

6.3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POTENCIAIS

O dimensionamento e a avaliação da viabilidade ambiental de atividades petrolíferas, independentemente da região onde serão implantadas, devem levar em consideração, além de seu desenvolvimento normal, os riscos inerentes ao processo como um todo.

Neste contexto, é apresentada, neste item, a avaliação dos impactos potenciais da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, na Bacia do Pará-Maranhão. Para tanto, foram considerados dois cenários de pior caso de derramamento acidental de óleo, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº 398/2008 e apresentado no relatório da modelagem de derramamento, no Anexo 6-1 deste documento.

6.3.1. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada para a avaliação dos impactos ambientais oriundos de um derramamento acidental de óleo na Bacia do Pará-Maranhão assemelha-se à adotada para a avaliação de impactos ambientais das atividades normais de instalação, perfuração e desativação, apresentada no item 6.2, porém, com adequações associadas essencialmente à natureza das fontes geradoras dos impactos.

Nesse processo, são necessários os seguintes subsídios para a identificação dos impactos potenciais: (i) resultados das simulações de pior caso de derramamento de óleo, apresentados no Anexo 6-1; (ii) descrição das características físico-químicas do óleo e seu comportamento no ambiente marinho (item 6.3.3), e (iii) caracterização ambiental da área possivelmente afetada por um acidente desta natureza, conforme pode ser observado no esquema a seguir.

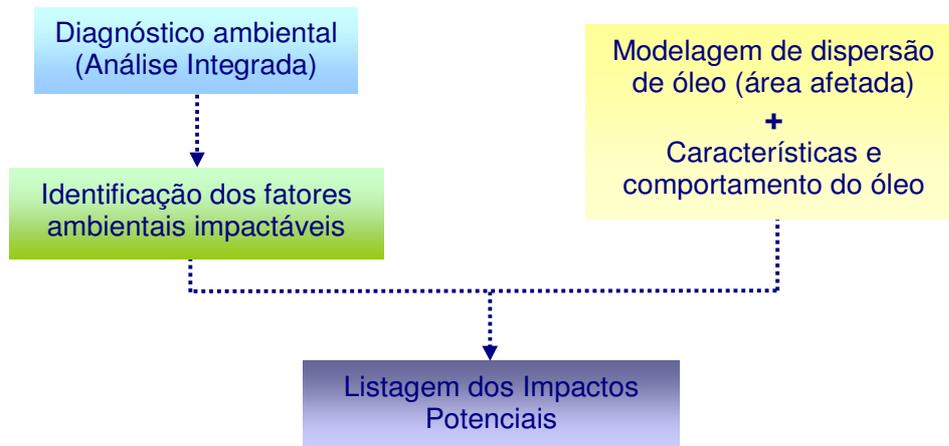


Figura 6.3.1-1. Representação esquemática dos procedimentos metodológicos da etapa de identificação dos impactos potenciais.

Para a identificação dos impactos potenciais decorrentes de um incidente de derramamento de óleo oriundo da atividade de perfuração, optou-se por utilizar dois níveis hierárquicos distintos como indicadores de impacto, conforme proposto por Farah (1993). Neste contexto, os impactos potenciais foram avaliados ora incidentes nos *componentes ambientais*, ora incidentes nos *fatores ambientais*, sendo aqui representado pelos recursos ambientais utilizados para a avaliação dos impactos reais (qualidade do ar, biota marinha, atividades pesqueiras etc).

Esta metodologia foi utilizada com o objetivo principal de evitar um grande número de impactos para avaliar cada fator ambiental dos diversos componentes ambientais presentes na região.

Esta primeira etapa foi desenvolvida através, principalmente, da utilização de estudos de caso de derramamentos de óleo, listagens de controle, opiniões de especialistas e revisões de literatura.

A avaliação dos impactos reais, apresentada no item 6.2 deste documento, trata essencialmente de ações planejadas, em sua maioria implementadas em um horizonte temporal associado à duração do Projeto. São ainda ações inerentes e absolutamente necessárias ao desenvolvimento da atividade de perfuração. Assim, critérios como natureza ou qualificação (positivo ou negativo) se aplicam neste caso, na medida em que as fontes geradoras (aspectos) e as suas repercussões no ambiente (impactos) são bastante diversificadas.

No caso de um derramamento de óleo, todos os impactos ambientais decorrentes podem ser considerados negativos. Além disso, quanto à sua frequência, um evento acidental de derramamento muitas vezes corresponde a uma representativa alteração ambiental em um curto intervalo de tempo.

Tendo em vista esses fatores, para a avaliação da importância dos impactos ambientais do derramamento acidental de óleo, foram adotados os seguintes critérios, também definidos e caracterizados no item 6.2.1 (Procedimentos Metodológicos), a saber: **incidência, abrangência espacial, permanência ou duração, momento, grau de reversibilidade e magnitude.**

Os impactos que reúnem características que indicam alto potencial de alteração do meio foram avaliados como de alta magnitude. Impactos de média ou baixa magnitude representam potenciais de alteração gradativamente menores.

Da mesma forma que na avaliação dos impactos reais, foi considerado também o caráter estratégico dos impactos. Foram avaliados como **estratégicos** aqueles impactos que incidem sobre o recurso ou componente ambiental de relevante interesse coletivo ou nacional (FEEMA, 1997).

A **importância** do impacto (**pequena, média ou grande**), que corresponde às características do ambiente receptor, ou do fator ambiental afetado, foi avaliada através de critérios gerais – **caráter estratégico e cumulatividade** – e específicos, indicados na descrição de cada impacto.

O **grau de significância** dos impactos, categorizado em **leve, moderado, severo ou crítico**, foi avaliado levando-se em consideração a interação entre (Lawrence, 2005):

- a. as características dos impactos, que correspondem a sua *magnitude, permanência, momento, abrangência espacial, reversibilidade, incidência e qualificação*; e
- b. as características do ambiente receptor, ou do fator ambiental afetado, que correspondem a sua *importância*, avaliada através de critérios gerais – *caráter estratégico e cumulatividade* – e específicos, indicados na descrição de cada impacto.

A avaliação global dos impactos ambientais de situações de derramamento acidental de óleo, por sua vez, torna-se mais complexa, na medida em que cria a necessidade de se conjugar critérios de probabilidade e severidade às alterações ambientais decorrentes, conforme descrito no subitem 6.3.5.

Tendo em vista todos esses fatores, apresentam-se a seguir a identificação e avaliação dos impactos ambientais considerados relevantes, decorrentes de um evento acidental envolvendo derramamento de óleo, referente à descarga de pior caso, os quais se encontram sintetizados no item Síntese Conclusiva dos Impactos Potenciais (6.3.5) e na Matriz de Avaliação dos Impactos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro 6.3.5-1).

6.3.2. Identificação dos Impactos Potenciais

A seguir, apresenta-se uma síntese do aspecto (pior caso de derramamento de óleo) e as listas dos componentes e dos fatores ambientais afetados por este aspecto. Em seguida, encontram-se listados os impactos potenciais identificados.

a) Aspecto

Na análise dos impactos potenciais, foi considerado um único aspecto: a possibilidade do derramamento acidental de óleo envolvendo o cenário de pior caso.

O cenário crítico considerado nesta avaliação de impactos teve como base a simulação probabilística de um evento de *blowout*, seguido de vazamento de 9.900 m³m³ com duração de 30 dias de vazamento mais 30 dias de dispersão, totalizando 60 dias simulados, a partir de poços de maior surgência, além de serem considerados outros parâmetros tais como, menor distância da costa e dinâmica oceanográfica.

Foram simulados diversos cenários, considerando as condições sazonais de inverno (junho a agosto) e verão (janeiro a março). No caso de um derramamento acidental, foi registrado que a área de abrangência da pluma de dispersão do óleo é consideravelmente maior nas condições de inverno (pior caso), quando comparada às condições de verão.

Os resultados do cenário probabilístico de pior caso mostram que para condições de verão, o óleo pode atingir desde Turiaçu – MA até Chaves – Pará. A região que tem probabilidade de presença de óleo 100-90% encontra-se entre Bragança e Viseu – PA. O Banco do Álvaro pode ser atingido pelo óleo com 100-90% de probabilidade, enquanto o Banco do Tarol de 5-0% de probabilidade. O tempo mínimo de toque na costa, nesse cenário ocorreu entre 100-200 horas, na região entre Viseu – PA e Turiaçu - MA. A Ilha de Marajó foi atingida com o tempo mínimo de 500-600 horas. O Banco do Álvaro tem o tempo mínimo de chegada de óleo de 36-60 horas e o Banco do Tarol de 60-100 horas após o início do vazamento.

Para o cenário de inverno a extensão de costa com probabilidade de presença de óleo abrangeu desde Chaves – PA à Cândido Mendes – MA. Os municípios de São João de Pirabas até Bragança apresentaram a maior probabilidade, 100-90%. Assim como no cenário de verão o Banco do Álvaro pode ser atingido pelo óleo com 100-90% de probabilidade. No cenário de inverno o tempo mínimo de chegada de óleo é igual a do cenário de verão, 100-200 horas. Os

municípios que podem ser atingidos nesse intervalo de tempo estão entre Viseu – PA e Godofredo Viana – MA. O Banco do Álvaro tem o tempo mínimo de chegada de óleo de 12-36 horas.

◆ Fatores Ambientais Afetados

- *Meio Físico*

- ↳ Qualidade do ar
- ↳ Qualidade da água
- ↳ Qualidade do sedimento

- *Meio Biótico*

- ↳ Unidades de Conservação
- ↳ Praia arenosas
- ↳ Costões rochosos
- ↳ Manguezais, marismas e apicuns
- ↳ Estuários, lagoas costeiras e deltas de rios
- ↳ Áreas de restingas
- ↳ Comunidade planctônica
- ↳ Comunidade nectônica
- ↳ Comunidade bentônica
- ↳ Mamíferos marinhos e quelônios
- ↳ Aves Marinhas
- ↳ Recursos pesqueiros

- *Meio Socioeconômico*

- ↳ Atividades pesqueiras
- ↳ Atividades turísticas
- ↳ Nível de tráfego marítimo e aéreo
- ↳ Infraestrutura portuária
- ↳ Infraestrutura de disposição final de resíduos
- ↳ Patrimônio histórico cultural e arqueológico
- ↳ Comunidades tradicionais

Lista dos Impactos Potenciais

1. Alteração da qualidade da água
2. Alteração da qualidade do ar
3. Alteração da qualidade do sedimento
4. Interferência com Unidades de Conservação
5. Interferência com praias arenosas
6. Interferências com costões rochosos
7. Interferência com manguezais, marismas e apicuns
8. Interferência com estuários e deltas de rios
9. Interferência com áreas de restinga
10. Interferência com a comunidade planctônica
11. Interferência com a comunidade nectônica
12. Interferência com mamíferos marinhos e quelônios
13. Interferência com comunidade bentônica
14. Interferência com aves marinhas
15. Interferência com os recursos pesqueiros
16. Interferência com a atividade pesqueira
17. Interferência com a atividade turística
18. Pressão sobre a infraestrutura de disposição final de resíduos oleosos
19. Interferência com o patrimônio histórico, cultural e arqueológico
20. Interferência com as comunidades tradicionais
21. Intensificação do tráfego marítimo
22. Intensificação do tráfego aéreo
23. Pressão sobre a infraestrutura portuária

6.3.3. Características do Óleo

Para a avaliação ambiental do incidente de derramamento, tornam-se necessários alguns esclarecimentos iniciais a respeito das características físicas e químicas do óleo e seu comportamento no ambiente marinho.

Segundo Thomas *et al.* (2001), o petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com odor característico e cor variando entre o negro e o

castanho claro. Constitui-se em uma complexa mistura de compostos, sendo os principais: hidrocarbonetos (50 a 98%), nitrogênio, enxofre e oxigênio.

Além destes compostos, podem ocorrer em menor quantidade, os metais como vanádio e níquel e metais-traço como o Fe, Cu, Al, Co, Ti, Mg, Ca, Zn, Ba.

Os hidrocarbonetos, de acordo com sua estrutura química, podem ser classificados em duas classes:

- **Aromáticos:** compostos com um ou mais anel benzênico. Os hidrocarbonetos que possuem dois ou mais anéis aromáticos são denominados de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Em geral, apresentam maior toxicidade e lenta biodegradação. Ressalta-se, entretanto, que sua menor degradabilidade, em função de uma maior complexidade de suas moléculas, o torna menos disponível para o ambiente.
- **Alifáticos:** são compostos de cadeia aberta e fechada com propriedades químicas semelhantes. Subdividem-se ainda em:
 - **Alcanos (parafinas):** compostos de cadeia aberta, saturada (ligações simples) e ramificadas. Compreende a maior fração na maioria dos petróleos. Possui toxicidade baixa e são facilmente biodegradados.
 - **Alcenos (olefinas):** diferem dos alcanos por apresentar dupla ligação entre os átomos de carbono. Estão presentes em pequenas quantidades ou mesmo ausentes.
 - **Cicloalcanos (naftas):** compostos de cadeia fechada e saturada. Toxicidade variável - de acordo com a estrutura – e resistentes a biodegradação.

O grau e a taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos dependem, em primeira instância, da estrutura de suas moléculas. Os compostos parafínicos (alcanos) são biodegradados mais rápido do que as substâncias aromáticas. Quanto maior a complexidade molecular da estrutura (maior número de átomos de carbono e grau de ramificação da cadeia), assim como maior peso molecular, menor é a taxa de decomposição por ação microbiana.

Além disso, esta taxa de degradação depende do estado físico do óleo, incluindo o grau de dispersão. Os fatores ambientais que mais influenciam na taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos incluem: temperatura, concentração de nutrientes e de oxigênio, composição de espécies e abundância de microorganismos capazes de degradar óleo.

O derramamento de óleo no ambiente pode afetar os organismos direta (contato físico e ingestão do óleo) ou indiretamente (alteração do habitat e ingestão de alimento contaminado). Ao ser derramado na água, o óleo sofre contínuos processos de intemperização (Figura 6.3.3-1) que

atuam na alteração da composição química, física, biológica, comportamento, vias de exposição e toxicidade do produto. Estes processos são diretamente influenciados pelas condições locais como correntes, profundidade, regime de marés, energia de ondas, temperatura, intensidade luminosa e ventos. A progressão, duração e o resultado dessas transformações dependem das propriedades e composição do óleo e da interação de mecanismos físicos, químicos e biológicos (Patin, 1999).

A combinação dos processos de intemperização, a composição química do óleo e as condições ambientais resultam na transferência deste óleo para a coluna d'água (via diluição dos compostos) e para o sedimento, quando aderido a material particulado em suspensão ou por aplicação de produtos químicos (dispersantes, emulsificadores) como forma de combate à mancha.

Assim, o efeito do óleo é maior em organismos que vivem na superfície do mar. Porém, seu efeito pode se estender aos organismos bentônicos quando grandes quantidades de óleo são incorporadas a partículas sedimentares (Leighton, 2000).

Destaca-se que derramamentos de óleo têm sido normalmente contidos por ação mecânica (p. e. barreiras e *skimmers*) ou por ação química (ex. dispersantes), e são, às vezes, dispersos por emulsificadores.

