

**XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS. IBAPE/SP - 2009**

NATUREZA DO TRABALHO: TRABALHO DE PERÍCIA

**SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DO DANO AMBIENTAL DECORRENTE
DE VAZAMENTO DE PETRÓLEO: UMA PROPOSTA DE MODELO DE
AVALIAÇÃO**

Resumo

Este trabalho tem por objetivo propor uma metodologia de avaliação para identificação do dano ambiental decorrente de incidentes de poluição marítima por derramamento de petróleo e derivados, visando à classificação e a determinação da categoria dos danos existentes. Tal metodologia foi elaborada com base nos conceitos de Análise de Risco de Empreendimentos, e aplicada em dois eventos distintos de derramamento de óleo ocorridos em regiões de alta sensibilidade ambiental.

Palavras-chave: Dano ambiental, Vazamento de óleo, Análise de risco.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. PETRÓLEO E O MEIO AMBIENTE.....	3
2.2 ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS DO PETRÓLEO	5
2.3 IMPACTOS CAUSADOS PELO DERRAME DE ÓLEO	7
2.4. AÇÕES DE RESPOSTA AO ACIDENTE.....	8
2.5. DETERMINAÇÃO DO DANO AMBIENTAL	11
3.6. ANÁLISE DE RISCO	12
3. ESTUDOS DE CASO	18
3.1. EVENTO “A”	18
3.1.1. <i>Descrição do evento “A”</i>	18
3.1.2. <i>Descrição das praias atingidas</i>	23
3.1.3. <i>Enquadramento do acidente</i>	25
3.2. EVENTO “B”	25
3.2.1. <i>Descrição do evento “B”</i>	26
3.2.2. <i>Ações de Contingência</i>	29
3.2.3. <i>Características da região atingida pelo vazamento</i>	31
3.2.4. <i>Enquadramento do acidente</i>	33
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	35
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A crescente industrialização tem causado um aumento na poluição, principalmente nos ambientes aquáticos, que recebem diretamente substâncias químicas de despejos industriais e domésticos, sendo as regiões costeiras as mais sujeitas aos impactos das atividades antropogênicas.

Ao transporte marítimo pode-se atribuir uma série de ações que resultam em impactos ambientais provenientes, principalmente, do lançamento de efluentes, das emissões atmosféricas, da geração de resíduos, e da transferência de espécies exóticas através da água de lastro. Além disso, há o risco do impacto resultante do derramamento da carga no mar, seja durante as operações rotineiras de manutenção dos navios e constantes descargas nos portos e terminais, ou de forma aguda, como resultado de eventuais incidentes.

Os acidentes têm chamado a atenção pública pelas conseqüências envolvidas. Normalmente, os derramamentos de óleo ocorrem em regiões habitadas, ou locais que apresentam elevada sensibilidade ambiental, tais como manguezais, fontes de abastecimento de água potável, mananciais, etc.

Em duas ocasiões distintas, a signatária foi nomeada como perita do Juízo, para classificar e determinar os danos causados por derramamento de petróleo na região litorânea do estado de São Paulo.

Tendo em vista a importância de se determinar com fundamento e embasados em critérios técnicos, a classificação dos danos ambientais ocorridos em vazamentos de óleo no mar, a proposta do presente trabalho é:

“Identificar e propor uma metodologia de avaliação para identificação do dano ambiental decorrente de vazamento de petróleo, visando a classificação e a determinação da categoria dos danos existentes”.

Para a obtenção do objetivo pretendido foram elaboradas tabelas para o enquadramento do dano ambiental, com base nos conceitos de Análise de Risco de Empreendimentos, e na experiência dos profissionais envolvidos em sistemas de gestão de risco e acidentes ambientais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Petróleo e o meio ambiente

O petróleo é considerado um produto perigoso e seu transporte e manuseio oferecem riscos ao meio ambiente e à segurança humana, isto é, no caso da liberação deste produto há possibilidade de danos materiais e humanos, enfermidades ou até morte, resultante da exposição de pessoas, animais ou vegetais a agentes ou condições ambientais potencialmente perigosas

O comércio internacional de petróleo baseia-se essencialmente no transporte marítimo, que vem se expandindo bastante pelo aumento tanto da frota de petroleiros como do tamanho destes: de 3.500 navios com 37 milhões de toneladas em 1954 para 7.000 navios, totalizando 340 milhões de toneladas em 1978. Isto significa que tanto a probabilidade como as conseqüências de um acidente também aumentaram enormemente. A experiência dos grandes acidentes de derramamento de óleo mostrou a importância dos danos causados ao meio ambiente, prejudicando a vida marinha, a pesca e o turismo (La Rovere, 1990).

De acordo com a Agenda 21, a degradação do meio ambiente marinho pode resultar de várias fontes, tais como as de origem terrestre, que contribuem com 70% da poluição marinha, as atividades de transporte marítimo e descarga no mar com 10% cada uma. Entretanto, a magnitude dessas interações, é variável de acordo com a maior ou menor extensão das bacias hidrográficas, coletoras de sedimentos e de resíduos poluentes de vastas áreas.

Os mares e os oceanos são uma fonte abundante de recursos biológicos e naturais, comparáveis ou até mesmo superiores às florestas tropicais, essenciais para determinar o clima da Terra. São responsáveis pela constante reciclagem de

produtos químicos, nutrientes e água. São ainda uma fonte importantíssima de alimentos e emprego, além de constituírem vias naturais de comunicação, transporte e comércio.

A maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos, como descargas rotineiras de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais, entretanto são os derramamentos provenientes de dutos e navios que recebem maior apelo para seu combate, dada a grande visibilidade e pelas conseqüências trágicas que a poluição aguda pode provocar sobre os ecossistemas atingidos (Souza Filho, 2006).

Uma série de impactos ambientais pode ser atribuída ao transporte marítimo, tais como emissões atmosféricas, geração de resíduos, utilização de tintas tóxicas e transferência de espécies exóticas através da água de lastro (IMO, 2004). Entretanto, existe principalmente o risco de impacto ambiental resultante do derramamento da carga no mar, proveniente de um acidente, ou durante operações rotineiras como carga e descarga (ITOPF, 2005 e Silva, 2004).

Esta atividade consiste em uma das principais causas da poluição acidental por óleo, principalmente no Brasil, onde a maior parte do petróleo e derivados é transportada por petroleiros (Silva, 2004).

A poluição pode atingir drástica e rapidamente o ambiente marinho, com morte instantânea do plâncton, ou ainda pela bioacumulação, que é o fenômeno através do qual os organismos vivos acabam retendo dentro de si algumas substâncias tóxicas que vão se acumulando também nos demais seres da cadeia alimentar até chegar ao homem, sendo um processo lento de intoxicação e muitas vezes letal (GEO BRASIL, 2002).

Quando derramado no mar, o petróleo sofre alterações na sua composição original devido ao processo de intemperismo do óleo, conforme detalhado a seguir.

2.2 Aspectos físicos, químicos e toxicológicos do petróleo

O óleo é uma mistura complexa envolvendo uma grande quantidade de substâncias químicas. De acordo com sua constituição, podem ter diferentes características físicas, químicas e toxicológicas as quais se alteram do longo do tempo, se presentes no ambiente marinho. O conjunto dessas alterações faz parte de um processo denominado intemperismo do óleo.

As transformações sofridas pelo petróleo e seus refinados no ambiente afetam primeiramente as características físicas do produto (densidade, viscosidade, ponto de escoamento, solubilidade) sem alterações na natureza química dos componentes. Ocorrem, principalmente, os processos de espalhamento do produto derramado e evaporação dos componentes leves, seguidos da dissolução das frações solúveis, emulsificação decorrente do hidrodinamismo e sedimentação por aderência de partículas suspensas na coluna d'água.

Ocorrem também processos mais lentos, que alteram a natureza química dos componentes, como a oxidação química ou fotoquímica microbiana, que podem se estender de meses a anos atuando sobre o produto já envelhecido

Os óleos em geral são classificados como:

- não persistentes: tendem a desaparecer rapidamente da superfície do mar como a gasolina, nafta, querosene e óleos leves;
- persistentes: dissipam mais vagorosamente e são os óleos crus.

