

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO E CARTAS
SAO. TRECHO: PRAIA GRANDE - ILHA COMPRIDA, LITORAL
PAULISTA**

ÁGATA FERNANDES ROMERO

Orientadora: Dra. Paulina Setti Riedel

Co-orientador: Dr. João Carlos Carvalho Milanelli

Tese de Doutorado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente,
para obtenção do Título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

(VOLUME I – TEXTO)

Rio Claro (SP)

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

574.5263 Romero, Ágata Fernandes
R763m Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO.
Trecho: Praia Grande - Ilha Comprida, Litoral Paulista / Ágata
Fernandes Romero. - Rio Claro : [s.n.], 2009
2 v. : il., figs., tabs., quadros, fotos., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Paulina Setti Riedel
Co-orientador: João Carlos Carvalho Milanelli

1. Ecologia aquática. 2. Modelagem numérica. 3. Litoral
Sul. 4. Derramamento de petróleo. 5. Sensibilidade. I. Título.

Comissão Examinadora

Dra. Paulina Setti Riedel

Dr. Eduardo Ayres Yassuda

Dr. Gabriel Henrique da Silva

Dr. Gilberto José Garcia

Dra. Iris Regina Fernandes Poffo

Ágata Fernandes Romero

Aluna

Rio Claro, 22 de maio de 2009.

Resultado: APROVADA

Aos meus queridos filhos,

Linda e Thor.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo (ANP), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT, por disponibilizar os recursos financeiros para o desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. Paulina Setti Riedel pela orientação, por acreditar em meu trabalho e me incentivar sempre.

Ao Dr. João Carlos Carvalho Minanelli pela amizade, orientação, incentivo, confiança e pelas importantes contribuições ao trabalho.

Aos membros da banca examinadora: Dr. Eduardo Ayres Yassuda, Dr. Gabriel Henrique da Silva, Dr. Gilberto José Garcia, Dra. Iris Regina Fernandes Poffo, pelas importantes contribuições.

Ao Dr. Dimas Dias Brito, coordenador do PRH 05.

Às pessoas que integraram as equipes de campo, sem as quais seria impossível a realização desse trabalho: Ana Beatriz Pierri Daunt, Augusto Tavares, Camila Cantagallo Devids, Carolina de Pádua, Fabiano Pupim, Fabrício Pinheiro, Gonzalo Arnedillo, Juliano Coelho, Patrick Thomas de A. Martins e Rafael Aragi.

Ao José Maria Cazonato, pela amizade e fundamental colaboração nas questões logísticas para o desenvolvimento desta tese.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental: Dr. Decio Luis Semensatto Junior, Arthur Wieczoreck, Camila Cantagallo Devids, Carolina Cardoso, Fabio Pincinato, Fabrício Pinheiro, Miguel Vieira de Lima, Rafael Riani, Tiago de Carvalho Franca Rocha, Carlos Eduardo, Mariela Muler, Marcelo Delaneze, Pedro Henrique do Nascimento.

À Ana Carolina da Rocha Lammardo e Mauricio Lammardo pela amizade e contribuição nas questões referentes à modelagem de óleo.

Ao Dr. Adriano Mariano, por sua contribuição nas questões referentes à toxicidade.

Ao diretor da ASA South America, Dr. Eduardo Ayres Yassuda, por disponibilizar o modelo SIMAP e modelo hidrodinâmico e por toda colaboração para o desenvolvimento da modelagem.

Aos amigos e profissionais que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Fernanda Pinheiro, Magnes Graef, Marco Antônio Correa e Ronaldo Palmeira.

Ao Sr. Otto Hartung e Sr. Leopoldo pelo apoio fornecido durante campanhas de campo na Estação Ecológica Juréia-Itatins.

Ao barqueiro Sr. Jorge Malaquias, pelo apoio durante a campanha de campo na região do Complexo Estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape.

À minha família querida, por me apoiar e estar sempre ao meu lado, sendo meu porto seguro: Roderick, Linda e Thor.

Aos meus pais, irmão e ao meu padrasto, por estarem sempre comigo.

[...]

*A areia que na praia eu via
Tantos grãos estão lá no chão
Punhadinho de areia que eu pego na mão
Tantos grãos que não cabem na numeração*

*São trilhares de grãos e eu nem sabia
Que esse número aumenta de noite e de dia
Como pode uma praia ter tanta areia?
Como pode? Parece um céu de estrelas...*

Tanta areia, tanta estrela...

(Paulo Tatit e Edith Derdyk)

RESUMO

Este trabalho apresenta Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo simulando um vazamento de óleo no fundeadouro do Porto de Santos, próximo ao litoral de Praia Grande. Foram também elaboradas Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo (SAO) para o trecho do litoral paulista entre os municípios de Praia Grande e Cananéia. A metodologia utilizada para elaboração das Cartas SAO é baseada nas normas do Ministério do Meio Ambiente e para a elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade foi utilizado o modelo SIMAP, desenvolvido pela empresa *ASA*, capaz de representar a mancha de óleo na superfície do mar, na linha de costa e na coluna d'água. A área apresenta trechos com intenso uso turístico, principalmente nos meses de verão e áreas com ambientes naturais preservados, com destaque à presença do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape e Unidades de Conservação, que conferem à área grande importância ecológica. As Carta SAO foram geradas nas escalas tática (1:150.000) e operacional (1:50.000 e 1:25.000) e os Mapas de Vulnerabilidade foram gerados em escalas entre 1:100.000 e 1:750.000, de forma a abranger toda a área da mancha de óleo. Os resultados confirmam a necessidade de avançar na abordagem da sensibilidade da costa ao óleo, incorporando às cartas SAO informações sobre a probabilidade das áreas serem atingidas, estimativas do tempo de contato na costa e informações sobre a área da mancha que tem potencial tóxico à biota.

PALAVRAS CHAVE: Cartas SAO, vulnerabilidade ao óleo, derramamento de petróleo, litoral paulista, modelagem numérica.

ABSTRACT

This paper shows the Environmental Vulnerability Maps a simulated oil spill in the anchorage of the Santos port, close to Praia Grande shore. ESI Maps for the São Paulo shore between the municipalities of Praia Grande and Cananéia were also built. The methodology used to build ESI Maps is based on the Ministry of the Environment rules and for the construction of the Vulnerability charts used the SIMAP model, developed by the ASA. This is capable of modeling the oil spill on the surface of the sea, in the coast line and in the water column. The whole area shows intense tourist use, especially during the summer and areas with preserved natural environments include the presence of the estuarine-lagoon system of Cananéia-Iguape and Conservation Units that give the area great ecological importance. ESI Maps were generated in the tatic range (1:150.000) and operational (1:50.000 and 1:25.000) and the vulnerability maps were generated using 1:100.000 and 1:750.000 scales, to cover the entire area of oil stain. The results confirm the sensitivity of the coast to oil, use of the information above has been incorporated in the ESI Maps to estimate shore contact lead time and of the oil spill and this toxicity potential on the environment.

KEYWORDS: ESI Maps, vulnerability at oil, oil spill, São Paulo coast, numerical modeling.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS	4
1.2. LEGISLAÇÃO	4
1.3. MODELAGEM NUMÉRICA E MAPAS DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO.....	7
1.4. A TOXICIDADE DO ÓLEO NO AMBIENTE MARINHO	10
1.5. TESTES DE TOXICIDADE E CL50.....	13
2. ÁREA DE ESTUDO	14
2.1. BAIXADA SANTISTA (PERUÍBE, ITANHAÉM, MONGAGUÁ E PRAIA GRANDE).....	16
2.1.1. Caracterização meteorológica e clima	16
2.1.2. Oceanografia	19
2.1.3. Ambientes litorâneos e recursos biológicos.....	20
2.1.4. Aspectos socioeconômicos.....	21
2.2. LITORAL SUL (IGUAPE, ILHA COMPRIDA E CANANÉIA)	22
2.2.1. Caracterização meteorológica e clima	22
2.2.2. Oceanografia e hidrologia	24
2.2.3. Ambientes litorâneos e recursos biológicos.....	26
2.2.4. Aspectos socioeconômicos.....	29
2.3. SUSCETIBILIDADE DA ÁREA AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO E OUTRAS FONTES POTENCIALMENTE POLUIDORAS.....	32
2.3.1. Novas descobertas na Baía de Santos	32
2.3.2. Portos de Santos, Paranaguá e Antonina	35
3. MÉTODOS.....	39
3.1. ELABORAÇÃO DAS CARTAS SAO.....	39
3.1.1. Levantamento de informações secundárias.....	39
3.1.2. Campanhas de campo	40
3.1.2.1. Aspectos físicos.....	41
3.1.2.2. Aspectos biológicos.....	45
3.1.2.3. Aspectos socioeconômicos.....	46
3.1.3. Elaboração da base cartográfica.....	46
3.1.4. Representação gráfica	47
3.1.4.1. Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).....	47
3.1.4.2. Recursos biológicos.....	47
3.1.4.3. Aspectos socioeconômicos.....	48
3.1.4.4. Recursos visuais	48

3.2. ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE VULNERABILIDADE	49
3.2.1. Modelo de derrame de óleo e impacto biológico – SIMAP	50
3.2.2 Modelagem de óleo – cenários acidentais.....	52
3.2.3. Representação e edição do Mapa de Vulnerabilidade.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1. CARTA SAO	58
4.1.1. Sensibilidade ao óleo	58
4.1.1.1. Baixada Santista	58
4.1.1.2. Litoral Sul.....	66
4.1.1.3. A sensibilidade do litoral na área de estudo.....	72
4.1.2. Articulação das Cartas SAO	74
4.1.3. Procedimentos de limpeza e remoção	75
4.1.4. Áreas prioritárias de Proteção	76
4.1.5. Zonas de sacrifício	77
4.2. MAPAS DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO.....	79
5. CONCLUSÃO.....	98
6. RECOMENDAÇÕES.....	102
7. REFERÊNCIAS	103
8. APÊNDICE	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Divisão do litoral de São Paulo segundo a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo.	14
Figura 2. Unidades de conservação presentes na região em estudo.	15
Figura 3. Municípios mapeados pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental no litoral de São Paulo – PRH 05/ Unesp.	16
Figura 4. Localização do ponto NCEP, para a Região da Praia Grande (SP).	17
Figura 5. Diagrama de dispersão do vento NCEP para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Velocidade em m/s e direção em graus. (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA)	18
Figura 6. Localização da estação agrometeorológica de Iguape (INPE/ CPTEC)	23
Figura 7. Diagrama de dispersão do vento medido na estação agrometeorológica de Iguape para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Velocidade em m/s e direção em graus. (Dados disponibilizados pelo INPE/ CPTEC)	23
Figura 8. Sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape.	25
Figura 9. Vetores de correntes residuais de maré na região costeira, com direção para Nordeste. (fonte: PICARELLI et al., 2002).	26
Figura 10. Blocos exploratórios na Baía de Santos. (fonte: www.brasil-rounds.gov.br/geral/mapas/SANTOS_09.05.08.pdf)	34
Figura 11. Área de estudo no litoral paulista e localização dos portos de Paranaguá, Antonina, Santos, área de fundeio do Porto de Santos e esquema da rota de navios.	35
Figura 12. Movimento de navios no Porto de Santos no período de 2003 a 2007.	36
Figura 13. Movimento de navios nos Portos de Paranaguá e Antonina no período de 2003 a 2007.	37
Figura 14. Divisão da área de estudo em dois Setores. Setor 1- Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe e Setor 2 – Iguape, Cananéia e Ilha Comprida.	40
Figura 15. Esquema dos locais de coleta de sedimento para análise de granulometria.	43
Figura 16. Classificação dos costões rochosos de acordo com sua morfologia: (a) rocha lisa; (b) rocha heterogênea; e (c) matacões.	45
Figura 17. Componentes presentes no SIMAP (fonte: manual técnico do SIMAP)	52
Figura 18. Movimento de cargas no Porto de Santos, Paranaguá e Antonina, durante o ano de 2007 (http://www.portosdoparana.pr.gov.br/ ; http://www.portodesantos.com).	54
Figura 19. Localização das áreas de fundeio no Porto de Santos e ponto de risco P-01.	55
Figura 20. Vista geral da Praia Grande, durante verão e inverno, mostrando baixa declividade durante os dois períodos, característica comum às praias da Baixada Santista.	59
Figura 21. Localização dos perfis topográficos realizados nas praias da Baixada Santista.	60
Figura 22. Classificação granulométrica dos perfis realizados nas praias da Baixada Santista, durante campanhas de campo de verão e inverno.	60
Figura 23. Costões presentes nas praias de Itanhaém. Costão exposto com alta heterogeneidade (Praia dos Pescadores), matacões (entre Praia dos Pescadores e dos Sonhos), heterogêneo com formação de poças de maré (entre Praia dos Sonhos e Cibratel) – ISL6 – e costão heterogêneo abrigado (Cibratel) – ISL 8.	61

Figura 24. Costões rochosos expostos lisos, com declividade média (Barra do Una – ISL 2), com declividade alta (Guaraú e Prainha – sul – ISL 1); e matacões expostos com declividade média (Prainha – norte), em Peruíbe – ISL 6.	62
Figura 25. Classificação dos costões rochosos pertencentes à Baixada Santista, quanto à sensibilidade ao óleo.	63
Figura 26. Sensibilidade Ambiental ao Óleo das áreas mapeadas na Baixada Santista. 64	
Figura 27. Alguns impactos decorrentes da ocupação desordenada. A - Acesso à residência sobre costão rochoso na Prainha (Peruíbe); B – Casas e edifícios na região de supra-litoral em Itanhaém. (fotos: Ágata Romero).....	65
Figura 28. Classificação granulométrica dos perfis realizados nas praias de Ilha Comprida e Juréia, durante campanhas de campo de verão e inverno.	67
Figura 29. Exemplo de costão rochoso representado como ponto em segmento onde o mangue é a feição predominante, no Mar Pequeno. (foto: Camila Cantagalo Devids) . 68	
Figura 30. Classificação dos costões rochosos pertencentes ao Litoral Sul, quanto à sensibilidade ao óleo.	68
Figura 31. Sensibilidade Ambiental ao Óleo das áreas mapeadas no Litoral Sul.	69
Figura 32. Ambientes mapeados no Litoral Sul.	70
Figura 33. Ocupação à margem do Mar Pequeno, em Cananéia. (A) trapiches e rampas, (B) balsa, (C) instituto de pesquisa e (D) desembarque de pescado. (fotos: Ágata Romero).....	71
Figura 34. Alguns impactos decorrentes da ocupação desordenada. A – Quiosque sobre dunas em Ilha Comprida; B – Ruínas e casa construídas na região de pós-praia, em Ilha Comprida. (fotos: Ágata Romero).....	71
Figura 35. Ambientes mapeados nos dois setores (Baixada Santista e Litoral Sul).....	73
Figura 36. Sensibilidade do litoral nos dois setores mapeados (Baixada Santista e Litoral Sul).	74
Figura 37. Articulação das cartas SAO e escalas de representação.....	75
Figura 38. Zonas de sacrifício sugeridas nos municípios da Baixada Santista.	78
Figura 39. Zona de sacrifício sugerida na Praia de Fora, Ilha Comprida.	78
Figura 40. Possível extensão da mancha gerada pela modelagem numérica para o cenário de inverno na superfície da água e linha de costa (não representa a extensão real da mancha). O Ponto de Risco P-01 indica o local do vazamento.	80
Figura 41. Extensão da mancha gerada pela modelagem numérica para o cenário de verão na superfície da água e linha de costa (não representa a extensão real da mancha).	81
Figura 42. Diagrama de vetores de vento médio diário para os meses de janeiro a dezembro de 2005, para a região de Praia Grande (46°30'54,8"W e 24°2'31,6"S). (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA).	82
Figura 43. Contornos de probabilidade da mancha de óleo na superfície da água – cenário de inverno.	83
Figura 44. Contornos de probabilidade da mancha de óleo na superfície da água – cenário de verão.....	84
Figura 45. Tempo (horas) mínimo de chegada da mancha de óleo (superfície) – cenário de inverno.	87
Figura 46. Tempo (horas) mínimo de chegada da mancha de óleo (superfície) – cenário de verão.	88

Figura 47. Primeiro toque na costa, após 20 horas de vazamento, a aproximadamente 13 km de distância do ponto de vazamento (cenário de inverno).	89
Figura 48. Primeiro toque na costa, após 13 horas de vazamento, a aproximadamente 11 km de distância do ponto de vazamento (cenário de verão).	89
Figura 49. Valores máximos de concentração de óleo entranhado (ppb - coluna d'água) – cenário de inverno (não representa o tamanho real da mancha).	91
Figura 50. Valores máximos de concentração de óleo entranhado (ppb - coluna d'água) – cenário de verão (não representa o tamanho real da mancha).	92
Figura 51. Concentração máxima de aromáticos dissolvidos (ppb) – cenário de verão. 96	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos tipos de óleo (LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006).	8
Tabela 2. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento (graus), para Praia Grande. Convenção meteorológica. Período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005 (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA).	18
Tabela 3. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento (graus), em Iguape. Convenção meteorológica. Período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. (Dados disponibilizados pelo INPE/ CPTEC).	24
Tabela 4. Ponto de vazamento e cenários acidentais para elaboração de Mapa de Vulnerabilidade	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Esquema de cores para classificação do índice de sensibilidade do litoral (ISL) (fonte: BRASIL, 2004).	42
Quadro 2. Divisão de classes para determinação da granulometria, utilizando escala visual (Wentworth, 1992).	44
Quadro 3. Esquema de cores para classificação dos recursos biológicos. O código RGB é utilizado para construir a cor padronizada pela metodologia do MMA (BRASIL, 2004).	48
Quadro 4. Novos ícones representando aspectos socioeconômicos.	48

DEFINIÇÕES

Acidente de poluição por óleo: qualquer derramamento de óleo em desacordo com a legislação vigente, decorrente de fato ou ação acidental ou intencional.

Derramamento: qualquer fuga de liberação de óleo ou mistura oleosa em desacordo com a legislação vigente para o ambiente, incluindo despejo, escape, vazamento e transbordamento em águas sob jurisdição nacional (BRASIL, 2008).

Efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição (BRASIL, 2005).

Efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como reprodução, crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida, ou parte dele (BRASIL, 2005).

Incidente de poluição por óleo: qualquer derramamento de óleo em desacordo com a legislação vigente, decorrente de fato ou ação acidental ou intencional (BRASIL, 2008).

Óleo: qualquer forma de hidrocarboneto (petróleo e seus derivados líquidos), incluindo óleo cru, óleo combustível, borra, resíduos petrolíferos e produtos refinados (BRASIL, 2008).

Plano de Emergência Individual: documento ou conjunto de documentos, que contenha as informações e descreva os procedimentos de resposta da instalação a um incidente de poluição por óleo, em águas sob jurisdição nacional, decorrente de suas atividades (BRASIL, 2008).

Suscetibilidade: tendência ou probabilidade que uma localidade seja atingida por óleo, no caso de derrames ocorridos sob condições ou cenários pré-estabelecidos (SILVA; ARAUJO, 1994).

Vulnerabilidade: capacidade de um ambiente sofrer lesões ou danos, no caso de um derramamento de óleo que ocorra em determinadas condições (SILVA; ARAUJO, 1994).

1. INTRODUÇÃO

O impacto ambiental causado por vazamento de óleo tem sido uma ameaça permanente à integridade dos ecossistemas costeiro e marinho. É difícil prever quando um derramamento de petróleo irá ocorrer, sua magnitude e a extensão dos seus impactos. São necessárias, portanto, ações preventivas que venham minimizar possíveis danos causados por um eventual acidente. Inserem-se neste contexto os Planos de Emergência Individuais (PEIs), que são importantes aliados às ações de combate aos derramamentos. A Lei Federal nº 9.966, de 28 de abril de 2000 (BRASIL, 2000), determina que “portos organizados, instalações portuárias e plataformas, bem como suas instalações de apoio, deverão dispor de planos de emergência individuais para o combate à poluição por óleo e substâncias nocivas ou perigosas”. Tais planos devem ser consolidados pelo órgão ambiental em planos de contingência locais e regionais, como prevê o Decreto Federal 4.871 (BRASIL, 2003).

A resolução CONAMA 398 (BRASIL, 2008), substituiu a resolução CONAMA 293 (BRASIL, 2001) e estabelece que as Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo (Cartas SAO) e os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo devem integrar os planos individuais de emergência. As Cartas SAO apresentam informações básicas essenciais para o planejamento de contingência e avaliação de danos em caso de derramamento de óleo, indicando a localização dos recursos costeiros e áreas mais sensíveis (IPIECA, 2000; BRASIL, 2004). Já os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo, decorrem da superposição de contornos de probabilidade das manchas de óleo às Cartas SAO. Apresentam informações sobre a sensibilidade e a suscetibilidade das áreas mapeadas no caso de vazamento de óleo.

O Ministério do Meio Ambiente publicou um documento, baseado nas propostas da NOAA (1997) e PETROBRAS (ARAÚJO et al., 2001), com especificações para a elaboração de Cartas SAO (BRASIL, 2004). Este documento estabelece um padrão de nomenclaturas a ser utilizado no Brasil.

As Cartas SAO devem incluir informações sobre os recursos físicos; recursos biológicos e recursos socioeconômicos da área mapeada. Essas cartas devem contemplar três níveis de abrangência: cartas estratégicas (abrangência regional, 1:1.000.000), cartas táticas (escala intermediária, 1:100.000) e cartas operacionais (locais de alto risco ou elevada sensibilidade, até 1:10.000).