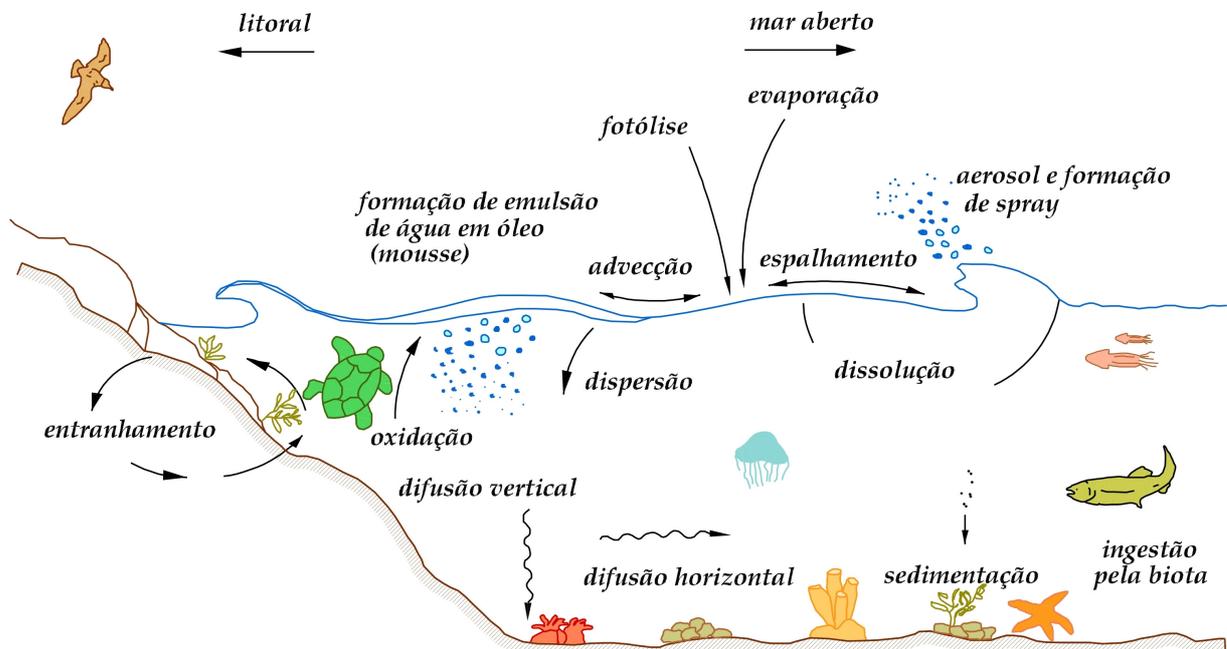


Figura 6.3.3-1. Esquema dos processos físicos, químicos e biológicos decorrentes da interação do óleo derramado no oceano. (Modificado de: Nunes, 1998).

6.3.4. Avaliação dos Impactos Potenciais

Os impactos descritos a seguir, de modo geral, podem ser considerados mais críticos quando se referem às regiões mais rasas, da província nerítica, cujos ambientes apresentam maior sensibilidade que na província oceânica (Bishop, 1983; Nybakken, 1993; Patin, 1999). Assim, na descrição de cada impacto, são tecidas considerações que visam diferenciar, na medida do possível, as alterações nos ambientes neríticos e oceânicos. Como forma de consolidar esta análise, na síntese conclusiva (item 6.3.5), procede-se uma análise mais abrangente destes dois compartimentos, considerando todos os impactos descritos.

1. Alterações na Qualidade da Água

No caso de um eventual derrame, as concentrações de hidrocarbonetos na água provavelmente sofreriam um aumento, entretanto, estes seriam removidos, principalmente, devido à evaporação e diluição, sendo a evaporação responsável pela maior parte da remoção natural (Mielke, 1990 *apud* Laws, 1993).

No entanto, a partir da introdução de grandes volumes de óleo na água do mar, observa-se que a qualidade da água superficial é a mais afetada da coluna d'água, tendo sua coloração, odor e transparência alterados e impedindo sua utilização até mesmo para a navegação.

O tempo de permanência do óleo na água depende de um grande número de fatores que são totalmente variáveis, como por exemplo: hidrodinâmicas do local do derrame, do volume de óleo derramado, disponibilidade de luz e nutriente, etc. Zanardi *et al.* (1999) analisaram dados um programa de monitoramento de HPA dissolvidos ou dispersos, no canal de São Sebastião, São Paulo, entre os anos de 1993 e 1995. Em 15 de maio de 1994, ocorreu uma perfuração no oleoduto do terminal de óleo de São Sebastião, ocasionando o derrame de $2,7 \times 10^6$ litros de óleo no Canal de São Sebastião. Dois dias depois do vazamento a maior concentração média encontrado foi de $49,6 \mu\text{g.L}^{-1}$ em uma estação próxima ao vazamento. Devido às correntes intensas, vento local com velocidades de até $0,40 \text{ m.s}^{-1}$, o óleo foi espalhado ao longo de todo o canal. Apenas 3 meses após o derrame, as concentrações DPAH foram similares às de antes do acidente do oleoduto.

Alguns fatores, como tendência à formação de emulsões, além das condições meteorológicas e oceanográficas no momento do incidente, que são fatores que influenciam decisivamente na abrangência espacial do derramamento (espalhamento), dificultam a previsão

precisa da região potencialmente afetada pelas alterações da qualidade da água. Deste modo, dependendo da época do ano, os efeitos podem ser mais ou menos abrangentes, já que as correntes e o padrão de ventos mudam sazonalmente.

Assim, as características ambientais da área dos poços em águas equatoriais e oligotróficas, aliadas à composição do óleo, permitem inferir que os principais processos que deverão influenciar na dinâmica do óleo seriam, além da circulação oceânica, a evaporação e a diluição. A degradação do óleo pela biota seria dificultada pela pouca disponibilidade de nutrientes, que é característica da costa brasileira.

Considerando as informações supracitadas, este impacto foi considerado de **incidência direta e imediato**, pois uma vez que ocorre o derrame o óleo entra imediatamente em contato com água.

Os resultados da modelagem numérica em caso de derrame de óleo mostraram que após 105 horas da presença de óleo na água, a massa total perdida por processos intempéricos foi de 63%, desses, 62% devido ao processo de evaporação. Por isso este impacto é considerado **temporário e parcialmente reversível**, uma vez que as condições podem ser restabelecidas, porém em um intervalo de tempo desconhecido. Também segundo a modelagem a mancha de óleo, para o cenário de pior caso extrapola o limite da Bacia do Pará-Maranhão, portanto o impacto é considerado de abrangência **extra-regional** e de **média magnitude**.

Como a água é o meio em que a mancha se propaga, pode-se considerar a interação desse impacto **cumulativo** com os impactos causados aos meios socioeconômicos (interferências nas atividades pesqueiras), físico (alteração da qualidade do sedimento) e biótico (interferências nas comunidades nectônica e planctônica além dos recursos pesqueiros). No entanto, o impacto é **não estratégico**.

Toda a área passível de ser atingida pela pluma é considerada de alta sensibilidade (MMA, 2002a), e como a magnitude deste impacto potencial foi considerada média, o impacto é de **grande importância**.

Considerando as características do impacto (magnitude, permanência, abrangência espacial, grau de reversibilidade, etc.) e as características do ambiente receptor, este impacto potencial foi considerado como de **significância severa**.

2. Alterações na Qualidade do Ar

Resultados da modelagem considerando o derramamento do óleo tipo leve (API 42,5) indicam que, ao final de 105 horas (aproximadamente 4,5 dias), cerca de 62% do óleo teria

evaporado, e 1% perdido devido à dispersão. Ou seja, após esse intervalo de tempo, 37% do volume total de óleo derramado permaneceriam na coluna d'água, de acordo com as simulações determinísticas.

Pode-se prever que, desde o primeiro instante do derramamento, começa a se formar uma pluma de vapor de hidrocarbonetos. Todavia, a concentração máxima da pluma ocorreria depois do final do incidente, quando todo o óleo estaria exposto ao tempo.

Dependendo das concentrações de hidrocarbonetos dessa pluma, poderia ser formada uma pluma de *smog* fotoquímico com a presença de altas concentrações daqueles poluentes indicativos (SO₂, NO_x, CO, O₃ e material particulado fino).

Os impactos da pluma de *smog* sobre a saúde humana são amplos, visto que há formação de partículas finas inaláveis, de ácidos, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico, e de ozônio, assim como de dióxido de nitrogênio, que, ao sofrer fotodissociação, cria condições para a geração de uma grande variedade de poluentes em combinação com os compostos orgânicos voláteis e o ozônio. Alguns deles podem causar mutações biológicas, tais como o radical nitrato, os nitroarenos e nitrosaminos (Arya, 1999). Além disso, alterações atmosféricas regionais e globais a partir de adições cumulativas de poluentes provenientes do óleo, contribuem para o aquecimento global, precipitação ácida e redução da absorção da radiação ultravioleta devido à depleção do ozônio da estratosfera (Jeffrey, 1980).

Este impacto foi considerado **simples**, de **incidência direta**, **imediate** e de abrangência **regional**, sendo, entretanto, **temporário** e **reversível**, além de **estratégico**. Desta forma, como os hidrocarbonetos lançados na atmosfera pela evaporação do óleo derramado podem sofrer transformações químicas, a **magnitude** de seus impactos pode ser considerada **média**, tendo em vista principalmente sua dispersão na atmosfera.

Já com relação à presença de populações humanas que possam ser atingidas por derramamentos oriundos dos poços a serem perfurados pela OGX, na Bacia do Pará-Maranhão, pode-se caracterizar este efeito como sendo de **grande importância**.

Levando em consideração as características do impacto, descritas anteriormente, e as características do ambiente, principalmente a proximidade da costa, este impacto foi classificado como de **significância severa**.

3. Alterações na Qualidade do Sedimento

A atuação dos ventos e correntes no transporte físico do óleo derramado e a consequente evaporação da fração volátil, seguida da dissolução e emulsificação das frações com baixo peso

molecular são responsáveis por redução de aproximadamente 50% do volume inicial de óleo derramado em poucos dias. Todos estes processos contribuem para a densificação do óleo, tornando-o passível de deposição, uma vez que mantém-se no ambiente os compostos mais pesados. É importante ressaltar que a estimativa média da porcentagem de hidrocarbonetos residuais (cadeias maiores que C₂₅ e ponto de ebulição maior que 400°C) varia de 20-25% entre os diferentes tipos de óleo (Bishop, 1983).

A fração residual de óleo remanescente na água, após vários processos físicos e químicos terem agido no óleo derramado durante um longo período de tempo, é conhecida como bolas de piche (*tar balls*) e segundo Jeffrey (1980), 2.813 x 10⁶ t de óleo que pode dar origem às bolas de piche são despejados nos oceanos anualmente, cujas principais fontes são : o transporte marinho, a produção off-shore e fontes naturais. NRC (1985) estima que havia cerca de 277 x 10³ t de *tar balls* nos oceanos. Os resíduos de óleo sob a forma de *tar balls* são bastante persistentes e podem ser encontrados em diversas praias e em quase todas as partes dos oceanos, principalmente em vastas áreas da Costa do Atlântico, no Caribe, e em quase todo o Pacífico (Bishop, 1983). Estas partículas são pequenas e densas o suficiente para decantar pela coluna d'água até se depositar no fundo marinho (Jeffrey, 1980). Michel & Hayes (1999), afirmaram que 8 anos depois do derrame do *Exxon Valdez* na costa do Alaska, ainda são encontrados alguns n-alcenos nos sedimentos próximos ao local do derrame.

Um importante processo de sedimentação do óleo é a adsorção ao material em suspensão na coluna d'água. Este processo ocorre principalmente na zona costeira, onde há maior disponibilidade de partículas e misturas verticais mais intensas, sendo menos importante em áreas profundas, afastadas da costa. Outros processos também são atuantes, como a biosedimentação, nos quais organismos filtradores absorvem o óleo emulsificado, depositando-o no fundo juntamente com seus metabólitos ou restos biológicos (Bishop, 1983; Clark, 1992).

Uma vez depositado, os processos de degradação do óleo são drasticamente reduzidos, pois não estão mais expostos à radiação solar e à zona de alta produtividade primária (biodegradação). Ocorre, então, a acumulação de óleo nos sedimentos, onde o mesmo pode permanecer por anos. Estudos realizados em 1993, 1994 e 1995, a sudoeste de Shetland, região afetada pelo óleo derramado de Braer (40% do volume total derramado sedimentou), mostraram que o óleo se misturava aos sedimentos e conseqüentemente atingia profundidades cada vez maiores, porém com poucas evidências de degradação. Indicando a longa vida do óleo nos sedimentos locais (Pereira, 2003).

Com base nas características descritas acima, conclui-se que a sedimentação do óleo em oceano aberto é um processo extremamente lento e pouco expressivo, que atinge basicamente

suas frações mais pesadas. Porém como a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 se localizam em lamina d'água de 51 e 100 m, respectivamente, região relativamente rasa, este impacto potencial poderia afetar de forma significativa o sedimento da região.

Cabe ressaltar ainda, que a área estudada trata-se de oceano aberto, ou seja, de relativas baixas concentração de material particulado em suspensão e taxa de sedimentação. Assim, este impacto foi considerado de **incidência direta**, de **regional** e de **curto-prazo**, uma vez que o óleo levaria alguns dias até atingir o sedimento.

Caso ocorresse o derramamento, as condições iniciais poderiam ser restabelecidas em um intervalo de tempo desconhecido, caracterizando o impacto como **permanente**, **parcialmente reversível** e de **média magnitude**. O impacto é ainda **indutor (cumulativo)** do impacto sobre as comunidades bentônicas, sendo **não estratégico**. Sua **importância** pode ser considerada **média**, tendo em vista os ambientes possivelmente atingidos.

Com base nas características do impacto e do meio ambiente, sua significância é considerada como **severa**.

4. Interferências com Unidades de Conservação

Na área de influência da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão, foram identificadas 20 UC's, das quais quatro pertencem ao Grupo de Proteção Integral (uso indireto), 16 ao Grupo de Uso Sustentável (uso direto).

Dentre as UC's de Proteção Integral, o Parque Estadual Marinho do Bacanga e o Parque Estadual Lagoa da Jansen, localizadas no município de São Luís (MA) não serão impactadas em decorrência do derramamento de óleo, devido a sua localização, o mesmo ocorrendo com a APA Upaon/Miritiba/Alto Preguiças e APA Maracanã (UC's de Uso Sustentável). As demais UCs, tanto de Uso Sustentável quanto Proteção Integral, estão localizadas na área potencialmente afetada pelo derramamento de óleo, dentro da faixa de costeira entre aos municípios de Chaves (PA) e Turiaçú (MA).

De acordo com os resultados da modelagem, para o pior cenário de derramamento de óleo, verificou-se que a maioria das UC's poderia ter seus limites atingidos tanto no verão quanto no inverno (Quadro 6.3.3-1), podendo haver interferência também com a zona de amortecimento da RESEX de Cururupu (MA).