A persistência depende de sua gravidade específica que é a sua densidade em relação à água pura. Com base na densidade específica e o grau API (American Petroleum Institute) os óleos podem ser classificados em quatro grupos:

Grupo I – Óleos leves, que pouco se misturam com a água do mar, apresentando alta taxa de evaporação;

Grupo II – Óleos leves nos quais a emulsão água-óleo é maior do que no grupo anterior, degradando-se naturalmente entre três e quatro dias;

Grupo III – Óleos pesados, que se misturam com a água do mar, a qual começa a se degradar nos dois primeiros dias mas, persiste ainda em pequenas quantidades até seis ou sete dias.

Grupo IV – Óleos pesados, onde ocorre pouca mistura do óleo com a água e o tempo de permanência no meio ambiente é o maior de todos, com tendência de formar placas densas, principalmente no sedimento.

O óleo pode ter diferentes características físicas, químicas e toxicológicas as quais se alteram ao longo do tempo, se presentes no ambiente marinho. O conjunto destas alterações faz parte de um processo denominado intemperismo do óleo.

Assim, os óleos pesados tendem a permanecer mais tempo no meio ambiente, dissipando-se lentamente e atuam nos organismos principalmente por efeitos físicos, ao contrário dos óleos leves, os quais apresentam maior concentração de compostos aromáticos, mais tóxicos aos organismos aquáticos.

Os óleos de um determinado grupo podem se comportar como se fosse de outro dependendo das condições oceanográficas e climáticas por ocasião do derramamento.

O petróleo bruto, tal como é extraído, é composto de um grande número de hidrocarbonetos saturados e insaturados, usados industrialmente para a obtenção do óleo combustível, gasolinas, parafinas, etc.

O petróleo é composto também por substâncias solúveis, como os fenóis, piridina, que representam outro perigo, visto serem na maioria muito tóxicos, apesar de teores mínimos com que aparecem na composição. De uma forma geral, estudos demonstram que os hidrocarbonetos aromáticos são os mais tóxicos ao ambiente, entre eles estão o benzeno, tolueno e xileno.

2.3 Impactos causados pelo derrame de óleo

Os derrames de óleo causam sérios impactos nas atividades litorâneas e àqueles que utilizam ou beneficiam-se dos recursos do mar. Na maioria dos casos, tal dano é temporário e causado primariamente pelas propriedades físicas do óleo, criando incômodos e condições de risco. Entretanto em algumas situações, muitos anos podem ser necessários para que haja recuperação e, em raras ocasiões, o dano pode ser irreparável.

O óleo derramado pode também estar em mar aberto ou entrar em águas costeiras e atingir a costa. O tempo de permanência do óleo em ambientes de alta energia de ondas e marés tende a ser menor do que em ambiente abrigados. Níveis mais elevados de energia de ondas causam a limpeza natural e a reconfiguração da linha costeira intermarés, e as correntes marítimas criadas junto à costa, pela refração/reflexão das ondas, podem também, afastar o óleo da costa e minimizar os seus efeitos.

As conseqüências mais sérias e de longo prazo de um derrame de óleo são encontradas nas situações em que o óleo se acumula nos sedimentos de zonas costeiras rasas com pouca renovação de água, especialmente nos ecossistemas de mangues costeiros, pântanos salgados e recifes de corais. Em tais casos, tanto o impacto agudo (letal) na flora e na fauna local, quanto o *stress* crônico nos organismos que sobrevivem inevitavelmente ocorrem.

O óleo provoca uma série de efeitos nocivos aos organismos marinhos, sendo seu impacto determinado pela toxicidade e efeitos da mancha resultantes da composição química do óleo, bem como pela diversidade e variabilidade dos sistemas biológicos e sua sensibilidade à poluição por óleo. Sob o ponto de vista biológico, os derrames de óleo podem, em geral, afetar as espécies sejam marinhas, costeiras ou residentes em *habitats* submarinos das seguintes maneiras:

Impactos Diretos

Sufocamento: animais com coberturas, pêlos ou penas, e mesmo vegetais, podem ficar cobertos por óleo impedindo que façam as trocas necessárias com o meio ambiente, como respiração, fotossíntese, transpiração, etc.

Exposição tóxica: os efeitos tóxicos diretos podem afetar os animais através da ingestão, absorção e inalação direta dos hidrocarbonetos. A mortalidade das plantas pode ocorrer pelo contato ou exposição direta com o óleo ou pela absorção do óleo presente nos sedimentos contaminados, através das raízes.

A toxicidade aguda (exposição em curto período de tempo, mas em elevadas concentrações) e a toxicidade crônica (exposição longa, e com baixas concentrações) geram respostas diferentes nos organismos e na comunidade como um todo.

Impactos Indiretos

Perda do habitat ou fonte de alimentação: a mortalidade das plantas ou animais de níveis inferiores da cadeia alimentar afetará indiretamente animais e plantas que dependem dos anteriores (direta ou indiretamente) como fonte de alimentação ou para o seu habitat.

Também devem ser considerados os aspectos socioeconômicos do derramamento de óleo uma vez que as regiões costeiras e ribeirinhas são muito utilizadas para assentamento populacional, turismo, extração de recursos como atividade pesqueira e comércio, os quais dependem não só da boa qualidade das águas do mar e das praias, como também da aparência estética do litoral.

2.4. Ações de resposta ao acidente

Para que as ações de resposta visando à minimização dos danos provocados pelos derrames de óleo ao meio ambiente sejam adequadamente escolhidas e aplicadas, são necessárias ações iniciais no sentido de se conhecer o cenário envolvido no acidente, a fim de definir as estratégias de combate e

dimensionar os recursos necessários para uma resposta efetiva. As ações propriamente de combate incluem a contenção e remoção do produto do mar e a limpeza dos ambientes costeiros atingidos por meio de técnicas apropriadas.

Durante o incidente, a avaliação preliminar do vazamento deverá ser adotada como primeira medida, orientando o desenvolvimento das ações iniciais de combate. Essas ações serão periodicamente reavaliadas em função de mudanças no deslocamento da mancha e das alterações no comportamento do óleo no mar, provocadas pelo processo de intemperismo do óleo.

A eficiência da resposta está associada à seleção do equipamento e seu uso adequado e baseada no grau de contaminação pelo óleo, tipo de óleo, os tipos de substrato, além da sensibilidade das comunidades biológicas encontradas na área afetada e as condições das correntes, ondas e ventos. Os estragos provocados na costa e as ameaças a outras áreas podem ser reduzidos pelo uso de equipamentos de contenção e recuperação

Em casos de vazamentos de óleo, a CETESB determina que alguns pontos devem ser observados na avaliação inicial de uma ocorrência, os quais estão sucintamente descritos na tabela a seguir:

Tabela 1: Quadro das medidas de contenção e remoção em caso de derramamento de óleo (adaptado de CETESB).

Ação de resposta	Descrição
Comunicação da ocorrência	Identificação da fonte geradora, data e horário, descrição do acidente.
Recursos necessários	Utilização de cartas topográficas, náuticas e tabuas de marés para orientar as vistorias.
Aspectos de segurança	Preparo e capacitação das pessoas envolvidas na situação de risco.
Monitoramento	Vistorias aéreas, marítimas e terrestres.
Contenção	Deve ser rápida e com utilização de barreiras de contenção
Remoção	Deve recolher o óleo derramado e evitar danos maiores ao meio ambiente
Tratamento e destinação	Gerenciamento dos resíduos oleosos como areia contaminada e óleo retirado do mar

No caso de acidente de vazamento de óleo é importante analisar detalhadamente as ações de contingências adotadas durante o derrame, para que se possam mensurar os impactos causados ao meio ambiente também em função das referidas ações.

As ações emergenciais não se encerram com o final das atividades de contenção e recolhimento de óleo. As ações envolvem inclusive o gerenciamento dos resíduos oleosos constituídos por substâncias sólidas (areia ou terra) como também por misturas oleosas recolhidas nas operações de mar.