As Cartas SAO podem ser impressas ou vinculadas a um sistema de informações geográficas (SIG), tornando-se uma ferramenta essencial de apoio aos tomadores de decisão em caso de incidentes com petróleo (IPIECA, 2000). O SIG facilita o manuseio de um grande volume de informações integradas em uma base de dados ambientais georreferenciada, tais como os ecossistemas envolvidos e sua sensibilidade ao óleo, localização dos equipamentos de emergência, ações de resposta, acessibilidade, etc (MOE et al., 2000). Uma vez que os Planos de Emergência Individual são documentos extremamente extensos e complexos, algumas informações importantes para a tomada de decisão em campo podem ser replicadas nas Cartas SAO de forma simples e direta, como por exemplo, formas de limpeza e procedimentos contra-indicados.

O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo permite a visualização das áreas mais vulneráveis aos vazamentos, auxiliando a ação de resposta e a definição de áreas prioritárias de proteção. De acordo com a resolução CONAMA 398 (BRASIL, 2008), o mapa de vulnerabilidade deve ser elaborado considerando a probabilidade de o óleo atingir uma área determinada através das simulações realizadas, com o volume de derramamento de pior caso. Essa área passível de ser atingida poderá, também, ser definida através da observação de incidentes anteriores de derramamento de óleo. A localização dessas áreas vulneráveis deve ser indicada em desenhos e mapas, com legendas indicativas. A vulnerabilidade de uma região está relacionada com sua sensibilidade somada à probabilidade dessa área ser atingida pelo óleo no caso de um derramamento. Áreas com elevada sensibilidade e alta probabilidade de serem atingidas pelo óleo são mais vulneráveis do que as áreas com baixa sensibilidade e baixa probabilidade de serem atingidas pelo óleo.

No licenciamento ambiental de atividades relacionadas à exploração e exploração de jazidas de petróleo e gás, muitas vezes são realizadas modelagens numéricas de deriva de mancha de óleo. Estas modelagens têm como objetivo determinar a área de influência da atividade a ser licenciada e são apresentadas nos relatórios entregues ao IBAMA e órgãos estaduais de meio ambiente. Dessa forma, durante o licenciamento desses empreendimentos, são gerados Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo, como é o caso do Campo de Golfinho, na Bacia do Espírito Santo (IBAMA, 2006).

Existem diversas áreas do litoral brasileiro mapeadas no contexto da sensibilidade ambiental ao óleo. Muitas universidades, instituições de pesquisa e empresas de consultoria ambiental têm se dedicado ao estudo e elaboração das Cartas SAO. Em 2004, o MMA, juntamente com o IBAMA, lançou o primeiro Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo, para as bacias marítimas de Potiguar e Ceará (BRASIL, 2004). O Atlas de Sensibilidade Ambiental da Bacia de Santos, abrangendo o litoral desde o sul do Rio de Janeiro até Santa Catarina, foi publicado pelo MMA em 2008 (BRASIL, 2007). Atualmente, estão sendo elaborados os Atlas para as bacias de Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba. Os Atlas apresentam, além das Cartas SAO, informações sobre os ambientes mapeados, comportamento do óleo, lista dos recursos biológicos, informações complementares sobre os aspectos socioeconômicos, áreas prioritárias de proteção, zonas de sacrifício e acessos às áreas atingidas pelo derramamento. Devido a sua atividade em praticamente toda a costa brasileira, a PETROBRAS desde o início da década de 90 vem realizando o mapeamento de sensibilidade ao óleo em diversas regiões costeiras e fluviais (ARAUJO; SILVA; CARVALHO, 2004; ARAUJO; SILVA; MUEHE, 2006).

De acordo com o decreto 4.871 (BRASIL, 2003), os órgãos ambientais estaduais e o IBAMA são responsáveis pela elaboração dos Planos de Área, que integram os diversos Planos Individuais de Emergência. O princípio dos Planos de Área é otimizar o uso dos recursos das empresas, integrando-as em um plano de emergência regional para acidentes de maior envergadura.

O intenso uso das Cartas SAO por diferentes atores (empresas, governo, universidades, consultorias), tem propiciado o acúmulo de conhecimentos, evidenciando também lacunas e oportunidades de melhoria. Nesta ótica, a existência de diferentes mapas e cartas para uma mesma região (feitos por empresas, universidades e pelo governo), agrega informações valiosas sobre o ambiente e contribui para o amadurecimento da metodologia.

O amadurecimento técnico gerado por esse processo abre espaço a propostas de ajustes metodológicos, novas técnicas e ferramentas operacionais. No entanto, o principal desafio continua sendo a integração dos diferentes produtos, cartas e bancos de dados, demanda que está em andamento, sob o comando do Ministério do Meio Ambiente. Com este trabalho foi possível avaliar o método utilizado na elaboração das Cartas SAO, gerando sugestões a respeito de sua aplicabilidade em relação às coletas de dados em campo e tratamento dos dados coletados. Outro ponto positivo deste processo é o amadurecimento e capacitação técnica de profissionais das empresas, universidades e do próprio governo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

- Testar método para a elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao óleo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Elaborar Cartas SAO para os municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Iguape, Cananéia e Ilha Comprida, no litoral Paulista;
- Elaborar Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo segundo método proposto;
- Testar o uso do modelo numérico SIMAP na elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade.

1.2. Legislação

Entre as leis relacionadas à prevenção de derramamentos de óleo no mar e controle da poluição marinha causada por produtos químicos, resíduos perigosos e outras potenciais fontes poluidoras no país, estão alguns tratados internacionais, ratificados pelo Brasil, descritos a seguir:

- a) Convenção sobre a Responsabilidade Civil a danos causados por poluição por óleo (CLC 69 – *Civil Liability Convention*). Realizada em Bruxelas no ano de 1969, retificada pelo Protocolo de 1992 e Emenda de 2000. Estabelece o limite de responsabilidade civil por danos a terceiros causados por derramamentos de óleo no mar, excluindo-se os derivados claros, como gasolina, óleo diesel e querosene. Cria

um sistema de seguro compulsório aplicado aos navios petroleiros dos países signatários. Está ratificada por 79 países, incluindo o Brasil.

- b) Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (MARPOL 73/78). Alterada pelo Protocolo de 1978 e Emendas de 1984, 1985, 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007. Estabelece regras de prevenção da poluição do mar por cargas perigosas ou hidrocarbonetos.
- c) Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo (OPCR 90 – *Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation*). Entrou em vigor em maio de 1995. Estabelece a obrigatoriedade da apresentação de planos de emergência a poluição por óleo aos navios e unidades *offshore*, a comunicação de incidentes de poluição às autoridades costeiras e a aquisição de equipamentos de combate, com colaboração entre os países signatários. Essa convenção norteia a criação de legislações nos países signatários, a respeito da prevenção e combate de derramamentos de petróleo.

As leis ambientais brasileiras que tratam da poluição gerada por portos, terminais marítimos e atividades relacionadas à prevenção, controle e fiscalização estão relacionadas a seguir.

- a) Lei Federal nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, publicada no Diário Oficial em 26 de fevereiro de 1993 (Lei dos Portos). Alterada pelas leis nº 11.314, de julho de 2006; nº 320, de agosto de 2006; e nº 11.518, de setembro de 2007. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências.
- b) Lei Estadual nº 9.346, de 14 de março de 1996. Estabelece medidas preventivas para evitar derramamentos de óleo e produtos químicos no litoral paulista. Determina que portos, terminais, embarcações, instalações, equipamentos ou sistemas que operem no litoral do Estado de São Paulo disponham de equipamentos de combate em quantidade e tipologia necessários, além de recursos humanos treinados para utilizá-los em caso de incidente de derramamento. As ações de prevenção e combate devem estar prescritas em plano de segurança.
- c) Decreto Legislativo nº 2.508, de 04 de abril de 1998. Promulga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em

Londres, em 21 de novembro de 1973, seu Protocolo concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1998, suas Emendas de 1984 e seus anexos opcionais III, IV e V. Publicado no Diário Oficial em 05 de março de 1998.

- d) Decreto Legislativo nº 43, de 01 de junho de 1998. Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em caso de Poluição por Óleo, 1990, concluída em Londres, em novembro de 1990.
- e) Lei Federal nº 9.966, de 28 de abril de 2000, publicada no Diário Oficial em 29 de abril de 2000 (Lei do Óleo). Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamentos de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.
- f) Decreto Federal nº 4.136, de 20 de fevereiro de 2002, publicado no Diário Oficial em 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências.
- g) Resolução CONAMA nº293, de 12 de dezembro de 2001, publicada no Diário Oficial em 29 de abril de 2002. dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio e orienta sua elaboração. Revogada pela Resolução CONAMA nº398, de 11 de julho de 2008.
- h) Decreto Federal nº 4.871, de 06 de novembro de 2003, publicado no Diário Oficial em 07 de novembro de 2003. Dispõe sobre a instituição os Planos de Áreas para o combate a poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Os Planos de Áreas devem ser criados a partir dos Planos Individuais de Emergência, considerando, além dos recursos previstos nos Planos de Emergência, “as ações conjuntas e outros elementos necessários para a resposta a quaisquer incidentes de poluição por óleo”.
- i) Resolução CONAMA nº 398, de 11 de julho de 2008, publicada no Diário Oficial em 12 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional,

originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta sua elaboração. Substitui a Resolução CONAMA nº 293, de 12 de dezembro de 2001.

1.3. Modelagem numérica e mapas de vulnerabilidade ambiental ao óleo

Além das Cartas SAO, a modelagem numérica de deriva de mancha é também uma importante ferramenta na elaboração de planos de contingência, sistemas de emergência, análise de risco e estudos de impacto ambiental (LI; BRIMICOMBE; RALPHS, 2000). Para que o combate a um incidente seja eficiente, é importante que a equipe de emergência conheça o comportamento do óleo, as condições meteorológicas e oceanográficas no momento do vazamento e o volume de óleo que foi derramado (WADSWORTH, 1999). Na modelagem são utilizadas informações acerca das características físico-químicas do óleo e dados ambientais (e.g., intensidade e direção do vento, correntes e marés predominantes na região em estudo), buscando caracterizar o comportamento possível da mancha em caso de vazamento de óleo. Nos últimos anos a modelagem matemática de deriva de mancha tem sido incorporada a sistemas de informação geográfica (SIG) (LI; BRIMICOMBE; RALPHS, 2000) como uma forma de visualizar de maneira integrada os dados ambientais e o resultado da simulação.

O comportamento do óleo no mar depende das suas características físico-químicas, como densidade, viscosidade, persistência e solubilidade. O grau API, determinado em função da densidade relativa do óleo, é uma forma de classificação utilizada internacionalmente, onde quanto maior o valor do grau API, menos denso é o óleo. A viscosidade de um óleo depende da temperatura do ambiente e da concentração de aromáticos presentes no óleo. Óleos mais densos apresentam maior viscosidade (LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006). Os óleos mais comumente transportados por mar foram classificados de acordo com sua densidade relativa, viscosidade e grau API (Tabela 1) (ITOPF, 1985; 2005; LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006).

A modelagem numérica pode ser realizada em modo determinístico ou probabilístico. No modo determinístico o cenário é gerado para uma condição ambiental específica, determinada pelo usuário. No modo probabilístico, o modelo calcula as probabilidades de comportamento da mancha dentre uma série de datas escolhidas aleatoriamente.

Tabela 1. Classificação dos tipos de óleo (LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006)

Grupo	Densidade relativa	Grau API	Persistência (meia-vida) (horas)	Viscosidade (Cst 15°C)
Grupo I	< 0,8	> 45	- 24	0,5 – 2,0
Grupo II	0,8 < 0,85	35 a 45	- 24	4
Grupo III	0,85 < 0,95	17,5 a 35	- 48	8
Grupo IV	> 0,95	< 17,5	-72	1.500

Na modelagem numérica realizada em modo probabilístico, são gerados contornos de probabilidade da mancha de óleo, representando a probabilidade de uma determinada região ser atingida no caso de um derramamento, ou seja, sua suscetibilidade. Ao se cruzar os contornos de probabilidade com a Carta SAO obtêm-se o Mapa de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo. Esse mapa permite a visualização das áreas mais vulneráveis aos vazamentos, auxiliando a ação de resposta e a definição de áreas prioritárias de proteção. De acordo com a resolução CONAMA 398 (BRASIL, 2008), os mapas de vulnerabilidade devem estar presentes nos Planos Individuais de Emergência.

Ao se realizar a modelagem de dispersão de óleo, é preciso determinar o momento de finalizar a simulação (critério de parada). Um critério de parada baseado no tempo determina que a simulação seja finalizada, por exemplo, 24 horas após o início do derramamento. Em 2002, o IBAMA publicou um documento com diretrizes para a modelagem de óleo no mar, que estabelece o critério de parada baseado na espessura da mancha de óleo na água (BRASIL, 2002). Segundo este documento, a simulação deve ser finalizada sempre que a mancha de óleo atingir a espessura de 0,0003mm (300nm), correspondente ao aspecto iridescente da mancha de óleo no mar. Devem ainda ser apresentados cenários determinísticos críticos que favoreçam a chegada do óleo na costa. No caso de plataformas, o documento determina que seja realizada a simulação do descontrole do poço por um período de 30 dias.

Porém, apenas estes critérios (tempo e espessura) não são capazes de representar a dimensão real da mancha de óleo que tem potencial para causar algum impacto. Isso porque existem frações tóxicas do petróleo que estão solubilizadas na água, mesmo que a mancha não seja mais visível (fração hidrossolúvel, FHS, ou fase dissolvida). A proporção de fração hidrossolúvel está associada ao tipo de petróleo. Óleos mais leves e derivados refinados como a gasolina, têm grandes proporções de fase dissolvida. Em 2003, o critério de parada baseado na toxicidade do poluente foi utilizado no Brasil na elaboração do Plano Individual de Emergência das empresas participantes da Associação Brasileira de Terminais Líquidos - ABTL, em Santos (SP), atendendo a demandas técnicas da CETESB, órgão ambiental do

Estado de São Paulo (<http://www.cetesb.sp.gov.br>). As simulações foram realizadas para as diferentes substâncias químicas movimentadas nos terminais, até o limite de sua toxicidade no ambiente marinho, definido pela CL_{50} (concentração letal onde ocorrem 50% de mortalidade em um tempo pré-determinado) da substância mais tóxica existente em cada grupo de substâncias, no qual as diversas substâncias são categorizadas pelo seu comportamento no ambiente (diluição, evaporação, sedimentação, etc.). Esta foi a primeira situação identificada no Brasil onde o critério de toxicidade foi adotado para a modelagem matemática de deriva de manchas.

Na elaboração do Plano Individual de Emergência da Base de Oriximiná (BR Distribuidora), localizada no Rio Trombetas (PA), em 2004, seguindo método proposto pela PETROBRAS (2002), o critério de parada utilizado foi baseado na concentração do óleo na água. A concentração foi calculada segundo Rosman (2003), sendo definida como 20 ppm, referentes a uma mancha com espessura de 0,05 mm. A modelagem de deriva de mancha realizada pela empresa ASA South America para uma plataforma na Bacia de Campos em 2004, também gerou cenários baseados na concentração do óleo na água. Entretanto, nos dois casos citados acima, a concentração não foi determinada baseada no potencial toxicológico dos produtos simulados.

Em países como os Estados Unidos, a toxicidade do óleo (expressa pela CL_{50}) é utilizada como critério de parada, em simulações com modelo capaz de determinar a quantidade de aromáticos dissolvidos na coluna d'água, bem como os impactos ao ecossistema, ocasionados pelo derramamento (SPAULDING et al., 1996; FRENCH; SCHUTTENBERG; ISAJI, 1999; FRENCH, 2001; FRENCH, 2001a; FRENCH-McCAY; PAYNE, 2001; FRENCH, et al., 2003; FRENCH, 2004).

As modelagens numéricas de deriva de mancha podem ser realizadas utilizando modelos numéricos bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D). Os modelos 2D, chamados modelos de trajetórias, apresentam o comportamento da mancha de óleo na superfície da água. Já os modelos 3D, além de apresentarem os resultados na superfície, também avaliam os impactos causados pelo derramamento na coluna d'água.

Os modelos de trajetória empregam algoritmos dos processos de intemperismo na superfície da água como espalhamento, advecção, entranhamento, emulsificação e volatilização. Na coluna d'água, os modelos 3D calculam a dispersão e advecção vertical e horizontal dos hidrocarbonetos entranhados e dissolvidos, considerando a fração solúvel do

óleo na água e nas partículas de sedimento em suspensão, sedimentação e ressuspensão. Dentre os modelos numéricos de dispersão de mancha de óleo 3D, estão o SIMAP, desenvolvido pela ASA Inc.; o OSCAR, desenvolvido pela SINTEF; e o SisBAHIA, desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Outro modelo que representa o comportamento do óleo na coluna d'água é o MOSM (*Multiphase Oil Spill Model*) desenvolvido pela Universidade de Singapura (TKALICH; HUDA; GIN, 2003).

Os modelos de trajetória são importantes ferramentas para o planejamento das ações de combate a um derramamento, pois as operações de limpeza são direcionadas à remoção do óleo na superfície da água e linha de costa, entretanto, não indicam a extensão real dos impactos biológicos causados pelo óleo (FRENCH; SCHUTTENBERG; ISAJI, 1999). Um modelo 3D avalia a trajetória e intemperismo sofrido pela mancha na superfície e subsuperfície, quantificando as concentrações dos componentes do óleo presentes na coluna d'água, apresentando as informações necessárias para avaliar o impacto biológico causado pelo derramamento (SPAULDING et al., 1994; FRENCH; SCHUTTENBERG; ISAJI, 1999).

1.4. A toxicidade do óleo no ambiente marinho

Um incidente de vazamento de óleo pode causar basicamente dois tipos de impacto no ambiente atingido: recobrimento físico e efeito tóxico. Óleos com alta densidade são os principais responsáveis pelo recobrimento físico e óleos com baixa densidade, pelo efeito tóxico. Entretanto, um organismo recoberto por petróleo pode ser também afetado pelo efeito tóxico do óleo. Estudos realizados em costões rochosos e manguezais atingidos por óleo mostram que os impactos ocorrem devido a uma combinação dos efeitos tóxicos e recobrimento físico (LOPES et al., 1997; HOFF, 2002).

Segundo Zílio e Pinto (2002), o petróleo pode ser definido como “uma mistura de compostos de ocorrência natural que consiste, predominantemente, de hidrocarbonetos e, em menor quantidade, de derivados orgânicos sulfurados, nitrogenados, oxigenados e organometálicos”. Segundo os autores, os principais componentes do petróleo são:

- a. hidrocarbonetos saturados: alcanos de cadeia normal e ramificada (parafínicos) e cicloalcanos (naftênicos);
- b. hidrocarbonetos aromáticos: moléculas aromáticas puras, cicloalcano-aromático (nafteno-aromáticos) e compostos de enxofre;

c. resinas e asfaltenos: componentes policíclicos, de alto peso molecular, compreendendo átomos de nitrogênio, enxofre e oxigênio.

Entre os compostos responsáveis pela toxicidade do petróleo estão os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (BARRON et al., 1999), e os produtos da oxidação e degradação do óleo (em óleos intemperizados) (NEFF, 2006). Produtos refinados e mais solúveis têm sua elevada toxicidade associada à presença de benzeno e outros aromáticos (tolueno, etilbenzeno e xileno – conjuntamente conhecidos pela sigla BTEX), que por sua vez, são também muito voláteis.

Após o derramamento, o óleo sofre vários processos de degradação, como espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação, dissolução, oxidação, sedimentação e biodegradação. Através da emulsificação, é gerado o *mousse* (óleo + água), aumentando significativamente o volume do poluente no ambiente. Devido à sua persistência no ambiente marinho, o *mousse* pode transportar os compostos aromáticos a longas distâncias (GESAMP, 1993). Por consequência do processo de intemperismo e perda dos compostos monoaromáticos do *mousse*, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) tornam-se os principais contribuintes para a toxicidade dos óleos intemperizados (NRC, 2003).

A foto-oxidação, foto-decomposição e polimerização dos componentes do óleo podem resultar de reações induzidas pela radiação solar (NRC, 1985). A interação da fração de óleo dissolvida na água com a radiação solar aumenta consideravelmente a toxicidade do óleo intemperizado (LACAZE; VILLEDON DE NEVDE, 1976; CLEVELAND et al., 2000; BARRON; KA'AIHUE, 2001). A toxicidade de óleos intemperizados por foto-oxidação pode ser maior do que em óleos não intemperizados (LEE, 2003), porém, muitas vezes sua concentração na coluna d'água é muito baixa, não causando impacto significativo ao ambiente atingido (KINGSTON, 2002)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), presentes no petróleo e derivados, são resistentes à biodegradação microbiológica e, adsorvidos no sedimento, podem persistir no ambiente por muito tempo após um incidente (CETESB, 2006). A persistência e alta concentração de HPA em óleos emulsificados presentes no sedimento, podem manter sua toxicidade por vários meses (LEE, 2005). Muitos estudos têm demonstrado que os resíduos de óleo em sedimento de praias têm efeitos significativamente tóxicos em ovos e larvas de peixes (NRC, 2003).

Um estudo realizado em costão rochoso atingido por óleo cru no litoral de São Paulo demonstrou que, após seis dias do derramamento, ainda podiam ser encontrados altos níveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) dissolvidos na água (LOPES et al., 1997). Estudos realizados em manguezais demonstram que a toxicidade do óleo preso no substrato lamoso pode persistir por 5 a 20 anos após o derramamento (BURNS et al., 1993, 1994). A presença de HPA no sedimento de manguezais é responsável por uma série de distúrbios fisiológicos e mutações. Um ano e meio após um derramamento de óleo em um manguezal do Panamá, foram encontradas árvores mortas ou seriamente impactadas, em uma área que não apresentava impactos negativos imediatamente após o derrame (HOFF, 2002). Esse fato ilustra a persistência da toxicidade do óleo que pode ficar preso no sedimento de planícies de marés e áreas alagadas e disponibilizado após uma fase de erosão (HOFFMAN, et al., 1994). Resultados similares foram observados no acidente com um oleoduto da TRANSPETRO nos manguezais de Bertioga em 1983. Naquele evento, os máximos impactos foram identificados sete anos depois do vazamento (RODRIGUES et al., 1990).