Quadro. 6.3.3-1. Unidades de Conservação que tem seus limites atingidos pela modelagem de óleo

	CATEGORIA / NOME
FEDERAIS	Reserva Extrativista Marinha de Gurupi-Piriá
	Reserva Extrativista Marinha de Araí-Peroba
	Reserva Extrativista Marinha de Caeté-Taperaçu
	Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua
	Reserva Extrativista Maracanã
	Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá
	Reserva Extrativista Marinha de Soure
ESTADUAIS	Parque Estadual da Lagoa da Jansen
	Parque Estadual do Bacanga
	Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luis
	Área de Proteção Ambiental do Maracanã
	Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses
	Área de Proteção Ambiental de Algodual-Maiandeuá
MUNICIPAIS	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago do Marajó
	Área de Proteção Ambiental da Ilha de Canela
	Área de Proteção Ambiental da Costa do Urumajó

Através da modelagem de derramamento de óleo também foi possível identificar que no período de 36 horas o óleo poderá chegar ao Banco do Álvaro, dentro do Parque Estadual Marinho Parcel Manoel Luís. A chegada do óleo neste banco traria significativos impactos à região, uma vez que o complexo de recifes de coral e a biodiversidade nele contida são de grande relevância ambiental. Na área do parque se encontram todas as espécies formadoras de recifes registradas para a costa do nordeste brasileiro, apresentando também espécies de corais ainda não descritas para ciência, e várias espécies de peixes ameaçados de extinção (Coura, 1994; Amaral *et al.*, 1997; Medeiros, 1998; Castro, 1999).

Ainda de acordo com a modelagem, após um mês de *blowout*, o óleo chegaria a toda área costeira entre os municípios de Chaves (PA) à Turiaçú (MA), atingindo assim as Unidades de Conservação que se encontram dentro deste limite.

Dentre as unidades a serem atingidas, se destacam aquelas onde há predominância de áreas formadas por mangue, entre elas a RESEX Marinha de Araí-Peroba, RESEX Marinha de Caeté-Taperaçu, RESEX Marinha de Tracuateua, RESEX Maracanã, RESEX Mãe Grande de Curuçá e RESEX Marinha de Soure, RESEX Marinha de Gurupi-Piriá, APA das Reentrâncias

Maranhenses, APA de Algodual-Maiandeuá, APA do Arquipélago do Marajó, APA da Ilha de Canela e APA da Costa do Urumajó.

As alterações ou impactos causados pela chegada do óleo nestas unidades causariam a perda das características naturais deste ecossistema, uma vez que os manguezais são considerados pela legislação ambiental como Reservas Ecológicas de acordo com o que preceitua a Resolução CONAMA Nº 004/1985 e são ambientes de difícil recuperação.

O comprometimento da biocenose específica destes ecossistemas contribuiria para a redução da produtividade pesqueira que representa fonte de alimento e de trabalho para grande maioria das populações litorâneas e ribeirinhas, principalmente às comunidades de baixa renda.

Este impacto foi classificado como **direto, de curto a médio prazo**, uma vez que no prazo de 36 horas o óleo atingiria o banco do Álvaro e levaria mais tempo para tocar a costa.

Como o efeito impactante será sentido apenas no período em que o óleo permanecer no ambiente que poderia variar desde um período curto, em ambientes com áreas rochosas, ou extremamente longo, em casos de ambientes com baixo dinamismo, este impacto foi considerado **temporário/permanente**, variando com as características ambientais das UCs atingidas.

Foi considerado **parcialmente reversível**, uma vez que as condições ambientais dificilmente serão totalmente restabelecidas, principalmente nas áreas de mangue.

Este impacto tem alcance **regional** e caráter **estratégico**, já que envolve área de extrema importância econômica, principalmente para as comunidades ribeirinhas. Foi considerado **cumulativo**, pois o impacto causado pelo período em que o óleo permanecer no ambiente irá afetar áreas de difícil recuperação como manguezais e recifes de corais. Um impacto desse tipo sobre uma região de mangue irá afetar por exemplo, o ponto de desova e crescimento de peixes que vão para o oceano quando adultos. Se o mangue for afetado, esses peixes podem desaparecer ou ter uma diminuição na sua população, o mesmo acontecendo quando o óleo atinge os bancos de corais, pois os peixes e outros organismos que dependem do local para se alimentar e reproduzir irão ser afetados. E isso irá afetar a pesca da região.

Este impacto de interferência com Unidade de Conservação foi classificado como de **alta magnitude**, pois o óleo causaria alterações intensas e significativas em qualquer dos ambientes afetados.

A alta sensibilidade ambiental inerente as UCs, devido à presença na região de bancos de corais e manguezais, que constituem ecossistemas de grande valor para outras espécies que utilizam o local para alimentação e refúgio, além de apresentar várias espécies ainda não descritas para ciência, potencializada pela importância local para a realização de atividades

econômicas, e pela interação com os impactos de interferência em ecossistemas e comunidades biológicas torna este impacto de **grande importância e significância crítica**.

5. Interferências com Praias Arenosas

O termo praia inclui a faixa arenosa costeira que se estende do limite superior (supralitoral), próximo às dunas, até a faixa de arrebentação das ondas e, também, a faixa aquosa que se estende da zona de surfe até o limite de atuação de suas células de circulação (sublitoral). Estas podem ser identificadas quanto ao grau de exposição desde muito expostas a muito protegidas (McLachlan, 1980). As praias arenosas constituem um dos mais extensos ambientes litorâneos brasileiros, constituindo importantes áreas de recreação e amortecimento entre os ambientes terrestre e marinho (Gianuca, 1987).

Muitas espécies da fauna de praia têm importância econômica direta, como é o caso dos crustáceos e moluscos utilizados na alimentação humana ou como isca para pesca, e outras indireta, como os poliquetas, que constituem rica fonte de alimento para vários organismos como peixes e crustáceos, que são consumidos pelas populações humanas (Brown & McLachlan, 1994).

A zonação da macrofauna em praias não é tão marcada como nos litorais rochosos. Ao contrário, nas praias, os organismos não estão visíveis na superfície, uma vez que a quase totalidade destes se encontra abrigada no interior do sedimento. A presença de alguns organismos pode ser detectada desde a superfície, por orifícios mais ou menos característicos ou por montículos de areia e dejetos decorrentes de suas atividades subterrâneas. Vários outros organismos, no entanto, permanecem enterrados sem que se possa detectar qualquer vestígio de sua presença à superfície, tais como tatuís (*Emerita brasiliensis*) (Sobrinho *et al.*, 2003).

A diversidade e distribuição dos organismos bentônicos são determinadas por fatores físicos, principalmente, ação das ondas e tamanho da partícula do sedimento que, por sua vez, determinam o estado morfodinâmico do ambiente.

Segundo Johnson (1970) e McLachlan & Harty (1981), uma parte do óleo depositado nas praias será lavado pelas ondas, enquanto grande parte será enterrada, penetrando no sedimento. Quando o óleo penetra no sedimento, além de interferir com os organismos presentes, ele também altera suas características físicas (Brown & McLachlan, 1994).

A maioria das espécies presentes em praias arenosas é afetada em caso de derramamento de óleo. À medida que a concentração de óleo diminui, novas espécies vão ocupando o ambiente sendo que a composição e a abundância da comunidade sofrem uma série de oscilações, até que

a estabilidade se restabeleça. As maiores espécies e de maior longevidade geralmente apresentam recuperação mais lenta, sendo detectados hidrocarbonetos em seus tecidos até cinco anos depois do derramamento (Brown & McLachlan, 1994).

Outros animais também sofrem as conseqüências da contaminação das praias arenosas por óleo. Aves e peixes que se alimentam de organismos bentônicos são os principais organismos potencialmente afetados pela persistência de hidrocarbonetos em seus tecidos (Nibakken, 1993).

Na região com probabilidade de ser atingida por um possível derramamento de óleo, entre os municípios de Turiuaçu (MA) e Chaves (PA), ocorrem inúmeras praias, em sua grande maioria com Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) classificado entre 3 e 4, conforme informações levantadas em visita ao local. Destacam-se, entre as praias destes municípios, pela importância turística, as praias encontradas na Ilha dos Lençóis em Apicum-Açu (MA), a praia de Ajuruteua em Bragança (PA) e as praias da Ilha do Algodal em Maracanã (PA).

Uma peculiaridade das praias da região Norte é a forte influência que a maré exerce nesse ecossistema. De doze em doze horas há uma variação significativa no nível do mar, fazendo com que na maré baixa, a água recue centenas de metros formando muitas lagoas naturais (Tadaiesky *et al.*, 2008). Dependendo do nível da maré e das condições ambientais locais nas horas seguintes a um possível derramamento (condições de maré e ventos), as conseqüências nas praias podem ser desastrosas (Lucariny *et al.*, 2000).

Quanto menor a viscosidade do óleo, maior a chance dele infiltrar por entre os interstícios dos grãos da areia das áreas atingidas. Há a possibilidade também do óleo ser soterrado, comprometendo os aspectos de saúde pública e a balneabilidade das praias. Considerando a caracterização geral das praias do litoral brasileiro, as mais sensíveis são as compostas por sedimentos mais finos, com menor declive e ação de ondas (Lopes *et al.*, 2001), classificação a qual podemos enquadrar as praias do litoral do Pará e do Maranhão.

Devido à ampla distribuição das praias ao longo do litoral da área potencialmente atingida, esse impacto apresenta **incidência direta** e abrangência **extra-regional**. Esse impacto pode ser classificado ainda como **temporário**, **imediate** e **parcialmente reversível**.

Esse impacto é classificado como **estratégico** e **cumulativo** por ser indutor do impacto sobre as atividades de turismo, pesca e lazer desenvolvidas na área. Além disso, as alterações no ambiente de praia possivelmente acarretariam alterações na biota, principalmente sobre a comunidade bentônica e de aves marinhas.

De acordo com o Índice de Sensibilidade Ambiental, as praias do Pará e do Maranhão variam entre os níveis 3 e 4, o que nos possibilita classificar este impacto como de **média magnitude**. Uma vez que a área é considerada de extrema importância biológica (MMA, 2007),

podemos considerar o impacto como de **grande importância, assumindo uma significância severa.**

6. Interferências com Costões Rochosos

Costões rochosos são ecossistemas importantes devido à diversidade de espécies de grande importância ecológica e econômica que abrigam, como mexilhões, ostras, crustáceos e peixes, sendo local de alimentação, crescimento e reprodução de diversas espécies (Coutinho, 2002).

As regiões de costões rochosos apresentam uma alta taxa de recuperação por serem rapidamente limpas pela ação hidrodinâmica (Baker *et al.*, 1990), e as regiões entre-marés são as que apresentam as maiores taxas de recuperação por estarem sujeitas às ações das ondas (Bishop, 1983).

Apesar dos resíduos formarem crostas “asfálticas” no costão e persistirem por um grande período de tempo a dinâmica de ondas e marés, juntamente com o intemperismo, torna o óleo mais viscoso e menos tóxico, podendo deixar acúmulos da fração residual na parte superior do costão rochoso.

As principais mudanças na estrutura dos ecossistemas de costões rochosos incluem mortalidade imediata de espécies herbívoras e consequente aumento da flora, afetando principalmente moluscos e gastrópodes, além de estrelas do mar e caranguejos (IPIECA, 1995).

A área potencialmente afetada por um derramamento de óleo proveniente da atividade de perfuração nos blocos BM-PAMA-16 e -17, é caracterizada por uma costa de sedimentos não consolidados ou, quando consolidados, formados predominantemente por arrecifes de arenito incrustado por algas calcárias e corais. Sendo assim, os costões rochosos típicos do litoral brasileiro não são encontrados nessa região, ficando apenas restritos às formações Barreirinhas e Pirabas, encontradas em alguns municípios do Pará e do Maranhão. Assim sendo, este impacto pode ser considerado **direto, cumulativo, temporário, extra-regional, de curto prazo e reversível.**

Assim, para o cenário de derramamento de 9.900 m³ de óleo, considerou-se este impacto como de **baixa magnitude**, já que o Índice de Sensibilidade Ambiental para costões rochosos expostos é de nível 1. Como não foram encontrados, até o presente momento, estudos sobre biotas existentes nas formações Pirabas e Barreirinhas dessa região, este impacto foi avaliado como também **não estratégico**, de **grande importância** e com **grau de moderado de significância.**

7. Interferências nas áreas de manguezal e apicuns

Os manguezais e estuários são ecossistemas de grande importância devido à sua alta produtividade biológica. Espécies da flora que ocorrem nos manguezais são facilmente afetadas no caso de um acidente envolvendo derramamento de óleo. (USEPA, 1993).

Um acidente de grandes proporções poderia ocasionar altas taxas de mortalidade de espécies dos manguezais, as quais se recuperam naturalmente somente após um longo tempo, em comparação com outros ecossistemas. A retirada da camada superior do substrato, decorrente do processo de limpeza, significa a remoção de um grande número de espécies, como poliquetas e espécies da flora (USEPA, 1993; Dicks, 1999).

De acordo com a escala de sensibilidade do litoral adotada por NOAA (2002), manguezais são considerados os ambientes que apresentam maior sensibilidade a alterações decorrentes de um derramamento de óleo. Além disso, são classificados como ecossistemas de “extrema” importância biológica de acordo com MMA (2007).

Tendo em vista o reconhecimento da capacidade de um derramamento acidental de óleo causar danos ao ecossistema manguezal e aos organismos (vegetais, animais e microorganismos) que o compõem, o impacto foi qualificado como negativo.

Analisando o conjunto dos fatores de sensibilidade de manguezais e a probabilidade de alcance da mancha de óleo no caso de um possível derramamento, este impacto foi classificado como **imediato** e de **incidência direta** sobre a vegetação, tanto arbórea-arbustiva, quanto herbácea e sobre a fauna local. O impacto pode ser considerado também como de **incidência indireta**, uma vez que seus efeitos poderão estender-se a outros organismos, através da cadeia trófica e da ciclagem de nutrientes.

Com relação ao horizonte temporal, o impacto foi considerado como **permanente**. Foi classificado como **parcialmente reversível a irreversível**, pois os efeitos da degradação sobre a biota são logo observados e esses ecossistemas, apesar de possuírem um bom grau de resiliência, tornam-se mais frágeis a cada impacto sofrido.

De acordo com a modelagem, os municípios entre Chaves (PA) e Turiçu (MA) seriam atingidos pela mancha de óleo, enquadrando este impacto como **extra-regional** de acordo com a metodologia anteriormente descrita.

Segundo Souza-Filho (2005), os manguezais da costa do norte do Brasil são considerados o maior cinturão de manguezais do planeta, com aproximadamente 7.591,09 km² de manguezais contínuos, sendo que 2.176,78 km² encontram-se no Pará e 5.414,31 km² situam-se no

Maranhão. Em se tratando de ecossistema de reconhecida importância no abrigo e desenvolvimento de espécies (ex. peixes e crustáceos), impactos sobre os manguezais e estuários interagem com impactos sobre áreas de reprodução de estoques pesqueiros.

Sendo assim, impactos sobre estes ecossistemas consequentemente atingiriam as atividades de pesca, interferindo com a economia dessa região. Além disso, tais impactos incidem sobre ecossistemas considerados como prioritários para a conservação pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA (2002a). Portanto, o impacto do derramamento de óleo em áreas estuarinas e de manguezais é classificado como **estratégico**. O impacto foi considerado ainda como indutor de alterações na biota associada a esses ecossistemas e com isso **cumulativo**.

