inspeção Periódica/Manutenção
R11	Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R12	Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.	Capacitação Técnica
R13	Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R14	Seguir procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.	Inspeção Periódica/Manutenção
R15	Seguir procedimentos para operações de carga e descarga.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
O1	A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	Inspeção Periódica/Manutenção
O2	A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.	-

## II.9.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foram considerados os vazamentos a partir de quatro pontos na Bacia do Espírito Santo, em três faixas de volume (8 m<sup>3</sup>, 200 m<sup>3</sup>, e 672.600 m<sup>3</sup>) e dois cenários sazonais (Janeiro a Junho e Julho a Dezembro) para avaliação dos Riscos Ambientais e Tolerabilidades nos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVAs/SVAs).

Os valores máximos de probabilidade para todos os CVAs/SVAs foram observados para o vazamento de pior caso de janeiro a junho. Já as frequências de Risco Operacional foram maiores para os cenários do vazamento de 8 m<sup>3</sup>, seguida pelas dos vazamentos de pior caso (672.600 m<sup>3</sup>) e de 200 m<sup>3</sup>. No entanto, a maioria dos componentes não apresentou probabilidade de toque no vazamento de menor volume e, entre os que apresentaram, as probabilidades foram baixas (< 2%). Dessa forma, os maiores Riscos Ambientais foram observados para os vazamentos de pior caso.

O maior de todos os Riscos Ambientais ( $5,23 \times 10^{-3}$ ) foi observado para o SVA Área de Desova de Tartarugas Marinhas no cenário de pior caso de janeiro a junho. Já a maior Tolerabilidade (12,36%) foi observada no CVA Recifes de Corais neste mesmo cenário, devido ao Tempo de Recuperação maior adotado para este. Logo, o CVA Recifes de Corais é de importância prioritária para avaliação do impacto do empreendimento. No entanto, a maior tolerabilidade está associada a um Tempo de Recorrência que é cerca de 8 vezes maior que o Tempo de Recuperação deste componente.

Vale ressaltar que a abordagem do estudo foi bastante conservadora em relação aos Tempos de Recuperação considerados para os componentes ambientais possíveis de serem impactados. O fato do cálculo de Tolerabilidade levar em consideração apenas a probabilidade de chegada de óleo no CVA e não considerar fatores como volume e o tempo de residência do óleo no ambiente, é outro aspecto conservador, pois representa uma extrapolação dos potenciais impactos. Além disso, vale ressaltar que as probabilidades nas entradas de regiões estuarinas foram extrapoladas para seu interior, também de forma conservadora.

Cabe ainda ressaltar que a frequência de Risco Operacional do vazamento de pior caso também é conservadora, pois considera todos os vazamentos entre 200 m<sup>3</sup> e 672.600 m<sup>3</sup>, resultando em um somatório maior do que se fossem consideradas apenas as frequências de vazamentos de maior volume.

Embora o valor de Tolerabilidade para um dos CVAs não tenha sido tão baixo, a relação Tempo de Recorrência/Tempo de Recuperação indica que, em caso de vazamento, este é capaz de se recuperar até oito vezes antes que haja possibilidade de ser atingido novamente. Considerando os aspectos conservadores adotados, e que os valores de Risco Ambiental e Tolerabilidade nos demais CVAs foram baixos, pode-se concluir que o empreendimento associado aos seus procedimentos de segurança operacional, é tolerável ao meio ambiente.

## II.9.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AICHE (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS), 2000. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2ª ed., New York, USA.

ALBINO, J.; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M., 2001. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. *In: Geografares, Vitória, n 2, jun.*

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., 2011b. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira, Ano I (1): 37-44.*

ALVES, E. C., 1981. Estrutura da Margem Continental Sul Brasileira e Áreas Adjacentes. *In: Haroldo Erwin Asmus. (Org.). Projeto REMAC. Estrutura e Tectonismo da Margem Continental Brasileira e suas Implicações nos Processos Sedimentares e na Avaliação do Potencial de Recursos Minerais. Rio de Janeiro: PETROBRÁS / CENPES / DINTEP, 1981, v. 9, p. 145-170.*

AMARAL, A. C. Z.; AMARAL, E. H. M.; LEITE, F. P. P.; GIANUCA, N. M., 2002. Diagnóstico sobre praias arenosas, Agência Nacional de Petróleo.

ANDRIOLO, A.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. A., 2006. Monitoring Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Population in the Brazilian Breeding Ground, 2002 To 2005. *Rep Int. Whal. Commn. SC/58/SH 15.*

ANDRIOLO, A.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. M. A.; RUFINO A. M., 2010. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. *Endangered Species Research, 11: 233-243.*

ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS), 2012. STJ acolhe recurso da ANP e derruba liminar contra Transocean e Chevron. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=62011&m=chevron&t1=&t2=chevron&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1418229853689>>. Acesso em junho de 2015.

ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS), 2014. Relatório de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.

ARAÚJO, H.F.P.; R.C. RODRIGUES & A.K. NISHIDA. 2006. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia 14 (3): 249-259.*

AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010. Marine Environment Protection. Disponível em: [www.amsa.gov.au](http://www.amsa.gov.au). Acessado em setembro de 2014.