Aves marinhas atingidas por um derramamento de óleo podem sofrer, além dos efeitos do recobrimento físico, os efeitos tóxicos do óleo, podendo se tornar incapazes de suportar as variações ambientais naturais ou mesmo diminuir a geração de ovos viáveis (ISLAM e TANAKA, 2004). O comprometimento na capacidade de voar e a hipotermia são os efeitos mais imediatos nas aves marinhas. O recobrimento, inalação e ingestão de óleo por aves e mamíferos marinhos podem causar efeitos letais ou subletais devido à sua toxicidade, como danos ao sistema nervoso redução da habilidade de se alimentar ou digerir os alimentos (GESAMP, 1993; EPA, 1999). Martinez et al. (1992) estudaram a influência do benzeno presente no petróleo na atividade de natação do crustáceo *Mysidopsis juniae*. Em seu estudo, concluem que a atividade de natação do misidáceo diminui significativamente após exposição por 1 hora a 20 ppm de benzeno. O mesmo estudo mostra que o misidáceo apresenta um aumento na atividade de natação após 6 horas de exposição a 5 ppm de benzeno. A mudança na atividade de natação do misidáceo pode torná-lo mais vulnerável aos predadores em casos de intoxicação por benzeno. Por sua elevada sensibilidade aos hidrocarbonetos, este micro crustáceo tem sido o mais usado em testes de toxicologia aquática.

O efeito tóxico do óleo pode causar uma série de problemas à saúde humana, através de sua inalação, contato com a pele ou até mesmo ingestão acidental. Esse contato do homem com o petróleo é mais intenso dentro das refinarias, terminais e navios, mas pode acontecer também durante as operações de limpeza das áreas atingidas. Entre os efeitos toxicológicos do

óleo ao homem, estão: irritação na pele e olhos, náuseas, vômitos, sensação de embriaguês e dores abdominais (NRC, 1985).

1.5. Testes de toxicidade e CL₅₀

Toxicidade pode ser definida como o potencial que ocasiona um efeito deletério, letal ou subletal a um organismo, população ou comunidade (CAPUZZO, 1981). A toxicidade do petróleo cru e derivados pode ser determinada através de testes de toxicidade, que podem ser crônicos ou agudos. Segundo Marcelino et al. (1992), os testes de toxicidade auxiliam a avaliação dos impactos causados pelo óleo em organismos aquáticos. A exposição de um organismo a um agente tóxico pode ocorrer de várias maneiras como inalação, ingestão e contato com a pele ou mucosa (RAMADE, 1987; BACCI, 1993).

A toxicidade crônica ocorre com a inibição do crescimento, alteração de comportamento e reprodução e outras anomalias. Nos testes de toxicidade crônica, o organismo é exposto a períodos de tempo prolongados e baixa concentração do produto tóxico. A toxicidade crônica é determinada através da observação de efeitos subletais nos organismos testados, como por exemplo, deficiência na reprodução (RAMADE, 1987; BACCI, 1993). A toxicidade aguda ocorre quando é observada a letalidade ou imobilidade dos organismos testados. A maioria dos testes de toxicidade aguda utiliza a mortalidade como índice, expresso, por exemplo, pelo CL₅₀. Este teste permite determinar a concentração máxima de óleo que pode estar presente no ambiente por determinado período de tempo, sem causar prejuízo ao ambiente e organismos mais sensíveis. Nos testes de toxicidade aguda, o organismo teste fica exposto ao composto tóxico, geralmente, por um período de 24 a 96 horas (BACCI, 1993; HOFFMAN, et al, 1994). O teste CL₅₀ avalia de forma rápida a toxicidade do óleo baseado apenas na mortalidade dos organismos, sem considerar os efeitos subletais e outros parâmetros (NRC, 1985).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) considera que os testes de toxicidade aguda, como o CL₅₀, são essenciais para se determinar o potencial toxicológico de substâncias químicas (NRC, 2005). A norma da CETESB L5.251 (SÃO PAULO, 1992) estabelece o padrão dos testes de toxicidade aguda para água do mar no Brasil e a utilização do crustáceo misidáceo da espécie *Mysidopsis juniae*, na realização desses testes. Badaró-Pedroso (1993) conclui que *Mysidopsis juniae* é uma espécie potencial para determinação da toxicidade em sistemas estuarinos e marinhos.

2. ÁREA DE ESTUDO

O litoral paulista é dividido em quatro regiões, segundo o Plano de Gerenciamento Costeiro da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), sendo objetos desse estudo a Baixada Santista e o Litoral Sul (Figura 1). As Cartas SAO foram elaboradas para a região litorânea dos municípios: Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida e Cananéia e o Mapa de Vulnerabilidade foi elaborado para a área de Praia Grande.

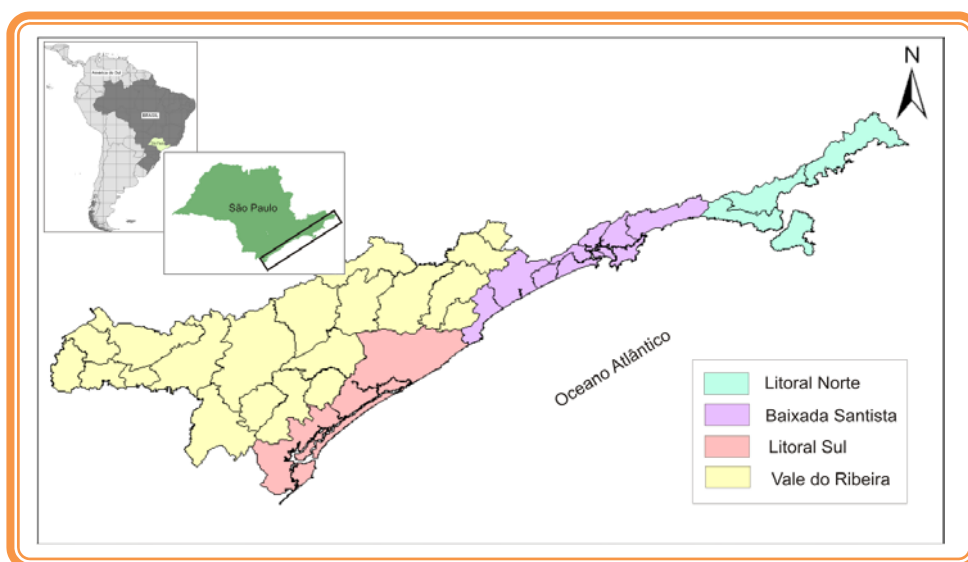


Figura 1. Divisão do litoral de São Paulo segundo a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo.

Um aspecto importante do ponto de vista ambiental é a presença de unidades de conservação na área de estudo. São elas: (1) A.P.A. de Cananéia-Iguape-Peruíbe, (2) Parque Estadual Ilha do Cardoso, (3) A.P.A. da Ilha Comprida, (4) A.P.A. Marinha do Litoral Sul, (5)

Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará, (5) Reserva de Desenvolvimento Sustentável Una da Aldeia, (6) Estação Ecológica de Juréia-Itatins, (7) Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Despraiado, (8) Parque Estadual do Prelado, (9) Reserva de Desenvolvimento Sustentável Barra do Una, (10) Parque Estadual Itinguçu, (11) Refúgio Estadual da Vida Silvestre do Abrigo e Guaritama, (12) A.P.A. Estadual Marinha do Litoral Centro – Setor Carijó, (13) Área de Manejo Especial Ilha da Laje da Conceição e (14) Parque Estadual Xixová-Japuí (Figura 2).

A área de estudo está inserida no contexto das pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo (PRH - 05, UNESP Rio Claro, disponível em <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/detalhepesq.jsp?pesq=6863337555915767>). Atualmente, o grupo realiza mapeamentos de sensibilidade a derramamentos de petróleo em todo o litoral de São Paulo (Figura 3).

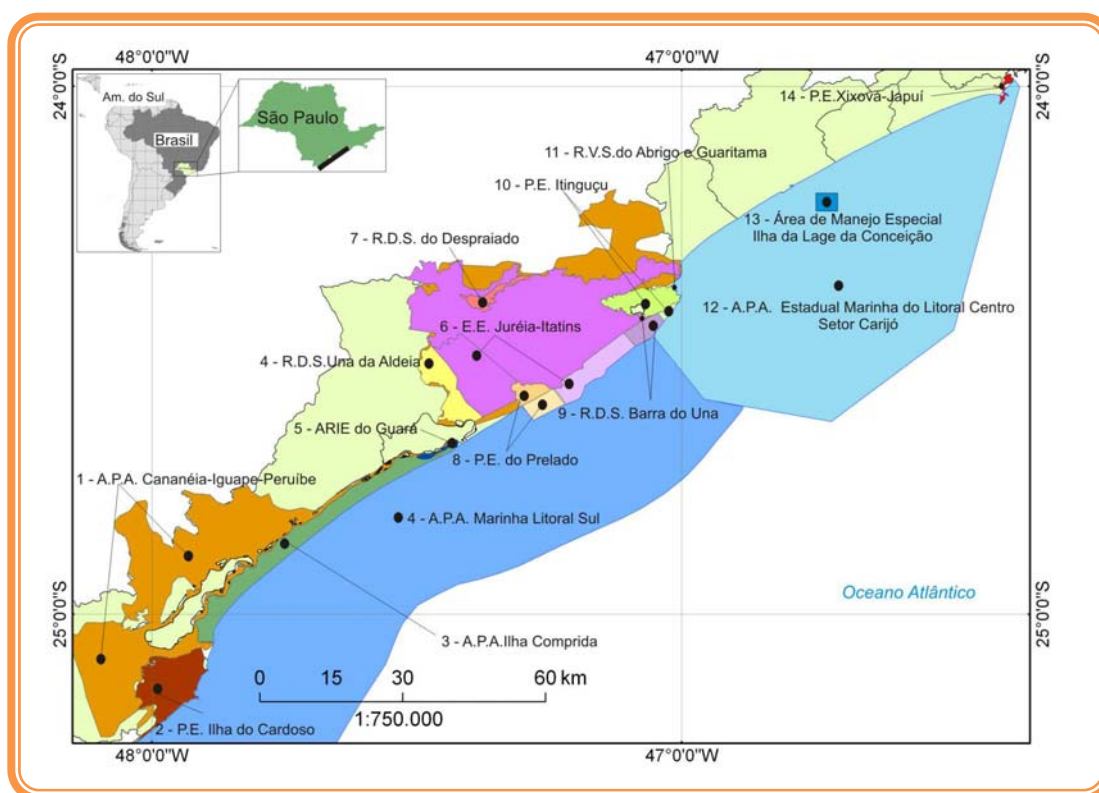


Figura 2. Unidades de conservação presentes na região em estudo.



Figura 3. Municípios mapeados pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental no litoral de São Paulo – PRH 05/ Unesp.

2.1. Baixada Santista (Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá e Praia Grande)

A Baixada Santista está situada a sudeste do Estado de São Paulo, ao longo do litoral, com extensão aproximada de 160 km, constituindo a segunda região metropolitana de São Paulo (CETEC, 2000). A área envolve os municípios de Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá, Praia Grande, Santos, Cubatão, Guarujá, São Vicente e Bertioga. Nesse trabalho, foi mapeado o litoral de quatro municípios: Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá e Praia Grande que, juntos, ocupam cerca de 50% do território da Baixada Santista (SÃO PAULO, 2001).

Os demais municípios da Baixada Santista (São Vicente, Santos, Guarujá e Bertioga) fazem parte dos outros projetos do Grupo Pesquisa em Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo (Figura 3).

2.1.1. Caracterização meteorológica e clima

O clima na região é quente e úmido, com temperatura média anual acima de 22°C e alta taxa de pluviosidade anual (2.000 a 2.500 mm/ano) (MENQUINI, 2004). A maior

incidência de chuvas ocorre nos meses de primavera e verão, causando, muitas vezes, escorregamentos nas encostas (FARINACCIO, 2000; MENQUINI, 2004).

Segundo Baptistelli (2003), na região de Praia Grande, predominam ventos do quadrante Sudeste durante a maior parte do ano, com ventos predominantes de Oeste durante os meses de inverno. Dados medidos na Praia do Una em 1982 registraram uma maior ocorrência de ventos provenientes de Noroeste e Norte-Noroeste para os meses de janeiro a agosto, com exceção de março. Em dezembro os ventos predominantes foram provenientes dos quadrantes Noroeste e Leste. Para os meses de março, setembro, outubro e novembro, os ventos predominantes vieram de Leste (BAPTISTELLI, 2003).

Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” (NCEP/ NOAA), foram obtidos para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005 e localização geográfica 24,10°S e 46,40°W (Figura 4). O diagrama de dispersão mostra a predominância de ventos do quadrante Sudeste, com intensidade máxima de 9 m/s (Figura 5). A tabela de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento mostra que os ventos mais freqüentes são de Leste-Sudeste (16,6%), Leste (14,9%) e Sudeste (14,2%), com velocidades médias de 4,2 m/s, 3,3 m/s e 4,3 m/s, respectivamente. As velocidades máximas são de 9,2m/s (Leste-Sudeste e Sul-Sudeste) e de 9,0m/s (Sudeste) (Tabela 2).

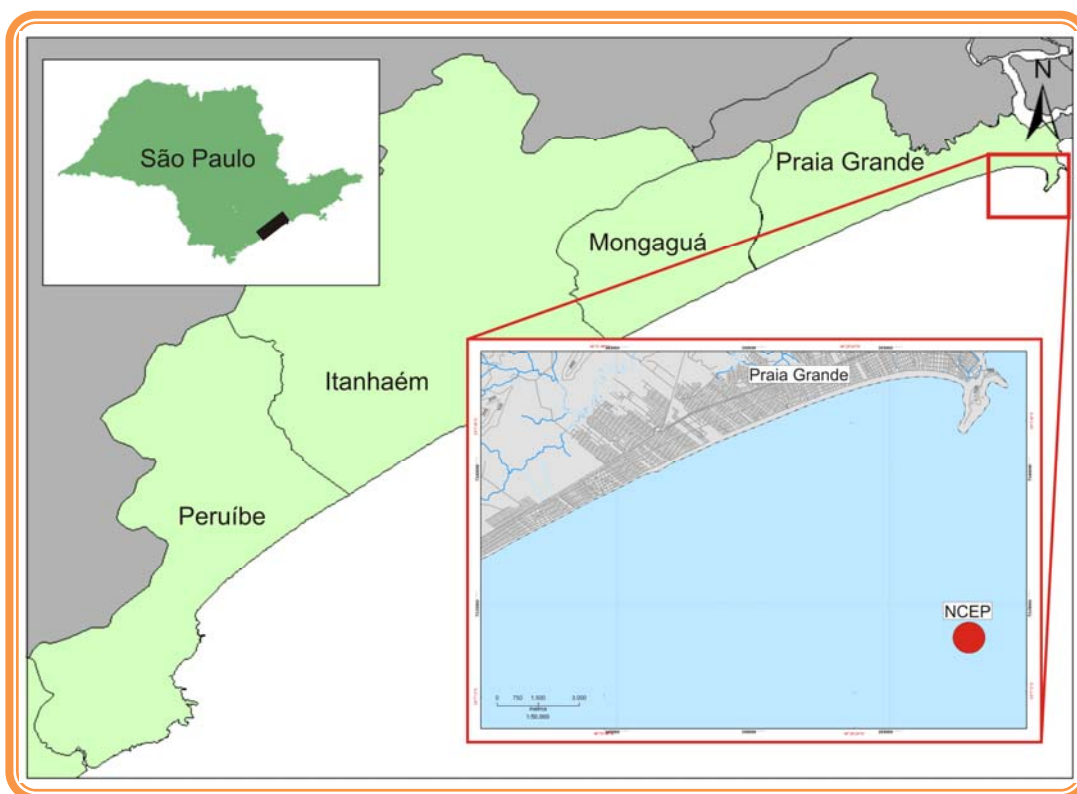


Figura 4. Localização do ponto NCEP, para a Região da Praia Grande (SP).

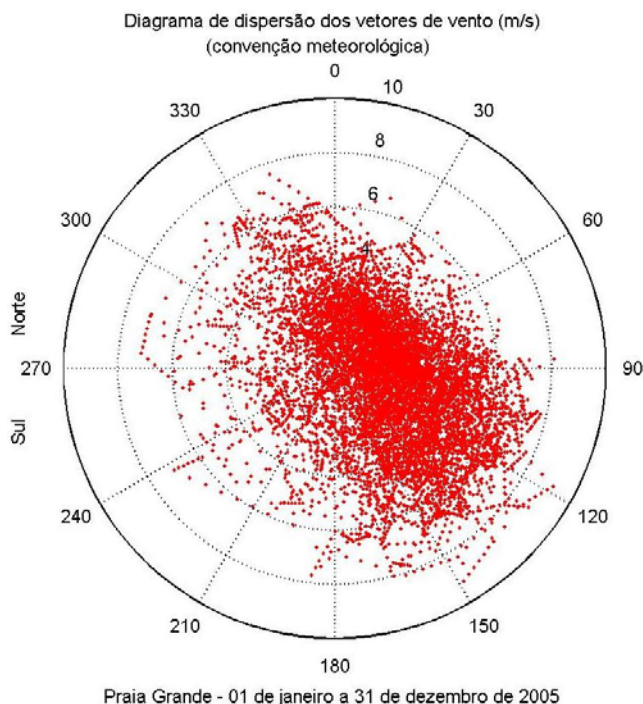


Figura 5. Diagrama de dispersão do vento NCEP para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Velocidade em m/s e direção em graus. (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA)

Tabela 2. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento (graus), para Praia Grande. Convenção meteorológica. Período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005 (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	Porc.	Dir.med.
0,0- 1,0	25	48	34	41	59	22	32	20	31	25	11	15	13	11	29	38	454	5,2	63
1,0- 2,0	113	121	158	208	203	145	85	51	34	36	29	19	20	25	59	75	1381	15,8	66
2,0- 3,0	165	200	227	311	344	234	196	106	60	40	43	39	30	25	54	104	2178	24,9	74
3,0- 4,0	94	112	118	192	270	275	198	116	68	21	15	10	24	10	38	63	1624	18,5	91
4,0- 5,0	61	55	35	92	230	276	276	153	26	18	8	10	12	20	38	74	1384	15,8	106
5,0- 6,0	30	12	21	34	142	237	218	108	15	18	9	8	11	8	11	62	944	10,8	115
6,0- 7,0	11	3	1	5	48	198	166	63	33	1	4	5	5	3	14	24	584	6,7	126
7,0- 8,0	0	0	0	0	10	58	43	29	6	0	0	1	4	4	1	4	160	1,8	129
8,0- 9,0	0	0	0	0	1	4	27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0,5	136
9,0-10,0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	134
Total	499	551	594	883	1307	1451	1241	657	273	159	119	107	119	106	244	444	8754		
Porc.	5,7	6,3	6,8	10,1	14,9	16,6	14,2	7,5	3,1	1,8	1,4	1,2	1,4	1,2	2,8	5,1			
Vel. med.	2,8	2,6	2,5	2,7	3,3	4,2	4,3	4,2	3,3	2,6	2,7	2,8	3,1	3	2,9	3,3			
Vel. max.	6,4	6,7	6,3	6,3	8,1	9,2	9	9,2	7,7	6	6,7	7	7,2	7,1	7,1	7,6			

2.1.2. Oceanografia

A hidrodinâmica costeira é influenciada pelos ventos, com correntes predominantes paralelas à linha de costa, nos sentidos Oeste-Sudoeste e Leste-Nordeste (BAPTISTELLI, 2003). Farinaccio (2000), identificou a presença de correntes de maré atuando nas direções Nordeste/ Leste e Sudeste/ Leste e Picarelli (2001), descreve a presença de ondas de maré de Sudoeste para Nordeste e de Nordeste para Sudoeste.

As correntes superficiais tendem a seguir a direção dos ventos, característica mais evidente durante os eventos de passagem de frente fria, com ventos de Sul-Sudoeste (PICARELLI; HARARI, 2006). Segundo Fulfaro e Coimbra (1972), o transporte litorâneo de sedimento de Praia Grande à Peruíbe ocorre para Sudeste. Entretanto, Araújo (2000) descreve um transporte para Sudoeste na região de Itanhaém.

Segundo Souza (1997), nas praias de Guaraú e Barra do Una, em Peruíbe, predominam correntes de Nordeste, em condições de frente fria, e correntes de Sudoeste, em condições de tempo bom. A autora identificou a atuação de um trem de ondas principal para Nordeste e um trem de ondas secundário para Sudoeste, associados a ondas do quadrante Sudeste nas praias de Peruíbe, Itanhaém e Praia Grande. A Praia de Itanhaém foi considerada mais erosiva que Praia Grande e Peruíbe, sendo fonte de sedimento para as duas praias (SOUZA, 1997). Giannini (1987) também encontrou correntes de deriva com sentido predominante Nordeste em Peruíbe.