2.5. Determinação do Dano Ambiental

A estimativa dos danos ambientais provenientes das atividades humanas é uma tarefa complexa sob diversos aspectos. Não se conhecem as relações entre dose e efeito de todas as substâncias tóxicas, não se conhecem estas relações sequer de uma única substância para todas as espécies, e não se conhecem todos os efeitos de perda ou diminuição de uma população qualquer sobre os ecossistemas e, portanto, estamos muito longe de quantificar sequer aproximadamente todos os danos da poluição.

Poluir significar sujar, macular, manchar. O ato ou efeito de poluir é designado de poluição. Entretanto, há uma grande dificuldade para se estabelecer uma classificação ambiental baseada em grau de sujeidade, devido à impossibilidade de se fixar uma unidade padrão deste fator que poder ser originado por diferentes causas, de várias naturezas.

A poluição é considerada, juridicamente, como a inclusão de qualquer fator ao ambiente que provoque alteração de suas qualidades naturais, impondo ao vizinho condições modificadas do meio.

A Lei Federal nº 6.938/81, Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 3º define poluição como “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança, e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.”

A indicação de poluição, sob o aspecto biológico, se dá quando compostos ou microorganismos indesejáveis penetram em um ambiente, alterando suas propriedades químicas e físicas, colocando em perigo o equilíbrio da composição e distribuição das populações.

A área será classificada como *Área Contaminada sob Investigação* quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea

em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco, devendo seguir os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB).

O Valor de Intervenção - VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.

As concentrações de poluentes bem como o impacto sobre a fauna e flora no local do vazamento de óleo, deverão ser obtidos através de ensaios ecotoxicológicos, análises químicas em amostras de água e sedimentos, ou ainda nas investigações hidrogeológicas da região afetada.

3.6. Análise de risco

A avaliação dos impactos ambientais que um empreendimento pode causar, como consequência de eventos inesperados, não-planejados ou indesejados, ou seja, os acidentes, existem diversas técnicas, entre elas e uma das mais utilizadas é a Análise de Risco.

Acidentes são aqueles eventos que não estão programados para ocorrer dentro do processo normal de produção, e que caracterizam-se por uma seqüência de eventos inicialmente descontrolados, provocados por uma falha qualquer, de equipamento, humana ou externa, e que podem ocasionar danos tanto financeiros (perda de produção, destruição de equipamentos, etc) como danos ambientais.

A Análise de Risco consiste em um conjunto de técnicas ou métodos aplicados a uma atividade proposta ou existente com o objetivo de se identificar e avaliar o risco à própria empresa, à população vizinha ou ao meio ambiente, gerado pela atividade em questão, em termos de freqüência e consequências, e propor medidas de redução da vulnerabilidade com critérios de aceitação previamente estabelecidos.

O risco é constituído por dois fatores, a Probabilidade de Ocorrência e a Amplitude da Conseqüência, que devem ser estimados para que se avalie o Nível de Risco.

- **Estimativa da Probabilidade de Ocorrência por ano (PO)**

Para a estimativa da Probabilidade de Ocorrência, o critério adotado tem como base a experiência prática dos profissionais envolvidos, para tanto deverá ser utilizada a tabela a seguir para a determinação da Probabilidade de Ocorrência.

Tabela 2 – Classificação das Probabilidades de Ocorrência

CLASSE	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
A	Extremamente remota	Teoricamente possível, mas de ocorrência improvável ao longo da vida útil da instalação
B	Remota	Ocorrência não esperada ao longo da vida útil da instalação
C	Improvável	Baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da instalação
D	Provável	Ocorrência provável de ocorrer uma ou outra vez ao longo da vida útil da instalação
E	Freqüente	Ocorrência esperada de ocorrer uma ou outra vez a cada 10 anos
F	Muito freqüente	Ocorrência esperada de ocorrer uma ou outra vez em cada ano
G	Rotineira	Ocorrência esperada de ocorrer uma ou outra vez em cada mês

- **Estimativa da Amplitude da Conseqüência (AC)**

Deve-se avaliar, em seguida, a Amplitude da Conseqüência, que é o segundo parâmetro para a determinação do Nível de Risco.

Existem métodos quantitativos para a avaliação da amplitude dessas conseqüências, os quais optou-se por não utilizar no presente caso, usando para tanto a tabela abaixo, na qual a estimativa é baseada em fatores como experiência, registros históricos, localização do empreendimento, grau de periculosidade do processo envolvido, quantidades envolvidas, etc.

Tabela 3 – Classificação da Amplitude das Conseqüências

CLASSE	DESCRIÇÃO
<p style="text-align: center;">I</p> <p>DESPREZÍVEL</p>	<p>Não provoca lesões e nem danos à saúde em funcionários e terceiros (não funcionários e público externo).</p> <p>Não provoca nenhum impacto ambiental ao meio ambiente.</p> <p>Não provoca danos ou provoca danos de pequena monta aos equipamentos, materiais e instalações.</p> <p>Não provoca parada de produção ou provoca atrasos insignificantes.</p> <p>Não provoca nenhuma alteração na qualidade do produto.</p> <p>Pode provocar insignificante repercussão entre os funcionários e terceiros dentro da propriedade e nenhuma na comunidade.</p>
<p style="text-align: center;">II</p> <p>MARGINAL</p>	<p>Provoca lesões leves ou perturbações leves à saúde de funcionários ou terceiros quando dentro da propriedade. Nenhum dano à comunidade é notado.</p> <p>Provoca impacto leve e reversível ao meio ambiente, internamente à propriedade.</p>

	<p>Provoca danos de pequena monta aos equipamentos, materiais e instalações.</p> <p>Provoca parada de produção de curta duração.</p> <p>Provoca pequena alteração na qualidade do produto detectável ainda no processo ou pelo cliente, porém, sem danos maiores.</p> <p>Pode provocar uma repercussão significativa entre funcionários/terceiros dentro da propriedade e repercussão pequena/pouco significativa dentro da comunidade.</p>
<p>III</p> <p>CRÍTICA</p>	<p>Provoca lesões e nem danos à saúde com certa gravidade em funcionários e terceiros quando dentro da propriedade, e lesões ou danos à saúde de gravidade leve em membros da comunidade. Não ocorrem mortes, porém, lesões incapacitantes podem ocorrer para pessoas dentro da propriedade.</p> <p>Provoca danos severos ao meio ambiente interno à propriedade, às vezes irreversíveis, e danos de gravidade leve fora da propriedade, às vezes irreversíveis.</p> <p>Provoca danos de grande monta aos equipamentos, materiais e instalações da propriedade, e danos de razoável monta na comunidade. Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento catastrófico.</p> <p>Provoca para de produção de longa duração.</p> <p>Provoca grandes alterações na qualidade do produto, passível de não ser detectada quando em processo.</p> <p>Pode provocar repercussão de grande monta entre os funcionários e terceiros dentro da propriedade e repercussão significativa da comunidade.</p>

IV CATASTRÓFICA	<p>Podem provocar mortes, lesões graves, danos irreversíveis à saúde dos funcionários, terceiros e membros da comunidade em geral.</p> <p>Podem provocar danos de grande monta e irreversíveis ao meio ambiente interno ou externo à propriedade.</p> <p>Podem provocar destruição total de equipamentos, materiais e instalações, internamente ou externamente à propriedade.</p> <p>Pode provocar parada permanente de produção com destruição da planta ou parte significativa dela.</p> <p>Provoca graves alterações na qualidade do produto, com grande repercussão na opinião pública. Ações indenizatórias coletivas podem ocorrer.</p> <p>Pode provocar repercussão de grande monta e duradoura entre os funcionários e terceiros dentro da propriedade e repercussão de grande monta com razoável duração na comunidade.</p>
--------------------------------------	---

- **Estimativa do Nível de Risco (NR)**

A avaliação do Nível de Risco a que estão sujeitas as pessoas, o meio ambiente, clientes, enfim, todas as partes interessadas, é uma conjugação dos resultados da Amplitude das Conseqüências com a Probabilidade.