- AZEVEDO, A. F., OLIVEIRA, A. M., VIANA, S. C. & VAN SLUYS, M., 2007. Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87(1), 201-205.
- BAHIATURSA, 2000. A estratégia turística da Bahia: 1991-2005. Salvador/BA. 185 p.
- BAKER, J., 1999. Ecological effectiveness of oil spill countermeasures. How clean is clean? *Pure Appl. Chem.*, vol. 71(1): 135-151.
- BAKER, J. M., 1982. Mangrove swamps and the oil industry. *Oil Petrochemical Pollution*, 1: 5-22.
- BARATA, P. C. R. & FABIANO, F. F. C., 2002. 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 News*. 96:13-16.
- BARCELLOS, L.; SILVA, F. O. R. P., 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. *In: International Oil Spill Conference*. 4 p.
- BARROS, A., ÁLVAREZ, D. & VELANDO, A., 2014. Long-term reproductive impairment in a seabird after the Prestige oil spill. *Biology Letters*, 10, 20131041.
- BARTH, H. J. 2002. The coastal ecosystems 10 years after the 1991 Gulf War Oil Spill. Disponível em: [http://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/phil\\_Fak\\_III/Geographie/phygeo/downloads/barthcoast.pdf](http://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/phil_Fak_III/Geographie/phygeo/downloads/barthcoast.pdf). Acessado em agosto de 2014.
- BARTH, H. J., 2008. Rapid assessment indicators of oil spill recovery in salt marsh ecosystems. *In: Protecting the gulf's marine ecosystems from pollution*. p. 255-264.
- BELL, B. A., 2005. The Effects of Crude Oil Contamination on the Reproduction of Freshwater Turtles. Faculty of Drexel University. 129 p.
- BERGE, J. A., 1990. Macrofauna recolonization of subtidal sediment. Experimental studies on defaunated sediment contaminated with crude oil in two Norwegian fjords with unequal eutrophication status. I. Community response. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 66: 103-115.
- BERNINI, E.; REZENDE, C. E. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 18(3): 491-502.
- BG/ENSR/AECOM. 2006. Relatório de Controle Ambiental (RCA) do Bloco BM-S-47, Bacia de Santos.
- BJORNDAL, K. A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. *In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (eds.). The biology of sea turtles*. Raton, Fla.: CRC Press. p. 199-231, 1997.
- BOYD, J. N.; SCHOLZ, D.; WALKER, A. H. 2001. Effects of oil and chemically dispersed oil in the environment. *International Oil Spill Conference*. Disponível em <http://www.iosc.org/papers/00633.pdf>. Acessado em agosto de 2014.

BP, 2013. BP Annual Report and Form. Disponível em: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/investors/annual-reporting.html>>. Acesso em setembro de 2015.

BP, 2013. Deepwater Horizon accident and response. Disponível em: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/gulf-of-mexico-restoration/deepwater-horizon-accident-and-response.html>>. Acesso em setembro de 2015.

BP/AECOM, 2012. Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais. *In*: Estudo Ambiental de Perfuração (EAP) Bloco BM-CAL-13 – Bacia de Camamu-Almada. 353 p.

BP/AECOM, 2015. Cadastro da Unidade Marítima de Perfuração (CADUMP) ENSCO DS-4, rev. 01.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. 1990. Ecology of Sandy Shores. Amsterdam, Elsevier, 327 p.

BROWNWELL, R. L. 1971. Whales, dolphins and oil pollution. In: Biological and Oceanographic 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.

BURGER, A. E. 1993. Effects of the *Neslucco* oil spill on seabirds along the coast of Vancouver island in 1989. Canadian Wildlife Service Technical Report Series

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.; GARRITY, S. D.; JORISSEN, F.; MACPHERSON, J.; STOELTING, M.; TIERNEY, J.; YELLE-SIMMONS, L. 1994. The Galeta oil spill. II. Unexpected persistence of oil trapped in mangrove sediments. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 38: 349-364.

BURNS, K. A.; GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C., 1993. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spills? *Marine Pollution Bulletin*, 26: 239-248.

BURNS, K.A.; TEAL, J. M., 1979. The West Falmouth oil spill: Hydrocarbons in the salt marsh ecosystem. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 8 (4): 349-360.

BURY, R. B., 1972. Habits and home range of the Pacific pond turtle (*Clemmys marmorata*) in a stream community. Unpubl. Ph. D. Diss. Univ. California, Berkeley

CAMPANILI, M. & PROCHNOW, M. Mata Atlântica: Uma Rede pelas Florestas. Brasília: RMA, 2006.

CANTAGALLO, C., GARCIA, G. J. & MILANELLI, J. C. C., 2008. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo do sistema estuarino de Santos, estado de São Paulo. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 2008, 12(2):33-47p.

CANTAGALLO, C.; MILANELLI, J. C. C. & DIAS-BRITO, D., 2007. Limpeza de Ambientes Costeiros Brasileiros Contaminados por Petróleo: uma revisão. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. v.2, n.1, p.1-12.

CAPEL, K. C. C., 2012. Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (SC), com ênfase na estrutura espaço-temporal da formação mais meridional de corais recifais no Oceano Atlântico. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

CARR, T.; BONDE, R. K. 2000. Tucuxi (*Sotalia fluvialitis*) occurs in Nicaragua, 800 km North of its previously known range. *Marine Mammal Science.*, 16(2): 447-452.

CARTER, H. R. 2003. Oil and California's seabirds: An overview. *MARINE Ornithology* 31:1-7

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>>. Acesso em agosto de 2014.

CARVALHO, R. R., ANDRADE, L. G., LIMA, I. M. S., MACEDO, H. S., SOUZA, S. C. P., LAILSON-BRITO, J. JR., DORNELES, P. R. & AZEVEDO, A. F., 2009. Fidelidade do boto - cinza (*Sotalia guianensis* Van Bénédén, 1864) a Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.

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.

CASTRO, C. B., 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.anp.gov.br/recifescorais.pdf>. Acesso em setembro de 2015.

CEDRE (Centre de Documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux). Disponível em: <[www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)>. Acesso em setembro de 2015.

CEDRE, 2011. Spills. Disponível em <<http://www.cedre.fr/en/spill/alphabetical-classification.php>>. Acesso em setembro de 2015.

CETESB, 2013. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/Vazamento%20de%20Oleo/238-Marismas>. Acesso em setembro de 2015.

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.

CHEVRON, 2014. Resposta da Chevron no Campo Frade. Disponível em: <<https://www.chevron.com.br/noticias/atuacao-campo-frade.aspx>>. Acesso em setembro de 2015.

CLARKE, P. J. & WARD, T. J., 1994. The response of southern hemisphere saltmarsh plants and gastropods to experimental contamination by petroleum hydrocarbons. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, The Hague, v. 175, n. 1, p. 43-57.