Em virtude da severidade do impacto causado por um derramamento de óleo e do Índice de Sensibilidade do Litoral ser classificado como de nível 10 para manguezais e apicuns, o impacto foi considerado como de **alta magnitude**.

Assim, para o cenário de derramamento acidental de óleo decorrente da atividade de perfuração dos blocos BM-PAMA-16 e -17 e por se tratar de uma área de extrema importância biológica (MMA, 2007), este impacto foi avaliado como de **grande importância e de significância crítica**.

8. Interferências nas áreas de restingas

Os impactos de um derrame acidental de óleo sobre as formações de restinga presentes na atividade de perfuração nos blocos BM-PAMA-16 e -17, se dariam quase exclusivamente sobre (i) as comunidades halófilas-psamófilas e (ii) as comunidades de matas alagadas, em decorrência do fato dessas comunidades estarem em contato com o mar ou cursos d'água, respectivamente.

Nesta região, ocorre a formação aberta de moitas, caracterizada pela presença de moitas de tamanhos variados intercaladas por áreas abertas com vegetação herbácea. Esta formação pode ser encontrada, por exemplo, na Praia do Crispim, em Marapanim (PA), na Praia do Atalaia, em Salinópolis (PA), e na ilha Algodal (PA).

Em MMA (2002a), as restingas são classificadas como áreas prioritárias para a conservação, dadas as funções ecológicas que desempenham. Nas restingas ocorrentes na área de estudos da atividade registram-se algumas formações relevantes para a conservação de acordo com o MMA (2002a): (i) o Salgado Paraense – importância biológica extrema; (ii) Reentrâncias paraense e maranhense – importância biológica extrema; e (iii) a Baixada maranhense – insuficientemente conhecida.

O óleo que alcançar os ecossistemas que estão em contato direto com o mar poderá deixar resíduos na areia, nas pedras, na vegetação e na fauna associadas (Bishop, 1983). Dependendo das condições oceanográficas e meteorológicas, e considerando as características do cordão litorâneo da região, o óleo poderá alcançar parte da vegetação de restinga que está na área de contato com as praias. Além disso, de acordo com a intensidade do derramamento, essas considerações poderão valer também para as áreas de contato entre estuários e restingas.

De acordo com a modelagem, os municípios entre Chaves (PA) e Turiaçu (MA) seriam atingidos pela mancha de óleo, enquadrando este impacto como **extra-regional** de acordo com a metodologia anteriormente descrita. As restingas da região são consideradas de importância biológica extrema, fazendo com que o impacto incidente sobre elas seja considerado **estratégico**.

Em virtude de sua severidade, em função do derramamento de óleo, o impacto foi considerado como negativo e de **alta magnitude**.

Dada a sensibilidade deste ecossistema, o impacto decorrente do derramamento de 9.900 m³ foi considerado **imediate**, de **incidência direta**, **temporário**, **parcialmente reversível** e de **curto prazo**. É indutor de outras alterações na biota, sendo classificado como **cumulativo**. É considerado ainda de **grande importância** e de **grau de significância crítico**, em vista da baixa taxa de recuperação deste ambiente, face a um derramamento de óleo, e de sua relevância ambiental.

9. Interferências em estuários, lagoas costeiras e áreas alagadas

A área potencialmente afetada, com um mínimo de 5% de probabilidade de toque durante um acidente envolvendo um derramamento de volume de 9.900 m³ de óleo em função da realização da atividade de perfuração nos blocos BM-PAMA 16 e 17, abrange uma área que vai desde o município de Chaves, no Pará, até o município de Turiaçu, no Maranhão. Nesta área, o diagnóstico ambiental identificou a presença de lagoas litorâneas em Bragança e áreas de estuários e áreas alagadas em toda a extensão das Reentrâncias Maranhense e Paraense, englobando desde Alcântara (MA) até Colares (PA). As áreas úmidas costeiras do litoral dos estados do Pará e do Maranhão são classificadas como áreas de extrema importância biológica, e prioritárias para conservação desses ecossistemas (MMA, 2007).

No caso das áreas alagadas, a penetração do óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água, porém, há a possibilidade da vegetação ser coberta pelo óleo, principalmente na zona intermarés. Os organismos bênticos existentes na área podem ser sufocados pelo óleo viscoso, bem como o sistema de raízes de diversas plantas típicas locais.

O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados) e a remoção natural pode se dar de forma extremamente lenta, devido aos baixos níveis de energia e biodegradação (condição anaeróbia do substrato) (MMA, 2002b).

O impacto de um vazamento catastrófico incidiria de maneira **direta** sobre os estuários e áreas alagadas e, uma vez que este impacto não se restringe às zonas de desenvolvimento da atividade, sua abrangência espacial é classificada como **extra-regional**, com efeitos **temporários, parcialmente reversíveis** sendo seus efeitos sentidos imediatamente após o toque do óleo. De acordo com o Índice de Sensibilidade do Litoral, os estuários e áreas alagadas possuem nível 10 de sensibilidade e devido a isso esse impacto pode ser considerado de **alta magnitude**.

Esse impacto pode ser classificado como **cumulativo**, uma vez que induz e potencializa os impactos sobre atividades socioeconômicas desenvolvidas na região, como a pesca, o turismo e o lazer. Como os estuários são considerados berçários naturais, com grande diversidade de espécies, principalmente as de interesse comercial, esse impacto interfere nas atividades coletivas, sendo por isso, considerado de **caráter estratégico**.

Considerando a importância econômica e ecológica, além da sensibilidade dos estuários, das lagoas costeiras e das áreas alagadas, considerados também como prioritários para a conservação pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA (2002a), esse impacto pode ser classificado como de **grande importância** e de **significância crítica**.

10. Interferência com a comunidade planctônica

Os efeitos de um derramamento de hidrocarboneto na comunidade planctônica variam de acordo com o tipo de organismo atingido. Assim, estes efeitos são distintos entre o bacterio-, fito-, zoo- e ictioplâncton, sendo o bacterioplâncton e o fitoplâncton geralmente menos sensíveis aos efeitos de hidrocarbonetos do que o zoo- e o ictioplâncton (Scholz *et al.*, 2001). Além disso, os efeitos também variam em função das características ambientais da área, quantidade e tipo de óleo derramado, sua biodisponibilidade, a capacidade dos organismos de acumularem e metabolizarem diversos tipos de hidrocarbonetos e sua influência nos processos metabólicos.

De acordo com as modelagens matemáticas apresentadas no item 6.1, um possível vazamento de óleo na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 se estenderia até a costa dos estados do Pará e Maranhão, trazendo uma série de impactos para a comunidade planctônica. As regiões próximas à linha de costa apresentam maior concentração de organismos planctônicos e alta sensibilidade ambiental. Já em regiões nerítico-oceânicas, a alta sensibilidade

pode ser minimizada pela menor concentração de organismos e alta capacidade de recuperação, principalmente nas regiões externas à plataforma continental (Bishop, 1983).

Para as espécies do bacterioplâncton que degradam hidrocarbonetos, costuma ocorrer um incremento em densidade das espécies carbonoclásticas que degradam o óleo. Tal fato foi observado após o acidente com o *Tsesis*, ocorrido em 1977, no Mar Báltico, com derrame de 1.000 t de óleo combustível médio (Johansson *et al.*, 1980), e em experimentos de mesocosmos¹ realizados por Lee *et al.* (1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001). O aumento na densidade destas espécies do bacterioplâncton evidencia a ocorrência de um incremento na biodegradação de hidrocarbonetos na coluna d'água.

As algas unicelulares que constituem o fitoplâncton, em geral, podem assimilar e metabolizar tanto hidrocarbonetos saturados quanto aromáticos (Scholz *et al.*, 2001). A sensibilidade destes organismos a hidrocarbonetos varia entre os grupos fitoplanctônicos, conforme também constatado em estudos realizados por Lee *et al.* (1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001) durante um período de 20 dias. Foi observado que os organismos do nanoplâncton (2-20 µm) são mais sensíveis que as diatomáceas cêntricas do microfitoplâncton (> 20 µm). Como o ciclo de vida destas algas é muito curto (9-12 horas), os impactos nestas populações provavelmente são efêmeros (NRC, 1985).

Logo após o derramamento do *Tsesis* (1977, Suécia), foi observado um incremento na densidade fitoplanctônica, provavelmente em resposta à redução da predação pelo zooplâncton, que normalmente apresenta uma alta mortalidade pós-derrame (Johansson *et al.*, 1980).

Segundo NRC (1985), o zooplâncton é sensível a hidrocarbonetos e efeitos tóxicos têm sido reportados para concentrações entre 0,05 mg.L⁻¹ e 9,40 mg.L⁻¹. Efeitos de curta escala incluem decréscimo na biomassa (geralmente temporário), bem como redução das taxas de reprodução e alimentação. Alguns grupos como os tintinídeos podem apresentar um incremento em densidade, em resposta ao aumento do suplemento alimentar, que, neste caso, são as bactérias e a fração menor do fitoplâncton (Lee *et al.*, 1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001).

Os copépodos calanoides são organismos abundantes da comunidade planctônica, apresentam corpos translúcidos com alta razão superfície/volume e elevado teor de lipídios que podem bioacumular compostos poliaromáticos. A toxicidade desses compostos é intensificada pela ação de radiação UV causando foto-oxidação dos tecidos, diminuição da capacidade de natação e, conseqüentemente, a morte dos organismos (Shirley, 2004). Por serem predados pela maioria dos componentes dos níveis tróficos superiores, os copépodos representam um importante elo de transferência de compostos poliaromáticos dissolvidos da água, para níveis tróficos superiores (Shirley, *op cit.*).

¹ Tipo de ensaio de ecotoxicidade que mede a tolerância de uma comunidade a um tóxico.

A sensibilidade a compostos tóxicos é extremamente variável de acordo com os organismos e seus estágios de vida. Em geral, organismos jovens são mais sensíveis que os adultos e que seus respectivos ovos (Scholz *et al.*, 2001). Assim, no ictioplâncton, composto de ovos e larvas de peixes, os efeitos tóxicos do óleo têm sido reportados para concentrações relativamente baixas de hidrocarbonetos, entre 1 ppm e 10 ppm (Kuhnhold *et al.*, 1978).

De acordo com Brown *et al.* (1996 *apud* Pearson *et al.*, 1995), diversos estudos têm mostrado que ovos e larvas de peixes são extremamente susceptíveis a danos por hidrocarbonetos do petróleo. Entretanto, devido à grande produção de jovens, grandes perdas do ictioplâncton não necessariamente refletem num declínio do estoque da população adulta, a qual é comercialmente explorada.

Após o acidente com o *Castillo de Belver*, ocorrido em 1983, em regiões oceânicas da África do Sul e com derramamento de 160.000 a 190.000 toneladas de óleo cru, foram observadas ocorrência e abundância de ovos e larvas de peixes normais (IPIECA, 2000).

Desta forma, o impacto do vazamento de óleo sobre o plâncton é **direto** (pela ação direta do óleo sobre os organismos) e **indireto** (pela interferência da qualidade da água sobre os organismos). A simulação de pior caso, considerando o derramamento de 9.900 m³ atinge áreas oceânicas, neríticas e costeiras.

Em função da capacidade de recuperação das comunidades planctônicas, este impacto pode ser classificado como **temporário, imediato, reversível, regional** e de **média magnitude**.

Os efeitos no zoo- e ictioplâncton podem atingir níveis tróficos superiores, podendo afetar a comunidade nectônica e bentônica, sendo considerado **estratégico** e **cumulativo** com o impacto sobre as atividades pesqueiras, uma vez que compreendem larvas de organismos pelágicos (p.e. peixes) e bentônicos (p.e. crustáceos, moluscos e equinodermos) que fazem parte da dieta alimentar de inúmeros outros. Este fato faz com que este impacto seja considerado como de **grande importância**. Assim, este impacto foi avaliado como de **grau de significância severo**.

11. Interferência com a comunidade nectônica

Um acidente ocorrendo a partir de um derramamento de óleo, de acordo com o pior cenário projetado por simulação, durante a atividade de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, poderia causar alterações na biota nectônica de quatro maneiras potenciais, segundo NRC (2003): (1) de forma bioquímica ou celular; (2) alterando somente determinados organismos, integrando alterações fisiológicas, bioquímicas e comportamentais; (3) alterando uma

população, com efeitos na dinâmica populacional; e (4) impactando a comunidade, resultando em alterações na sua estrutura e dinâmica.

Os efeitos tóxicos do óleo ou do *smog* (pluma de vapor de hidrocarbonetos que atinge sua concentração máxima somente após o final do incidente, quando todo o óleo já se encontra exposto ao tempo, até que ele seja totalmente evaporado) podem ser classificados como agudos – efeitos sentidos em curto prazo – ou crônicos – quando os componentes persistem no ambiente, submetendo os animais a um longo período de exposição, ou através de impactos indiretos, quando entram contato com outros fatores contaminados de maneira aguda (NRC, 2003).

Um acidente envolvendo derramamento de óleo afetaria, particularmente, os recursos alimentares e o *habitat* da biota nectônica. Peixes adultos, cetáceos e quelônios são organismos que apresentam sensibilidade relativa por, geralmente, conseguirem escapar do óleo, ficando expostos apenas a concentrações eventualmente dispostas na coluna d'água (Leighton, 2000).

A análise histórica dos efeitos causados por acidentes ocorridos com derramamento de óleo (www.afsc.noaa.gov/abl) indica que ele pode apresentar uma maior toxicidade para os organismos nectônicos em relação às concentrações persistentes dos compostos em séries de longa duração e à sensibilidade relativa destes organismos. Analisando-se estes fatores em determinada população, o efeito do óleo poderia ocasionar um decréscimo da biomassa da espécie diretamente afetada.

Por outro lado, efeitos subletais na biota nectônica incluem interrupção de processos energéticos, interferência com processos biosintéticos ou formação estrutural e efeitos tóxicos diretos no desenvolvimento e em estágios reprodutivos. Estes efeitos podem ocorrer sob concentrações muito inferiores do que as consideradas mínimas para induzir efeitos tóxicos agudos. No entanto, estes efeitos podem ser considerados mínimos em cetáceos [(Geraci, 1990; St. Aubin, 1990b) *apud* NRC, 2003].

Atualmente, não há evidências de mortandade massiva de peixes juvenis ou adultos decorrente de derramamento de óleo em ambiente oceânico, uma vez que, nestas regiões, a concentração de óleo abaixo da mancha é reduzida, decaindo diretamente em relação ao tempo e à profundidade. No entanto, em ambientes costeiros, este risco se amplifica, particularmente em função da ocorrência de espécies com estoque relativamente baixo e áreas restritas de reprodução (IPIECA, 2000).

A região potencialmente atingida pela mancha é utilizada por espécies de relevância ecológica e econômica, como algumas espécies de raias (*Dasyatis guttata*, *Dasyatis geijskesi*), tubarões (*Isogomphodon oxyrinchus*), peixes teleósteos (*Macrodon ancylodon*, *Stellifer naso*,

Cynoscion acoupa, *Epinephelus itajara*), quelônios (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*), sirênios (*Trichechus manatus* e *Trichechus inunguis*) e cetáceos (*Balaenoptera musculus*).

Neste contexto, um possível acidente de derramamento de óleo afetaria diferentes espécies ameaçadas de extinção ou de grande importância econômica.