Com o objetivo de se estabelecer a que nível de risco o meio ambiente foi exposto, nos casos de vazamento de óleo, foi desenvolvida uma matriz de risco dada pelo gráfico da figura X abaixo. Trata-se de uma estimativa e dependendo do caso estudado, o gráfico poderá ser alterado já que o mesmo depende de muitos fatores e parâmetros.

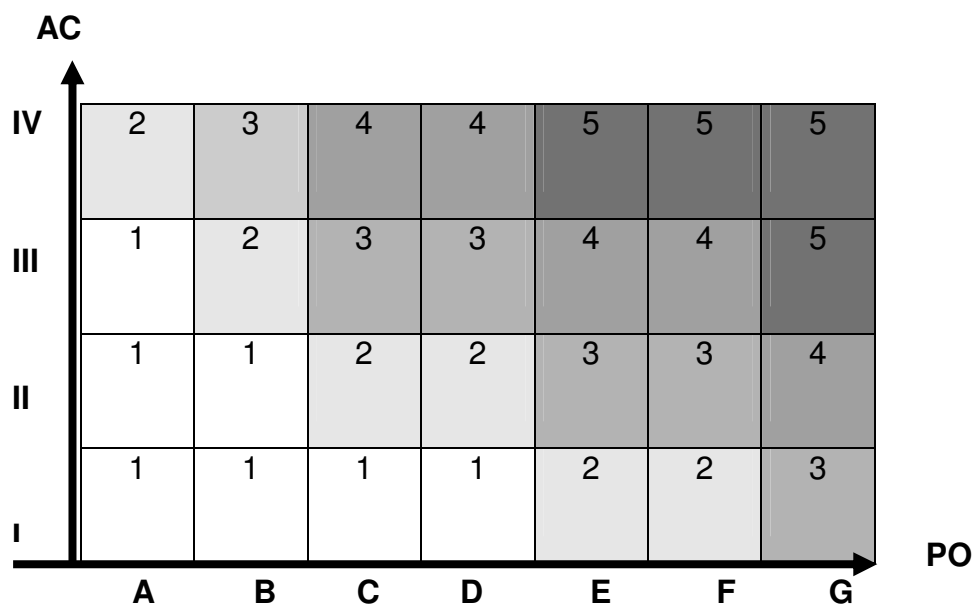


Figura 1: Nível de Risco

Uma vez estimado o Nível de Risco, é preciso classificá-lo para saber se é um risco aceitável ou não-aceitável. A tabela 4 abaixo é um dos critérios que podem ser utilizados para definir o grau de aceitação do risco, e que será utilizada para o presente trabalho.

Tabela 4: Critério de Aceitabilidade do Risco

ID	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
1	DESPREZÍVEL	Aceitável
2	MENOR	Aceitável, sujeito à melhoria
3	MODERADO	Aceitável, esporadicamente
4	SÉRIO	Não aceitável
5	CRÍTICO	Absolutamente, não aceitável

3. ESTUDOS DE CASO

Neste item serão apresentados dois estudos de caso onde é aplicado parte do arcabouço teórico apresentado no capítulo anterior.

3.1. Evento “A”

No dia 03 de junho de 2003 por volta das 11:00h, houve um derramamento de petróleo nas águas do Canal de São Sebastião, decorrente do vazamento de óleo Marlim 33, devido à desconexão dos braços de carregamento – BC 3122, BC 3123 e BC 3124, do Berço 2 do Píer Sul do TEBAR.– Terminal Marítimo Almirante Barroso, pertencente à Petrobrás/Transpetro.

3.1.1. Descrição do evento “A”

O Porto Dersa – São Sebastião está localizado no litoral norte do Estado de São Paulo, na cidade de São Sebastião, na margem oeste do canal de São Sebastião, a cerca de 200 km da cidade de São Paulo/SP. Ao norte do porto, ainda na cidade de São Sebastião, está localizado o Terminal Marítimo Almirante Barroso - TEBAR, especializado na carga e descarga de granéis líquidos - petróleo e derivados - de propriedade da PETROBRÁS e por ela operado. Na margem oposta ao canal de São Sebastião, na Ilha de São Sebastião, localiza-se a cidade de Ilhabela, importante centro turístico da região.

O TEBAR recebe petróleo ou óleo cru diretamente dos navios petroleiros e posteriormente são bombeados para as refinarias da PETROBRÁS, localizadas em Cubatão, Paulínea e São José dos Campos.

O navio envolvido no referido acidente era o NT Nordic Marita proveniente da Bacia de Campos, cujo volume transportado era de 110.000 m³ de petróleo, tendo o derramamento ocorrido no convés e deste derivou para o mar.

As manchas de óleo percorreram cerca de 120 km da costa entre Caraguatatuba e o sul de Ubatuba, como pode ser verificado na figura 02, tendo sido atingidas as praias de Ponta Aguda, Mansa, da Lagoa e uma lagoa costeira (figura 03), todas localizadas na Ponta Grossa, região preservada de difícil acesso. Os costões rochosos foram parcialmente afetados, mas por estarem expostos à forte ação das ondas, não foi necessária intervenção humana para limpá-los.

Com relação ao volume de óleo vazado, a CETESB e a Petrobrás não chegaram a um consenso, e estima-se que o volume seja algo em torno de 15 e 25 m³, tendo sido recolhidos 15,90 m³ do mar.

Com base nos Relatórios de Inspeção de nº 937681, nº 953849, nº 953850, nº 937704, nº 953848 e Relatório Técnico da CETESB de fls. 354/384, passamos a resumir o ocorrido:

- Na manhã do dia do acidente foi realizado sobrevôo onde foi visualizada a extensão da mancha de óleo, a qual se encontrava fora do Canal de São Sebastião, em frente à Caraguatatuba, em alto mar. As manchas de forma irregular eram caracterizadas pela presença de óleo escuro em sua região central, com grandes manchas iridescentes em seu entorno. No interior das manchas eram observadas também, áreas de coloração mais tênues;
- No dia seguinte ao ocorrido, em 04/06/2003, constatou-se que nenhuma praia havia sido atingida, havia um filme de óleo prateado em uma faixa de aproximadamente 7 km de comprimento por 800 metros de largura, aproximando-se do costão, a sudeste do saco da banana, sendo que mangues e criadouros de mexilhões encontravam-se protegidos;
- No dia 05/06/2003, foi constatado filme de óleo com filete e manchas esparsas, que se estendeu da Ilha do Tamanduá em Caraguatatuba até a Ilha Anchieta, em Ubatuba. Pelotas e manchas de óleo intemperizado

atingiram as Praias da Figueira, Lagoa, Ponta Aguda e Bananas, tendo sido afetada também a lagoa da Praia da Lagoa, onde toda a área da lagoa costeira foi contaminada com óleo;

- Em 07/06/2003, houve aparecimento de novos filetes de óleo na lagoa devido à entrada de um frente fria que provocou a agitação marítima na região;
- No dia 08/06/2003, foi registrado o aparecimento de um filhote de toninha (mamífero marinho) morto.

Medidas de contenção: a fase emergencial de contenção e recolhimento das manchas de óleo no mar durou quatro dias (03 a 06 de junho) e a fase emergencial de limpeza das áreas afetadas durou até o dia 17 de junho, totalizando 15 dias de operação. Foram mobilizados oito técnicos da CETESB além de 260 homens para os trabalhos marítimos com 128 embarcações e 1.100 pessoas aproximadamente, disponibilizadas pela TRANSPETRO, para realizar os trabalhos de contenção e remediação, que assim passamos a resumir:

- colocação de barreiras absorventes para proteção de áreas sensíveis na Barra do Rio Juqueriquê para prevenir contaminação dos manguezais e balsas com cultura de mexilhões situadas no lado leste da ilha do Tamanduá;
- amostragem de coletas para análises químicas e toxicológicas a fim de avaliar os danos ambientais;
- *container* equipado para tratamento de aves petrolizadas;
- contenção e remoção de manchas entre a Ponta Grossa e Ilha do Mar Virado, e remoção de pelotas na Praia da Ponta Grossa
- operação de limpeza durante o dia e a noite na Praia da Lagoa com limpeza das margens, corte controlado da vegetação contaminada, aplicação de

turfa vegetal e recolhimento manual, vistoria e manutenção das barreiras absorventes instaladas e limpeza da área operacional, colocação preventiva de barreira na entrada da lagoa na Praia da Ponta Aguda.