COIMBRA, F. & COSTA, C., 2006. Mapeamento digital dos macrohabitats de dunas e marismas da costa do Rio Grande do Sul através de imagens de satélite e fotografias aéreas. Anais do Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº 398, de 11 de junho de 2008. Revoga a Resolução CONAMA nº293/01 e dispõe sobre o conteúdo mínimo do plano de Emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração.

CONNELL, J. H.; HUGHES, T. P.; WALLACE, C. C., 1997. A 30-year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs* (in press).

CORREDOR, J. E.; MORELL, J. M.; CASTILLO, C. E., 1990. Persistence of spilled crude oil in a tropical intertidal environment. *Marine Pollution Bulletin*, 21: 385-388.

COSTA, C. S. B. & DAVY, A. J. 1992. Coastal salt marsh communities of Latin America. In *Coastal Plant Communities of Latin America*. pp. 179–199. Academic Press, San Diego.

COSTA, C. S. B. & MARANGONI, J. C., 2000. Impacto ambiental do asfaltamento da BR 101 sobre as marismas de São José do Norte (RS, Brasil): Estado atual e efeitos potenciais. *Annals of V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. 10-15 October 2000. Volume I. Publicação ACIESP n. 109- I. São Paulo, ACIESP, 268-291.

COUTINHO, P. N., 1996. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Geológica. Programa REVIZEE. Rio de Janeiro, FEMAR/SERCIM. 79 p.

COUTINHO, R., 1995. Avaliação crítica das causas da zonation dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia brasiliensis*, 1: 259-271.

COUTINHO, R., 2004. Grupo de ecossistemas: costões rochosos. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/meio/guias/sismica/refere/Costoesrochosos.pdf>. Acessado em agosto de 2014.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R., 2009. O Bentos de costões rochosos. In: R. C. Pereira & A. Soares-Gomes (Ed.). *Biologia Marinha* (pp. 281-298). Rio de Janeiro: Interciência.

CPR (COMMITTEE FOR THE PREVENTION OF DISASTERS), 1997. *Methods for Determining and Processing Probabilities “Red Book”*. 2ª edição, Sdu Uitgevers, Netherlands.

CPR (COMMITTEE FOR THE PREVENTION OF DISASTERS), 1999. *Guidelines for Quantitative Risk Assessment “Purple Book”*. 1ª edição, Sdu Uitgevers, Netherlands.

CREMER, M. J. & SIMÕES-LOPES, P. C., 2005. The occurrence of *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d’Orbigny) (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine area of in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3): 717-723.

CUNHA, S. R.; TOGNELLA, M. M. P.; COSTA, C. S. B. Salinity and flooding frequency as determinant of mangrove forest structure in Babitonga Bay, Santa Catarina State, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 39, p. 1175-1180, 2006.

DAURA-JORGE, F. G., WEDEKIN, L. L. & SIMÕES-LOPES, P. C., 2004. Variação sazonal na intensidade dos deslocamentos do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina. *Biotemas*, 17(1): 203 – 216.

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. *Ecological Applications*, 7: 593-613.

DI BENEDITTO A. P. M.; RAMOS R. M. A. 2001. Biology and conservation of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in north of the Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management* 3, 185–192.

DICKS, B. 1999. The environmental impacts of marine oil spills – effects, recovery and compensation. Disponível em: <http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/Papers/environ.pdf>. Acessado em agosto de 2014.

DNV (DET NORSKE VERITAS), 1999. WOAD – World Offshore Accident Database, Statistical Report 1998.

DNV (DET NORSKE VERITAS), 2009. Accident Statistics for Floating Offshore Units on the UK Continental Shelf (1980-2007), preparado para HSE. Noruega.

DNV (DET NORSKE VERITAS), 2013. WOAD – World Offshore Accident Databank 1970 - 2013.

DUKE, N. C. & BURNS, K. A. 1999. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association, Main Report 212 pp. Australian Institute of Marine Science and CRC Reef Research.

DUKE, N. C.; PINZÓN, M.; Z. S.; PRADA, T. M. C. 1997. Large-scale damage to mangrove forests following two large oil spills in Panama. *Biotropica*, 29(1): 2-14.

DUKE, N.; BURNS, K. A. 1999. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association, Main Report 212 pp. Australian Institute of Marine Science and CR Reef Research.

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>. Acessado em agosto de 2014.

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: Novembro de 2015.



- ELMGREN, R.; HANSSON, S.; LARSSON, U.; SUNDELIN, B.; BOEHM, P. D. 1983. The "Tsesis" oil spill: acute and long-term impact on benthos. *Marine Biology*, 73(1): 51-65.
- ENGEL, M. 1996. Comportamento reprodutivo da Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em Abrolhos. *Anais de Etologia*, 14: 275-284.
- ENGEL, M., ROCHA-CAMPOS, C., CÉSAR, F. B. & MARINI-FILHO, O. J., 2006. Brazil progress report on cetacean research, march 2005 to february 2006, with statistical data for the calendar season 2005/06. Disponível em: <https://iwc.int/private/downloads/3wuc6xe6w46cgwoo8o4oowoww/SC-58-ProgRepBrazil.pdf>. Acessado em janeiro de 2015.
- 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.
- 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.
- EVOSTC (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: setembro de 2015.
- FALL, J. A.; FIELDS, 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.
- FLACH, L. 2004. Densidade, tamanho populacional e distribuição do boto-cinza, (*Sotalia guianensis*) (Van Benéden, 1864), na Baía de Sepetiba, estado do Rio de Janeiro. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Zoologia de Vertebrados. 40p.
- FRANCINI, C. L. B, CASTRO, C. B. & PIRES, D. O. 2002. First Record of a reef coral spawning event in the western South Atlantic. *Invertebrate Reproduction & Development*, 42:1, 17-19.
- 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.
- GALAPAGOS, 2013. Disponível em: <http://www.galapagos.to/TEXTS/Jessica.HTM>. Acesso em novembro de 2015.
- GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, A., 1993. Chronic oiling and long-term effects of the 1986 Galeta spill on fringing mangroves. *International Oil Spill Conference Proceedings*, 1993(1): 319-324.
- GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, K. A., 1994. The Galeta oil spill. I. long-term effects on the physical structure of the mangrove fringe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 38: 327-348.