Como outro fator importante, ressalta-se a possibilidade da persistência de compostos voláteis tóxicos - como hexano e benzeno - causarem conseqüências danosas após sua inalação (relacionados à toxicidade aguda) (Leighton, 2000) aos cetáceos, durante a sua subida à tona para respiração, apesar dos poucos registros que indiquem este tipo de evento como um fator importante na mortalidade de mamíferos marinhos [(Geraci, 1990; Geraci & Williams, 1990; St. Aubin, 1990a) *apud* NRC, 2003].

Em relação aos quelônios com ocorrência na área, no caso de acidente de derramamento de óleo, estes animais poderiam ser atingidos no ambiente marinho, durante a migração para os períodos reprodutivos ou de alimentação, quando se aproximam da costa (www.panda.org/downloads/general/karachispillfactsheet2.doc), ou ainda indiretamente, se alimentando de presas afetadas pelo óleo.

Dentre os grupos relacionados ao nécton, o mais dominante se refere ao grupo dos peixes, que, apesar da sua capacidade de escapar de áreas contaminadas, podem ter suas populações afetadas em decorrência de inúmeros processos como os descritos a seguir (Sanborn, 1977; IPIECA, 2000):

- Ovos e larvas podem perecer durante a desova, após serem recobertos ou afetados diretamente pelo óleo;
- Peixes adultos podem morrer ou não conseguir realizar a desova em águas contaminadas;
- Populações potencialmente reprodutoras podem ser perdidas devido à contaminação de áreas de reprodução;
- Comportamentos de fecundação ou reprodução – incluindo-se a migração – podem ser modificados;
- Peixes podem se alimentar de presas contaminadas, que podem ser intencionalmente escolhidas por se apresentarem debilitadas e, portanto, de fácil captura;
- Espécies comerciais de peixes em seus estágios adulto, juvenil ou larval podem ser adversamente afetadas ou eliminadas.

De acordo com experimentos descritos em literatura, podem ser observadas alterações no comportamento de reprodução e alimentação em peixes expostos a baixas concentrações do óleo (GESAMP, 1993 *apud* IPIECA, 2000). A redução da contaminação varia de acordo com o grau de exposição, com a espécie afetada, com a temperatura e com os padrões de alimentação, dentre outros fatores, num período que varia de alguns dias até meses.

Analisando-se os efeitos do derramamento do óleo do petroleiro Braer na comunidade nectônica nas Ilhas *Shetland*, foi constatado que todas as espécies de peixes examinadas após o encalhe do navio continham elevadas concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), observando-se que a exposição ao óleo para tais organismos ocorreu principalmente através do óleo dissolvido na água do mar (Topping *et al.*, 2000). No entanto, estas concentrações caíram rapidamente no período decorrente de dois meses do acidente, após o desaparecimento do óleo da coluna d'água.

Dados dos efeitos ocorrentes após o derramamento do óleo do *Exxon Valdez* indicam que peixes demersais apresentaram índices de contaminação por até dois anos seguintes ao derramamento (Collier *et al.*, 1993 *apud* Stagg *et al.*, 2000).

Considerando-se a área potencialmente atingida pela pluma num acidente de derramamento de óleo e a capacidade de deslocamento dos animais nectônicos, é possível classificar a incidência e o momento deste impacto como **direta** e **imediate** (em caso de contato físico com a mancha de óleo) ou **indireta** e de **longo-prazo** (em caso de biomagnificação).

É um impacto **temporário** e **reversível**, uma vez que, extinta a fonte de poluição, esses grupos de animais tendem a recuperar suas taxas populacionais ou, em alguns casos podem, inclusive, metabolizar os compostos acumulados no organismo. Sua abrangência pode alcançar uma escala **extra-regional**, uma vez que a comunidade nectônica, em grande parte, é composta por animais que ocupam grandes áreas e/ou realizam migrações entre sítios reprodutivos e alimentares. Este impacto tem ainda efeito indutor (**cumulativo**) de alterações em vários níveis da cadeia alimentar e interage com os impactos de interferência nas áreas de reprodução e sobre as atividades pesqueiras.

Portanto, este impacto é classificado como **estratégico**, de **alta magnitude** e **grande importância**, considerando que a mancha pode atingir áreas consideradas de extrema importância biológica (MMA, 2002a) para a conservação de diversos fatores do nécton. Ressalta-se ainda o status de conservação (IBAMA, 2003, 2004; IUCN, 2006) de determinadas espécies de cetáceos, quelônios e peixes registradas na região, conforme diagnosticado na Comunidade Nectônica (Capítulo 5).

Conclusivamente, este impacto apresenta grau de **significância crítico**, devido às características do impacto, principalmente a área a ser alcançada, e as características da comunidade neotônica da região.

12. Interferência com mamíferos marinhos e quelônios

A ordem Cetacea, juntamente com a ordem Sirenia, faz parte do grupo de mamíferos aquáticos.

As duas funções vitais para a manutenção das espécies que compõem esse grupo – a alimentação e a reprodução - ocorrem em diferentes habitats. Desta maneira, muitas espécies se alimentam em águas localizadas em altas latitudes e migram milhares de quilômetros para áreas de latitudes mais baixas, para reproduzir e amamentar seus filhotes (Stevick *et al.*, 2003).

Quelônios marinhos podem ser incluídos na categoria dos animais migradores mais bem sucedidos, se deslocando frequentemente por milhares de quilômetros entre suas áreas de reprodução e alimentação (Hays *et al.*, 2002a).

Apesar de existirem algumas evidências que sugerem que as tartarugas marinhas mantenham fidelidade pelas áreas de alimentação através dos anos, acredita-se que os espécimes que retornam à costa brasileira não priorizam as áreas utilizadas anteriormente à migração pré-reprodutiva, possuindo apenas um local aproximado (Hays *et al.*, 2002a). Sendo assim, após atingirem o ponto aproximado, se deslocam pelo litoral, com o objetivo de encontrarem uma área própria para o período de alimentação (Hays *et al.*, 2002a).

De acordo com os resultados da modelagem, para o pior cenário de derramamento de óleo durante a atividade de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, verificou-se que um acidente envolvendo derramamento de óleo afetaria, particularmente, os recursos alimentares e o habitat dos mamíferos marinhos e quelônios.

Estes organismos apresentam sensibilidade relativa por, geralmente, conseguirem escapar do óleo, ficando expostos apenas a concentrações eventualmente dispostas na coluna d'água (Leighton, 2000).

Um deles corresponde às rotas migratórias que a espécie utiliza quando chega de e/ou retorna para áreas de reprodução. Informações relativas à ocorrência de encalhes, avistagens e capturas acidentais de mamíferos aquáticos marinhos são muito limitadas e concentradas no sudeste e sul do Brasil.

Para o litoral do Maranhão e Pará o número de registros de encalhe é bastante reduzido e este fato pode ser atribuído às características da costa, de difícil acesso pelas densas florestas de

manguezais, muito pouco habitado, e com escassos estudos científicos. Na região potencialmente atingida pelo óleo há evidências da presença de mamíferos marinhos somente no estado do Pará, onde já foram registrados encalhes de cachalotes (*Physeter machocephalus*) e baleia fin (*Balaenoptera physalus*) tal região apresenta-se somente como área de deslocamento, não sendo registrado comportamento de alimentação destas espécies e, conseqüentemente, não existindo o risco destes mysticetos serem afetados. No entanto há evidência recente da presença da baleia jubarte na costa norte com um registro desta espécie na ilha do Caju (Maranhão). O registro de um filhote de baleia-de-bryde (*Balaenoptera brydei*) encalhado no delta do Parnaíba também mostra que o litoral norte do Brasil, provavelmente, é uma área de reprodução (Magalhães *et al.*, 2008). Outras espécies também ocorrem na região do estado do Pará como, *Trichechus manatus*, *Trichechus inunguis*.

Neste contexto, um possível acidente de derramamento de óleo não teria efeito sobre a fisiologia alimentar destes grandes cetáceos. Porém, segundo Evans (1987), a pluma poderia ocasionar alteração das rotas de passagem de indivíduos destas espécies, podendo afetar, conseqüentemente, comportamentos reprodutivos (NRC, 2003).

De acordo com estudos experimentais, os cetáceos possuem a capacidade de detectar visualmente finas camadas de óleo cru, mesmo durante a noite, deslocando-se para áreas não afetadas (Evans, 1987; Siciliano *et al.*, 2006). Entretanto, AMSA (2003) destaca a ocorrência de golfinhos sendo observados nadando e se alimentando dentro ou próximos de áreas com presença de óleo. Neste caso, os cetáceos poderiam ser afetados também indiretamente pela presença do óleo, ao se alimentarem de presas contaminadas.

Como fator mais importante, ressalta-se a possibilidade da persistência de compostos voláteis tóxicos - como hexano e benzeno - causarem conseqüências danosas após sua inalação (relacionados à toxicidade aguda) (Leighton, 2000) aos cetáceos, durante a sua subida à tona para respiração, apesar dos poucos registros que indiquem este tipo de evento como um fator importante na mortalidade de mamíferos marinhos [(Geraci, 1990; Geraci & Williams, 1990; St. Aubin, 1990a) *apud* NRC, 2003].

Para o litoral do Pará e do Maranhão, até o momento, os únicos trabalhos científicos publicados sobre tartarugas marinhas são sobre antigos registros de ocorrência (Cunha, 1975; Schulz, 1975). Até o momento o único registro oficial de desova de tartarugas marinhas é da espécie *Eretmochelys imbricata*. Além deste registro, também já foram registrados encalhes da espécie *Dermochelys coriacea*. Cabe ressaltar a não inclusão do litoral dos Estados do Pará e Maranhão entre as áreas preferenciais de desova, como apontado pelo MMA (2008), que indica

ainda a utilização de todo litoral brasileiro, ao menos, para alimentação, migração e repouso, pelas cinco espécies.

No caso de derrame de óleo, as tartarugas poderiam ser atingidas no ambiente marinho, durante a migração para os períodos reprodutivos ou de alimentação, quando se aproximam da costa (www.panda.org/downloads/general/karachispillfactsheet2.doc), ou ainda indiretamente, se alimentando de presas afetadas pelo óleo.

Considerando-se a área potencialmente atingida pela pluma num acidente de derramamento de óleo e a capacidade de deslocamento dos mamíferos marinhos e quelônios, é possível classificar este impacto como negativo, com incidência e momento **direta e imediato** (em caso de contato físico com a mancha de óleo) ou **indireta** e de **longo-prazo** (em caso de biomagnificação).

É um impacto **temporário e reversível**, uma vez que, extinta a fonte de poluição, esses grupos de animais tendem a recuperar suas taxas populacionais ou, em alguns casos podem, inclusive, metabolizar os compostos acumulados no organismo. Sua abrangência pode alcançar uma escala **extra-regional**, uma vez que a comunidade de mamíferos e quelônios, em grande parte, é composta por animais que ocupam grandes áreas e/ou realizam migrações entre sítios reprodutivos e alimentares. Este impacto tem ainda efeito **cumulativo**, pois interage com os impactos nas áreas de reprodução e é classificado como **estratégico**, uma vez que imagens de baleias e tartarugas imersas em manchas de óleo são amplamente utilizadas pela mídia para chamar a atenção da sociedade.

O impacto de interferência com mamíferos marinhos e quelônios foi classificado como de **alta magnitude** – considerando-se que a pluma pode ocasionar alteração das rotas de passagem (afetando assim o comportamento reprodutivo das espécies) e alterações na sua área de alimentação (uma vez que as espécies se alimentariam de presas contaminadas)- de **grande importância** e **significância crítica**, em função da dinâmica apresentada acima e da alta sensibilidade ambiental das áreas que a mancha pode atingir

13. Interferência com a comunidade bentônica

De acordo com as modelagens matemáticas apresentadas no capítulo 6.1, um possível vazamento de óleo na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 se estenderia até a costa dos estados do Pará e Maranhão, trazendo uma série de impactos para a comunidade bentônica do trecho afetado.

De uma forma geral, a região costeira da Área de Influência da atividade é composta por ecossistemas de grande importância, como grandes áreas de manguezais e estuários, apresentando lagoas costeiras, banhados e áreas úmidas e algumas praias arenosas com pequenas áreas de costões rochosos. Dentre os organismos representantes destes ambientes, vale destacar a presença de espécies como os mexilhões *Mytella falcata* (sururu-de-pasta) e *Mytella guyanensis* (sururu-de-dedo) importantes na região sob o ponto de vista econômico (Vieira *et al.*, 1846), frequentemente encontrados em áreas de mangue e costão rochoso. É possível encontrar também espécies importantes da flora que compõe a região, como as macroalgas *Bostrychia calliptera*, *B. radicans*, *Rhizoclonium tortuosum* e *Cladophoropsis membranaceae*, que formam comunidades associadas aos bosques de mangue. Outros grupos, como os Polychaeta e Crustacea, ocorrem com frequência em áreas de mangue e estuários, com destaque para espécies de Crustacea como *Armases angustipes*, *A. benedicti*, *Callinectes larvatus*, registrados recentemente pela primeira vez para a região e *Penaeus subtilis* (camarão-rosa ou camarão-marrom) e *Xiphopenaeus kroyeri* (camarão-sete-barbas), duas espécies de extrema importância para a pesca camaroeira no litoral norte do Brasil (Rocha, 2000). Mesmo em baixas concentrações de óleo, haverá a possibilidade de assimilação deste por alguns dos representantes do bentos e sua consequente entrada na cadeia trófica desses ecossistemas.

Na área que compreende a Bacia do Pará-Maranhão, estudos de caracterização da área dos Blocos BM-PAMA-16 e -17 (OGX/PIR2/FUGRO, 2009), registraram, dentro da macrofauna bentônica encontrada no sedimento, a presença de Cnidaria, Platelminetes, Nemertinea, Nematoda, Sipuncula, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Echinodermata e Chordata. Ainda na área dos blocos, em áreas localizadas sobre bancos oceânicos, a análise do material encontrado revelou uma grande quantidade de algas calcárias, Foraminifera e animais coloniais (Porifera, Cnidaria, Bryozoa e Ascideacea) (OGX/PIR2/FUGRO, 2009).

É possível observar, com base na modelagem apresentada no capítulo 6.1, que o óleo, antes de atingir a costa, atingiria o Banco do Álvaro, que está dentro dos limites do Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luis. Entre os grupos que habitam esta área, destacam-se, moluscos gastrópodes e bivalves (Gastropoda, Bivalvia), além de grande quantidade de indivíduos juvenis de Crustacea, destacando a importância da área para a manutenção dos estoques desses organismos no meio marinho, além da presença de Echinodermata, melhor representado por Ofiuroidea (Coura, 1994).

É importante ressaltar que a área ainda apresenta espécies de corais (Cnidaria) ainda não descritas para ciência para os gêneros *Millepora* e *Murceopsis* (Castro, 1999, Amaral *et al.*, 1997

e Medeiros, 1998). São ainda registrados octocorais como orelha-de-elefante (*Phyllogorgia dilatata*), além de corais dos gêneros *Mussismilia*, *Agaricea*, entre outros.

A diminuição da diversidade bentônica com consequente dominância de espécies oportunistas em decorrência de um possível derramamento de óleo traria sérios distúrbios para a área afetada - danos mecânicos e danos químicos.