Um vazamento de óleo próximo ao litoral dos municípios da Baixada Santista, pode atingir os ambientes costeiros, dada as características oceanográficas da área. A predominância de correntes paralelas à linha de costa favorece o transporte da mancha de óleo por todo o litoral. Uma simulação realizada através de modelagem numérica para um ponto de derrame hipotético na Baía de Santos (45°W e 25°S), a aproximadamente 200 km de distância da linha de costa, resultou em uma mancha que atinge a costa do estado de São Paulo após 30 dias do vazamento (SOARES; ALVES; PIOVESAN; 2005).

2.1.3. Ambientes litorâneos e recursos biológicos

Os municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe estão compreendidos na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista com área de drenagem de 2.788,82 km², compreendendo a região do estuário de Santos, São Vicente e Cubatão, as bacias do litoral norte, em Bertioga, e as bacias do litoral sul e centro-sul em Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe (SIGRH, 2008).

O litoral da Baixada Santista é caracterizado pela presença de extensas faixas de areia. Em geral, as praias da área apresentam uma predominância de areia fina, com grãos bem selecionados, grau médio de arredondamento e baixa declividade (FARINACCIO, 2000; SOUZA; SOUZA, 2004). Do ponto de vista físico, a baixa permeabilidade das praias de areia fina contribui para que sejam consideradas menos sensíveis do que praias de areia grossa, com maior permeabilidade. Entretanto, é importante destacar que praias de areias finas abrigam um grande número de espécies da macrofauna bêntica, principalmente na região do mesolitoral, onde muitas aves costeiras encontram um excelente local de alimentação. Do ponto de vista biológico, praias de areia fina são mais sensíveis que as praias de areia grossa, pois apresentam maior densidade de macrofauna (DEXTER, 1983; BORZONE et al., 1996; DEFEO et al. 1992; BRAZEIRO, 2001; FERNANDES; SOARES-GOMES, 2006).

Entre os animais que integram a macrofauna bentônica de praias dissipativas, estão os crustáceos *Pseudorchestoidea brasiliensis*, *Emerita brasiliensis*, *Exciorolana armata*, *Exciorolana brasiliensis*, poliquetas como *Scolecopsis squamata*, insetos como o *Phaleria testacea*, e o molusco bivalve *Donax hanleyanus* (FERNANDES; SOARES-GOMES, 2006). Cardoso (2006) levantou as principais espécies, com respectivos táxons na Ilha do Cardoso, município de Cananéia, são estes: Polychaeta (Annelida), Nemertea, Bivalvia (Mollusca), e animais dentro do grupo Artropoda, Arachnidea, Crustacea, Isopoda, Anphipoda, Mysidacea, Decapoda e Insecta.

Um derramamento de óleo em uma praia dissipativa, de areia fina pode causar a morte de espécies da macrofauna bentônica que vivem em camadas superficiais do substrato. Alguns poliquetas podem apresentar certa resistência ao óleo, principalmente aqueles que se localizam em camadas mais profundas do substrato (10 cm) (GANDRA, et al., 2005).

Entre as praias de Guaraú e Barra do Una, está o costão pertencente ao Morro do Maceno-Itu e entre as praias de Peruíbe e Guaraú, encontra-se o costão da Serra do Peruíbe,

ambos localizados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins (SOUZA; SOUZA, 2004). Em geral, os costões rochosos aparecem como pontos isolados, interrompendo a extensa linha de praias. De Praia Grande à Peruíbe, os costões rochosos estão presentes em apenas 16% da linha de costa.

A região da Baixada Santista abriga várias espécies de aves, sejam elas residentes ou migratórias. Entretanto a maioria dos registros ocorre nos municípios de Santos e Cubatão, provavelmente devido à presença do estuário de Santos, que favorece a presença desses animais (KOKUBO, 2007). Segundo Kokubo (2007), entre os municípios aqui mapeados, Peruíbe apresentou um maior número de registro de aves, seguido de Itanhaém, Praia Grande e Mongaguá. Algumas espécies de aves encontradas nos municípios mapeados estão classificadas em categorias de ameaça de extinção, como albatroz-de-nariz-amarelo (*Thalassarche chlororhynchos*), o albatroz-de-sombrancelha (*Thalassarche melanophris*), pardela-preta (*Procellaria aequinoctialis*) e o trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*) (KOKUBO, 2007). O Apêndice 1 apresenta a lista das espécies de aves encontradas na região.

2.1.4. Aspectos socioeconômicos

Segundo Menquini (2004), os municípios de Peruíbe, Mongaguá, Itanhaém e Praia Grande, em geral, apresentam alta urbanização, com bairros constituídos de casas de veraneio e outros tipicamente de residências fixas. Segundo a autora, a falta de planejamento urbano e o constante crescimento populacional comprometem a qualidade de vida da população. Nas praias de Barra do Una e Guaraú, em Peruíbe as comunidades caiçaras praticam a pesca artesanal, porém, na Barra do Una, a principal fonte de renda é proveniente do turismo (RAMIRES; BARRELA, 2003).

A intensa urbanização e elevado uso turístico, característicos das praias da Baixada Santista, sofrem modificações conforme nos aproximamos da região ao sul do município de Peruíbe. A presença das unidades de conservação é responsável pela mudança na paisagem, com a diminuição da urbanização e maior presença de vegetação nativa preservada. Nesta área está inserido o Mosaico de Unidades de Conservação da Juréia-Itatins, instituído pela Lei Estadual nº 12.406, de 12 de dezembro de 2006 (SÃO PAULO, 2006). O município de Peruíbe abriga o Parque Estadual do Itinguçu, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una e a Estação Ecológica Juréia-Itatins, todos integrantes do mosaico.

O Decreto Estadual nº53.528, de 8 de outubro de 2008, criou o Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, onde está inserida a Área de Proteção Marinha do Litoral Centro, criada pelo Decreto Estadual nº53.526, de 8 de outubro e 2008 (SÃO PAULO, 2008a, b). A APA Marinha do Litoral Centro é composta por 3 setores: (1) Setor 1 – Guaíbe, situado no litoral de Bertioga e Guarujá; (2) Setor 2 – Itaguaçu, no litoral de Santos; (3) Setor 3 – Carijó, no litoral de São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. Estão incluídos na APA Marinha do Litoral Centro os manguezais dos rios Itaguapé, Guaratuba, Itapanhaú e Canal de Bertioga, em Bertioga; Rio Itanhaém, em Itanhaém; e Rio Preto e Rio Branco, em Peruíbe.

2.2. Litoral Sul (Iguape, Ilha Comprida e Cananéia)

O litoral sul do estado de São Paulo pertence aos municípios de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia, com 26 praias num total de 136 km de extensão.

2.2.1. Caracterização meteorológica e clima

De janeiro a março ocorrem os maiores índices pluviométricos, com média mensal de 266,9 mm e os menores índices são registrados em julho e agosto, com média mensal de 95,3 mm. A temperatura média anual é de 23,8°C, com média mensal máxima de 27,8°C em fevereiro e mínima de 19,8°C em julho (SILVA, 1989). De janeiro a setembro, predominam ventos de Sudoeste e, de outubro a dezembro, os ventos predominantes são provenientes de Leste (BÉRGAMO, 2000).

A análise de dados de direção e intensidade de vento provenientes da estação agrometeorológica de Iguape (24,67°S e 47,54°W – Figura 6), disponibilizados pelo INPE/CPTEC (<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>), para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005 mostram a predominância de ventos do quadrante Sudeste e de Sul - Sudoeste, com intensidade máxima de 13 m/s (Figura 7). A tabela de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento mostra que os ventos mais frequentes são de Sul (7,3%), Sul - Sudoeste (7,2%) e Sudeste (6,6%), com velocidades médias de 5,2 m/s, 6,1 m/s e 5,3 m/s,

respectivamente. As maiores velocidades (13 m/s) são registradas para as direções Leste, Leste-Sudeste e Sudoeste (Tabela 3.).



Figura 6. Localização da estação agrometeorológica de Iguape (INPE/ CPTEC)

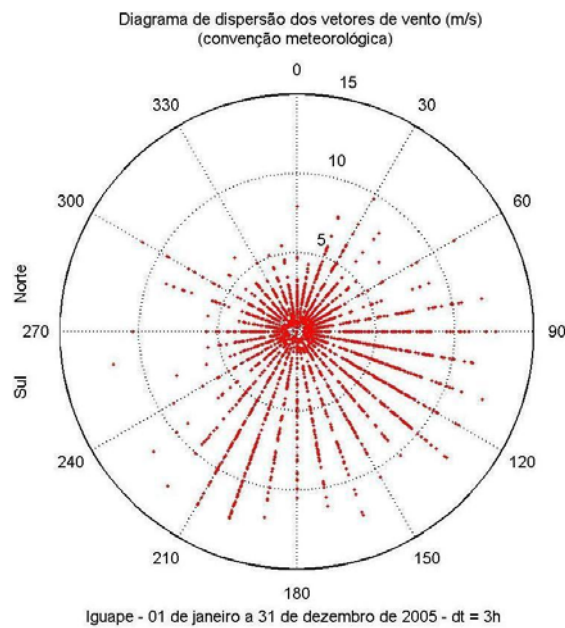


Figura 7. Diagrama de dispersão do vento medido na estação agrometeorológica de Iguape para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Velocidade em m/s e direção em graus. (Dados disponibilizados pelo INPE/ CPTEC)

Tabela 3. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento (graus), em Iguape. Convenção meteorológica. Período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. (Dados disponibilizados pelo INPE/ CPTEC)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	Porc.	Dir.med.
0,0- 1,0	27	24	13	20	41	15	7	12	12	10	7	11	14	11	14	11	249	8,9	54
1,0- 2,0	52	50	62	68	74	32	28	18	20	23	24	22	49	22	22	25	591	21	46
2,0- 3,0	41	19	41	41	106	10	17	12	19	15	24	20	46	22	22	17	472	16,8	62
3,0- 4,0	15	18	22	10	40	26	9	11	18	15	10	12	19	11	12	7	255	9,1	91
4,0- 5,0	8	17	5	3	32	303	20	13	18	12	7	6	8	5	2	2	461	16,4	114
5,0- 6,0	1	10	1	5	24	30	24	9	46	30	10	4	4	6	2	2	208	7,4	156
6,0- 7,0	0	3	2	2	32	44	21	15	18	8	6	2	0	5	1	0	159	5,7	130
7,0- 8,0	1	4	1	1	23	30	15	13	15	22	2	0	0	5	0	0	132	4,7	139
8,0- 9,0	0	0	1	5	17	14	22	12	15	15	4	1	0	3	0	0	109	3,9	144
9,0-10,0	0	1	0	0	14	9	11	2	14	16	4	1	0	2	0	0	74	2,6	155
10,0- 11,0	0	0	0	0	9	8	6	6	9	14	1	0	1	0	0	0	54	1,9	157
11,0- 12,0	0	0	0	1	4	3	3	0	2	11	1	0	1	1	0	0	27	1	169
12,0- 13,0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	11	1	0	0	0	0	0	19	0,7	180
Total	145	146	148	156	418	525	185	125	206	202	101	79	142	93	75	64	2810		
Porc.	5,2	5,2	5,3	5,6	15	19	6,6	4,4	7,3	7,2	3,6	2,8	5,1	3,3	3	2,3			
Vel.med.	2	2,7	2,2	2,3	3,9	4,8	5,3	4,9	5,2	6,1	3,6	2,6	2,4	3,4	2	2,0			
Vel.max.	7,9	9,7	8,1	12	13	13	12	12	12	12,6	13	9	12	11,3	6	5,1			

2.2.2. Oceanografia e hidrologia

A região está inserida no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, composto por um complexo sistema de canais entre quatro grandes ilhas: Ilha do Cardoso, Ilha de Cananéia, Ilha Comprida e Ilha de Iguape, originada com a abertura do canal do Valo Grande (BÉRGAMO, 2000) (Figura 8). Os canais entre as ilhas são: Mar Pequeno ou Mar de Cubatão (entre a Ilha Comprida e o continente), Mar de Cananéia (entre a Ilha de Cananéia e a Ilha Comprida) e Mar de Dentro (entre a Ilha de Cananéia e o continente). Os canais lagunares do Sistema Iguape-Cananéia apresentam tendências ao assoreamento, formando ilhas e esporões, onde se desenvolvem os manguezais (TESSLER; FURTADO, 1983).

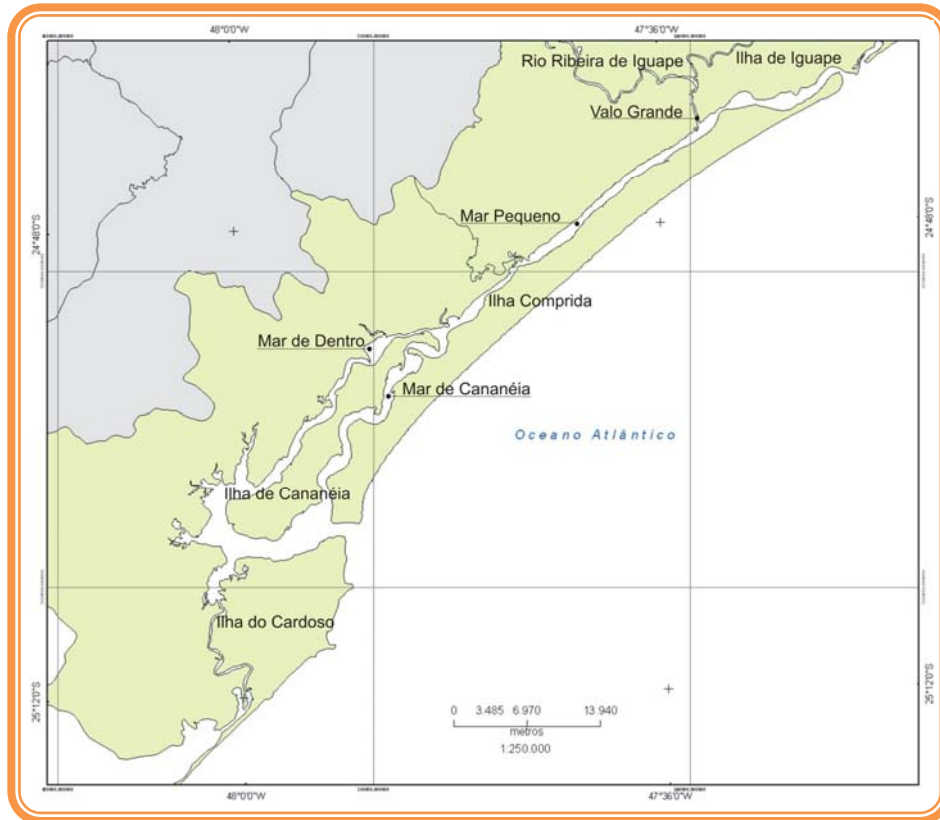


Figura 8. Sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape.

O Mar de Cananéia, juntamente com o Mar Pequeno, formam o principal canal do sistema, com aproximadamente 75 km de comprimento e largura máxima de 1,6 km, aproximadamente (BÉRGAMO, 2000). A circulação no Mar de Cananéia é forçada principalmente pela ação da maré semidiurna, com valores máximos de 0,83 m (sizígia) e 0,13 m (quadratura) (MIYAO,1977; TESSLER, 1982; MIYAO & HARARI, 1989; MIRANDA; MESQUITA & FRANÇA, 1995).

Em meses com elevados índices de chuvas, o aporte de água doce, proveniente do Rio Ribeira do Iguape, através do canal do Valo Grande, sobrepõe-se ao efeito da maré (BERNARDES, 2001).

A região sofre influência direta da bacia de drenagem do Rio Ribeira de Iguape e outras pequenas bacias costeiras (SALES; MOREIRA, 1996). O Rio Ribeira de Iguape é o principal contribuinte para o aporte de água doce no sistema, através do canal do Valo Grande (BÉRGAMO, 2000).

Na região costeira, predominam trens de ondas provenientes do quadrante Sudeste, com altura de onda de aproximadamente 1 m (ARAÚJO, 2005). As correntes residuais de maré e o transporte litorâneo residual de sedimento, na região costeira, atuam na direção

Nordeste, paralelos à costa (Figura 9) (FULFARO; COIMBRA, 1972; PICARELLI et al., 2002).

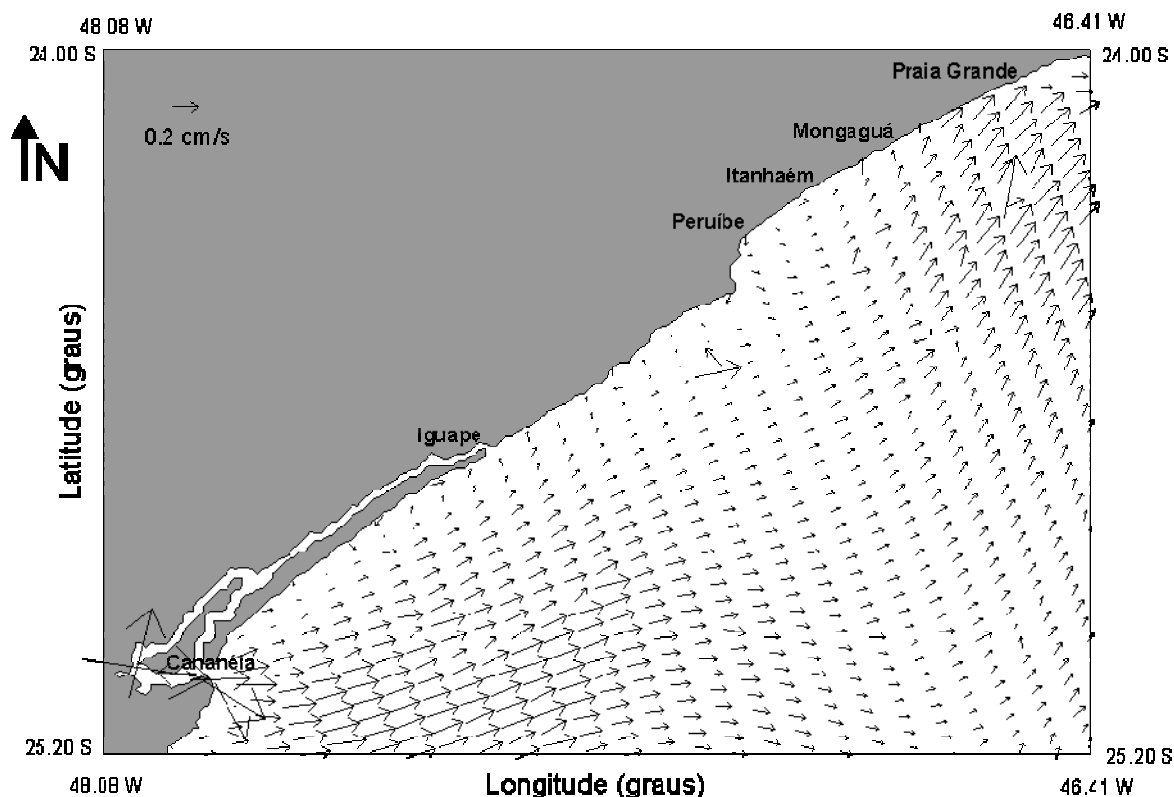


Figura 9. Vetores de correntes residuais de maré na região costeira, com direção para Nordeste. (fonte: PICARELLI et al., 2002).

Devido à predominância das correntes no sentido Nordeste, combinada com ventos predominantes de Sul, Sul - Sudoeste e Sudeste, uma mancha de óleo proveniente de um incidente ocorrido ao Sul do Litoral Sul de São Paulo, poderia ser transportada para as regiões ao Norte, atingindo, inclusive, os ambientes costeiros da Estação Ecológica de Juréia-Itatins. Em um cenário de maré enchente, a mancha de óleo pode adentrar pelos canais estuarinos, atingindo o sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, principalmente nos meses com menor índice pluviométrico.

2.2.3. Ambientes litorâneos e recursos biológicos

A área apresenta praias extensas com baixa declividade, como a Praia de Ilha Comprida, com aproximadamente 70 km de extensão e Praia da Juréia, em Iguape, com cerca de 20 km de extensão. Esta última é classificada como dissipativa de alta energia, isto é, uma

praia extensa e não abrigada, constituída por areias finas e muito finas e baixa declividade (variando entre 1 e 5°) (SOUZA & SOUZA, 2004). Segundo Suguio (1992), a praia dissipativa é caracterizada pela baixa declividade (<2°), onde a energia das ondas é dissipada acentuadamente pelo atrito na zona de surfe, que se apresenta bastante larga.

Na Ilha Comprida, ocorre a presença de dunas inativas, chegando a 12 m de altura; dunas instáveis ocorrem nas praias de Ilha Comprida e Juréia (SOUZA, 1997). Segundo a autora, as Praias do Una e Rio Verde, em Iguape são estreitas e constituídas de areias médias e finas, com declividade média a alta, sendo classificadas como intermediárias.

Os costões rochosos são pouco expressivos, presentes em apenas 4% da linha de costa do Litoral Sul, localizados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, fazendo parte da Serra da Juréia (Ponta da Juréia) e Morro do Grajaúna (Ponta do Grajaúna).

O Sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape é composto por inúmeros ambientes como estuários, restingas, ilhas e morros isolados caracterizando uma região de extrema importância ecológica e econômica, uma vez que é considerado um dos maiores criatórios de espécies marinhas do mundo (MORAES, 2004). O Sistema Cananéia-Iguape, é uma das regiões de maior concentração de manguezais da costa brasileira, com uma área de aproximadamente 70 km² (SANT'ANNA; WHATELY, 1981; HERZ, 1991).