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](http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81). Acessado em agosto de 2014.

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION). 2007. Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities. Rep. Stud. GESAMP No. 75, 96 pp

GETTER, C. D.; CINTRON, G.; DICKS, B.; LEWIS, R. R.; SENECA, E. D. 1984. The recovery and restoration of saltmarshes and mangrove following an oil spill. In: Restoration of habitats impacted by oil spills. Butterworth. Boston. pp. 65-113.

GETTER, C. D.; LEWIS, R. R., 2003. Spill response that benefits the long-term recovery of oiled mangroves. International Oil Spill Conference Proceedings: 539-550.

GILFILLAN, E. S.; PAGE, D. S.; GERBER, R. P.; HANSEN, S.; COOLEY, J.; HOTHAM, J., 1981. Fate of the Zoe Colocotroni oil spill and its effects on infaunal communities associated with mangroves. International Oil Spill Conference Proceedings: Vol. 1981, No. 1.

GONÇALVES, L. R., 2006. Ocorrência, Distribuição e Comportamento de baleias-de-Bryde em zona costeira e oceânica do sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Comportamento e Biologia Animal, Universidade Federal de Juiz de Fora, 100 p.

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.

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., 1978. Vulnerability of Coastal Environments to Oil Spill Impacts. Marine Technology Society Journal, 12(4): 18-27.

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. 79p.

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.

HARDT, F. A. S., 2005. Padrões de residência do golfinho *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina, Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Federal do Paraná. 120 p.

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. 2002. Recovery of polluted ecosystems: the case for long-term studies.

HESTER, M. W. & MENDELSSOHN, I. A. Long-term of a Louisiana brackish marsh plant community from oil-spill impact: vegetation response and mitigating effects of marsh surface elevation. *Marine Environmental Research*. v. 49, n. 3. p. 233-254, 2000.

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, G. 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.

HJERMANN, D. O.; MELSOM, A.; DINGSOR, G. E.; DURANT, J. M.; EIKESSET, 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.

HORN FILHO, N.O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de. 2000. Ilha de Santa Catarina, SC - Brasil: 88km de praias arenosas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS, Itajaí, 2000. Resumos... Itajaí: UNIVALI, p.164-165

HOUGHTON, J. P.; LEES, D. C.; DRISKELL, W. B.; LINDSTROM, S. C.; MEARN, A. J. 1996. Recovery on Price William Sound intertidal epibiota from Exxon Valdez oiling and shoreline treatments, 1989 through 1992. In: *Proceedings of the Exxon Valdez Oil Spill Symposium*. RICE, S. D. (ed.) R. B. pp. 379-411.

HSE (Health & Safety Executive), 2002. *Offshore Hydrocarbon Releases Statistics (2001)*.

HYDRO/KERRMCGEE/ENSR/AECOM. 2006. *Estudo de Impacto Ambiental, Bloco BM-C-7*.

ICMBio/MMA (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2011a. Plano de ação nacional para conservação de mamíferos aquáticos: Pequenos cetáceos. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2011.

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE)/MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2015b. *Conservação da biodiversidade na zona costeira e marinha de Santa Catarina*. 36p.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000. *Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries*. Ipieca Report Series, V.8. 28 p.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 1993. *Dispersants and Their Role in Oil Spill Response*. IPIECA Report Series. V.5.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000a. *Biological Impacts of Oil Pollution: Sedimentary Shores*. Ipieca Report Series. V.9.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 1996. Biological impacts of oil pollution: Rocky shores. IPIECA Report Series. London, United Kingdom. Vol. 7. 24 p.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000b. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. Ipieca Report Series, V.8. 28 p.

IPIECA, 1992 - IPIECA- INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. 1992. Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs. IPIECA Report Series. V. 3.

IPIECA. 2000. Biological Impacts of Oil Pollution: Sedimentary Shores. Ipieca Report Series. V.9.

IPIECA. Biological impacts of oil pollution: Saltmarshes. Inglaterra: IPIECA Report Series, v. 6, 1994.

IPIECA. Choosing spill response options to Minimize Damage. IPIECA Report Series, v. 10, 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 (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). Disponível em: [www.itopf.com](http://www.itopf.com). Acesso em novembro de 2015.

ITOPF. 2004. Oil Spill Effects on Fisheries. Technical Information Paper Nº 3. 8p.

ITOPF. 2010a. Case Histories. Disponível em <http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/case-histories>. Acessado em setembro de 2014.

ITOPF. 2010b. Handbook 2014/2015. 52 p. Disponível em: [www.itopf.com](http://www.itopf.com). Acessado em setembro de 2014.

IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE), 2015. World Conservation Union, Conservation International & NatureServe- IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acessado em janeiro de 2015.

JACKSON, J. B. C.; CUBIT, J. D.; KELLER, B. D.; BATISTA, D.; BUMS, K.; CAFFEY, H.M.; CALDWELL, R. L.; GARRITY, S. D.; GETTER, C. D.; GONZALEZ, C.; GUZMAN, H.M.; KAUFMANN, K.W.; KNAP, A. H.; LEVINGS, S.C.; MARSHALL, M. J.; STEGER, R.; THOPMSON, R.C.; WEIL, E., 1989. Ecological Effects of a Major Oil Spill on Panamanian Coastal Marine Communities. *Science*, New Series, vol. 243, nº. 4887, 37-44.

JACOBI, C. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1990. Oil spill in mangroves: a conceptual model based on long-term field observations. *Ecological Modelling*, 52: 53-59.

JAMES, M. C. & HERMAN, T. B. 2001. Feeding of *Dermochelys coriacea* on medusa in the northwest Atlantic. *Chelonia Conservation and Biology*, 4: 202-205.