Os danos mecânicos e de formação de película ocorrem em consequência do contato físico da pluma de óleo nos organismos que compõem a comunidade. Forma-se uma película que, ao encobrir as algas na região, provoca distúrbio na base da rede trófica, resultando em mudanças na estrutura das comunidades. Naturalmente, este impacto estende-se a espécies herbívoras, como os Mollusca (Gastropoda), além de estrelas do mar (Echinodermata) e caranguejos (Crustacea) (IPIECA, 1995).

Dentre os efeitos químicos do óleo nos organismos bentônicos inclui-se os associados à bioacumulação. Alguns componentes do petróleo podem ser bioacumulados por estes organismos, particularmente o grupo de componentes de longa duração conhecidos como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Scholz *et al.*, 2001).

Embora todos os organismos possam absorver hidrocarbonetos diretamente da coluna d'água e através dos alimentos, o processo de incorporação varia entre espécies. Entre os invertebrados, moluscos bivalves com hábito alimentar filtrador usualmente acumulam mais hidrocarbonetos do que os suspensívoros (Armstrong *et al.*, 1995), como, por exemplo, os mexilhões, que podem parecer saudáveis apesar de apresentarem altos níveis de componentes de petróleo em seus tecidos.

Os efeitos do óleo sobre alguns grupos de organismos bentônicos são bem documentados na literatura, como o caso dos moluscos gastrópodes e bivalves (mexilhões) que são mais suscetíveis aos efeitos tóxicos do condensado (IPIECA, 1995).

O impacto da interferência de um possível derramamento de óleo sobre a comunidade bentônica é avaliado como **direto, temporário**, considerando que depois de cessado vazamento os efeitos sobre a comunidade bentônica não persistem, de **curto-prazo**, considerando-se o tempo de chegada do óleo no Banco do Álvaro, que seria o primeiro local a ser atingido por um possível vazamento, **parcialmente reversível** a **irreversível** (dependendo das comunidades bentônicas atingidas).

O impacto foi ainda avaliado como **cumulativo** e **estratégico**, uma vez que envolve uma área ecologicamente importante espécies economicamente importantes.

Assim, para o cenário de derramamento acidental de óleo decorrente da atividade de perfuração nos blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, na Bacia do Pará-Maranhão, este impacto

foi avaliado como de **alta magnitude** – considerando que a pluma de óleo causaria danos mecânicos e químicos aos organismos bentônicos atingidos - e de **grande importância** e **significância crítica**, por se tratar de uma área de alta sensibilidade ambiental, e de grande valor para a base da rede trófica.

14. Interferência com aves marinhas

As aves migratórias possuem grande mobilidade, sendo capazes de viajar grandes distâncias sobrevoando o mar para alcançar sítios de nidificação e alimentação (Heubeck *et al.*, 2003). Uma questão crítica para as aves costeiras se refere à perda e degradação de áreas utilizadas durante a migração e nos locais de invernada.

Durante derramamentos acidentais de óleo, as aves marinhas, assim como os demais organismos que vivem nas camadas superficiais do mar, são especialmente vulneráveis (Leighton, 2000) em função da película de óleo que se forma na superfície da água (Braile & Cavalcanti, 1993).

Os efeitos decorrentes do contato físico direto das aves com o óleo são: ingestão de óleo e recobrimento, o que acarreta perda da impermeabilidade das penas (Levinton, 1995). A ingestão de compostos do petróleo ocorre principalmente durante a tentativa de se limpar, sendo os efeitos do contato externo por óleo associados aos da ingestão.

Os efeitos da inalação de compostos voláteis tóxicos como hexano e benzeno se restringem às aves que podem entrar em contato com a mancha de óleo nas primeiras horas após o derrame (Leighton, 2000).

A costa entre o Pará e o Maranhão foi classificada como a segunda área de invernada mais importante para aves costeiras, sendo superada apenas pelo Suriname. Esta área também foi declarada como sítio RAMSAR.

O Projeto Aves Migratórias, apoiado por MMA/BIRD/CNPq/UFMA/UFPA/1998-2002 e *The Nature Conservancy* (TNC), gerou resultados que foram conclusivos para a indicação de três sítios (Cururupu-MA, Viseu-PA e Maracanã-PA) de alta importância para a conservação por abrigarem grandes populações de aves migratórias. Estas áreas são de extrema importância para um grande número de espécies e fundamentais no ciclo migratório, exercendo um papel vital como áreas de descanso e alimentação

Um recente estudo georeferenciou e produziu um mapa de ocorrência para a avifauna migratória e residente na costa amazônica brasileira e ao mesmo tempo recomendou áreas prioritárias para a conservação (Rodrigues, 2007). Os municípios de Cururupu (MA), Viseu (PA) e

Maracanã (PA) apresentaram as maiores concentrações de aves costeiras com 75% do total, e foram consideradas como áreas prioritárias para a conservação na costa amazônica. O município de São Luiz foi o que apresentou menor número de registros, porém, são conhecidos ninhais regulares na Ilha do Cajual (Alcântara), incluindo Ciconiformes, espécies de garças e o guará.

Esses dados são de extrema importância como um indicativo da necessidade de conservação de habitats costeiros, uma vez que várias espécies são inteiramente dependentes desses ambientes para completar o ciclo de vida.

A curva probabilística, resultante da modelagem de um acidente de pior caso, mostrou que o óleo atingiria os principais sítios de nidificação, e áreas de pouso da área de influência das atividades de perfuração dos blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, na Bacia do Pará-Maranhão.

Em toda a extensão da costa maranhense e paraense, os ninhais em geral estão localizados em áreas mais interiores dentro do manguezal, não sendo talvez atingidas pelo óleo. No entanto vale ressaltar que estudos referentes aos maiores derramamentos envolvendo danos às aves marinhas durante os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário concluem que pequenos volumes de óleo podem ocasionar, em alguns casos, a morte destes animais (Hampton *et al.*, 2003, Leighton, 2000).

As grandes maiorias das aves migratórias que ocorrem na costa entre o Pará e Maranhão utilizam as praias arenosas, especialmente em pontões de areia, como áreas para o pouso durante a preamar e alimentação durante a baixa-mar. A chegada do óleo a estes locais poderia ser prejudicial à alimentação destes indivíduos, uma vez que a contaminação pode se dar indiretamente através da ingestão de outros organismos, especialmente Polychaeta (FEMAR, 2000). Os efeitos da ingestão incluem anemia, pneumonia, irritação intestinal, danos aos rins, alteração química do sangue, diminuição do crescimento, prejuízos à osmorregulação, decréscimo na produção e viabilidade dos ovos (RPI, 1988; Wood & Heaphy, 1991 *apud* Scholz *et al.*, 1992).

Em geral, as aves marinhas que habitam áreas contaminadas por óleo apresentam baixa fecundidade e maturação sexual tardia. Por essa razão, populações locais e subespécies podem ser significativamente reduzidas se ocorrer derrame de óleo na sua área de concentração e nidificação (IUCN, 1983).

Assim, este impacto pode ser classificado como negativo, **direto** e **imediate** - em caso de contato físico com a mancha de óleo - ou **indireto** e de **médio-prazo** - em caso de contaminação dos ovos durante o período de cuidado parental.

Em função da área potencialmente atingida pela mancha e a grande capacidade de deslocamento de aves adultas, este impacto é considerado **extra-regional**, já que as aves realizam grandes migrações entre sítios reprodutivos e alimentares nacionais e até internacionais.

Como o efeito impactante será sentido apenas no período em que o óleo permanecer no ambiente que poderia variar desde um período curto, em regiões oceânicas e com alto dinamismo, como as praias arenosas, ou extremamente longo, em casos de ambientes com baixo dinamismo, como mangue, este impacto foi considerado **temporário/permanente**, variando com as características ambientais dos sítios atingidos.

Foi considerado **parcialmente reversível**, uma vez que as condições ambientais dificilmente serão totalmente restabelecidas, principalmente nas áreas de mangue.

Como este impacto interage com os impactos potenciais sobre interferências com as atividades turísticas e de lazer, uma vez que imagens de aves imersas em manchas de óleo são amplamente utilizadas pela mídia para chamar a atenção da sociedade (Heubeck *et al.*, 2003), e com impactos potenciais sobre interferências com a comunidade bentônica que serve de alimento para as aves migratórias, este impacto foi considerado **cumulativo e estratégico**.

O impacto de interferência com aves marinhas foi classificado como de **alta magnitude** – considerando-se que a pluma toca as áreas de nidificação, e de alimentação - e de **grande importância e significância crítica**, em função da dinâmica apresentada acima e da alta sensibilidade ambiental do fator afetado.

15. Interferência com os recursos pesqueiros

A avaliação do impacto sobre os recursos pesqueiros promovido por um possível derramamento de óleo deve considerar parâmetros relacionados aos recursos explorados e suas características ecológicas, localização da atividade e a modelagem matemática de dispersão do óleo, assim como as características do mesmo.

A região norte caracteriza-se por apresentar alta biomassa e diversidade de recursos pesqueiros, evidenciada na importância de algumas espécies para a atividade pesqueira de diferentes municípios do norte e nordeste brasileiro, especificamente, àqueles inclusos na área de influência da atividade de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e -17 (Barthem & Fabr , 2004).

Entre os recursos pesqueiros explorados destacam-se espécies com distintas propriedades ecológicas, caracterizadas por representarem, por exemplo, diferentes nichos, habitats, guildas, além de padrões reprodutivos e migratórios (MMA, 2006).

Entre as espécies capturadas na região pode-se destacar: *Brachyplatystoma vaillanti* (piramutaba), *Cynoscion acoupa* (pescada amarela), *Scomberomorus brasiliensis* (serra), *Lutjanus purpureus* (pargo), *Macrodon ancylodon* (pescada-gó), *Aspidor parkeri* (gurijuba), *Farfantepenaeus*

subtilis (camarão-rosa), *Panulirus argus* (lagosta) e *Thunnus albacares* (albacora laje) (Santana, 1998; Souza *et al.* 2003; Santo *et al.* 2005).

No que se refere à ocorrência de derramamentos de hidrocarbonetos, Armstrong *et al.* (1995) analisaram a exposição e efeitos adversos do derramamento do *Exxon Valdez* em diversas espécies de crustáceos e moluscos, entre os anos de 1989 e 1991, em baías que foram atingidas pelo óleo e baías que não sofreram efeitos do acidente. Segundo os dados de fecundidade de uma das espécies de camarões analisadas, a taxa de reprodução no ano de 1990 se encontrava reduzida em relação ao ano anterior em ambas as baías. No entanto, a taxa de fecundidade encontrava-se 30% menor entre as fêmeas da baía que sofreram efeitos do derramamento em oposição àquelas que mantinham suas condições originais.

Em decorrência dos impactos do derramamento de óleo do *Sea Empress*, em 1996, no Reino Unido (Edwards & White, 1999), os níveis de hidrocarbonetos encontravam-se particularmente elevados em moluscos, mas com concentrações inferiores em crustáceos e peixes. Soma-se ainda o fato de não terem sido registradas perdas de espécies de valor comercial. No entanto, a ocorrência do acidente se deu em data intermitente ao período de desova dos recursos, o que não afetou, em longo prazo, os estoques destas espécies.

No que se refere à atividade de perfuração marítima a ser realizada nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 a modelagem matemática da dispersão de óleo indicou que, em situação de pior caso, com probabilidade maior que 10%, conjugando verão e inverno e um período de 30 dias sem que sejam tomadas medidas de controle do vazamento, a mancha alcançará a região costeira.

A partir das considerações feitas, destaca-se que a ocorrência de um derramamento de óleo caracteriza-se como um impacto negativo sobre os recursos pesqueiros, sendo também **imediate** e **direto**, pois se fará sentir no momento do possível derramamento, e **indireto**, devido às alterações que ocorrerão na teia trófica que interfere com os recursos explorados.

Considerando a duração do impacto, este pode ser classificado como **temporário**, pois cessado o vazamento o fator ambiental em questão tenderá a retornar às condições anteriores. Associando este conceito com a resiliência dos recursos pesqueiros este é um impacto **reversível**, para aquelas espécies migratórias, em que somente alguns indivíduos serão atingidos, e **parcialmente reversível**, considerando estoques residentes de áreas com alta sensibilidade e acordo com o estoque pesqueiro atingido.

O alcance deste impacto, tendo em vista o pior cenário, alcança uma área que extrapola a área do bloco e atinge espécies migratória, desta forma é classificado como **extra-regional**.

Em relação à magnitude deste impacto, destaca-se que este é uma alteração ambiental com abrangência espacial e temporal de difícil mensuração, considerando os aspectos ecológicos do fator ambiental tratado, deste modo, é classificado como de **alta magnitude**.

Destaca-se que este é um impacto **cumulativo**, pois altera a dinâmica pesqueira local, induzindo um impacto sobre a atividade pesqueira; da mesma forma, é potencializado pelas alterações ocorrentes nas comunidades pelágicas e bentônicas, exemplificamente.

Conforme apresentado no item referente ao diagnóstico ambiental, os recursos pesqueiros na área de influência da atividade estão associados à dinâmica socioeconômica de diversos municípios e comunidades, sendo altamente **estratégico** este impacto sob o ponto de vista econômico, ecológico e cultural na região. Desta forma, ressalta-se que este é um impacto de **grande importância**.

A partir do exposto anteriormente, considerando as classificações referentes ao fator ambiental e as propriedades deste possível derramamento, está impacto apresenta **grau crítico de significância**.

16. Interferência com a atividade pesqueira

A pesca na região norte e nordeste brasileira é realizada por diversas comunidades costeiras, apresentando uma grande diversidade de recursos pesqueiros explorados e artes de pesca empregadas (Diegues, 2002). Esta diversidade de sistemas pesqueiros é indicada como uma das principais características da pesca artesanal, modalidade predominante na região (Isaac *et al.*, 2006).

Considerando a importância desta atividade para a economia local, assim como as propriedades culturais e sociais da pesca para as comunidades envolvidas, este é um fator ambiental de alta relevância e sensibilidade, devido também a fragilidade da estrutura econômica que envolve a dinâmica pesqueira artesanal brasileira.

Além das características da atividade pesqueira realizada, para ponderamento em relação às interferências resultantes de um possível derramamento de óleo, deve-se analisar as dimensões deste impacto potencial.

Desta forma, foram realizadas modelagens matemáticas de dispersão de óleo. A partir destas modelagens, considerando as duas situações de pior caso, com probabilidade maior que 10%, conjugando verão e inverno e um período de 30 dias sem que sejam tomadas medidas de controle do vazamento, verifica-se, que a mancha alcança a região costeira.

Relacionando este dado com as características da frota pesqueira dos municípios aqui considerados conclui-se que ocorreriam interferências negativas com a atividade pesqueira artesanal e industrial. Tal alteração será percebida tão logo ocorra o derramamento, sendo este um impacto **imediate**.

As alterações sobre a atividade pesqueira também é um impacto **direto**, devido às restrições que serão impostas às frotas pesqueiras da região e indireto, pois algumas alterações resultarão do impacto sobre os recursos pesqueiros e toda biota aquática.