Os manguezais estão presentes na região do Mar Pequeno, Mar de Dentro e Mar de Cananéia, formando a maior área de manguezal do estado de São Paulo. Este ecossistema de transição entre o mar e o ambiente terrestre apresenta grande importância na conservação de muitas espécies em função do atrativo que o emaranhado de raízes oferece para abrigar diversas espécies de vegetais e animais. Muitos animais encontram nos manguezais, condições favoráveis para alimentação, proteção e reprodução (SANT'ANNA; WHATELY, 1981; SCHAEFFER-NOVELLI, 1991; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Estudos realizados por Cunha-Lignon (2005), no Mar de Cananéia mostram que manguezais em estágios iniciais de colonização, são ocupados por *Spartina alterniflora* e *Laguncularia racemosa*, enquanto que as espécies dominantes em bosques já desenvolvidos são *Avicennia shaueriana* e *Rhizophora mangle*. Segundo Adaime (1978), *Spartina alterniflora* Loiseleur é uma gramínea bem adaptada às condições estuarinas, podendo ser encontrada associada a bosques de mangue, geralmente em franjas.

Segundo Cunha-Lignon (2001), nas feições de sedimentação do Sistema Cananéia-Iguape *Laguncularia racemosa* domina nas regiões em progradação, *Rhizophora mangle*

ocorre preferencialmente em regiões de canais, sob maior frequência de inundação, devido a topografia e *Avicennia schaueriana* ocupa áreas de topografia mais elevadas.

O contato com o óleo pode ser responsável por alterações na cobertura dos bosques de mangue, como mudança nos padrões de textura e cor, presença de solo exposto entre a vegetação, cobertura vegetal menos uniforme e até a morte de algumas espécies vegetais (SANTOS; CUNHA-LIGNON; SCHAEFFER-NOVELLI, 2007).

Os efeitos do óleo podem ser estruturais ou funcionais e podem ser relacionados com o tipo e volume do poluente, o padrão de deposição do poluente, além de sua persistência e das características ambientais locais. O óleo pode causar alterações nas raízes, folhas e propágulos de mangue acarretando prejuízo ao indivíduo, ou até mesmo a sua morte (RODRIGUES, 1997).

A presença de grandes manguezais, em um ambiente bastante preservado, favorece a permanência de muitas espécies animais na região. Kokubo (2007), ao realizar o levantamento das aves presentes no litoral paulista, encontrou um maior número de ocorrências no Litoral Sul, seguido da Baixada Santista e Litoral Norte. A região estuarino-lagunar é importante refúgio de aves migratórias (MORAES, 2004).

Dentre as aves que podem ser encontradas nos municípios do Litoral Sul, algumas estão classificadas em categorias de ameaça de extinção, como o albatroz-de-nariz-amarelo (*Thalassarche chlororhynchos*), o albatroz-de-sombrancelha (*Thalassarche melanophris*), grazina-de-barriga-branca (*Pterodroma incerta*), pardela-preta (*Procellaria aequinoctialis*) e o trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*) (KOKUBO, 2007). A lista das espécies de aves encontradas na região é apresentada no Apêndice 1.

Mamíferos marinhos como botos estão presentes na região estuarina de Cananéia-Iguape, como a franciscana (*Pontoporia blainvillei*) e o boto cinza (*Sotalia guianensis*) (SANTOS; PACÍFICO; GONÇALVES, 2007; PACÍFICO, 2008). A presença significativa do boto cinza no estuário de Cananéia (400 a 800 indivíduos) caracteriza importante indicador de qualidade ambiental desse ecossistema (PACÍFICO, 2008). Ao estudar capturas acidentais de pequenos cetáceos em embarcações pesqueiras que desembarcam no Porto de Cananéia, Sidou (2008) registrou as espécies *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Sotalia frontalis*, *Turciops truncatus* e *Sotalia coeruleoalba*, caracterizando a presença desses mamíferos na região costeira do sul de São Paulo.

Oshima (2008) identificou diferentes usos de áreas do boto cinza no estuário de Cananéia, através de observações realizadas entre os anos de 1997 a 2008. Alguns indivíduos utilizam grandes áreas, abrangendo quase todo o entorno da Ilha de Cananéia. Entretanto, foram registrados indivíduos com uso de áreas bem restritas, principalmente na entrada do canal estuarino (Baía de Trapandé). Assim, segundo a autora, indivíduos com áreas de uso mais restritas poderiam ser mais sensíveis a um derramamento de petróleo.

2.2.4. Aspectos socioeconômicos

Em geral, a Ilha Comprida apresenta ambientes bem preservados, característica que é alterada ao norte com uma ocupação mais intensa. Na Praia da Juréia, ocorre ocupação em praticamente toda a praia, inclusive na região próxima ao Rio Ribeira de Iguape, considerada área de risco (SOUZA, 1997).

A pesca artesanal é importante fonte de renda para as famílias que moram na região do sistema estuarino Cananéia-Iguape (SÃO PAULO, 1987; BENDAZOLI et al., 1990; VANNUCCI, 1999; CHABARIBERY, et al., 2004). O turismo também oferece aos moradores da região, a oportunidade de renda (SOS PRÓ-MATA ATLÂNTICA E REGIÃO ESTUARINA LAGUNAR DE IGUAPE-CANANÉIA-PARANAGUÁ, 1986; SOUZA, 2004). Segundo Souza (2004), o comércio de iscas vivas para turistas praticantes de pesca esportiva é uma importante atividade para os pescadores artesanais. Segundo Moraes (2004), os setores econômicos mais significativos, além do turismo de pesca esportiva, são a pesca industrial, agricultura e pecuária de búfalo, além das extrações ilegais de palmito, ervas medicinais, plantas ornamentais e animais.

No município de Iguape estão localizados depósitos de turfa, com espessura variando entre um e sete metros. Além da turfa, que é usada como energético para a indústria de transformação mineral, a região ainda conta com areias industriais e alguns minerais utilizados na construção civil (SÃO PAULO, 1987).

Uma grande concentração de sambaquis pode ser encontrada na região de Cananéia, Ilha do Cardoso, Ilha Comprida e na área da E. E. Juréia-Itatins (CALIPPO, 2004; DIEGUES, 2004). Os sambaquis representam importante registro da atividade do homem pré-histórico na área, sendo formados por depósitos de conchas, artefatos de pedra, ossos e outros vestígios da atividade humana. Na região da APA de Cananéia-Iguape, os sambaquis são chamados de

“casqueiros”, apresentando geralmente forma de colinas de base oval, formados pelo acúmulo de restos de conchas de moluscos dispostos em camadas separadas por leitos de carvão (MORAES, 2004).

No litoral sul do estado de São Paulo estão inseridas muitas Unidades de Conservação, conferindo à área uma importância no contexto ambiental e social:

- a) **Mosaico de Unidades de Conservação da Juréia-Itatins**, instituído pela Lei Estadual nº 12.406 de 12 de dezembro de 2006 (SÃO PAULO, 2006). Esta lei altera a Lei nº 5.659, de 28 de abril de 1987, que criou a Estação Ecológica de Juréia-Itatins, exclui, reclassifica e incorpora áreas que especifica, institui o Mosaico de Unidades de Conservação da Juréia-Itatins, regulamenta ocupações e dá outras providências. O mosaico de unidades de conservação é formado pelas seguintes Unidades de Conservação: (1) Estação Ecológica Juréia-Itatins (Peruíbe e Iguape), (2) Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Despraiado (Iguape), (3) Parque Estadual do Itinguçu (Peruíbe e Iguape), (4) Parque Estadual do Prelado (Iguape), (5) Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una (Peruíbe) e (6) Refúgios Estaduais da Vida Silvestre do Abrigo e Guararitama (Peruíbe).

Dentro do Parque Estadual do Itinguçu, as áreas de Itinguçu e Barro Branco passam a constituir Zonas Especiais de Interesse Ecoturístico, “cujos trabalhos e atividades serão desempenhados prioritariamente por moradores residentes no Mosaico de Áreas Protegidas”.

“A trilha utilizada pelos romeiros do ‘Bom Jesus de Iguape’, também conhecida por ‘Correio’, ‘Trilha’ ou ‘Caminho do Imperador’ ou ‘Trilha do Telégrafo’, no trecho compreendido entre a Vila Barra do Una e a Vila do Prelado, assim como a trilha do ‘Alto da Boa Vista’, no Despraiado, passam a ser consideradas como Áreas de Interesse Especial para Fins Educativos e Culturais”.

- b) **Área de Proteção Ambiental (APA) de Cananéia-Iguape-Peruíbe**, instituída pelo Decreto Federal nº 90.347, de 23 de outubro de 1984 (BRASIL, 1984). O Decreto Federal nº 91.892, de 06 de novembro de 1985 (BRASIL, 1985), acresce áreas aos limites da APA de Cananéia-Iguape-

Peruíbe. Está inserida nesta APA uma Zona de Vida Silvestre (ZVS) destinada, prioritariamente, à proteção da biota, compreendendo as áreas:

1. ZVS das Serras dos Itatins e do Peruíbe (Iguape);
2. ZVS a Noroeste do Rio Canela ou Cacunduva (Iguape);
3. ZVS das Serras do Cordeiro, Paratiú, Itapuã e Itinga (Iguape);
4. ZVS das Serras do Arrepiado e do Tombador (Cananéia);
5. Todos os mangues dentro das delimitações da APA;
6. ZVS Serra do Itapitangui (Cananéia);
7. ZVS Ilhas oceânicas;

- c) **APA de Ilha Comprida**, instituída pelo Decreto Estadual nº 26.881, de 11 de março de 1987 (SÃO PAULO, 1987) e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 30.817, de 30 de novembro de 1989 (SÃO PAULO, 1989). Nesta APA estão inseridas Áreas de Relevante Interesse ecológico, Zonas de Vida Silvestre e Núcleos de Pescadores. A APA da Ilha Comprida está inserida no Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, criado pelo Decreto Estadual nº 53.528, de 08 de outubro de 2008 (SÃO PAULO, 2008a).
- d) **Parque Estadual da Ilha do Cardoso**, criado pelo Decreto Estadual nº 40.319, de 03 de julho de 1962. O Parque Estadual da Ilha do Cardoso está inserido no Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, criado pelo Decreto Estadual nº 53.528, de 08 de outubro de 2008 (SÃO PAULO, 2008a).
- e) **APA Marinha do Litoral Sul**, inserida nos municípios de Cananéia, Ilha Comprida e Iguape, foi instituída pelo Decreto Estadual nº 53.527, de 08 de outubro de 2008 (SÃO PAULO, 2008c). O mesmo decreto cria a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Guará, em Ilha Comprida. A APA Marinha do Litoral Sul está inserida no Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, criado pelo Decreto Estadual nº 53.528, de 08 de outubro de 2008 (SÃO PAULO, 2008a).

2.3. Suscetibilidade da área ao derramamento de óleo e outras fontes potencialmente poluidoras

2.3.1. Novas descobertas na Bacia de Santos

A Bacia de Santos está localizada na porção sudeste da margem continental brasileira, em frente aos estados de Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, com uma área de 352.260 km² até a lâmina d'água de 3.000 m (ANP, 2003). Esta bacia apresenta forte potencial exploratório, com novas descobertas de grandes reservatórios de petróleo leve e gás sendo feitas a todo o momento.

Muitas descobertas de jazidas na Bacia de Santos ocorrem nas regiões de pré-sal, em colunas d'água superiores a 1.000 m. Em maio de 2008, a Petrobrás anunciou a descoberta de óleo leve em reservatórios do pré-sal através do poço 1-BRSA-532A-SPS (1-SPS-52A), localizado no Bloco BM-S-8, a 250 km do litoral paulista, em lâmina d'água de 2.139 m e profundidade do poço de 6.773 m (PETROBRAS, 2008a). No Bloco BM-S-11, foram anunciadas duas descobertas de óleo leve em camadas do pré-sal. A primeira descoberta, comunicada em maio de 2006, ocorreu no poço conhecido como Tupi. A segunda descoberta foi comunicada pela empresa em agosto de 2008. O novo poço descoberto, chamado informalmente de Iara, localiza-se na área menor do BM-S-11, a cerca de 230 km do litoral do Rio de Janeiro, em lâmina d'água de 2.230 m de profundidade e profundidade do poço de cerca de 5.600 m (PETROBRAS, 2008b). No Bloco BM-S-9 foi comprovada a ocorrência de petróleo leve em dois poços situados em reservatórios do pré-sal. A primeira descoberta, anunciada em setembro de 2007, ocorreu no poço 1-BRSA-491-SPS (1-SPS-50). O segundo poço, anunciado em junho de 2008, é o 1-BRSA-594-SPS (1-SPS-55), a cerca de 300 km do litoral paulista, em lâmina d'água de 2.141 m de profundidade. A nova descoberta foi feita em perfurações de reservatório de aproximadamente 5.000 m de profundidade (PETROBRAS, 2008c).

Muitas descobertas em águas rasas também têm sido feitas na Bacia de Santos. Até novembro de 2008, a PETROBRAS confirmou a descoberta de óleo leve em dois poços situados ao sul da Bacia de Santos (Bloco BM-S-40), em reservatórios acima da camada salífera. A primeira descoberta, anunciada pela empresa em maio de 2008, ocorreu no poço 1-BRSA-607-SPS, a cerca de 280 km de distância do litoral de Santos (SP), em lâmina d'água de 235m. A perfuração comprovou a presença de óleo leve, em reservatórios de

aproximadamente 2.000 m de profundidade. A estimativa é que o poço produza cerca de 12.000 barris de petróleo por dia (PETROBRAS 2008d). Em setembro de 2008, a PETROBRAS comunicou a segunda descoberta de óleo leve em águas rasas na bacia de Santos no poço 1-BRSA-658-SPS, situado no bloco S-M-1289 da concessão BM-S-40, a 200 km do litoral paulista, em lâmina d'água de 274 m. A estimativa é que o volume recuperável de óleo nessa área seja de 150 milhões de barris de óleo equivalente (PETROBRAS, 2008e).

Entre os campos com exploração nas camadas pré-sal, estão o Campo de Tupi, em lâmina d'água de 2.140 m e a 250 km da costa do Rio de Janeiro; Campo Carioca, em lâmina d'água de 2.140 m e a 273 km da costa de São Paulo e o Campo de Guará, em lâmina d'água de 2.141 m e 310 km da costa de São Paulo. Os blocos exploratórios BM-S-21 e BM-S-8 também explorando o pré-sal, em lâmina d'água de 2.234 m e 2.139 m, respectivamente. Estes dois blocos encontram-se a uma distância de 280 km (BM-S-21) e 250 km (BM-S-8) da costa de São Paulo.

Em águas rasas, os Campos Uruguá e Tambaú estão localizados em lâmina d'água de 1.000 a 1.400 m, a uma distância de 160 km da costa do Rio de Janeiro. Em São Paulo, o Bloco BM-S-40, em lâmina d'água de 235 m, está a 275 m de distância da costa de São Paulo. A Figura 10 apresenta a localização dos blocos exploratórios na Bacia de Santos.

A pouca distância de alguns blocos exploratórios da linha de costa, somada ao grande potencial exploratório da Bacia de Santos, aumenta a suscetibilidade da região em estudo a um incidente de derramamento de petróleo, devendo também ser ressaltada a menor densidade deste óleo, com maior toxicidade potencial.

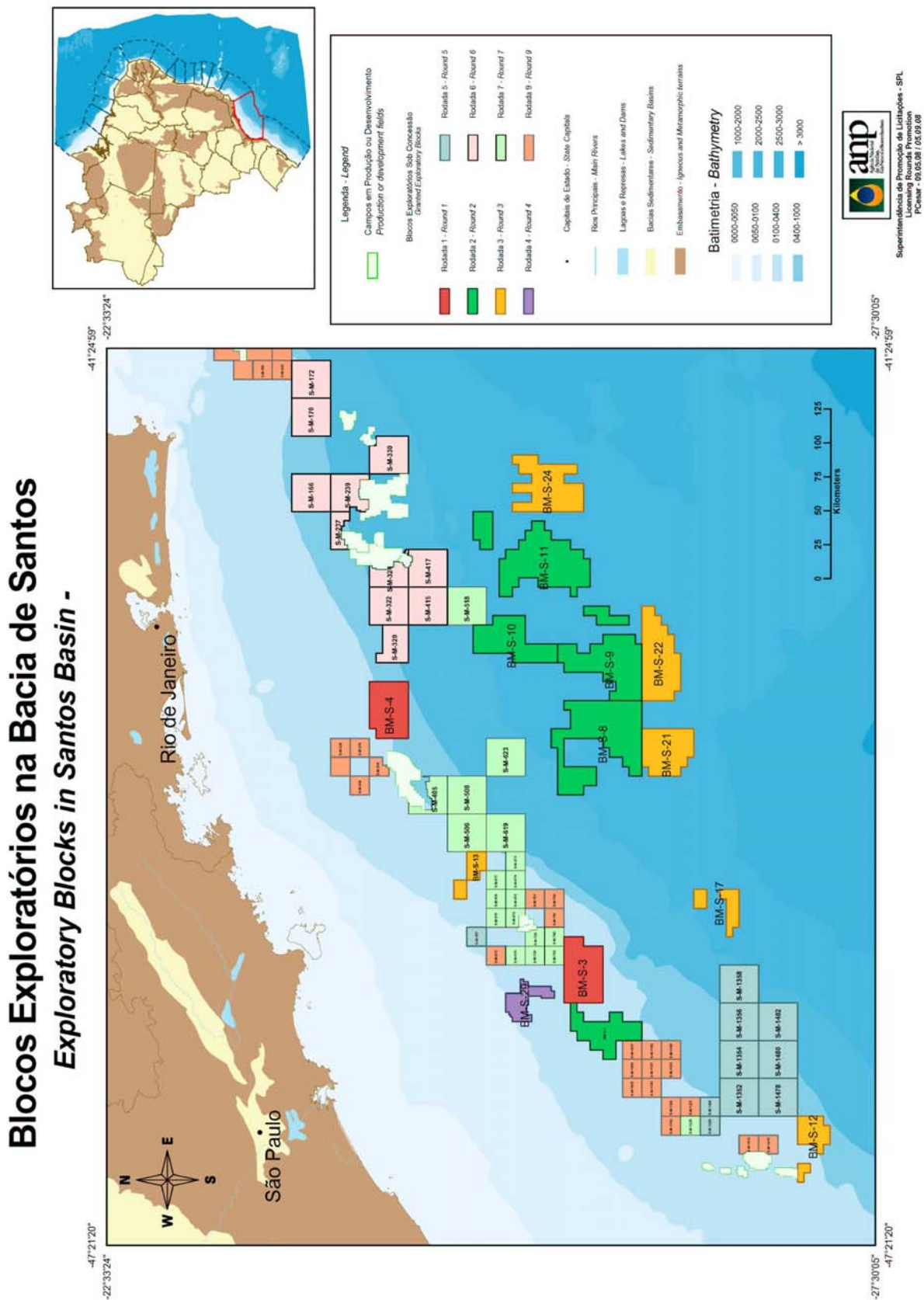


Figura 10. Blocos exploratórios na Bacia de Santos. (fonte: www.brasil-rounds.gov.br/geral/mapas/SANTOS_09.05.08.pdf)

2.3.2. Portos de Santos, Paranaguá e Antonina

A suscetibilidade da região a um derramamento de óleo também está relacionada à proximidade dos terminais portuários de Santos (SP), Paranaguá e Antonina (PR), áreas de fundeio e rota de navios (Figura 11). Segundo a autoridade portuária Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP (<http://www.portodesantos.com/codesp.php>), o movimento de navios no Porto de Santos vem aumentando consideravelmente nos últimos 5 anos (Figura 12). Dentre os produtos movimentados neste porto destacam-se: açúcar, soja, café, milho, óleo diesel, óleo combustível e gasolina. Este aumento na movimentação agrava o risco de um incidente de vazamento de petróleo durante as operações de carga e descarga, bem como durante as manobras de atracação e fundeio.

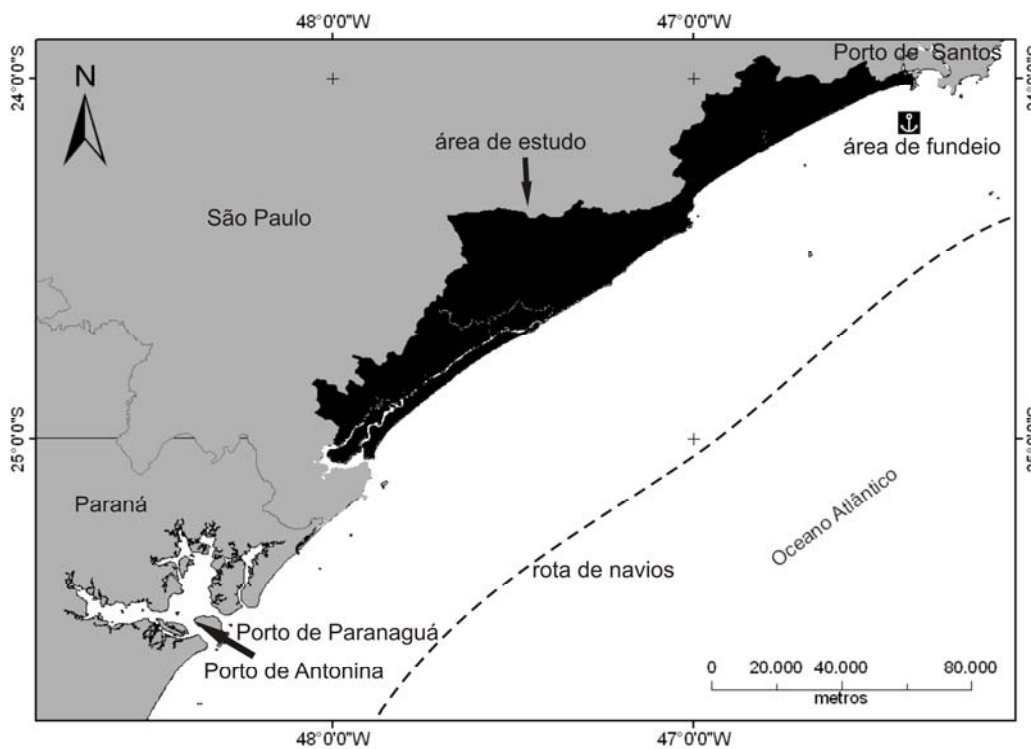


Figura 11. Área de estudo no litoral paulista e localização dos portos de Paranaguá, Antonina, Santos, área de fundeio do Porto de Santos e esquema da rota de navios.