- 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.
- KELLER, B. D.; JACKSON, J. B. C., 1993. 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.
- 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, Metairie, LA. 42pp.
- KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N., 1997. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic Brazil: an atoll built primary by coralline algae. Pp. 731-736. Proc. VIII Coral Reef Symp. v. 1.
- KILCA, R. C.; COSTA, M. P.; ZANINI, R. R.; CARVALHO, F. A.; COSTA, A. F., 2010. Estrutura de manguezais sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe, Brasil. *Pesquisas, Série Botânica*, 61: 171-189.
- KINGSTON, P. F. 2002. Long-term Environmental Impact of Oil Spills. *Spill Science & Technology Bulletin*, 7(1-2): 53-61.
- KINGSTON, P.F.; RUNCIMAN, D.; McDOUGALL, J., 2002. Oil contamination of sedimentary shores of the Galápagos Islands following the wreck of the Jessica. In: LOUGHEED, L. W.; EDGARD, G. J.; SNELL, H. L. (eds.). *Biological Impacts of Jessica Oil Spill on the Galápagos Environment. Final Report V.1.10*. Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. Pp. 95 – 106.
- KM/ENSR INTERNATIONAL, 2005. Relatório de Controle Ambiental Bloco BM-C-30.
- KOTTA, J.; APS, R.; HERKÜL, K., 2008. Predicting ecological resilience of marine benthic communities facing a high risk of oil spills. *Environmental Problems in Coastal Regions, VII. Transactions on the Built Environment*, vol. 99: 101-110.
- LEÃO, Z. M. A. M., 1994. The coral reefs of Southern Bahia. Pp. 151 – 159. In: Hetzel, B. & Castro, C. B. *Corals of Southern Bahia*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 189 p.
- LEÃO, Z. M. A. N., 1982. Morphology, geology, and developmental history of the southernmost coral reefs of West ern Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Ph.D. Dissertation. University of Miami, Miami. 218 pp.
- LEÃO, Z. M. A. N., 1996. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *An. Acad. bras. Ci.* 68(3): 339-452.
- LEE, K., & LEVY, E. M., 1991. Bioremediation: waxy crude oils stranded on low-energy shorelines. In *Proceedings of 1991 International Oil Spill Conference (American Petroleum Institute Publication No. 4529)*. Washington DC (pp. 541±547).
- LEGORE, S., MARSZALEK, D.S., DANKE, L.J., TOMLINSON, M.S., HOFMANN, J.E., CUDDEBACK, J.E., 1989. Effect of chemically dispersed oil on Arabian gulf corals: a field experiment. *Proceedings of the 1985 Oil Spill Conference*, 375-380. API Publication No. 4479, American Petroleum Institute, Washington D.C.

LEVINGS, S. C.; GARRITY, S. D.; BURNS, K. A. 1994. 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.*, 38: 365-395.

LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L., 2011. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 159: 2328-2346.

LODI, L., 2003a. Seleção e uso do hábitat pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, estado do Rio de Janeiro. *Bioikos*, 17 (1/2): 5-20.

LOEBMANN, D.; LEGAT, J. F. A.; PUCHNICK LEGAT, A.; CAMARGO, R. C. R.; ERTHAL, S.; SEVERO, M. M.; GÓES, J. M., 2008. *Dermochelys coriacea* (Leatherback Sea Turtle). Nesting. **Herpetological Review**, Salt Lake City, v. 39, n. 1, p. 81-81

LOPES, C. F., 2007. Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação - São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 120 p.

LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; PROSPERI, V. A.; ZANARDI, E. & TRUZZI, A. C., 1997. Coastal monitoring program of São Sebastião Channel: Assessing the effects of TEBAR V oil spill on rocky shore populations. *Marine Pollution Bulletin*, 34(11): 923 – 927.

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.

LUISELLI, L & AKANI, G. C., 2003. An indirect assessment of the effects of oil pollution on the diversity and functioning of turtle communities in the Niger Delta, Nigeria. *Animal Biodiversity and Conservation*, 26.1: 57 – 65.

LUIZ JR., O. J.; CARVALHO-FILHO, A.; FERREIRA, C. E. L.; FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L. & SAZIMA, I., 2008. The reef fish assemblage of the Laje de Santos Marine State Park, Southwestern Atlantic: annotated checklist with comments on abundance, distribution, trophic structure, symbiotic associations, and conservation. *Zootaxa*, 1807: 1-25.

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.

LUTZ, P. L.; LUTCAVAGE, M. E., 2010. The effects of petroleum on sea turtles: applicability to Kemp's ridley. Disponível em <http://mdl.csa.com>. Acessado em agosto de 2014.

MAGRIS & BARRETO, 2010. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Science*, 5: 546-556.

MARANGONI, J. C. & COSTA, C. S. B. Natural and anthropogenic effects on salt marsh over five decades in the patos lagoon (Southern Brazil). *Braz. j. oceanogr.* 2009, v.57, n.4, pp. 345-350 .



- MARCHIORO, G. B.; NUNES, M. A., 2003. In: DUTRA, G. F., MOURA, R. L. (eds.), Avaliação de Impactos da Exploração e Produção de Hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e Adjacências. 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.
- 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., 2007. Fifteen years of Hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting in Northern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(2): 223-228.
- MÁRQUEZ, M. R., 1990. FAO species catalogue. Vol.11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO fisheries Synopsis n. 125, v. 11. Rome, FAO. 81 p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCANJO, J. D. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). *An. Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 68, n 3, p. 389-404, feb. 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.
- MARTINS, C. C. A.; MORETE, M. E.; ENGEL, M. H. FREITAS, A. C.; SECCHI, E. R.; KINAS, P. G., 2001. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47(2): 563-570.
- MARTINS, C. C. A., 2004. O uso de sistema de informações geográficas como ferramenta na identificação de áreas prioritárias para a conservação da população de baleia jubarte, *Megaptera novaeangliae*, em seu sítio reprodutivo na costa leste do Brasil. 119 p. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- MASCARELLI, A., 2010. Deepwater horizon: after the oil. *Nature*, 467, 22-24.
- MATKIN, C. O. ; SAULITIS, E., 1997. KillerWhale - *Orcinus orca*. Restoration Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. 12 pp.
- MATKIN, C. O.; SAUTILIS, E. L.; ELLIS, G. M.; OLESIU, P.; RICE, S. D., 2008. Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus orca* following the 'Exxon Valdez' oil spill in Prince William 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](http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/RN_orca.pdf)>. Acesso em: Novembro de 2015.