Considerando o pior cenário, pode-se inferir que após algum tempo, cessada a dispersão do poluente, a atividade pesqueira voltará a ocorrer, pois este é um impacto **temporário e reversível ou parcialmente reversível**, de acordo com o sistema pesqueiro desenvolvido, pois os recursos explorados apresentam características de resiliência distintas.

Associado às características dos recursos e das embarcações, este é um impacto **extra-regional**, pois irá interferir na dinâmica pesqueira de frotas originárias de diferentes estados e regiões do país, assim como alterará aspectos da cadeia produtiva da pesca que extrapolam os limites regionais.

Em consonância com o que foi explanado, estas interferências foram avaliadas como de **alta magnitude**.

O impacto potencial resultante das alterações sobre as atividades pesqueiras apresenta-se como **cumulativo**, pois associa-se a outros fatores ambientais, sendo potencializado por alguns, como a comunidade biótica aquática, e potencializando outros, como a economia regional.

Ressalta-se, de acordo com o apresentado no capítulo referente ao diagnóstico ambiental, a relevância da pesca artesanal e industrial na região, tornando este um impacto **estratégico**, o que, associado ao seu caráter **cumulativo**, o torna um impacto de **grande importância**.

Conclusivamente, a partir do exposto, as interferências resultantes de um possível derramamento de óleo em virtude da atividade de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, apresentam **grau crítico de significância**.

17. Interferência com a atividade turística

Em relação às atividades de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, da Bacia do Pará-Maranhão, de acordo com as simulações realizadas, a modelagem da dispersão de óleo indicou que no caso da ocorrência de um derramamento acidental de óleo, na pior hipótese, com probabilidade menor que 10%, tanto em condições de

verão e inverno, durante um período de 30 dias sem que sejam tomadas medidas de controle do vazamento, a mancha alcançará a região costeira.

A simples divulgação da existência de um acidente com vazamento de óleo, entretanto, implica em uma diminuição do fluxo de turistas para a região e a consequente perda de receita das cidades litorâneas afetadas, principalmente daquelas vinculadas às atividades de prestação de serviços e comércio.

Este impacto foi avaliado como **direto**, estando associado à possível ocorrência do acidente e **temporário**, em decorrência do tempo de dispersão da mancha e recomposição das condições que favoreçam o restabelecimento das atividades interrompidas. É um impacto **imediate**, **reversível** e **extra-regional**, por afetar atividades de interesse de públicos situados fora da área de influência do empreendimento. Dada a expressividade das atividades turísticas em determinados municípios pertencentes à área de influência e sua região circunvizinha, este impacto foi considerado de **média magnitude**.

Trata-se de um impacto de **média importância**, **simples** e **estratégico**, tendo em vista o interesse turístico da região a ser afetada, bem como a importância das receitas oriundas das atividades turísticas, na composição da arrecadação dos municípios inseridos na região do empreendimento e dos municípios circunvizinhos, sendo avaliado como grau de significância **moderada**, considerando a época do ano em que pode ocorrer (inverno ou verão), e a probabilidade de toque na costa indicada pela modelagem.

18. Pressão sobre a infraestrutura de disposição final de resíduos oleosos

As atividades de contenção a serem adotadas devido a um derramamento de óleo implicarão na geração de um volume significativo de resíduos sólidos e oleosos. Estes resíduos irão demandar a seleção de locais adequados para sua disposição final.

A transferência dos resíduos recolhidos para o local definido para destinação final ou armazenamento temporário ocorre mediante orientação dos órgãos ambientais e da prefeitura municipal local.

Todo o material impregnado com óleo (terra, areia, EPI's, mantas absorventes, etc.) é acondicionado em sacos plásticos e tambores, devidamente identificados com indicação da origem e do conteúdo.

O armazenamento provisório dos tambores, no local do recolhimento, é conduzido mediante orientação dos órgãos ambientais e da prefeitura municipal local.

O transporte dos resíduos é realizado por empresas licenciadas pelos órgãos estaduais, sendo utilizados tanques portáteis, tambores, caçambas ou outros recipientes cobertos ou lacrados.

Se houver a necessidade de tratamento ou disposição fora do terminal de apoio em terra, os resíduos serão enviados às empresas contratadas pela OGX para incineração, encapsulamento ou outra destinação.

Este impacto foi avaliado como **indireto**, **irreversível** e **permanente** pelo volume de resíduos gerados que permanecerá no local de destinação final, na maioria dos casos, sem possibilidade de reciclagem. É **imediate**, por se manifestar desde o início das ações de contingência e **extra-regional** por envolver áreas de destinação final que extrapolam a área de influência do empreendimento. Devido, principalmente, o volume de resíduos gerados caso ocorra um derramamento de óleo acidental, podendo a destinação destes extrapolar os municípios da Área de Influência, este impacto foi considerado de **média magnitude**.

Trata-se de um impacto **não-estratégico** e **cumulativo**, uma vez que interage com o impacto relativo à intensificação do tráfego marítimo. Este impacto é considerado de **grande importância** devido, principalmente, às condições atuais da infraestrutura de disposição final de resíduos nos Estados onde estão inseridos os municípios da Área de Influência. Considerando todos os atributos deste impacto sua **significância** foi avaliada como **severa**.

19. Interferência com o patrimônio histórico, cultural e arqueológico

Ao contrário de grandes empreendimentos, como usinas hidrelétricas e atividades de mineração, o impacto sobre o patrimônio histórico, cultural e arqueológico, provocado pelas atividades de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, da Bacia do Pará-Maranhão pode ser considerado relativamente pequeno, uma vez que, de acordo com as simulações realizadas, a modelagem da dispersão de óleo indicou que no caso da ocorrência de um derramamento acidental de óleo, na pior hipótese, com probabilidade inferior a 10%, tanto em condições de verão e inverno, durante um período de 30 dias sem que sejam tomadas medidas de controle do vazamento, a mancha alcançará a região costeira.

De forma geral, as atividades de perfuração marítima não representam danos ao patrimônio histórico e arqueológico, uma vez que a maioria dos sítios arqueológicos identificados na região e cadastrados junto ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) encontra-se em território continental. Entretanto, há indicação de localização de sítios do tipo sambaqui em áreas litorâneas, tanto no Pará como no Maranhão, que devem ser considerados sob o aspecto do risco

de derramamento de óleo, sem que nenhuma medida seja executada para evitar a aproximação e eventual contaminação da costa.

É importante ressaltar que, até o presente momento, existem poucas informações acerca da ocupação do litoral norte, bem como das grandes extensões de praias e restingas pouco exploradas, do ponto de vista arqueológico.

Caso realmente existam sítios arqueológicos na área eventualmente afetada pelas atividades de perfuração, o impacto causado por sua implantação pode ser considerado **negativo, direto, permanente, de curto-prazo, irreversível**, visto que as condições originais dos possíveis sítios arqueológicos afetados pela mancha de óleo não podem ser restabelecidas e, ainda, de caráter **regional**. Sua **magnitude** pode ser avaliada como **baixa**, tendo em vista a reduzida dimensão da área passível de ser afetada.

Este impacto foi considerado ainda **simples**, de caráter **estratégico** e de **média importância**. Considerando a necessidade de preservação de possíveis sítios em uma área ainda pouco conhecida pela Arqueologia, este impacto foi avaliado como sendo de significância **moderada**.

20. Interferência com as comunidades tradicionais

Em relação às atividades de perfuração marítima nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, da Bacia do Pará-Maranhão, de acordo com as simulações realizadas, no caso da ocorrência de um derramamento acidental de óleo, na pior hipótese, a modelagem apresentaria uma probabilidade menor que 10% de alcançar a área costeira, abrangendo os municípios compreendidos entre Chaves (PA) e Raposa (MA).

Em decorrência deste possível acidente, poderão ocorrer interferências principalmente com as comunidades tradicionais, de pescadores artesanais, de extrativistas, étnicos ou não-étnicos, presentes em todos os municípios da área de vulnerabilidade.

Visto que para muitas destas comunidades litorâneas a pesca constitui-se como importante atividade econômica e de subsistência, presume-se que estas sofrerão interferência direta em sua economia e segurança alimentar, caso haja derramamento de óleo, devido ao impacto causado sobre os estoques pesqueiros.

A degradação ambiental e a diminuição do estoque pesqueiro, ocasionadas por um possível derramamento de óleo, comprometem ainda a tradição cultural relacionada aos ambientes costeiro e marinho, uma vez que podem ameaçar a continuidade das manifestações culturais, celebrações religiosas e de seus modos de vida.

Deve-se considerar, ainda, que devido à probabilidade de alcance da modelagem em áreas costeiras, mesmo que de pequena probabilidade, a rotina destas comunidades poderá ser alterada. Suas atividades de lazer e algumas atividades econômicas deverão ser interrompidas temporariamente. Destaca-se, ainda, que aspectos do cotidiano destas populações deverão sofrer interferências, dadas as manobras de combate exigidas para a contingência que podem abrigar espaços urbanos costeiros em alguns pontos da área de influência identificada pela simulação da dispersão do óleo.

Tendo em vista estes fatores, este impacto foi considerado **direto**, em decorrência da dispersão do óleo, **temporário**, por estar associado ao período do evento acidental e de **curto-prazo**, por ocorrer tão logo o acidente se manifeste. É considerado, ainda, um impacto **reversível** e **regional**, por atingir aos aglomerados humanos situados na trajetória de dispersão do óleo que não extrapola a área de influência da atividade, ou por atingir os grupos humanos que freqüentam a área atingida, no caso especialmente da pesca. Desta forma, a **magnitude** deste impacto é considerada **média**.

A **importância** deste impacto foi avaliada como **média**, devido à pequena dimensão alcançada pelo óleo em dispersão e especialmente pela baixa probabilidade de toque em alguns pontos da costa da área de influência da atividade. É considerado **cumulativo**, por interagir com os impactos relacionados à intensificação do tráfego marítimo e atividades pesqueiras, de caráter **não-estratégico** e de **significância severa**.

21. Intensificação do tráfego marítimo

No caso da ocorrência de derramamento acidental, podem-se prever interferências diretas sobre o tráfego de embarcações na região atingida, seja em relação aos barcos de pesca e turismo, seja com a navegação de cabotagem em geral, uma vez que o deslocamento da mancha poderá, eventualmente, determinar alterações nas rotas de navegação, o que, por sua vez, pode levar a eventuais aumentos de percurso.

Por outro lado, a movimentação de embarcações de apoio para a contenção da mancha deve interferir na rota das demais embarcações que deverão estar em busca de alternativas de desvio da pluma, ampliando a sensibilidade ao fator “nível de tráfego”, o que potencializa a probabilidade de acidentes de navegação.

Este impacto negativo foi avaliado como **direto**, por decorrer predominantemente da demanda de atendimento às ações de contingência, sendo **temporário**, tão logo se restabeleçam as condições normais de navegabilidade na área. É **imediate**, por se manifestar associado à

ocorrência do evento acidental e **extra-regional**, uma vez que a área é utilizada por embarcações de várias regiões do país. Trata-se de um impacto **reversível**, uma vez que as ações de contingência se encerrem, as condições de navegabilidade se restabelecem. Deste modo, este impacto foi considerado de **média magnitude**.

É um impacto **cumulativo** por induzir o impacto referente à pressão sobre a infraestrutura portuária, e **não estratégico**. Foi avaliado como de **pequena importância**, devido à existência de rotas alternativas, além da possibilidade de manutenção de algumas rotas, independentemente da presença da mancha. Considerando todas as características deste impacto, sua **significância** foi avaliada como **moderada**.

22. Intensificação do tráfego aéreo

No caso da ocorrência de um derramamento acidental das proporções previstas nas modelagens utilizadas, deverá haver um aumento significativo no número de viagens aéreas para a unidade de perfuração, em função do transporte de equipamentos e pessoal especializados e para retirada de trabalhadores.

Destaca-se que a ampliação do número de viagens das aeronaves de apoio local e do aumento do número de aeronaves provenientes de outras áreas para acompanhamento das autoridades ou cobertura jornalística deve interferir com as operações de vôo normais que ocupam o espaço aéreo regional, ampliando os riscos a este fator ambiental. Deste modo, este impacto foi considerado de **média magnitude**.

Este impacto negativo foi avaliado como **direto**, por decorrer predominantemente da demanda de atendimento às ações de contingência, sendo **temporário**, tão logo cesse o atendimento à demanda emergencial. É um impacto **imediato**, por se manifestar associado à ocorrência do evento acidental e **local**, uma vez que a base de apoio aéreo a ser utilizada está localizada no município de São Luis. Trata-se de um impacto **reversível**, uma vez que as ações de contingência se encerrem, as condições de tráfego aéreo voltam ao normal.

Trata-se de um impacto **simples** e **não estratégico**, sendo avaliado como de **pequena importância**. Considerando todos os atributos deste impacto, sua **significância** foi avaliada como **leve**.

23. Pressão sobre a infraestrutura portuária

A infraestrutura portuária poderá sofrer interferências, na medida em que ocorrerem modificações de rotas de embarcações e potencial demanda de outros portos, diferentes dos usualmente utilizados. Esta alteração de itinerários poderá vir a ocasionar a sobrecarga de alguns portos.

No caso de um acidente seguido de derramamento de óleo, os portos mais próximos do local do acidente deverão sofrer uma pressão adicional sobre sua infraestrutura, em decorrência do afluxo das embarcações que irão participar das operações de resposta ao derramamento. Deste modo, este impacto foi considerado de **baixa magnitude**.

Este impacto **negativo** foi avaliado como **indireto**, sendo **temporário**, tão logo cesse o atendimento à demanda emergencial. É **imediate**, por se manifestar associado à ocorrência do evento acidental e **regional**, uma vez que serão acionados diferentes portos situados na área de influência. Trata-se de um impacto **reversível**, uma vez que as ações de contingência se encerrarem, as condições de uso dos portos voltam à normalidade.

Trata-se de um impacto **não estratégico** e **cumulativo** por ser induzido pelo impacto de intensificação do tráfego marítimo. Devido à existência de poucos portos na região com infraestrutura para atender este tipo de evento, caso ocorra um acidente este poderá sobrecarregar a infraestrutura destes portos, desta forma, este impacto foi avaliado como de **média importância**. Sendo a **significância** deste impacto considerada **moderada**.

6.3.5. Síntese Conclusiva dos Impactos Potenciais

Conforme pode ser observado na matriz de avaliação de impactos potenciais, apresentada no Quadro 6.3.5-1 observa-se que dos 23 impactos identificados, 15 incidem sobre o meio físico-biótico e 8 (oito) sobre o meio socioeconômico.

A maioria dos impactos sobre o meio físico-biótico (ou meio natural) é de incidência direta. Alguns impactos do meio biótico foram classificados como diretos e indiretos, visto que os impactos no ambiente induzem alterações nas comunidades marinhas, principalmente quando considerados fatores ambientais relacionados. Por sua vez, os impactos provocados no meio socioeconômico foram avaliados, em sua maioria, como diretos.

A maioria dos impactos foi classificada como temporários, apresentando algum caráter de reversibilidade (reversível ou parcialmente reversível), tanto do meio natural quanto do meio

socioeconômico, já que, uma vez cessada a fonte impactante, o ambiente tende a retornar às condições originais - em maior ou menor período de tempo - de acordo com a resiliência do fator ou componente ambiental afetado. Esta avaliação decorre principalmente do fato que o óleo, embora sofra dispersão para regiões distantes, deverá permanecer no oceano por um período de tempo relativamente curto.