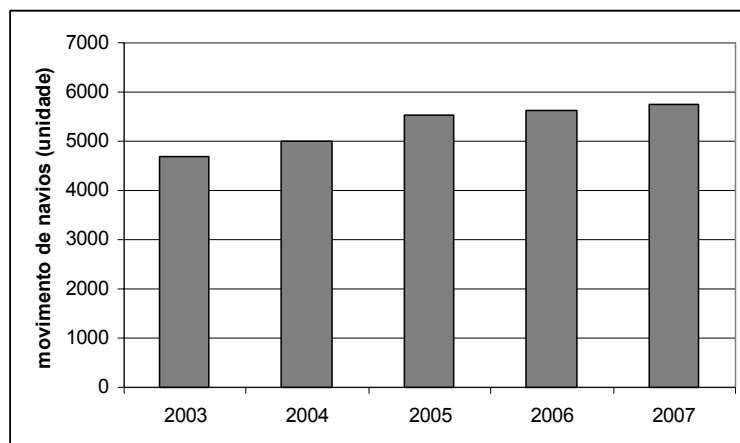


Figura 12. Movimento de navios no Porto de Santos no período de 2003 a 2007.

No Porto de Santos, entre 1980 e 2006, predominaram acidentes com navios, e acidentes decorrentes de falhas operacionais. No mesmo período, os produtos oleosos mais comumente derramado nos acidentes foram os óleos combustíveis marítimos; e os encalhes e colisões de navios foram os responsáveis pelos maiores volumes vazados. (POFFO, 2007). Segundo Poffo (2007), no Porto de Santos, o maior volume derramado associado às operações de abastecimento foi de 100.000 litros de óleo combustível em outubro de 1992 e o maior volume associado aos acidentes de navegação foi de 140.000 litros de óleo combustível, decorrente da colisão da barcaça Gisela com o casco submerso do navio Ais Georgius em fevereiro de 1986. O acidente ocorrido com o navio Smyrni, em 1998, ocasionou o vazamento de MF180 em quantidade variando entre 40.000 e 70.000 litros, de acordo com a CETESB e a Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), respectivamente (POFFO, 2007).

Segundo Diegues (1996), a suscetibilidade do estuário de Cananéia-Iguape está relacionada com a ineficiente manipulação de produtos químicos no Porto de Paranaguá e a intensa especulação imobiliária que ocorre nos municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida.

Assim como ocorre no Porto de Santos, o movimento de navios nos Portos de Paranaguá e Antonina aumentou consideravelmente entre os anos de 2003 a 2007 (Figura 13) (APPA, 2008). Dentre os produtos movimentados nestes portos estão: combustível para navios, derivados de petróleo, óleo vegetal, produtos químicos, açúcar, soja, madeira, entre outros.

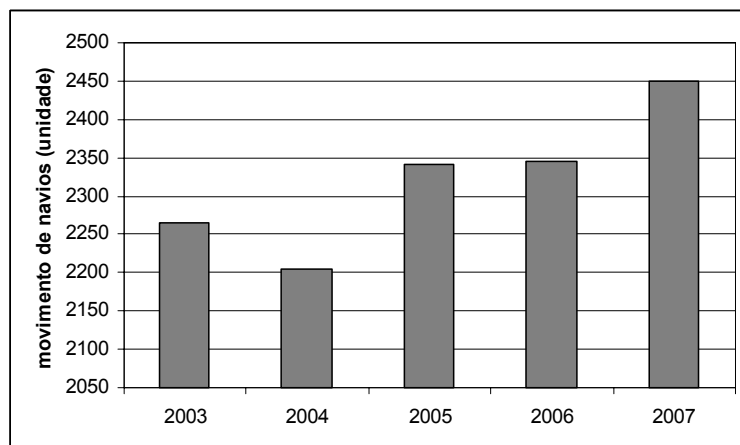


Figura 13. Movimento de navios nos Portos de Paranaguá e Antonina no período de 2003 a 2007.

Em novembro de 2004, o acidente com o navio *Vicuña*, ocorrido na Baía de Paranaguá (PR) causou graves danos ambientais e prejuízos socioeconômicos, com a proibição da pesca nos locais afetados. Segundo a CETESB (2008), foram derramados na Baía de Paranaguá 1.000 m³ de etanol e 5.000 m³ de óleo. A explosão do navio chileno *Vicuña* foi um dos maiores acidentes ambientais no Porto de Paranaguá, contaminando as baías de Paranaguá, Antonina e Guaraqueçaba, quase atingindo o litoral sul do Estado de São Paulo.

A implantação e operação de portos e terminais marítimos podem gerar impactos diretos e indiretos. Entre os impactos diretos, é possível citar: a) alterações na dinâmica costeira, modificando a linha de costa; b) supressão de ecossistemas costeiros; c) alteração da paisagem; d) acidentes ambientais (derrames, incêndios, perdas de cargas); e) dragagens e disposição de sedimento dragado; e) geração de resíduo; f) contaminações crônicas e agudas da água; g) introdução de organismos nocivos através das águas de lastro ou pelo transporte de cargas ou passageiros contaminados; e h) lançamento de esgoto oriundo de instalações portuárias e embarcações.

Os produtos químicos, originados dos lançamentos de efluentes, esgotos e óleo são adsorvidos pelas partículas em suspensão na coluna d'água e sedimentam-se. Essas partículas presentes no sedimento são constantemente liberadas para a coluna d'água, ficando disponíveis para serem absorvidas por plantas e animais, contribuindo para o decréscimo da qualidade ambiental, podendo causar sérios danos à saúde humana (CLARK, 1996). Segundo Diegues (1996), a poluição gerada pela atividade industrial e portuária diminui a produção pesqueira, afetando comunidades litorâneas que utilizam a pesca artesanal como meio de

subsistência. Os impactos indiretos da atividade portuária, ao ambiente, estão ligados à ocupação de áreas retroportuárias e áreas adjacentes aos eixos de transporte, o adensamento da ocupação existente e o desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas.

Os portos atraem investimentos e mão-de-obra, criando facilidades de acessos rodoviários, impulsionando o mercado imobiliário nos locais com baixa ocupação. Entretanto, portos são geradores de conflitos territoriais e sociais, uma vez que existe uma forte demanda por espaço para novos pátios de cargas e cais de atracação. O intenso uso de contêiner determina a substituição da mão de obra para a movimentação das cargas, por máquinas, gerando altas taxas de desemprego (CUNHA, 2006; KITZMANN; AMUS, 2006).

Segundo Kitzmann e Asmus (2006), “um porto é um sistema altamente complexo, que está inserido em sistemas ambientais, sociais e econômicos ainda mais complexos”. Assim, segundo os autores, para que um porto opere de maneira sustentável, é preciso gerenciar em escalas que vão desde a gestão ambiental dos portos (com a gestão de resíduos, emissões aéreas e cargas perigosas, por exemplo), até a gestão da zona costeira (com o planejamento do desenvolvimento portuário, somado aos aspectos socioambientais).

3. MÉTODOS

3.1. Elaboração das cartas SAO

O método utilizado para a elaboração das Cartas SAO é baseado na proposta do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2004).

3.1.1. Levantamento de informações secundárias

Foram levantadas informações bibliográficas disponíveis sobre os aspectos físicos, socioeconômicos e biológicos da área mapeada, de acordo com o previsto no método proposto pelo MMA (BRASIL, 2004). Quanto aos aspectos socioeconômicos, foram levantadas informações a respeito do uso humano, ocupação, presença de áreas de pesca, cultivo, aquicultura, recreação, sítios arqueológicos, locais históricos, entre outros. A caracterização dos aspectos biológicos da região em estudo foi feita através de levantamento sobre as espécies presentes, bem como os locais de nidificação, alimentação e reprodução.

3.1.2. Campanhas de campo

A área de estudo foi dividida em dois setores, a fim de facilitar a logística em campo e o posterior tratamento dos dados. O setor 1 compreende os municípios da Baixada Santista (Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe). No setor 2, estão os municípios do Litoral Sul (Iguape, Cananéia e Ilha Comprida) (Figura 14).

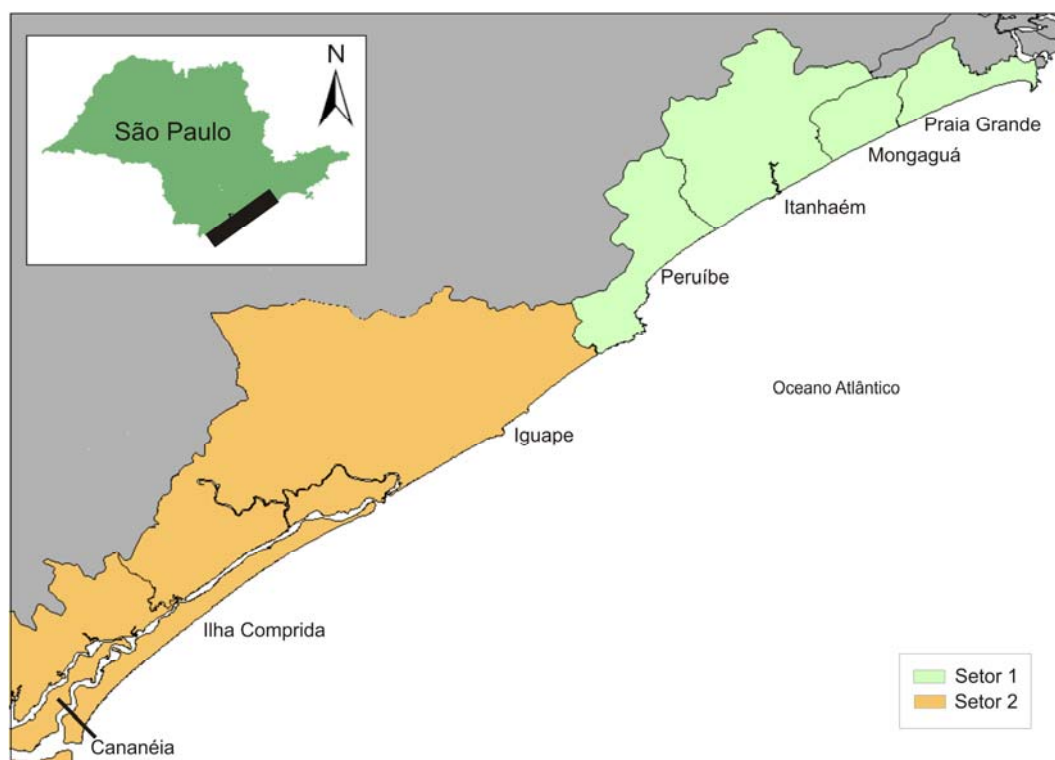


Figura 14. Divisão da área de estudo em dois Setores. Setor 1- Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe e Setor 2 – Iguape, Cananéia e Ilha Comprida.

A fim de caracterizar as variações sazonais, foram realizadas duas campanhas de campo, uma durante o período de verão (janeiro de 2007) e outra durante o inverno (julho de 2007). Apesar de não ser uma exigência do MMA, a realização de campanhas de verão e inverno pode mostrar diferenças sazonais significantes na granulometria e morfologia das praias, as quais podem interferir no comportamento do óleo nestes ambientes. Na campanha de verão foram coletados todos os dados que abrangem aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos, necessários para a elaboração das Cartas SAO, segundo o método do MMA (BRASIL, 2004). Durante a campanha de inverno, foram coletados os dados referentes aos

aspectos físicos, sujeitos à variação em diferentes condições climáticas (perfil topográfico das praias, sedimento e declividade). Outras mudanças em relação à campanha de verão, referentes aos aspectos biológicos e socioeconômicos também foram registradas.

Todos os dados coletados em campo foram registrados em planilhas específicas elaboradas a partir das exigências técnicas descritas pelo MMA (BRASIL, 2004). Toda a informação presente nas planilhas foi georreferenciada utilizando-se GPS digital (Etrex - Garmin), calibrado para o *datum* SAD 69, zona 23S.

A linha de costa foi dividida em segmentos, utilizando o critério da homogeneidade das características geomorfológicas e biológicas (trechos contínuos de praia, costão, manguezal, etc.). Ocorrências de feições ou elementos com extensão reduzida em trechos onde a feição predominante é diferente (por exemplo, a existência de um córrego ou formação rochosa), foram mapeadas como pontos, fotografadas e suas coordenadas registradas utilizando GPS. Cada segmento foi documentado através de fotografias da feição predominante e dos pontos relevantes (ocupações, usos socioeconômicos e recursos biológicos). A cada segmento foi dado um nome, de acordo com as normas estabelecidas pelo MMA (BRASIL, 2004). A seguir são detalhadas todas as etapas realizadas durante as campanhas de campo de inverno e verão.

3.1.2.1. Aspectos físicos

O levantamento dos aspectos físicos dos ambientes permite determinar o índice de sensibilidade do litoral (ISL). Este índice classifica os ambientes em uma escala de 1 a 10, em ordem crescente de sensibilidade, segundo MMA (BRASIL, 2004) (Quadro 1).

Cor	ISL	Código			Tipos de costa
		R	G	B	
	1	119	38	105	- costões rochosos lisos, alta declividade, expostos - falésias em rochas sedimentares, expostas - estruturas artificiais lisas, expostas
	2	174	153	191	- costões rochosos lisos, declividade média a baixa, expostos - terraços ou substratos declividade média, expostos
	3	0	151	212	- praias dissipativas de areia média a fina, expostas - faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas - escarpas e taludes íngremes - campo de dunas expostas
	4	146	209	241	- praias de areia grossa - praias intermediárias de areia fina a média, expostas - praias de areias finas a média, abrigadas
	5	152	206	201	- praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais - terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação - recifes areníticos em franja
	6	0	149	32	- praias de cascalho - costa de detritos calcários - depósito de tálus - enroncamentos expostos - plataforma ou terraço exumado recoberto por conreções lateríticas
	7	214	186	0	- planície de maré arenosa exposta - terraço de baixa-mar
	8	225	232	0	- escarpa/ encosta de rocha lisa, abrigada - escarpa/ encosta de rocha não lisa, abrigada - escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados - enroncamentos abrigados
	9	248	163	0	- planície de maré arenosa/ lamosa abrigada - terraço de baixa-mar lamoso abrigado - recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
	10	214	0	24	- deltas e barras de rio vegetadas - terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas - brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum - marismas, manguezais

Quadro 1. Esquema de cores para classificação do índice de sensibilidade do litoral (ISL) (fonte: BRASIL, 2004).

▪ **Praias**

Para determinação da declividade, foram elaborados perfis topográficos, segundo determinação do MMA (BRASIL, 2004). Os perfis foram feitos com auxílio de um medidor de declive, segundo método desenvolvido pela CETESB (SÃO PAULO, 1998), perpendicularmente à linha de costa, a cada trecho homogêneo das praias, sendo um perfil em cada extremidade e os demais perfis dispostos de forma equidistante ao longo da praia. A distância entre os perfis é de 2 km ou menos, dependendo das características da praia. Em praias com extensão menor que 1 km foi realizado apenas um perfil em sua região central

(e.g., Praia dos Pescadores, em Itanhaém). Cada perfil envolve as zonas de supra, meso e infra-litoral, com limite inferior na linha da maré baixa, e limite superior no início da vegetação, duna, muro ou construção. As praias foram classificadas, de acordo com a declividade em alta ($> 5^\circ$), média (entre 5° e 1°) e baixa ($< 1^\circ$).

A determinação da granulometria foi feita através do uso de escala visual, dividida em 10 classes, a partir das classes definidas por Wentworth (1992), como mostra o Quadro 2.

Para a determinação do ISL, foram utilizadas informações referentes às amostras do mesolitoral, conforme determinação do MMA. Apesar de não ser uma exigência do MMA, foram realizadas análises granulométricas complementares das zonas de infra e supralitoral. Estas áreas podem apresentar granulometria diferente do mesolitoral, resultando em diferenças no comportamento do óleo, nos impactos biológicos e na gestão das situações de emergência (limpeza da praia). A figura 15 apresenta um esquema dos locais onde foram coletas as amostras de sedimento para a análise da granulometria.

O grau de exposição às ondas das praias foi determinado a partir de uma série de observações feitas em campo e na cartografia disponível, como a direção predominante das ondas e orientação da praia.

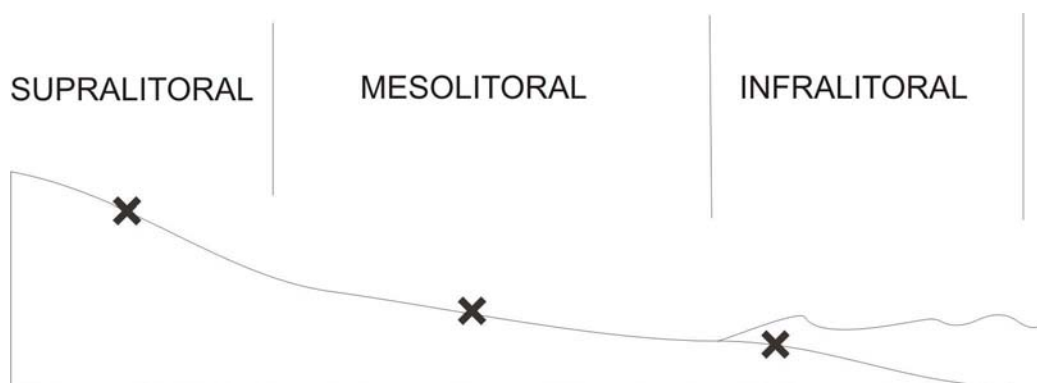


Figura 15. Esquema dos locais de coleta de sedimento para análise de granulometria.

Classe	Intervalo granulométrico (escala "PHI")	Classificação
1	(-1,00 até -0,50)	Grânulos
2	(-0,50 até 0,00)	Muito Grossa
3	(0,00 até 0,50)	Grossa
4	(0,50 até 1,00)	
5	(1,00 até 1,50)	Média
6	(1,50 até 2,00)	
7	(2,00 até 2,50)	Fina
8	(2,50 até 3,00)	
9	(3,00 até 3,50)	Muito Fina
10	(3,50 até 4,00)	

Quadro 2. Divisão de classes para determinação da granulometria, utilizando escala visual (Wentworth, 1992).

▪ **Costões Rochosos**

Para determinar a declividade dos costões rochosos, foi utilizado um critério semi-qualitativo, proposto pelo MMA (BRASIL, 2004), sendo classificados em declividade alta (60 a 90°), média (30 a 60°) e baixa (menor que 30°). Adicionalmente, os costões foram classificados de acordo com sua morfologia, como rocha lisa, heterogênea e matacões (Figura 16). A heterogeneidade dos costões está relacionada com o número de refúgios, fendas, poças de marés, tocas de ouriço e outras cavidades presentes na rocha, sendo definida visualmente em campo como alta, média e baixa. Este parâmetro está diretamente relacionado com a diversidade biológica nas rochas e interfere no comportamento do óleo (permanência, impactos e procedimentos de limpeza). O grau de exposição às ondas dos costões foi

determinado a partir de uma série de observações feitas em campo, como a direção predominante das ondas e orientação do costão.



Figura 16. Classificação dos costões rochosos de acordo com sua morfologia: (a) rocha lisa; (b) rocha heterogênea; e (c) matacões.

▪ **Manguezais**

Os manguezais apresentam por definição, baixa declividade, são compostos principalmente por sedimento lamoso e estão localizados em áreas abrigadas. De acordo com o MMA (BRASIL, 2004), devido à sua elevada sensibilidade, toda área de manguezal foi classificada com ISL 10.

Em campo, os manguezais foram mapeados, com sua localização geográfica registrada. A ocorrência de ambientes associados ao manguezal, como rochas ou banco de gramíneas, também foi registrada através de GPS e fotografia.

3.1.2.2. Aspectos biológicos

Foram levantados recursos biológicos presentes nas áreas mapeadas, sendo as informações registradas em planilha específica, com sua localização geográfica e fotografia. Durante a campanha de campo é impossível levantar todas as espécies de animais e plantas presentes em uma região. Essas informações complementares foram coletadas através do levantamento bibliográfico. Em campo foram registrados os animais presentes durante as campanhas, bem como locais de nidificação, alimentação ou aglomeração.

Os recursos biológicos são divididos em grupos, conforme método do MMA: (1) mamíferos; (2) peixes; (3) répteis e anfíbios; (4) invertebrados marinhos; (5) aves; e (6) algas e plantas aquáticas.

3.1.2.3. Aspectos socioeconômicos

Os aspectos socioeconômicos relevantes à sensibilidade costeira foram levantados em campo e anotados em planilha específica. Sua localização geográfica foi registrada através do GPS e foram obtidas fotografias para compor o banco de imagens.

Foram levantados aspectos referentes ao uso humano, como área de prática de esportes náuticos, pesca, áreas de recreação e quiosques. A acessibilidade, através do reconhecimento e registro dos diferentes tipos e formas de acesso para carro e embarcações, foi registrada e georreferenciada. Estruturas náuticas (pier, rampa, atracadouro, etc.), presença de sítios históricos, áreas militares, bombeiros, institutos de pesquisa, etc.