A seguir, fotografias aéreas da região onde ocorreram os derramamentos em questão:



Figura 02: Área ao norte do Canal de São Sebastião atingida pelos dois vazamentos. A seta indica a posição do Terminal Marítimo de São Sebastião, onde ocorreram os vazamentos, e os círculos indicam os locais afetados na ocasião: em branco o derramamento ocorrido em 10/08/02 e em amarelo, o ocorrido em 03/06/2003.



Figura 03: Área próxima ao litoral do Município de Ubatuba, em frente a Ilha do Tamanduá, onde estão situadas as praias da Figueira, Ponta Aguda, Mansa e da Lagoa, atingidas pelo vazamento ocorrido em junho de 2003.

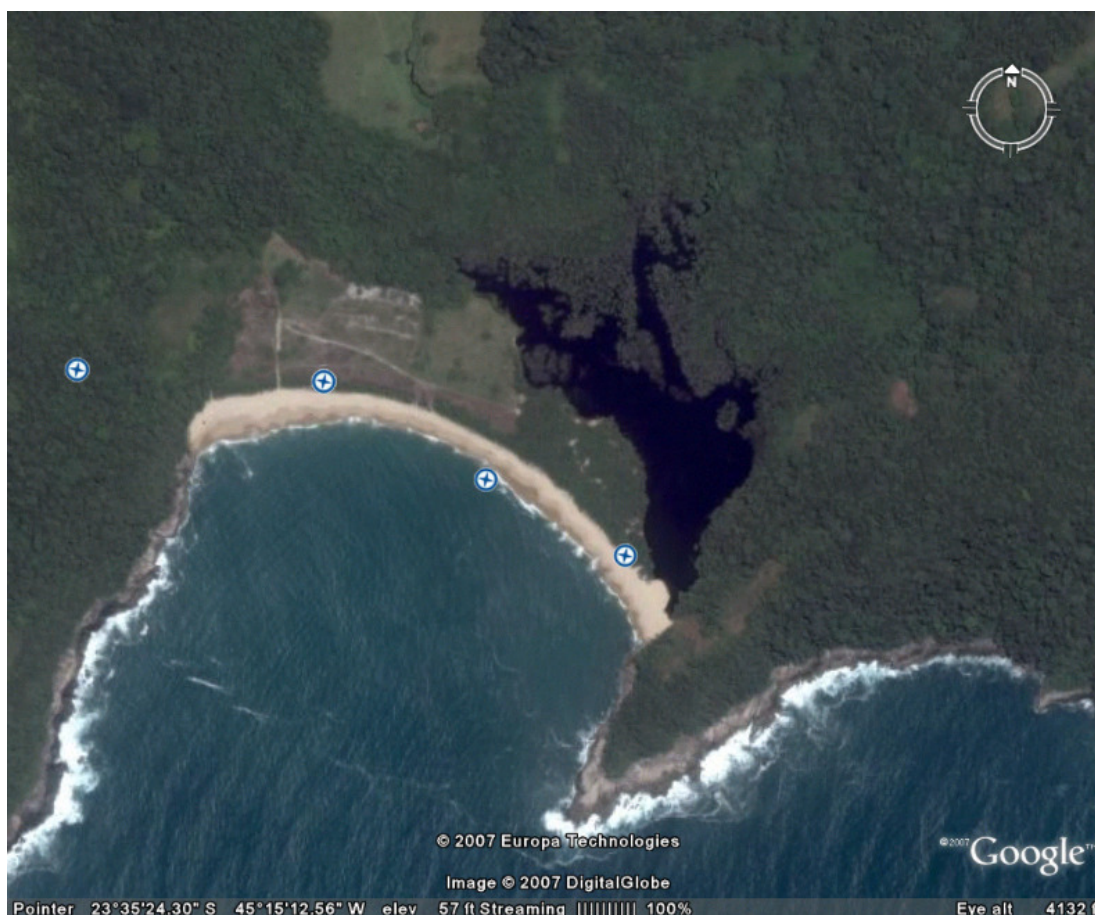


Figura 04: Detalhe da lagoa atingida pelo vazamento de óleo.

3.1.2. Descrição das praias atingidas

Neste item serão descritas as praias atingidas pelo vazamento, com o objetivo de se caracterizar a região em questão.

As praias da Figueira, Ponta Aguda, da Lagoa e Mansa, atingidas pelas manchas de óleo, se encontram no extremo sul do município de Ubatuba, em frente à Ilha do Tamanduá e tem acesso na primeira entrada para Tabatinga, aproximadamente 1,5 Km por estrada de cascalho e terra, ou por trilha de nível médio, pelo morro da Caçandoca, sendo outro meio de acesso por via marítimas.

Estão localizadas em frente à Ilha do Tamanduá cuja localização é muito apreciada para náutica e mergulho, sendo quase desertas com areias grossas e mar pouco agitado.

A praia da Lagoa, onde ocorreu a maior parte da contaminação pelo óleo derramado, tem areias grossas e muitas conchas, seu nome deve-se à existência de uma lagoa no lado esquerdo da praia sendo esta uma área preservada.

A seguir, ilustrações fotográficas das praias em questão.



Foto 01: praia da Figueira.



Foto 02: praia da Ponta



Foto 03: praia da Lagoa.

Próximo ao local do vazamento, encontrava-se a maior Fazenda de Mexilhões (popularmente conhecido como marisco) do estado de São Paulo localizada na Praia da Cocanha no município de Caraguatatuba/SP, que por apresentar uma costa bastante recortada, de pequenas baías abrigadas, é considerado um excelente local para a implantação da maricultura. As atividades são desenvolvidas por pescadores locais, que produzem em torno de oito mil toneladas por ano.

O principal objetivo da mitilicultura é proporcionar uma alternativa de renda visando conter o empobrecimento das comunidades de pescadores artesanais, que sofrem com o declínio dos estoques pesqueiros, principalmente em decorrência da poluição e da pesca predatória.

3.1.3. Enquadramento do acidente

Neste item, o vazamento de óleo ocorrido no TEBAR será classificado quanto a Probabilidade de Ocorrência (tabela 2) e quanto a Amplitude das Conseqüências (tabela 3). A combinação das duas classificações irá determinar o nível de risco a que foi exposta a região em questão, as pessoas e equipamentos envolvidos, e mais especificamente o dano ao meio ambiente.

Assim, levando-se em conta os fatores acima expostos, classificou-se o evento em:

- Quanto à Classificação das Ocorrências: CLASSE D – PROVÁVEL
- Quanto à Classificação da Amplitude das Conseqüências: CLASSE III - CRÍTICA

Analisando-se o gráfico da tabela 4, tem-se que a aceitabilidade do risco é de nível MODERADO.

3.2. Evento “B”

No dia 18 de fevereiro de 2004 foi constatada a presença de óleo na foz do rio Guaecá, em São Sebastião/SP. O oleoduto OSBAT da PETROBRAS/TRANSPETRO estava bombeando uma mistura de petróleos nacionais, dos tipos Espírito Santo, Roncador Albacora e Marlim, do Terminal Aquaviário de São Sebastião (TASS) para a Refinaria Presidente Bernardes em Cubatão. O bombeamento de petróleo do Sistema OSBAT 24” foi paralisado e acionou-se o Plano de Contingência Local.

3.2.1. Descrição do evento “B

Apesar da TRANSPETRO possuir um sistema de detecção de vazamento denominado *pig instrumentado*, que é uma ferramenta básica de avaliação da integridade de dutos, o aludido vazamento não foi detectado por este sistema, tendo sido a Defesa Civil acionada por denúncia de um morador.

O vazamento foi identificado em uma trinca de aproximadamente 170 mm no duto, localizada no km 3 + 143 m da faixa de dutos, quota 219 metros em área da Serra do Mar, local denominado “Ponto Zero”. O petróleo aflorou a partir do sub-solo, cerca de 70 metros a jusante do duto,

Na noite do dia 21 de fevereiro, quando o vazamento já estava controlado e restrito à calha do rio Guaecá, um forte temporal ocasionou a destruição de todos os sistemas de contenção, entre eles as barragens fixas, barreiras e diques. Com isso, quantidade significativa de óleo saiu pela foz do rio Guaecá, atingindo praticamente toda a extensão da praia de Guaecá.