Apenas os impactos sobre os fatores ambientais “manguezais, marismas e apicuns” e “qualidade do sedimento”, no meio natural e “infraestrutura de disposição final de resíduos” e “patrimônio histórico, cultural e arqueológico”, no meio socioeconômico foram classificados como permanentes e irreversíveis.

No caso dos manguezais, marismas e apicuns e também do sedimento, a conhecida pouca resiliência destes fatores ambientais nos casos de derramamento de óleo justifica essa classificação.

A classificação de permanência e reversibilidade do impacto incidente sobre a infraestrutura de resíduos considerou a permanência dos resíduos oleosos nos aterros devidamente licenciados e a pouca reciclagem deste tipo de resíduo. Para o patrimônio histórico, cultural e arqueológico, considerou-se a possibilidade de potenciais sítios arqueológicos costeiros, como os sambaquis, serem perdidos em caso do óleo chegar à costa.

Observando-se a matriz, pode-se perceber que, tal qual o registrado para os impactos reais, a alta sensibilidade da região, aliada à proximidade com o Parcel Manuel Luis, está refletida no grau de importância avaliado para os impactos potenciais. Grande parte dos impactos (16 dos 23 impactos) foi avaliada como de grande importância. Na avaliação da magnitude, por sua vez, está refletida a intensidade das alterações provocadas por eventos catastróficos deste porte, onde apenas 3 dos 23 impactos identificados foram classificados como de baixa magnitude.

Entende-se que acidentes catastróficos envolvendo o derramamento de grande quantidade de óleo no mar, como o avaliado neste documento, geram impactos considerados onerosos pela sociedade, tanto em termos de preservação ambiental, quanto em termos econômicos. Isso pode ser observado através do grau de significância encontrado para a maioria dos impactos desta avaliação, que variou de severo a crítico em 17 dos 23 impactos.

Quadro 6.3.5-1. Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais Potenciais para a atividade de perfuração nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17.

Nº	IMPACTO POTENCIAL	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO									
		INCIDÊNCIA	ABRANGÊNCIA ESPACIAL	PERMANÊNCIA	REVERSIBILIDADE	MOMENTO	CARÁTER ESTRATÉGICO	CUMULATIVIDADE	IMPORTÂNCIA	MAGNITUDE	SIGNIFICÂNCIA
Impactos no meio físico e biótico (meio natural)											
1	Alteração da qualidade da água	D	Ex	T	Pr	Im	NE	C	G	M	S
2	Alteração da qualidade do ar	D	Re	T	R	Im	E	S	G	M	S
3	Alteração da qualidade do sedimento	D	Re	Pe	Pr	Cp	NE	C	M	M	S
4	Interferência com Unidades de Conservação	D	Re	T/Pe	Pr	Cp/Mp	E	C	G	A	C
5	Interferência com praias arenosas	D	Ex	T	Pr	Im	E	C	G	M	S
6	Interferências com costões rochosos	D	Ex	T	R	Cp	NE	C	G	B	M
7	Interferência com manguezais, marismas e apicuns	D / I	Ex	Pe	Pr/Ir	Im	E	C	G	A	C
8	Interferência com estuários e deltas de rios	D	Ex	T	Pr	Cp	E	C	G	A	C
9	Interferência com áreas de restinga	D	Ex	T	Pr	Im	E	C	G	A	C
10	Interferência com a comunidade planctônica	D / I	Re	T	R	Im	E	C	G	M	S
11	Interferência com a comunidade nectônica	D / I	Ex	T	R	Lp	E	C	G	A	C
12	Interferência com mamíferos marinhos e quelônios	D / I	Ex	T	R	Im/Lp	E	C	G	A	C
13	Interferência com comunidade bentônica	D	Re	T	Pr/Ir	Cp	E	C	G	A	C
14	Interferência com aves marinhas	D / I	Ex	T/Pe	Pr	Im/Mp	E	C	G	A	C
15	Interferência com os recursos pesqueiros	D / I	Ex	T	R	Im	E	C	G	A	C
Impactos no meio socioeconômico											
16	Interferência com a atividade pesqueira	D	Ex	T	R/Pr	Im	E	C	G	A	C
17	Interferência com a atividade turística	D	Ex	T	R	Im	E	S	M	M	M
18	Pressão sobre a infraestrutura de disposição final de resíduos oleosos	I	Ex	Pe	Ir	Im	NE	C	G	M	S
19	Interferência com o patrimônio histórico, cultural e arqueológico	D	Re	Pe	Ir	Cp	E	S	M	B	M
20	Interferência com as comunidades tradicionais	D	Re	T	R	Cp	NE	C	M	M	S
21	Intensificação do tráfego marítimo	D	Ex	T	R	Im	NE	C	P	M	M
22	Intensificação do tráfego aéreo	D	L	T	R	Im	NE	S	P	M	L
23	Pressão sobre a infraestrutura portuária	I	Re	T	R	Im	NE	C	P	B	L
LEGENDA											
Críticos de Avaliação											
Incidência			Reversibilidade			Caráter Estratégico			Magnitude		
D - Direto			R - Reversível			E - Estratégico			B - Baixa		
I - Indireto			Pr - Parcialmente Reversível			NE - Não estratégico			M - Média		
Abrangência Espacial			Ir - Irreversível			Cumulatividade			A - Alta		
L - Local			Momento			S - Simples			Grau de Significância		
Re - Regional			Im - Imediato			C - Cumulativo					
Ex - Extra-regional			Cp - Curto prazo			Importância			L - Leve		
Permanência			Mp - Médio prazo			P - Pequena			M - Moderado		
T - Temporário			Lp - Longo prazo			M - Média			S - Severo		
Pe - Permanente						G - Grande			C - Crítico		

Embora haja registros de grandes catástrofes relacionadas a derramamentos de óleo, esta atividade reveste-se de uma peculiaridade essencial no que diz respeito à magnitude dos impactos ambientais possivelmente decorrentes de tal incidente: as simulações e avaliações não

consideraram as ações de contenção, recolhimento e dispersão, previstas no Plano de Emergência Individual para acidentes envolvendo derramamentos de óleo, conforme citado anteriormente. Este fator deve ser considerado, especialmente, na avaliação dos impactos nos fatores ambientais de maior sensibilidade.

Segundo FEMAR (2000), em geral, uma superfície de óleo não resulta em altos níveis de óleo dissolvido ou disperso na coluna d'água e o seu impacto na vida marinha é grandemente restrito àqueles animais que vivem nas camadas superficiais da água ou na costa; por exemplo, aves e mamíferos marinhos podem ficar cobertos com óleo, quando este alcança a costa em grandes concentrações.

Observa-se que a presença do óleo na água afeta todos os compartimentos do ecossistema oceânico e nerítico. Neste contexto, destacam-se as comunidades planctônicas, por sustentarem todos os demais níveis tróficos nestes ambientes.

Cabe destacar também, ainda em relação ao meio físico-biótico, que pode ser percebida uma influência desses impactos como um todo sobre as atividades pesqueiras e turísticas. Alterações nas comunidades nectônicas certamente interferem nas atividades pesqueiras. As atividades turísticas, porém, podem ser afetadas pelos diversos impactos sobre o meio físico-biótico de forma diferenciada e de difícil identificação. Pode-se presumir que serviços relacionados ao setor de turismo deverão ser afetados, principalmente os de alimentação e hotelaria. De forma semelhante, a questão da balneabilidade das praias e alterações nos serviços ligados a atividades de mergulho também poderão contribuir para a diminuição do afluxo e permanência de turistas nas regiões afetadas.

Em 96% dos impactos, a avaliação dos impactos indicou uma abrangência espacial extra-regional e um caráter estratégico, já que os efeitos afetam, de um modo geral, um campo ambiental além da área de mancha definida e fatores muitas vezes de importância coletiva ou nacional.

A descrição dos impactos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento accidental, a partir das atividades de perfuração, revela que, para uma avaliação ambiental global, torna-se necessário analisar o balanço entre a questão da probabilidade e importância dos impactos em conjunto.

Em se tratando de um evento accidental, que possui uma probabilidade de ocorrência, torna-se necessário, no contexto desta avaliação, considerar as questões discutidas na Análise de Risco, especialmente no que se refere à análise histórica de acidentes e à consequente avaliação da frequência destes acidentes.

Estas informações permitem considerar que, embora a avaliação dos impactos decorrentes de um derramamento dessas proporções revele uma considerável interferência no meio ambiente, no contexto das hipóteses acidentais envolvendo derramamento de óleo identificadas na Análise de Riscos, tal evento corresponde a uma possibilidade altamente remota.

No contexto mundial de derramamentos acidentais de óleo, pode-se constatar que as descargas de pior caso aqui consideradas (volumes de 15.120 m³) representaria um grande incidente. Porém, os incidentes que resultaram em derramamento das maiores descargas já reportadas ocorreram com navios transportadores, e não com unidades de perfuração, como a da presente análise.

O incidente mais grave envolvendo petroleiros ocorreu em 1979, com o *Atlantic Express*, na costa de Tobago (ITOPF, 1995), onde foram lançadas no mar 280.000 toneladas de óleo (<http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

De acordo com os dados apresentados no periódico *Offshore*, em setembro de 1989, constata-se que, após um pico de ocorrência de acidentes em plataformas móveis, verificado no biênio 1981/1982, o número de incidentes desta natureza vem decrescendo ao longo do tempo (dados referentes ao período de 1977 a 1988).

Além disso, segundo o estudo intitulado *Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment*, produzido pelo GESAMP e mencionado no *Marine Pollution Bulletin* (setembro, 1993), independentemente do volume derramado, o importante é que houve uma significativa redução da contaminação por óleo em escala global. Estimativas feitas em 1981 mostravam que 3,2 milhões de toneladas de óleo por ano entravam no ambiente marinho, sendo provenientes das mais diversas fontes, enquanto que, em estimativas mais recentes, feitas em 1990, esse valor foi bem menor: 2,35 milhões de toneladas.

Embora haja um verdadeiro dissenso em relação à contribuição do volume de óleo derramado por fonte poluidora, a maioria dos autores concorda com a porcentagem relativa de cada uma delas. A Figura 6.3.5-1, a seguir, mostra essa participação média relativa de cada uma das fontes.

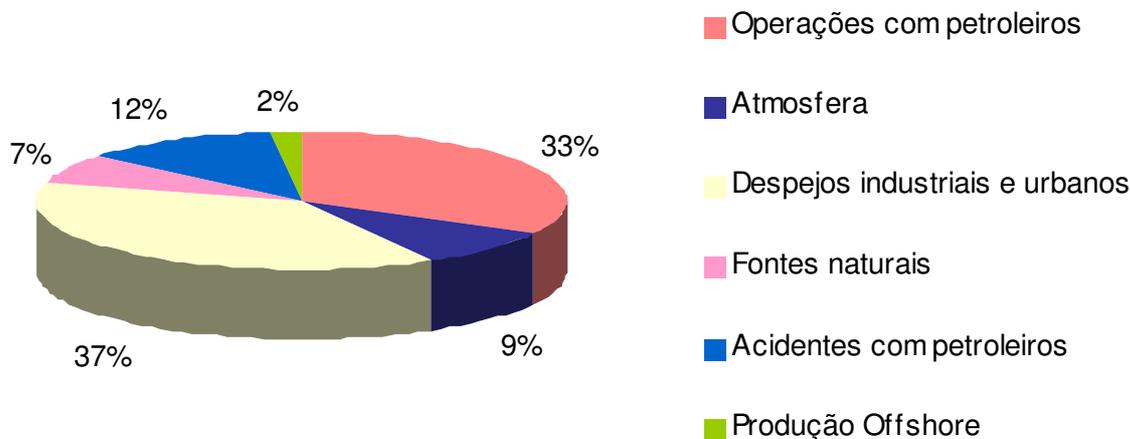


Figura 6.3.5-1. Contribuição relativa de óleo derramado no ambiente marinho, por fonte poluidora. Fonte: www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm (modificado).

Nesta figura, merece destaque especial para a presente análise, a reduzida participação relativa da poluição por óleo originada pelas atividades de produção *offshore*. Destaca-se ainda que entre 15 e 30% de todo o óleo despejado no Mar do Norte, em 1990 (cerca de 19.080 toneladas), foram consequência de operações *offshore*. Desse total, apenas 7% foram causados por derramamentos acidentais (acidentes e explosões) (Nihoul & Ducroty, 1994 *apud* www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm).

Entretanto, deve-se ressaltar que a análise global dos impactos ambientais de derramamentos de óleo não considera as medidas de contenção previstas no Plano de Emergência Individual (PEI), sendo apresentada a avaliação ambiental do deslocamento do óleo em um cenário forçadamente crítico.

O Plano de Emergência Individual (PEI), elaborado para emergências envolvendo derramamentos de óleo oriundas da atividade de perfuração é apresentado no Capítulo 9 deste EIA.

A avaliação da cumulatividade dos impactos potenciais foi feita de forma análoga aos impactos reais, conforme apresentado no subitem 6.1.5, anteriormente. No caso específico dos impactos potenciais, cabe considerar que a cumulatividade entre seus efeitos decorre de uma mesma ação (derramamento de óleo).

Assim, considerando o conjunto de impactos potenciais identificados e avaliados no subitem 6.3.3, constata-se que os principais impactos cumulativos decorrentes do derramamento acidental de óleo a partir dos poços desta atividade seriam:

- efeitos aditivos ou interativos entre a presença do óleo e o lançamento de efluentes, cascalho com fluido de perfuração, fluido de perfuração base água sobre a qualidade da água e do sedimento e biota marinha;
- efeitos interativos relativos à biomagnificação de contaminantes através da cadeia trófica bentônica e pelágica, relacionados à presença do óleo e de fluidos de perfuração provenientes de outras atividades;
- efeitos aditivos referentes ao aumento do nível de tráfego aéreo, marítimo e rodoviário, decorrentes da demanda advinda do derramamento acidental aliada à demanda das demais atividades que estiverem ocorrendo na Bacia do Pará-Maranhão;
- efeitos aditivos e interativos decorrentes da alteração da qualidade do ar, considerando a evaporação do óleo e as demais emissões atmosféricas de outras atividades;
- efeitos aditivos relacionados às atividades pesqueiras, considerando as áreas de exclusão à pesca já existentes e a área de dispersão do óleo;
- efeitos aditivos sobre a infraestrutura portuária e de disposição final de resíduos sólidos, considerando o derramamento acidental.

Com relação ao conjunto desses efeitos, algumas considerações genéricas podem ser tecidas, com o objetivo de embasar a avaliação do grau de significância. Por um lado, a maior parte deles se refere a interferências ambientais de grau de significância moderado a crítico. Não há dúvida de que um derramamento acidental destas proporções provocará uma intensa alteração em diversos fatores ambientais. Por outro lado, deve-se considerar a probabilidade altamente remota de sua ocorrência e a curta duração desses efeitos.

Novamente, ressalta-se que somente com base nas informações apresentadas neste capítulo e a avaliação das medidas, apresentada no Capítulo 10, é possível avaliar a significância residual, isto é, a real significância dos possíveis impactos de um derramamento acidental de óleo nos moldes do avaliado para esta atividade.