3.1.3. Elaboração da base cartográfica

A elaboração da base cartográfica para o mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo consiste na digitalização de linha de costa, ambientes costeiros, drenagem, altimetria, batimetria e sistema viário. Toda a elaboração da base foi realizada utilizando o programa ArcGIS 9.1. A linha de costa e os ambientes costeiros foram digitalizados através de mosaico semi-ajustado na escala 1:5.000, cedido pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2000).

As demais informações que constituem a base cartográfica foram desenvolvidas através do projeto no qual esta tese está inserida: “Concepção, desenvolvimento e implementação de um sistema de informação aplicado à elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo: litoral paulista”, financiado pelo CT-PETRO/MCT/CNPQ (Edital CT-PETRO/MCT/CNPQ 16/2005, processo nº 550233/05-9) que envolve diretamente os professores e alunos do Grupo de Pesquisa Sensibilidade Costeira (PRH-05), além de outros profissionais.

Todas as informações que constituem o Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram elaboradas com projeção UTM, zona 23 S, SAD 69.









3.1.4. Representação gráfica

3.1.4.1. Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)

Os segmentos mapeados de acordo com o ISL foram representados como linhas com cores definidas segundo método do MMA (BRASIL, 2004). Cada segmento recebe um código de identificação, composto por letras e números, da seguinte forma: duas letras iniciais representando o estado da federação; as duas seguintes, a área de estudo; os três algarismos identificam o segmento, seguido da letra “S”, que significa segmento (ARAUJO; SILVA; MUEHE, 2001; BRASIL, 2004). Assim, como exemplo, para a região em estudo: SPPG001-S, onde SP é o estado de São Paulo; PG é Praia Grande; 001 é o número do segmento e S é a letra que indica que o número se refere àquele segmento (BRASIL, 2004). Caso ocorra mais de um tipo de ambiente ou feição em um mesmo segmento, as cores desses habitats serão concomitantemente apresentadas, de acordo com MMA (BRASIL, 2004).

3.1.4.2. Recursos biológicos



A representação dos recursos biológicos nas Cartas SAO segue o padrão estabelecido pelo MMA (BRASIL, 2004), através de ícones e áreas hachuradas. Cada grupo de espécies é representado por uma cor específica, com código RGB determinado para evitar diferenças de cores entre mapas elaborados por diferentes autores (Quadro 3). Os grupos são divididos da seguinte maneira: mamíferos; peixes; invertebrados; répteis e anfíbios; aves; algas e plantas aquáticas; e plâncton.

Cor	Código			GRUPO
	R	G	B	
	215	153	52	Mamíferos aquáticos: cetáceos, pinípedes, sirênios e mustelídeos Mamíferos terrestres: roedores
	0	159	230	Peixes: pelágicos e demersais
	180	165	40	Invertebrados: moluscos, crustáceos e equinodermos
	216	0	67	Répteis: quelônios, crocodilianos e ofídeos Anfíbios: anuros
	136	185	0	Aves marinhas costeiras Aves marinhas pelágicas Aves aquáticas continentais Aves limícolas Aves de rapina Aves terrestres
	168	0	102	Algas e plantas aquáticas
	255	184	0	Recifes
	10	155	245	Plâncton

Quadro 3. Esquema de cores para classificação dos recursos biológicos. O código RGB é utilizado para construir a cor padronizada pela metodologia do MMA (BRASIL, 2004).

3.1.4.3. Aspectos socioeconômicos

Os aspectos socioeconômicos são representados como ícones, de acordo com MMA (BRASIL, 2004). Seguindo o padrão do MMA, novos ícones foram criados buscando uma melhor representação dos recursos encontrados na área (Quadro 4).

	Instituição de Pesquisa
	Emissário Submarino

Quadro 4. Novos ícones representando aspectos socioeconômicos.

3.1.4.4. Recursos visuais

Os recursos visuais agregados às Cartas SAO, auxiliam o planejamento das ações de combate, servindo como referência às equipes que atuarão em campo. As fotos dos recursos biológicos, recursos socioeconômicos e características físicas de um segmento foram numeradas seqüencialmente. Esses números foram inseridos nas Cartas SAO, com sua

localização exata, possibilitando a associação da imagem ao ponto ou segmento. A adoção de um banco de imagens vinculado às Cartas SAO, é recomendada pelo MMA.

Todas as informações referentes à base cartográfica, sensibilidade do litoral, recursos biológicos, recursos socioeconômicos e recursos visuais utilizadas para a elaboração deste trabalho estão disponibilizados no “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo no Litoral Paulista” (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2008).

3.2. Elaboração dos mapas de vulnerabilidade

Através da modelagem numérica de deriva de mancha é possível determinar as áreas que podem ser atingidas por um derramamento de óleo. Segundo a CONAMA 398 (BRASIL, 2008), nas áreas passíveis de serem atingidas, deve ser verificada a vulnerabilidade de:

- a. Pontos de captação de água;
 - b. Áreas residenciais, de recreação e outras concentrações humanas;
 - c. áreas ecologicamente sensíveis:
 - manguezais;
 - banco de corais;
 - áreas inundáveis;
 - estuários;
 - locais de desova, nidificação, alimentação, reprodução;
 - fauna e flora locais;
 - áreas de importância socioeconômica;
 - rotas de transporte aquaviário, rodoviário e ferroviário;
- Unidades de Conservação, terras indígenas, sítios arqueológicos, áreas tombadas e comunidades tradicionais.

3.2.1. Modelo de derrame de óleo e impacto biológico – SIMAP

O SIMAP (*Spill Impact Model Application Package*) contém um modelo de trajetória de mancha de óleo acoplado a um modelo de impacto biológico, podendo ser utilizado para avaliar o impacto causado por um derramamento de óleo na superfície da água e na coluna d'água (ANDERSON; THOMAS, 1998; FRENCH McCAY, 2006).

O modelo de trajetória de mancha de óleo, presente no SIMAP, estima a distribuição do óleo (em massa e concentração) na superfície da água, linha de costa, na coluna d'água e no sedimento. Os processos envolvidos na modelagem incluem:

- espalhamento (m^2/s);
- evaporação dos voláteis na superfície (m/h);
- transporte na superfície e na coluna d'água (m/s);
- emulsificação (seg^{-1});
- entranhamento (kg/m^2s);
- dissolução dos componentes solúveis (mols/s);
- volatilização a partir da coluna d'água (cm/h);
- adsorção das partículas de óleo e dos componentes semi-solúveis (mg/l);
- sedimentação (m^2/dia); e
- degradação (g/s).

A massa do óleo é modelada separadamente dos componentes aromáticos de baixo peso molecular (um a três anéis aromáticos), e outros componentes voláteis e não voláteis solúveis e tóxicos. Os componentes de baixo peso molecular dissolvidos são divididos entre a coluna d'água e o sedimento (ANDERSON; THOMAS, 1998; FRENCH-McCAY, 2006).

No modelo de trajetória do SIMAP, o petróleo e derivados são representados por sete componentes (FRENCH McCAY et al., 2003):

1. Monoaromáticos voláteis;
2. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: semi-voláteis;
3. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: com baixa volatilidade;

4. Alifáticos voláteis;
5. Alifáticos semi-voláteis;
6. Alifáticos com baixa volatilidade; e
7. Fração residual (aromática e alifática).

Os dados de saída do modelo de trajetória incluem a localização, dimensão e características físico-químicas da mancha de óleo, a cada passo de tempo da simulação (FRENCH-McCAY, 2006).

O modelo de impacto biológico presente no SIMAP avalia a exposição e calcula a porção da população afetada pela mancha na superfície e subsuperfície. Para aves, a exposição é avaliada através da mancha presente na superfície da água e linha de costa. Para organismos presentes na coluna d'água e organismos bentônicos, o impacto é calculado considerando a concentração do óleo na água e o tempo de exposição do organismo ao poluente. A mortalidade dos organismos bentônicos e presentes na coluna d'água é calculada usando dados provenientes de testes de toxicidade aguda realizados em laboratórios (CL_{50}) (ANDERSON; THOMAS, 1998; FRENCH McCAY, 2006).

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são: (1) localização geográfica do ponto de derrame; (2) data e horário; (3) duração do derrame; (4) volume derramado; (5) tipo de óleo; (6) duração da simulação; (7) opções de resposta; (8) campo de correntes; (9) arquivo de dados meteorológicos; (10) opções de saída e (11) parâmetros de simulação (número de partículas, fator de vento, coeficiente de dispersão horizontal, passo de tempo do modelo, passo de tempo do arquivo de saída). A figura 17 apresenta um esquema dos componentes presentes no SIMAP.

O campo de correntes ou modelo hidrodinâmico, deve representar padrões de circulação e transporte característicos da região em estudo. Para isso, são utilizados dados oceanográficos e meteorológicos medidos para a calibração do modelo. Neste trabalho, foi utilizado o modelo hidrodinâmico bidimensional elaborado pela *ASA South America*, para a região em estudo, com resolução de 3 km. Apesar de ser utilizada uma baixa resolução no presente trabalho, o SIMAP propicia a utilização de grade mais refinada. Independente disso, o modelo utilizado representa adequadamente a hidrodinâmica local para a realização deste estudo de caso.

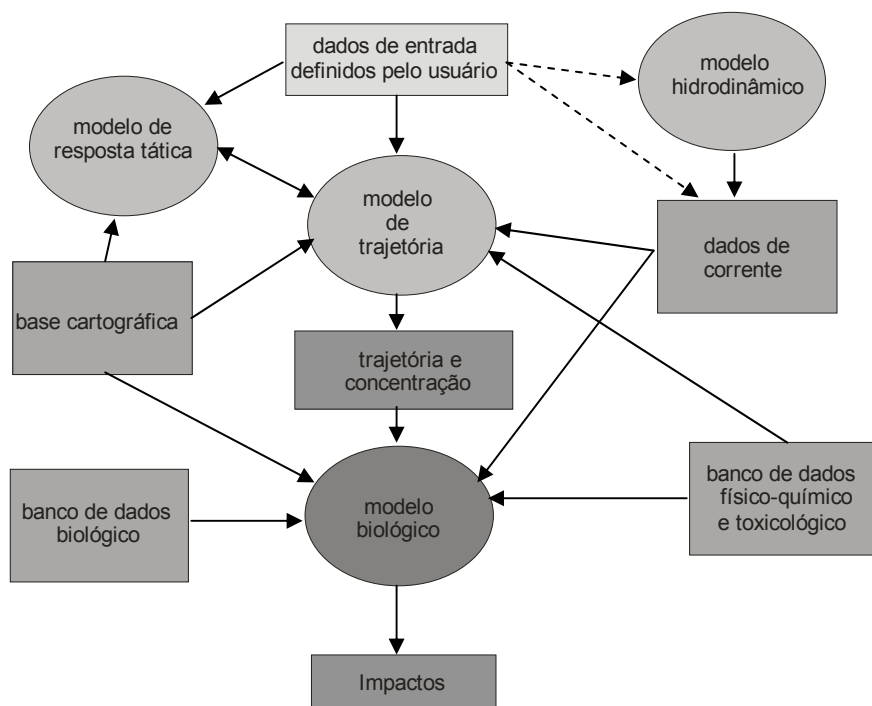


Figura 17. Componentes presentes no SIMAP (fonte: manual técnico do SIMAP)

Para determinar os riscos dos ambientes próximos ao ponto de vazamento, múltiplos cenários e condições de vento e corrente são necessários. Dessa forma, o modelo de trajetória de mancha foi rodado em modo probabilístico, gerando contornos de probabilidades na superfície da água, coluna d'água e linha de costa. O modelo probabilístico 3D do SIMAP quantifica (FRENCH; SCHUTTENBERG; ISAJI, 1999):

1. Na superfície da água: a probabilidade do óleo atingir espessuras acima do corte determinado pelo critério de parada; o tempo mínimo necessário para exceder o corte; a massa do óleo na superfície da água;

2. Para as frações de aromáticos no sedimento e dissolvidos na água, alifáticos não dissolvidos na coluna d'água e total de hidrocarbonetos presentes no sedimento: a probabilidade de exceder a concentração determinada pelo critério de parada; o tempo mínimo necessário para exceder o corte (critério de parada) e a concentração máxima encontrada na coluna d'água.

3.2.2 Modelagem de óleo – cenários acidentais

Neste trabalho foram gerados cenários representando a trajetória do óleo na superfície da água, o óleo que toca a costa e a fração dissolvida na coluna d'água. Os cenários gerados são representativos dos períodos de verão (fevereiro a abril de 2005) e inverno (maio a julho de 2005).

Durante as ações de combate, a visualização da mancha na superfície da água facilita o trabalho das equipes em campo, auxiliando na colocação das barreiras de contenção e recolhimento do óleo. Portanto, nos cenários de superfície da água foi utilizado um critério de parada baseado na espessura do óleo (300 nm), conforme determina o IBAMA (BRASIL, 2002).

Para representar a fração solúvel presente na coluna d'água, foi utilizado o corte determinado por teste de toxicidade aguda, expresso pela CL_{50} . A norma da CETESB L5.251 (SÃO PAULO, 1992) estabelece o padrão dos testes de toxicidade aguda para água do mar no Brasil e a utilização do crustáceo misidáceo da espécie *Mysidopsis juniae*, na realização desses testes. A utilização de uma espécie nativa com alta sensibilidade garante a obtenção de valores de CL_{50} mais restritivos e coerentes com a realidade nacional. O teste de toxicidade aguda com *Mysidopsis juniae* é utilizado na elaboração de relatórios de controle ambiental para as atividades de perfuração marítima, exigidos pelo IBAMA. Assim, o valor de CL_{50} utilizado no cenário de coluna d'água foi obtido através do teste de toxicidade aguda com *Mysidopsis juniae*, segundo método da CETESB (6% para o MF-380) (LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006).

Entre os parâmetros de entrada para criação de um cenário, está a determinação do volume de óleo que será derramado. O volume utilizado é o volume de descarga de pior caso, de acordo a Resolução CONAMA 398 (BRASIL, 2008) e o IBAMA (BRASIL, 2002). Do total de cargas movimentadas no Porto de Santos em 2007, apenas 19% correspondem aos grânéis líquidos (óleo combustível, óleo diesel, gásóleo, GLP, gasolina, álcool, óleo vegetal, ácido fosfórico, amônia, coperaf, estireno, nafta, soda cáustica e sucos cítricos), 41% correspondem aos grânéis sólidos e 40% a cargas gerais (Figura 18) (<http://www.portodesantos.com/>). Nos portos de Paranaguá e Antonina, no mesmo período, apenas 16% das cargas movimentadas correspondem aos grânéis líquidos (água para navios, combustível para navios, derivados de petróleo, GLP, óleo vegetal, produtos químicos e álcool), 35% correspondem a grânéis sólidos e 32% a contêineres (Figura 18) (<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>). Como os navios mais freqüentes nos portos de

Santos e Paranaguá são os cargueiros, para o cálculo da descarga de pior caso (DPC), foi adotada a capacidade máxima dos tanques de um navio graneleiro (800 ton).

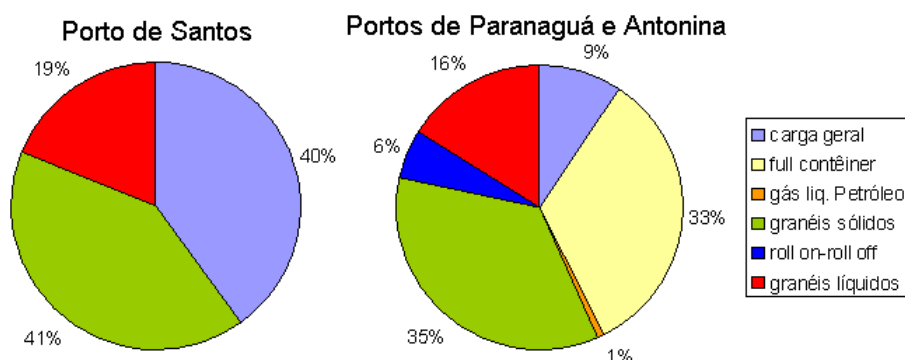


Figura 18. Movimento de cargas no Porto de Santos, Paranaguá e Antonina, durante o ano de 2007 (<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>; <http://www.portodesantos.com>).

Outro importante dado de entrada é o tipo de óleo utilizado na simulação, pois diferentes tipos de óleo comportam-se de maneira distinta durante um evento de vazamento. Dessa forma, baseado em informações presentes em seu banco de dados, o modelo de óleo pode calcular as taxas de intemperismo para cada óleo modelado. Entre as informações presentes no banco de dados de óleo no modelo SIMAP da *Applied Science Associates Inc.*, estão as características físicas e químicas dos óleos, como Grau API, densidade, viscosidade e tensão superficial.

Para a elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo, seria inviável realizar a simulação para todos os tipos de óleo e derivados presentes em determinada área, pois isso dificultaria a identificação do cenário mais crítico no caso de uma emergência, além de representar um gasto de tempo desnecessário. Assim, a escolha do óleo deve ser feita de forma conservadora e restritiva, garantindo a preservação do ambiente que estará em risco no caso de um incidente (princípio do “pior caso”).

A escolha do tipo de óleo a ser utilizado em uma modelagem, pode ser baseada na frequência de movimentação, isto é, óleos mais comumente transportados que representam uma maior probabilidade de vazamento. Entretanto, para representar o cenário mais crítico, que causará mais danos ao ambiente atingido, é necessário que a escolha seja feita baseada no potencial toxicológico do óleo associado à sua fase hidrossolúvel, que gera uma pluma de fase dissolvida.

Existem diferentes tipos de combustíveis que podem ser utilizados em embarcações. O Diesel Marítimo é mais comumente utilizado em embarcações de pequeno e médio porte e

nos motores auxiliares das embarcações de grande porte. As grandes embarcações podem utilizar combustíveis como o Bunker e os óleos combustíveis (MF-180 e MF-380, por exemplo) (www.br.com.br; www.petrobras.com.br). Nas modelagens realizadas neste trabalho foi utilizado o óleo combustível MF 380 (*Marine Fuel*), principal óleo combustível utilizado em navios (GAMA, 2008, informação verbal).

O MF-380 é considerado um óleo pesado (densidade $0,972 \text{ g/cm}^3$), persistente e com baixa solubilidade em água, mas com elevada toxicidade. Segundo testes de toxicidade realizados pela CETESB, o organismo teste *Mysidopsis juniae* apresentou maior sensibilidade ao MF-380, onde apenas 6 ml de óleo em 100 ml de água (6%), já resultam em mortalidade (LOPES; MILANELLI; POFFO, 2006). Óleos combustíveis pesados apresentam em sua composição compostos aromáticos, alifáticos e naftênicos, além de compostos heterocíclicos contendo enxofre, nitrogênio e oxigênio. Os organometálicos também fazem parte da composição desses óleos, como o vanádium, responsável pelo potencial ígneo do óleo (CONCAWE, 1998).

Foi escolhido um ponto de vazamento, como estudo de caso: P-01, localizado na área de fundeio do Porto de Santos (Figura 19).

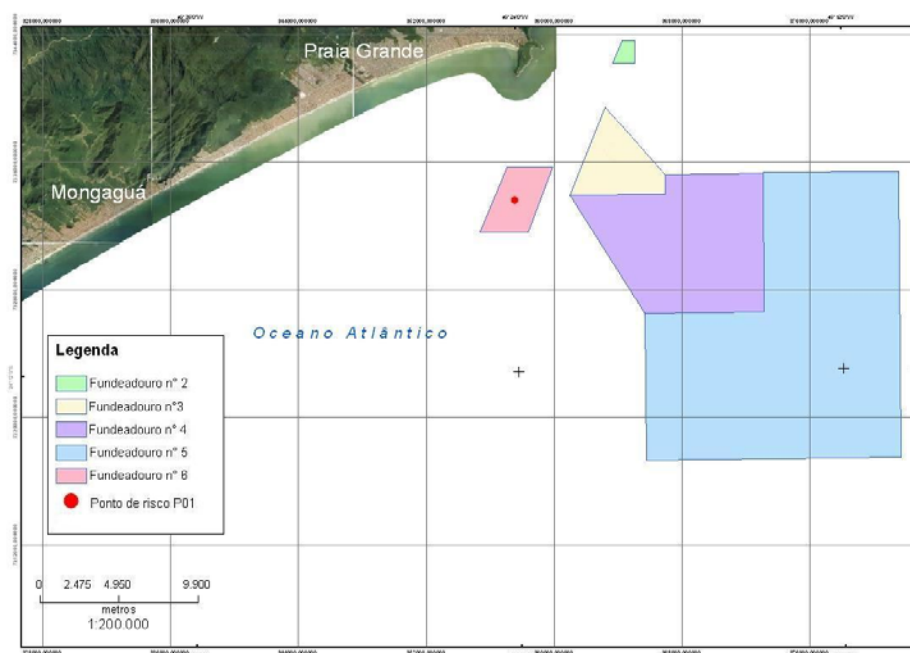


Figura 19. Localização das áreas de fundeio no Porto de Santos e ponto de risco P-01.

O volume do vazamento é determinado através do cálculo da descarga de pior caso (DPC), conforme determina a CONAMA nº 398 (BRASIL, 2008). Como os cenários simulam vazamentos em navios, a DPC é a capacidade máxima do tanque ou reservatório de maior capacidade. Assim, a DPC utilizada para o navio graneleiro é de 800 toneladas. A duração dos vazamentos é instantânea, isto é, toda a carga liberada de uma só vez no mar, simulando um incidente de colisão, com rompimento total do casco.