A estimativa de volume vazado foi de 266,80 m³, considerando-se aí o óleo recuperado, a fração contida nos resíduos e a estimativa inicial presente no solo.

A seguir, fotografias aéreas da região onde ocorreram os derramamentos em questão:

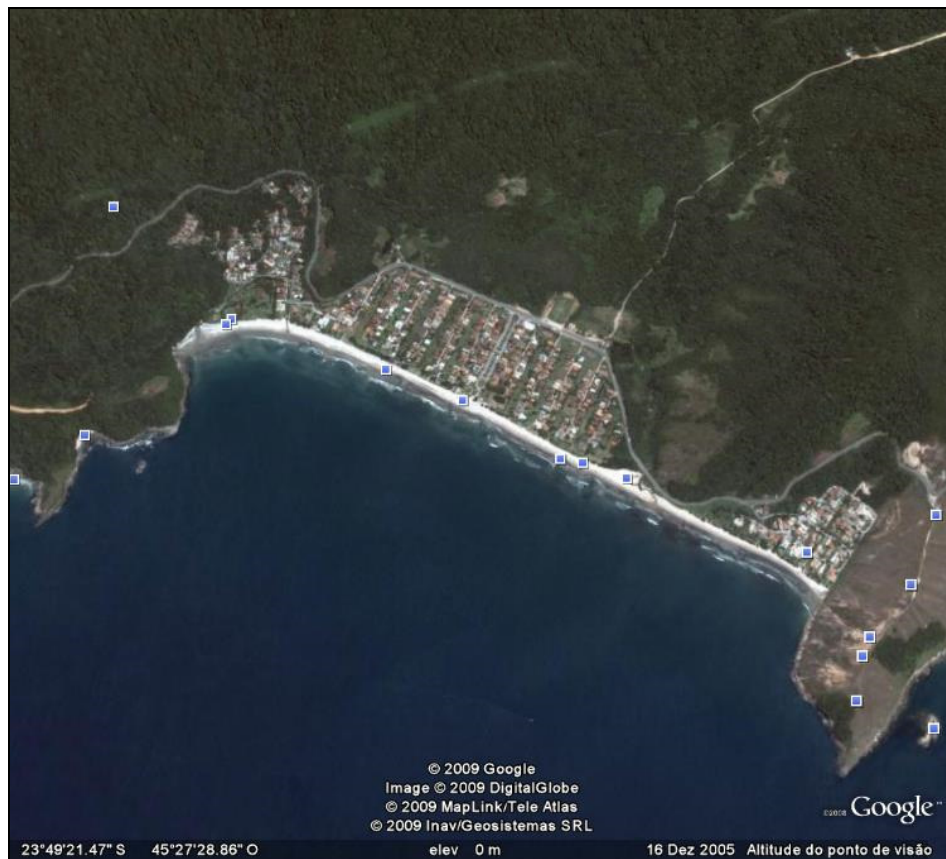


Figura 05: Foto aérea de toda a extensão da Praia de Guaecá.

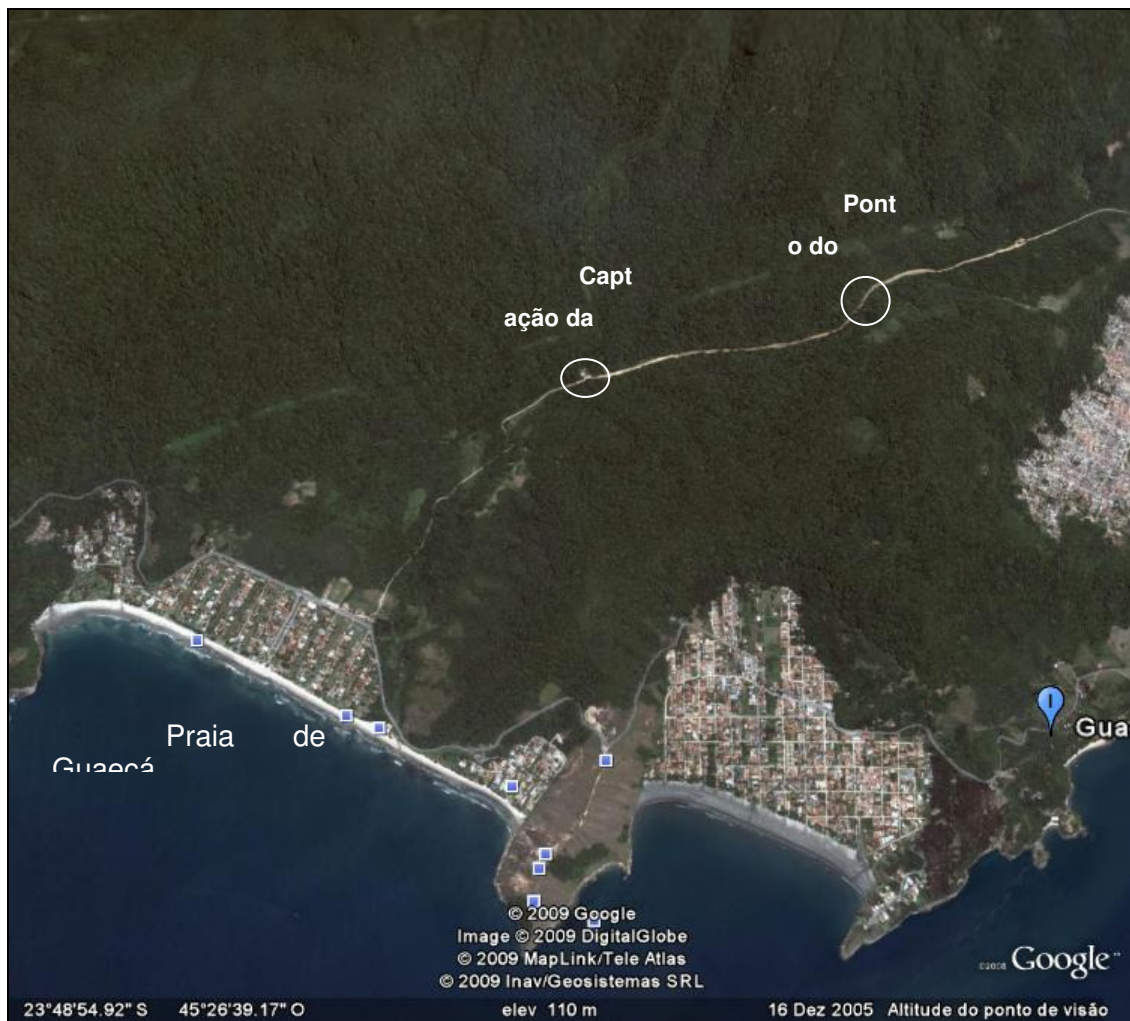


Figura 06: Praia de Guaecá, com destaque para o local onde ocorreu o vazamento e ponto de captação de água da Sabesp.