- MATUELLA, B. A., 2007. O efeito de um derramamento de óleo na abundância e estrutura populacional de *Excirrolana armata* (Dana, 1853) em duas praias da Ilha do Mel, PR. Dissertação de Mestrado. UFPR. 78 pp.
- MEAGHER, L., 2010. How Compounds left by oil spills affect marine life in estuaries. Disponível em: <https://suite.io/linda-sue-meagher/3mxx2ss>. Acessado em 2014.
- MELLO, C. F.; MOCHEL, F. R. 2013. Diagnóstico para avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira-estuarina dos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá.
- MELVILLE, F.; ANDERSEN, L. E.; JOLLEY, D. F., 2009. The Gladstone (Australia) oil spill – Impacts on intertidal areas: Baseline and six months post-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 58(2): 263-271.
- MENGE, B. A.; BERLOW, E. L.; BLANCHETTE, C. A.; NAVARETTE, S. A.; YAMADA, S. B. 1994. The keystone species concept: variation in interaction strength in an rocky intertidal habitat. *Ecological Monographs*, 249: 249-286.
- MEYLAN, A. B. & DONNELLY, M., 1999. Status justification for listing the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) as critically endangered on the 1996 IUCN Red List of Threatened Animals. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(2): 200-224.
- MILANELLI, J. C. C., 1994. Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em costão rochoso da Praia de Baraqueçaba, São Sebastião, SP. 1994. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo. 1994.
- MILLE, G.; MUNOZ, D.; JACQUOT, F; RIVET, L; BERTRAND, J. C., 1998. The Amoco Cadiz oil spill: Evolution of petroleum hydrocarbons in the Ile Grande Salt Marshes (Brittany) after 13-year period. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. V. 47, n. 5, p 547-559.
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Portaria MMA nº 444 e Portaria MMA nº 445 de 17 de dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html?start=250>. Acessado em janeiro de 2015.
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2001. Especificação e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo. 20 p.
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2007a. 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.
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2007b. Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos, 2007. Douglas, F. M. Gherardi, Alexandre, P. Cabral – Coordenadores. – Brasília: MMA, SMCQ.
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2012. Proposição de Unidades de Conservação na Região dos Abrolhos. Documento-Base. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Propostas\\_UCs\\_Banco\\_Abrolhos\\_0512\\_novo2.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Propostas_UCs_Banco_Abrolhos_0512_novo2.pdf). Acessado em agosto de 2015.

MMA/ICMBio (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE), 2011b. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos Aquáticos - Grandes Cetáceos e Pinípedes. Série espécies ameaçadas Nº 14. 156 p.

MMA/SBF (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS), 2002. Monitoramento dos Recifes de coral do Brasil – Situação Atual e Perspectivas. 22 p.

MOLISANI, M. M.; SALOMÃO, M. S. M. B.; OVALIE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; CARVALHO, C. E. V., 1999. Heavy metals in sediments of the Lower Paraíba do Sul River and estuary, R.J., *Brazil. Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 63:682-690, 1999.

MONTEIRO, A. G., 2003. Metodologia de avaliação de custos de ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE. COPPE/UFRJ. 271pp.

MORENO, R., JOVER, L., DIEZ, C., SARDÀ, F. & SANPERA, C., 2013. Ten years after the Prestige oil spill: seabird trophic ecology as indicator of long-term effects on the coastal marine ecosystem. *PLoS ONE* 8(10): e77360.

MORENO, T. R.; ROCHA, R. M., 2012. Ecologia de costões rochosos. *Estud. Biol., Ambiente Divers.*, 34(83): 191-201.

MORETE, M. E.; FREITAS, A. C.; ENGEL, M. H.; PACE, R.; CLAPHAM, P. J., 2003. A Novel Behavior Observed In Humpback Whales On Wintering Grounds At Abrolhos Bank (Brazil). *Mar. Mam. Sci.* 19(4): 694-707.

MORRELL, S. L., 1998. Sea Empress rocky shore assessment/monitoring: dale Fort Field Centre permanent transects and rocky pool studies. CCW Sea Empress Contract Report. 118 p.

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. 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.

MUEHE D., LIMA C.F., LINS-DE-BARROS F. M., 2006. Rio de Janeiro. *In: Ministério do Meio Ambiente, MMA/Brasília. Programa de Geologia e Geofísica Marinha - PGGM (eds). Erosão e Progradação do litoral brasileiro. Dieter Muehe (organizador). Brasília, 256-296p.*

NACINOVIC, J. B. Aves marinhas na Bacia de Campos. Série Guias de Campo: Fauna Marinha da Bacia de Campos. Rio de Janeiro, GEMM Lagos. FIOCRUZ, 60p. 2005.

NADEAU, R. J.; BERQUIST, E. T., 1977. 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.*

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2003. Committee on Oil in the sea: Inputs, Fates and Effects. The National Academic Press. 280 p.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION), 2001. Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations. 80pp.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION), 2002. Oil spill in mangroves. Planning and response considerations. Disponível em: <http://www.response.restoration.noaa.gov>. Acessado em agosto de 2014.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION), 1994. Oil and Hazardous Materials Response Reports, October 1992-September 1993. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. 128 pp.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2005. An introduction to coastal habitats and biological resources for oil spill response. Report No HMRAD 92-4. 42p.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2010a. Oil Spill in Coral Reefs – Planning e Response Considerations. 82 p.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2010b. Impacts of Oil on Marine Mammals and Sea Turtles. US Department of Commerce. National Marine Fisheries Service. Disponível em: [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov). Acessado em setembro de 2015.

NOAA, 2012 (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). Disponível em: <http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/coral-reef-spills.html>.

NOERNBERG, M. A.; LANA P. C. A Sensibilidade de Manguezais e Marismas a impactos por óleo: fato ou mito? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. Geografares, Vitória, nº 3, jun. 2002.

ODUM, E. P., 1997. *Fundamentos de Ecologia*. Fundação Calouste Gulbernkian, Lisboa: 927 p.