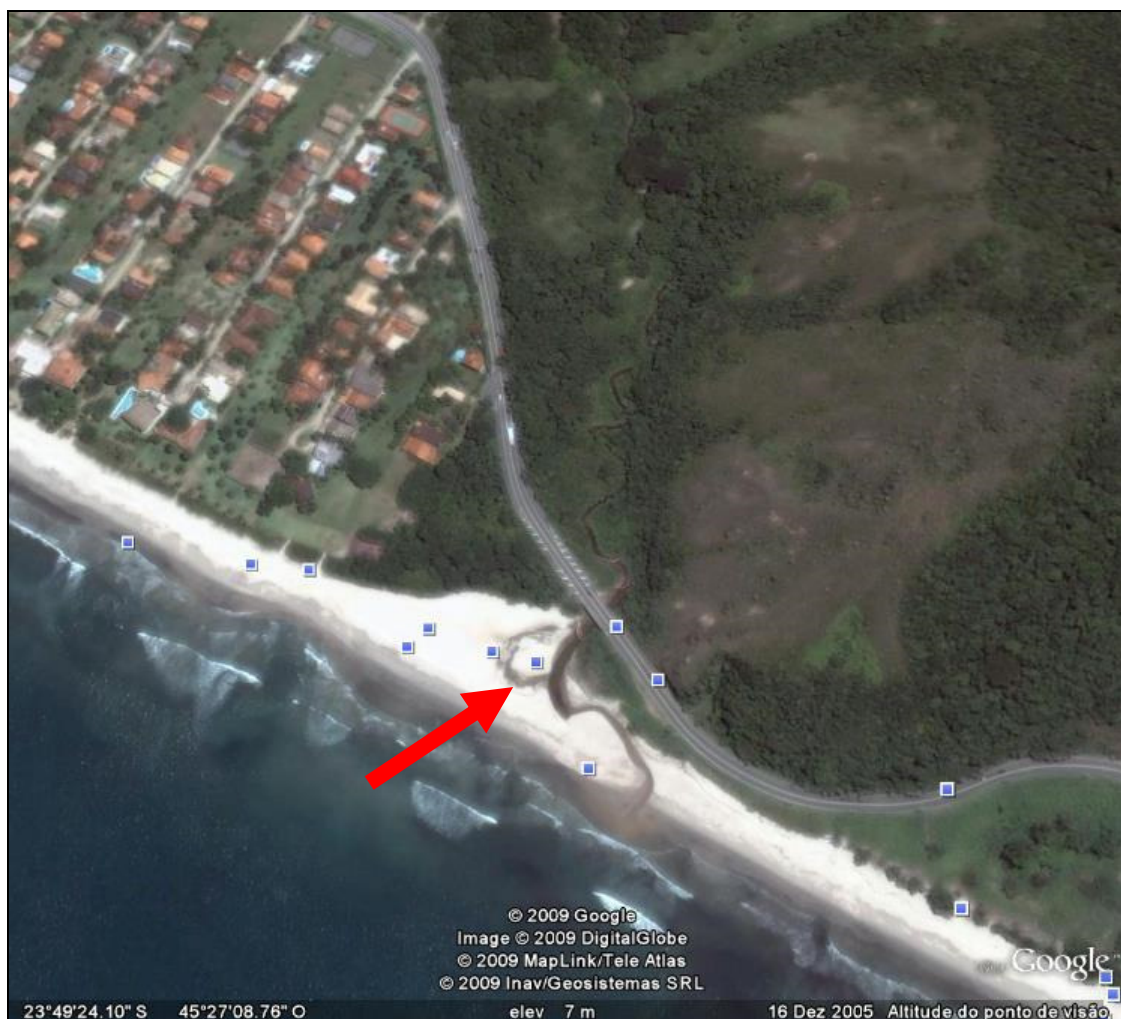


Figura 07: Detalhe da foz do Rio Guaecá por onde vazou petróleo até atingir a praia.

3.2.2. Ações de Contingência

A TRANSPETRO implantou ações de emergência para contenção e limpeza do petróleo. Essas ações envolveram construção de barreiras com caixas separadoras, instalação de barreiras absorventes, aplicação de *peat sorb* no leito do ribeirão, recolhimento do produto recuperado e seu acondicionamento. Foram utilizadas 2000 metros de barreiras de contenção, 5000 metros de barreiras absorventes, 20 recolhedores portáteis, 8 tanques portáteis para armazenamento de produto recolhido e um sistema *Pipe Line*.

Foram ainda utilizados recursos materiais como caminhões a vácuo, caminhões Munck, retro-escavadeira, caminhão tanque e basculante, gerador diesel elétrico, 2 helicópteros, ambulância, veículos de apoio e banheiros químicos, além de 3 embarcações para monitoramento da praia.

Apenas a título ilustrativo, seguem algumas ilustrações fotográficas das ações de contingência realizadas pela TRANSPETRO:



Fotos 04, 05 e 06: ações de contingência. *Fonte: CETESB*

Após dois anos da ocorrência do vazamento, foi realizada um investigação hidrogeológica no local do acidente, a qual constatou basicamente o seguinte:

- as análises químicas da água e do solo, após 2 anos da ocorrência do vazamento, não detectaram contaminantes acima dos valores de intervenção adotados pela CETESB;

- Com relação a pluma de fase livre, não houve significativa modificação de sua configuração, porém houve redução na espessura do produto, sendo encontrada na maioria dos poços apenas película;

- Na margem esquerda do Ribeirão Guaecá, aproximadamente na cota 200m, observou-se pequena e intermitente surgência de óleo, apresentando pontos de iridescência e presença de óleo nas paredes dos tubos;

3.2.3. Características da região atingida pelo vazamento

A Praia de Guaecá está localizada no Município de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo, a cerca de 150 km da cidade de São Paulo/SP. Ao longo de sua extensão, possui casas e condomínios estritamente residenciais, sendo a praia constituída por areias claras e finas e mar agitado, cercada por Mata Atlântica.

O vazamento de óleo ocorreu na nascente do rio Guaecá inserido dentro do Parque Estadual da Serra do Mar (Unidade de Conservação), aflorando pelo solo e aquífero freático, com vários pontos de afloramento a montante do rio Guaecá, A contaminação afetou toda a extensão do corpo d'água, na serra e na planície costeira, até a praia de Guaecá.

De acordo com o Art. 1.º da Resolução CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986, as águas são classificadas segundo seus usos preponderantes, sendo no presente caso, o Rio Guaecá de classe 1:

Classe I - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas.

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.

O Parque Estadual da Serra do Mar tem cerca de 315 mil hectares, vai da divisa de São Paulo com o Rio de Janeiro até Itariri, no sul do estado paulista, e contém a maior área contínua de Mata Atlântica preservada do Brasil.

A Mata Atlântica é uma formação vegetal brasileira caracterizada pela vegetação exuberante, com grande diversidade de fauna e flora, apresentando árvores com folhas largas perenes e grande diversidade de epífitas, como bromélias e orquídeas. A fauna endêmica (ocorre apenas na Mata Atlântica) é formada principalmente por anfíbios (grande variedade de anuros), mamíferos, como o mico-leão-dourado, e aves das mais diversas espécies. É uma das áreas mais sujeitas a precipitação no Brasil, com declividade alta, acima de 30%, e relevo acidentado.

A seguir, ilustrações fotográficas da região em questão.

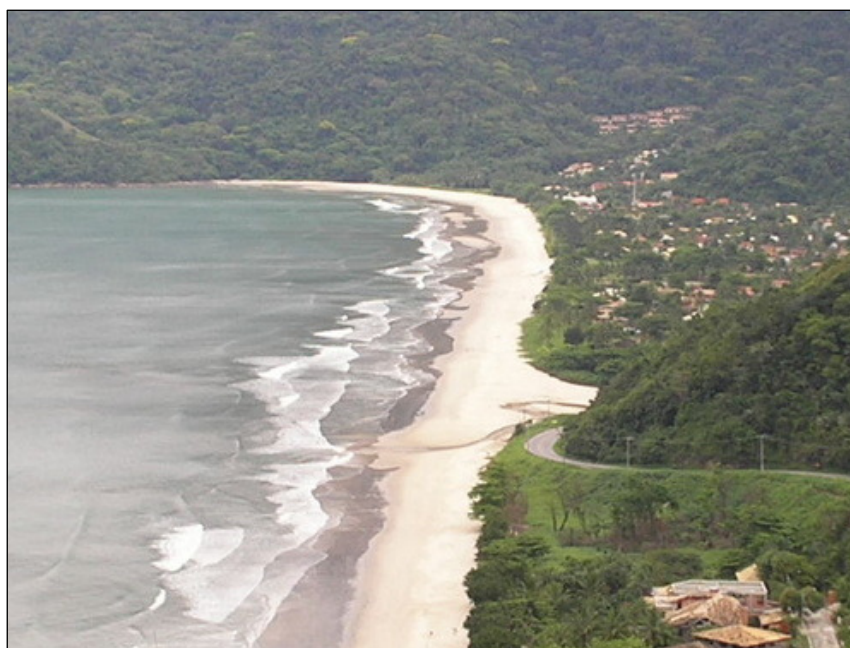


Foto 07: Vista geral da Praia de Guaecá e Parque Estadual da Serra do Mar no entorno.



Foto 08: Vista da Foz do Rio Guaecá atingido pelo vazamento.

3.2.4. Enquadramento do acidente

Neste item, o vazamento de óleo ocorrido no TEBAR será classificado quanto a Probabilidade de Ocorrência (tabela 2) e quanto a Amplitude das Conseqüências (tabela 3). A combinação das duas classificações irá determinar o nível de risco a que foi exposta a região em questão, as pessoas e equipamentos envolvidos, e mais especificamente o dano ao meio ambiente.

Os dutos são projetados para atender as exigências de projeto previamente estabelecidas. Porém, em serviço, os dutos são expostos a condições operacionais e ambientais mais severas, como aumento na pressão e/ou temperatura de operação, condições ambientais não condizentes com o projeto; fatores como estes comprometem a estrutura aumentando consideravelmente o nível de risco

As conseqüências do vazamento estão diretamente relacionadas à quantidade de fluido que poderá vazar na ocorrência de um possível vazamento. Por sua vez, a quantidade de produto vazado depende da vazão e da resposta do sistema supervisor à detecção de vazamentos.

Assim, levando-se em conta os fatores acima expostos, principalmente com relação ao grande volume derramado (cerca de 260 m³), época do ano de alta temporada (véspera de carnaval) e a sensibilidade ambiental do meio em que ocorreu o acidente, além da persistência da pluma de fase livre após 2 anos de ocorrido o vazamento, classificou-se o evento em:

- Quanto à Classificação das Ocorrências: CLASSE D – PROVÁVEL
- Quanto à Classificação da Amplitude das Conseqüências: CLASSE IV - CATASTRÓFICA

Analisando-se o gráfico da tabela 4 tem-se que a aceitabilidade do risco é de nível SÉRIO.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os efeitos de uma situação de derrame de óleo dependem de muitos fatores, que incluem o volume de óleo derramado, suas características físicas, químicas e toxicológicas (particularmente aquelas que determinam a habilidade do óleo em persistir no meio ambiente) e condição (como uma mancha flutuante ou dispersa na coluna de água), condições locais no momento do derrame (temperatura, vento, etc.), época do ano, presença de estruturas ou recursos no caminho do derrame, localização do derrame em relação à natureza e mistura de sedimentos, topografia do fundo do mar e geomorfologia da costa, e medidas de contenção de remoção. A variabilidade destes e de outros fatores e sua interação podem levar a uma ampla gama de efeitos ecológicos, econômicos e físicos.

O que se procurou mostrar ao longo do trabalho é que apesar de difícil, a classificação e determinação dos danos ao meio ambiente decorrentes de acidentes ambientais deve ser embasado em critérios técnicos e deve-se levar em conta todo o contexto em que ocorreu o acidente, no caso em questão, vazamento de óleo.

A Metodologia apresentada teve por objetivo auxiliar nesta complexa tarefa de avaliação dos danos ambientais, que lida sempre com falta de dados e informações insuficientes.

Cabe ressaltar que, cada impacto ambiental tem um efeito específico, e diferentes efeitos eventualmente poderão ser avaliados por diferentes modelos de valoração.

Com relação aos resultados obtidos para o estudo de caso do Evento “A”, utilizando-se a metodologia apresentada, tem-se que a aceitabilidade do risco é de nível MODERADO, ou seja, aceitável esporadicamente, o nível de risco a que foi

exposta a região em questão, as pessoas e equipamentos envolvidos, e mais especificamente o dano ao meio ambiente.

Tal resultado pode ser corroborado pelas conclusões de que o o dano foi temporário e causado primariamente pelas propriedades físicas do óleo, criando incômodos e condições de risco, ou seja, a poluição não foi permanente sendo apenas aguda.

Os relatórios de análises químicas e ecotoxicológicas demonstram que, apesar das amostras de água do mar e da lagoa terem apresentado índices de contaminação considerados normais para o Canal de São Sebastião (com base na literatura disponível), a área mais atingida pelo derramamento foi uma lagoa que se trata de um ecossistema preservado, e para se afirmar que não houve contaminação, o índice de concentração dos componentes tóxico do óleo deveria ser nulo, o que não foi o caso em questão.

Assim, pode-se dizer que o óleo mesmo tendo atingido áreas de preservação, não houve nenhuma evidência de alteração significativa do meio ambiente que não seja a mancha de óleo em si, uma vez não ocorreu mortandade durante o acidente que possa ter sido atribuída a ele e nem nenhum efeito persistente. Por outro lado, ela só atingiu estas áreas devido às condições meteorológicas, uma vez que o plano de contingência foi acionado e executado.

Com relação aos resultados obtidos para o estudo de caso do Evento “B”, utilizando-se a metodologia apresentada, tem-se que a aceitabilidade do risco é de nível SÉRIO, ou seja, não aceitável.

Houve derramamento de óleo ao longo do Ribeirão Guaecá (corpo d'água classe I inserido no Parque Estadual da Serra do Mar – área de preservação ambiental), causando contaminação da vegetação de margem ao longo do rio, associada à mata ciliar que é área de preservação permanente. Houve impacto em diversos componentes da fauna do ecossistema como aracnídeos e insetos aquáticos, anfíbios, entre outros, tendo causado intensa mortandade de camarões pitus de água doce.

Devido às fortes chuvas por ocasião do derramamento, o óleo atingiu a Praia de Guaecá que foi interditada por um dia, porém não houve dano ao ambiente marítimo uma vez que o óleo não atingiu a zona de marés.

Com base na investigação hidrogeológica, pode-se afirmar que o dano foi causado primariamente pelas propriedades físicas do óleo, criando incômodos e condições de risco. No entanto, mesmo após 24 meses de ocorrido o vazamento, ainda encontra-se indícios de óleo principalmente nas margem do Ribeirão Guaecá, na cota 200m, podendo-se afirmar tratar-se de um evento com impacto agudo e intenso.

O aludido relatório demonstra que, apesar das amostras de água e solo terem apresentado índices de contaminação abaixo dos valores de intervenção adotados pela CETESB, não é possível afirmar que não houve contaminação, já que, por se tratar de área de preservação permanente onde o ecossistema se encontra preservado, o índice de concentração dos componentes tóxico do óleo deveria ser nulo, o que não foi o caso em questão.

Assim, pode-se dizer que o óleo mesmo tendo atingido áreas de preservação, não há nenhuma evidência de alteração significativa do meio ambiente que não seja a presença, ainda que pequena, do óleo em si. Por outro lado, o vazamento só atingiu estas áreas devido às condições meteorológicas e topográficas da região, uma vez que o plano de contingência foi acionado e executado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro, Simone Garcia Gomes e Márcia Panno. **Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2000.

CARDOSO, Anelise Menezes. **Sistema de informações para planejamento e resposta a incidentes de poluição marítima por derramamento de petróleo e derivados**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: Universidade Federal, 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Emergências químicas, tipos de acidente, vazamento de óleo**. Disponível no endereço eletrônico www.cetesb.sp.gov.br.

CUNHA, Sandra Baptista e Antonio José Teixeira Guerra (organizadores). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

HOLOS GESTÃO. **Sistema de Gestão de Riscos/Estratégico**. São Paulo: 2008.

LOPES, Carlos Ferreira, João Carlos Carvalho Milanelli, Iris Regina e Fernandes Poffo. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.

MISHINA, Koje Daniel Vasconcelos, José Felício da Silva e João Bosco de Aquino Silva. **Modelo para Avaliação Qualitativa do Risco em Oleodutos através da Lógica Fuzzi segundo a metodologia da IBR**. Trabalho apresentado no 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Paraná, 2006.

PINTO, Renato Spindola de Miranda. **Exercícios de resposta a incidentes de poluição por óleo: uma proposta de modelo de avaliação**. Dissertação (Mestrado

em Sistema de Gestão). Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005.