OIL & GAS UK (The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association Limited), 2009. Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990 – 2007.

OTITOLOJU, A. A.; ARE, T.; JUNAID, K. A., 2007. Recovery assessment of a refined-oil impacted and fire ravaged mangrove ecosystem. Environ. Monit. Assess., 127: 353-362.

PAINE, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. American Naturalist, 100: 65-75.

PANITZ, C. M. N.; LACERDA, L. D.; ESTEVES, F. A.; NOVELLI, Y. S.; SCHWARZBOLD, A.; WURDIG, N. L. & PORTO, M. L. 1994. Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil – Lagoas Costeiras, Manguezais, Marismas, Dunas e Restingas. Vol. VII.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A., 2002. Biologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência. 382 p.

- PERILLO, G. M. E., 1995. Definitions and geomorphologic classification of estuaries. In: Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Chapter 2. Developments in *Sedimentology*, 53: 17-47.
- 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.
- PINEDO, M. C.; PRADERI, R.; BROWNELL, R. JR., 1989. Review of the biology and status of the franciscana *Pontoporia blainvillei*. In: Biology and Conservation of the River Dolphins. (eds. W. F. PERRIN; R. L. BROWNELL; Z. KAIYA; L. JIANKANG.) pp. 46–51. Occasional Papers. IUCN SSC 3, Gland.
- PITT, R. Civil, Construction and Environmental Engineering, University of Alabama. Disponível em: <<http://rpitt.eng.ua.edu>>. Acesso em novembro de 2015.
- PIVARI, D., 2004. Caracterização das emissões sonoras de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853 (Cetacea, Delphinidae) durante o comportamento alimentar em duas praias do estuário de Cananéia, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. 121 p.
- PROJETO BALEIA FRANCA, 2015. Disponível em: <http://www.baleiafranca.org.br/oprojeto/oprojeto.htm>. Acesso em janeiro de 2015.
- PROJETO BOTO-CINZA, 2015. Disponível em: <http://institutobotocinza.org/>. Acesso em janeiro de 2015.
- QUITO, L., CORRÊA, A. A., & GROCH, K. R., 2008. Ocorrência de baleias- francas-austrais na enseada da Ribanceira e Ibiraquera (Imbituba – SC), temporada reprodutiva de 2007. In: XX Semana Nacional de Oceanografia.
- 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.
- REMANE, A.; SCHLIEPER, C., 1971. Biology of brackish water. New York. John Wiley and Sons, Inc., 1-372p.
- RODINI, J. D. & NETTO, S. A., 2009. Impacto de macropredadores sobre a estrutura dos nematoda de marismas de spartina alterniflora no Sistema Estuarino de Laguna (SC). Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.
- RODRIGUES, F. O.; MOURA, D. O.; LAMPARELLI, C. C., 1989. Efeitos do óleo nas folhas de mangue. *Ambiente*, 3: 36-45.
- RSC (ROYAL SOCIETY OF CANADA), 2004. Report of the Expert Panel on Science Issues Related to Oil and Gas Activities, Offshore British Columbia.
- SABA, V. S.; SPOTILA, J. R., 2003. Survival and behaviour of freshwater turtles after rehabilitation from an oil spill. *Environmental Pollution*, 126: 213-223.

- 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, G. M. A.; QUARESMA, A. C.; BARATA, R. R.; MARTINS, B. M. L.; SICILIANO, S.; SILVA-JR., J.S.; EMIN-LIMA, R., 2012. Etho-ecological study of the Amazon River dolphin, *Inia geoffrensis* (Cetacea: Iniidae), and the dolphins of the genus *Sotalia* (Cetacea: Delphinidae) in Guamá River, Amazonia. *Marine Biodiversity Records*, (5)23: 1-5p.
- SANTOS, M. C. O. & ROSSO, S., 2007. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) based on group size and composition in the Cananéia estuary, Southeastern Brazil, *LAJAM*, 6(1): 71-82.
- SCANDPOWER, 2006. Blowout and Well Release Frequencies – Based on SINTEF Offshore Blowout Database, 2005.
- SCHULER, P. A.; BACA, B., 2007. Net Environmental Benefit Analysis (NEBA) of dispersed oil versus non-dispersed oil on coastal ecosystems & wildlife utilizing data derived from 20-year TROPICS study.
- SERPE, F. R.; ADLOFF, C. T.; CRISPIM, M. C.; ROCHA, R. M., 2010. Comunidade zooplânctônica em um estuário hipersalino no Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca*, 5(3): 51p.
- 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., MORENO, I. B., SILVA, E. D. & ALVES, V. C., 2006. Baleias, botos e golfinhos na Bacia de Campos. Série (Guias de Campo Fauna Marinha da Bacia de Campos). ENSP/FIOCRUZ. 100 p.
- SICK, H., 1997. Ornitologia brasileira: uma introdução. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- SIGRIST, T., 2009. Guia de campo avis brasiliis - Avifauna Brasileira: descrição das espécies. São Paulo: Avis Brasilis. 600 p.
- 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.
- SIMMAM (SISTEMA DE MONITORAMENTO DE MAMÍFEROS MARINHOS), 2015. Disponível em: [http://simmam.acad.univali.br/site/?page\\_id=60](http://simmam.acad.univali.br/site/?page_id=60). Acesso em fevereiro de 2015.
- SIMÕES-LOPES, P. C., 1987. Sobre a ampliação da distribuição do gênero *Sotalia*, Gray 1986 (Cetacea, Delphinidae) para águas do estado de Santa Catarina, Brasil. In: 2ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul. Anais. Rio de Janeiro, p. 87-88.
- SMITH, S. D. A.; SIMPSON, R. D., 1998. Recovery of benthic communities at Macquarie Island (sub-Antarctic) following a small oil spill. *Marine Biology*, Vol. 131, 3a edição, 567 – 581 pp.



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. 1996. 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 pp.

SOARES, M. L. G., 2003. 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.

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., 2006. Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): Resultados de 5 anos de monitoramento. *Geochemica brasiliensis*, 20(1): 38-61.

SORIANO-SIERRA, E. J., 1999. Ecossistemas de marismas da Lagoa da Conceição. III. A Produção Primária. Cap. 11: 185-198. In: B. Sierra de Ledo & E. J. Soriano-Sierra (Ed.). *O Ecossistema da Lagoa da Conceição*. NEMAR/CCB/UFSC. SDM/FEPEMA. Florianópolis, Brasil.

SOTO, J. M. R.; BEHEREGARAY, R. C. P.; REBELLO, R. A. R. P., 1997. Range extension: nestin by *Dermochelys* and *Caretta* in Southern Brazil. *Marine Turtle Newsletter*, 77: 6-7.

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. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35: 682-706.

SOUZA, M. L. R., FALKENBERG, D. B., AMARAL, L. G., FRONZA, M., ARAUJO, A. C. & SÁ, M. R., 1993. Vegetação do pontal da Daniela, Florianópolis, SC, Brasil. II. Fitossociologia do manguezal. *Ínsula* 22:107-142.

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](http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81). Acesso em agosto de 2014.

STIRLING, H. P., 1977. Effects of a spill of marine diesel oil on the rocky shore fauna of Lamma Island, Hong Kong. *Environ Pollut.*, 12: 93-117.

TAYLOR, M.; PLATER, B., 2001. Population 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.

The biology of sea turtles. Raton, fla.: cRc Press. p. 199-231, 1997.

BOLICO, C. F.; OLIVEIRA, E. A.; GANTES, M. L.; DUMONT, L. F. C.; CARRASCO, D. S. D'INCAO, F., 2012. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de Duas Marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS:



Diversidade, Flutuação de Abundância e Similaridade como Indicadores de Conservação. 2012. EntomoBrasilis, v.5, n.1, pp. 11-20.

UFBA (UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA), 2013. Disponível em <http://www.zonacosteira.bio.ufba.br/marismas.html>. Acesso em agosto de 2013.

USEPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 2004. Guidelines for the bioremediation of oil-contaminated salt marshes. EPA/600/R-04/074. Washington D.C. 61 pp.

VALE, C. C.; FERREIRA, R. D., 1998. Os manguezais do litoral do Estado do Espírito Santo. Pp. 88-94. In: Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. São Paulo, ACIESP, v. I.

WANG, Z.; FINGAS, M.; OWENS, E. H.; SIGOUIN, L. & BROWN, C. E., 2001. Long-term fate and persistence of the spilled Metula oil in a marine salt marsh environment degradation of petroleum biomarkers. Journal of Chrom. A 926:275–290.

WARD, G.; BACA, B.; CYRIACKS, W.; DODGE, R.; KNAP, A. 2003. 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. No. 1, pp. 259-27.

WASSERMAN, J. C.; CRAPEZ, M. A.; FILGUEIRAS, C. M.; BISPO, M. G. S., 2002. Efeitos da poluição por óleo em sedimentos da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Rio de Janeiro. IBAMA. Brasília, DF.

WEDEKIN, L. L., 2011. Ecologia populacional da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na costa do Brasil, Oceano Atlântico Sul. 2010. 144 p. Tese em Zoologia. Universidade Federal do Paraná.

WHITE, I.; BAKER, J., 1998. The Sea Empress oil spill in context. In: Proceeding of International Conference on the Sea Empress Oil Spill. Pp 11-13.

WIENS, J. D., 2004. Post-fledging survival and natal dispersal of northern goshawks in Arizona. Thesis, Master of Science. Colorado State University. Disponível em: [http://www.fs.fed.us/rmrs/docs/pubs/northern-goshawk/rmrs\\_2004\\_wiensj001.pdf](http://www.fs.fed.us/rmrs/docs/pubs/northern-goshawk/rmrs_2004_wiensj001.pdf). Acessado em setembro de 2014.

WILLIAMS, R.; GERO, S.; BEJDER, L.; CALAMBOKIDIS, J.; KRAUS, S. D.; LUSSEAU, D., READ, A., & ROBBINS, J., 2011. Underestimating the damage: interpreting cetacean carcass recoveries in the context of the Deepwater Horizon/BP incident. Conservation Letters, (4): 228-233.

WITT, M. J.; BRODERICK, A. C.; JOHNS, D. J.; MARTIN, C.; PENROSE, R.; HOOGMOED, M. S. & GODLEY, B. J., 2007. Prey landscapes help identify potential foraging habitats for leatherback turtles in the NE Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 337: 231-244.

WOLFF, W., 1983. Estuarine benthos. In: Ketchum B. H. (ed), Ecosystems on the world. Estuaries and enclosed seas. *Elsevier*: Amsterdam, 26: 337-374p.

WOLINSK, A. L. T. O., 2009. Efeitos do derrame experimental de óleo Bunker mf-180 em marismas da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). Dissertação (Mestrado em Ciências) - Pós-graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 73f.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: KOMAR, P. D. (ed.). Handbook of Coastal Process and Erosion. CRC Press, Boca Raton, 35-66.

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.; STANZEL, K.; LLOYD, A., 2008. Impacts and response challenges of the tanker Solar 1 oil spill, Guimaras, Philippines: Observations of international advisors. *In*: Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference, 77-82.

YENDER, R.A.; MEARNES, 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.

ZANELLATO, R. C., 2001. Dieta do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae), no Complexo Estuarino da baía de Paranaguá e sua relação com a ictiofauna estuarina. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 73 p.

ZANIN, V. T. C., 2003. Aspectos ecológicos da marisma da enseada de ratones, Ilha De Santa Catarina, SC. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina - Santa Catarina. 129f.

ZERBINI, A. N.; SICILIANO, S.; PIZZORNO, J. L. A., 1999. Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha: diagnóstico para mamíferos marinhos. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/brasilrounds/round8/round8/guias\\_r8/perfuracao\\_r8/%C3%81reas\\_Priorit%C3%A1rias/Mamiferos\\_marinho\\_s.pdf](http://www.anp.gov.br/brasilrounds/round8/round8/guias_r8/perfuracao_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/Mamiferos_marinho_s.pdf). Acesso em setembro de 2015.