Os cenários foram rodados até a mancha atingir a espessura de 300 nm, ou até o máximo de 30 dias. O tempo de cada simulação foi determinado através da geração de cenários testes representando vazamentos com diferentes durações (5, 10, 20 e 30 dias) para cada condição sazonal. Quando dois cenários com diferentes durações apresentaram resultados iguais, adotou-se o cenário com menor duração.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos cenários acidentais, com a localização dos pontos de vazamento. Foram gerados 2 cenários probabilísticos (verão e inverno), com vazamento de subsuperfície (1 m).

Tabela 4. Ponto de vazamento e cenários acidentais para elaboração de Mapa de Vulnerabilidade

Ponto de vazamento		Tipo de óleo	Volume do vazamento (toneladas)	Condição sazonal	Localização da mancha
Localização geográfica	Descrição				
24°06'04"S 46°24'11"W	P-01 - Fundeadouro nº6 do Porto de Santos	MF-380	800	Verão	Superfície
					Costa
					Coluna d'água
				Inverno	Superfície
					Costa
					Coluna d'água

3.2.3. Representação e edição do Mapa de Vulnerabilidade

Para cada cenário descrito foram gerados contornos de probabilidades representando a probabilidade de toque na costa, a probabilidade de óleo na superfície e a probabilidade do óleo exceder os limites de concentração na coluna d'água, dando origem aos Mapas de Vulnerabilidade:

1. Mapa apresentando probabilidades de toque na costa em condições de verão.
2. Mapa apresentando probabilidades de toque na costa em condições de inverno.
3. Mapa apresentando probabilidades de óleo na superfície da água, em condições de verão.
4. Mapa apresentando probabilidades de óleo na superfície da água, em condições de inverno.
5. Mapa apresentando probabilidades dos componentes aromáticos dissolvidos na coluna d'água excederem o limite de toxicidade estabelecido pela CL_{50} , em condições de verão.
6. Mapa apresentando probabilidades dos componentes aromáticos dissolvidos na coluna d'água excederem o limite de toxicidade estabelecido pela CL_{50} , em condições de inverno.

Para que as informações referentes à vulnerabilidade da área ao óleo estejam claras para o gestor, as informações presentes nas Cartas SAO foram simplificadas. Dessa forma, os ícones dos recursos biológicos foram colocados em quadros, de acordo com metodologia para elaboração de Cartas SAO (BRASIL, 2004). É importante ressaltar que o uso dos quadros contendo ícones dos recursos biológicos presentes em uma área, tira a especificidade das informações, sendo adotado aqui como uma forma de facilitar a visualização das informações referentes à vulnerabilidade. O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental a Derrames de Óleo deve ser utilizado em conjunto com as Cartas SAO, por essas apresentarem informações detalhadas a respeito da sensibilidade dos ambientes.

Os mapas de vulnerabilidade estão apresentados em escala apropriada para que seja possível visualizar toda a extensão da mancha de óleo em uma única articulação, sendo utilizadas escalas referentes às cartas tácticas (1:200.000 a 1:750.000). Os mapas elaborados neste trabalho são apresentados no Volume 2 desta tese.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Carta SAO

4.1.1. Sensibilidade ao óleo

Durante as campanhas de campo realizadas em janeiro e julho de 2007, foram mapeadas praias e costões dos municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Iguape, Ilha Comprida e a região estuarina de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida. Ao todo, foram percorridos cerca de 390 km de linha de costa. A seguir são descritos aspectos referentes à sensibilidade ao óleo do meio físico, socioeconômico e biológico nas áreas mapeadas.

4.1.1.1. Baixada Santista

- **Aspectos físicos**

Em geral, as praias da Baixada Santista são expostas à ação das ondas, apresentam areias finas e baixa declividade, sem grandes alterações entre períodos de verão e inverno (Figura 20). Em algumas praias, o mesolitoral se estendeu até a faixa de muro, não sendo

possível identificar a zona de supralitoral, devido a existência de construções na faixa de praia.



Figura 20. Vista geral da Praia Grande, durante verão e inverno, mostrando baixa declividade durante os dois períodos, característica comum às praias da Baixada Santista. (foto: Ágata Romero)

Foram realizados 56 perfis topográficos, sendo 12 na Praia Grande, 7 em Mongaguá, 16 em Itanhaém e 21 em Peruíbe. Entre os perfis elaborados nas praias de Peruíbe, 3 foram feitos em Guaraú, 1 na Prainha, 1 em Parnapuã, 1 em Praia Brava, 3 em Juquiá, 1 na Praia Deserta e 3 na Barra do Una (Figura 21). As análises granulométricas dos sedimentos coletados nos pontos dos perfis praias durante as campanhas de campo mostram que as praias são bem homogêneas, com predominância de areia fina nas zonas de infra, meso e supralitoral. A Praia do Costão, em Peruíbe, apresentou areia média a fina na zona de infralitoral e a Praia de Guaraú, apresentou areia grossa no infralitoral e areia média a fina no mesolitoral. Nos demais perfis, a granulometria variou entre areia fina, fina a muito fina e muito fina nas três zonas amostradas. O mesmo padrão foi observado durante as campanhas de verão e inverno (Figura 22).

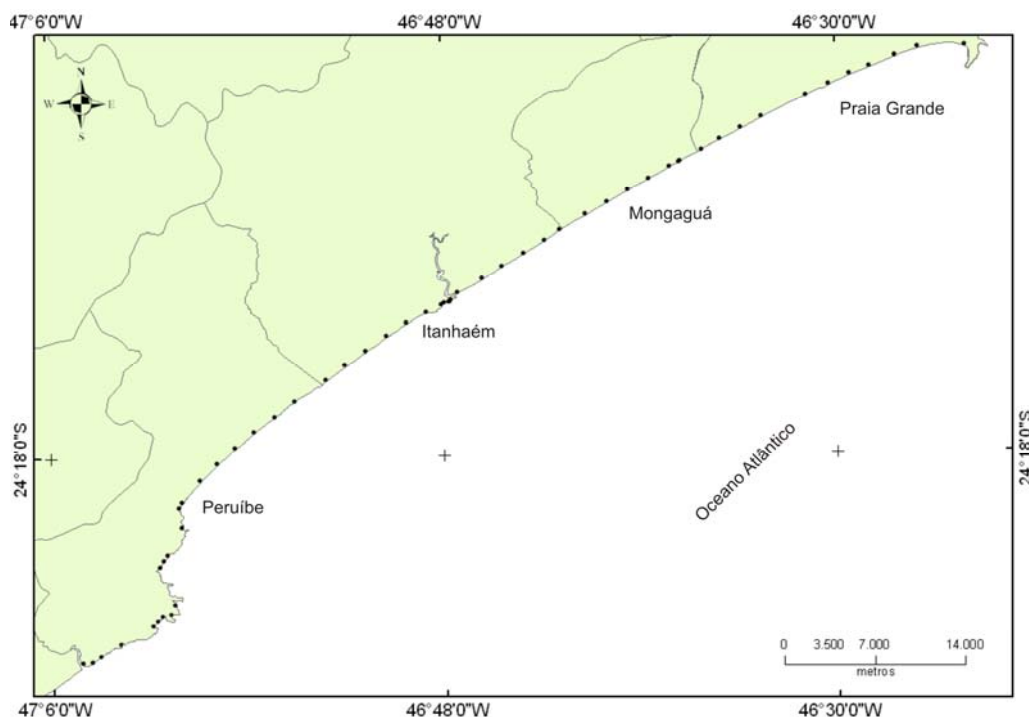


Figura 21. Localização dos perfis topográficos realizados nas praias da Baixada Santista.

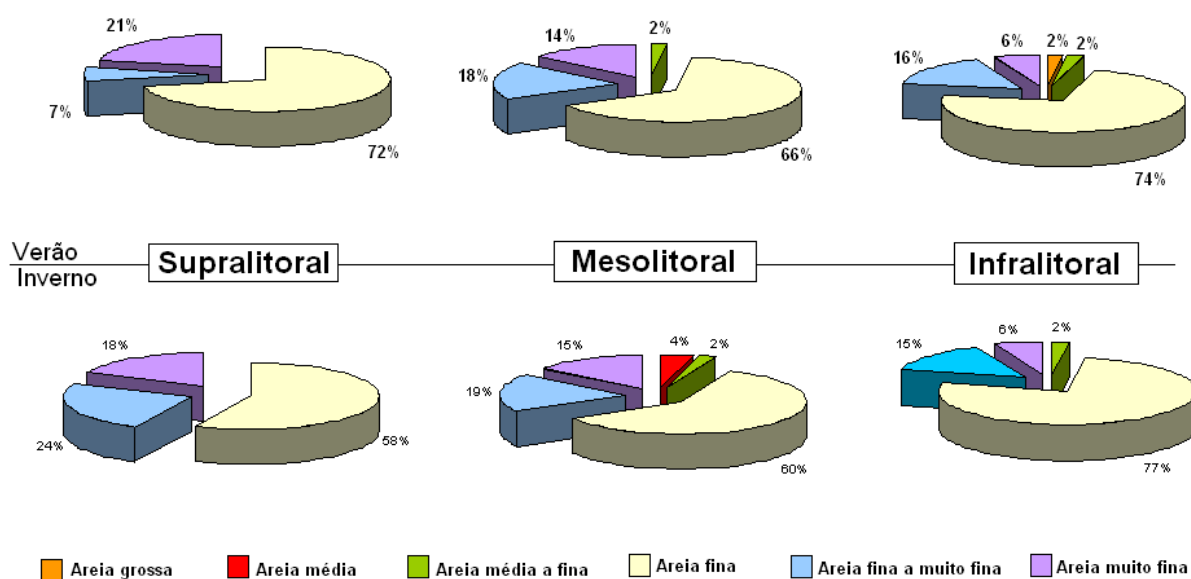


Figura 22. Classificação granulométrica dos perfis realizados nas praias da Baixada Santista, durante campanhas de campo de verão e inverno.

Segundo a proposta do MMA (BRASIL, 2004), para a classificação quanto à sensibilidade ao óleo, são utilizadas apenas as características do mesolitoral. Assim, todas as praias foram classificadas como ISL 3, por serem dissipativas de areia média a fina, expostas. Mesmo resultado foi descrito no Atlas de Sensibilidade Ambiental da Bacia de Santos publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007).

Os costões rochosos estão presentes nas praias do Forte em Praia Grande; dos Pescadores, do Sonho e Cibratel, em Itanhaém (Figura 23); do Canto, Barra do Una, Guaraú e Prainha, em Peruíbe (Figura 24); e entre as praias Parnapuã, Brava, Juquiá e Deserta, na porção da Estação Ecológica Juréia-Itatins pertencente à Peruíbe. Os costões foram analisados segundo sua declividade, morfologia e grau de exposição às ondas.

Em Itanhaém, o trecho de costão próximo à Praia de Cibratel é abrigado. Penínsulas rochosas podem ter um segmento exposto e outro abrigado, com declividade média e alta heterogeneidade. Na Praia dos Pescadores, o costão apresenta uma grande quantidade de fendas e refúgios, caracterizando uma alta heterogeneidade, com declividade média e alto grau de exposição às ondas. Entre a Praia dos Pescadores e a Praia dos Sonhos, o costão é classificado como matacões expostos, com declividade média. Entre a Praia dos Sonhos e Cibratel, o costão exposto apresenta declividade média e alta heterogeneidade, com poças de marés, fendas e refúgios em toda sua extensão.



Figura 23. Costões presentes nas praias de Itanhaém. Costão exposto com alta heterogeneidade (Praia dos Pescadores), matacões (entre Praia dos Pescadores e dos Sonhos), heterogêneo com formação de poças de maré (entre Praia dos Sonhos e Cibratel) – ISL6 – e costão heterogêneo abrigado (Cibratel) – ISL 8.

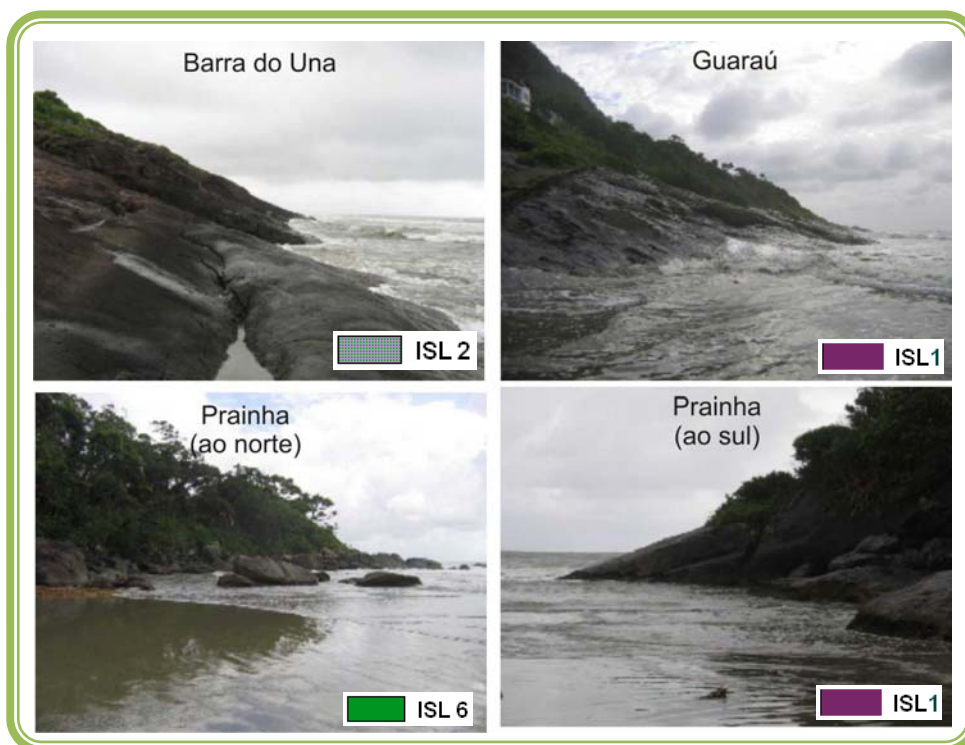


Figura 24. Costões rochosos expostos lisos, com declividade média (Barra do Una – ISL 2), com declividade alta (Guaraú e Prainha – sul – ISL 1); e matacões expostos com declividade média (Prainha – norte), em Peruíbe – ISL 6. (fotos: Ágata Romero)

Costões rochosos presentes nas praias de Guaraú e Prainha (sul), foram classificados como expostos lisos, com declividade alta – ISL 1. O costão da Barra do Una, com declividade média, foi classificado com ISL 2, e os matacões expostos com declividade média presentes na Prainha (norte), receberam ISL 6. Os costões entre as praias Deserta e Caramborê; Juquiá até Guarauzinho, foram classificados como lisos, com declividade média, expostos – ISL 2.

O método proposto pelo MMA (BRASIL, 2004) classifica os costões rochosos de acordo com sua declividade e exposição às ondas, sem considerar o grau de heterogeneidade. A presença de fendas, tocas, refúgios e poças de marés aumenta consideravelmente a sensibilidade do costão, pois, além de facilitar o acúmulo de óleo, estes ambientes são propícios para o estabelecimento de inúmeras espécies animais e vegetais (MILANELLI, 2003). Assim, os costões heterogêneos e os formados por matacões com declividade média, expostos, foram classificados como ISL 6. O costão rochoso heterogêneo, abrigado, com declividade média presente na Praia de Cibratel, foi classificado como ISL 8. O costão da Deserta recebeu ISL 1. Dessa forma, entre os costões mapeados na Baixada Santista, 37% foram classificados com ISL 2, 32% com ISL 1, 26% com ISL 6 e 5% com ISL 1 (Figura 25).

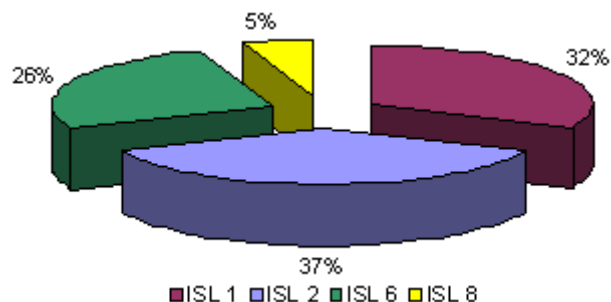


Figura 25. Classificação dos costões rochosos pertencentes à Baixada Santista, quanto à sensibilidade ao óleo.

Devids (2008) discute a importância em considerar a diferença de sensibilidade entre costões lisos e heterogêneos. Wieczorek (2006) identificou nove tipos diferentes de costões na área do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e região de entorno. Segundo o autor, além da presença de tocas e refúgios, o ambiente em que o costão está inserido também interfere em sua sensibilidade. Dessa forma, um costão abrigado em um estuário seria mais sensível que um costão abrigado na região costeira.

No mapeamento realizado neste trabalho, os costões rochosos foram classificados de acordo com sua morfologia, declividade e exposição às ondas, com índices de sensibilidade do litoral (ISL) variando entre 1, 2, 6 e 8 na Baixada Santista. No Atlas Ambiental da Bacia de Santos publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007), todos os costões presentes nos municípios de Praia Grande, Itanhaém e Peruíbe foram classificados com ISL 1. Essa discrepância provavelmente ocorreu devido aos diferentes focos e níveis de detalhamento empregados pelos dois trabalhos. O Atlas da Bacia de Santos foi realizado para uma área muito maior, sendo necessária a utilização de uma escala menor, valorizando o posicionamento e orientação geográfica das feições. Em muitas áreas mapeadas, o MMA não produziu as cartas operacionais de detalhe. Já neste trabalho, devido à área mapeada ser menor, foi possível realizar um trabalho com nível maior de detalhe, facilitando a identificação dos diferentes aspectos morfológicos dos costões, como presença de fendas e tocas. Também foi possível observar diferenças entre trechos de um mesmo costão, como o caso do costão entre as praias de Cibratel e dos Sonhos (Itanhaém) que em sua porção voltada para a Praia dos Sonhos e o mar, apresentou característica de costão exposto à ação de ondas, recebendo ISL 6. O mesmo costão, em sua face voltada para a Praia de Cibratel, foi classificado como abrigado, recebendo ISL 8.

Entre os ambientes mapeados na Baixada Santista, 47% foram classificados com ISL 3, 18% com ISL 2, 16% com ISL 1, 13 % com ISL 8, 3% com ISL 4 e 3% ISL 8 (Figura 26).

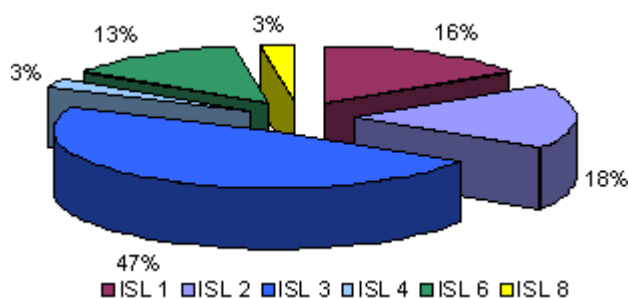


Figura 26. Sensibilidade Ambiental ao Óleo das áreas mapeadas na Baixada Santista.

▪ **Aspectos socioeconômicos**

A região da Baixada Santista apresenta um intenso uso turístico, com um número elevado de banhistas durante os meses de verão. As praias de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe apresentam forte comércio de apoio aos turistas, com quiosques em toda a faixa de praia. Em Peruíbe, apenas as praias Barra do Una e Prainha apresentam um menor uso por banhistas e menor quantidade de comércio na praia. As praias de Peruíbe pertencentes ao Mosaico da Juréia-Itatins têm acesso restrito, sendo permitida a entrada somente para pesquisa, além de algumas famílias tradicionais que vivem na região.

A perda da qualidade ambiental é umas das conseqüências do expressivo aumento da população durante os meses de verão. Dados de balneabilidade fornecidos pela CETESB para o período de janeiro a outubro de 2008 classificam a maioria das praias de Praia Grande e Mongaguá como impróprias durante os meses de janeiro, fevereiro e de agosto a outubro. A maioria das praias de Itanhaém e Peruíbe foi considerada imprópria nos meses de janeiro, fevereiro e outubro (www.cetesb.sp.gov.br).

Um importante impacto observado durante a campanha de campo refere-se à construção de casas e quiosques em área de dunas, supralitoral e costões rochosos, descaracterizando os ambientes naturais e diminuindo o atrativo turístico (Figura 27).



Figura 27. Alguns impactos decorrentes da ocupação desordenada. **A** - Acesso à residência sobre costão rochoso na Prainha (Peruíbe); **B** – Casas e edifícios na região de supra-litoral em Itanhaém. (fotos: Ágata Romero)

A forte vocação ao turismo das praias de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe (com exceção das localizadas no interior das unidades de conservação) deve ser considerada na avaliação de sua sensibilidade. Diferenças sazonais da sensibilidade das praias estão relacionadas também ao uso turístico, mais intenso nos meses de verão. Dessa forma, o planejamento das ações de combate a um derramamento de óleo deve considerar essa variação. Lima (2007) ressalta a importância de considerar o uso turístico em um planejamento de combate a derramamento de óleo devido aos prejuízos econômicos que um evento como esse pode ocasionar.

▪ **Aspectos biológicos**

Durante a campanha de campo, foram avistadas algumas aves, como gaivotas, garças, quero-quero, urubus, batuíras e maçaricos. Foi registrada ainda a presença de moluscos (gastropodos e bivalves), equinodermos e crustáceos. O levantamento das aves presentes na área da Baixada Santista é apresentado no Apêndice 1.

A presença das unidades de conservação Parque Estadual Itinguçu, Estação Ecológica Juréia-Itatins, Refúgio de Vida Silvestre do Abrigo e Guararitama e Reserva de desenvolvimento Sustentável Una da Aldeia ao sul de Peruíbe e a APA Marinha do Litoral Centro na zona costeira dos municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe contribuem para o aumento da sensibilidade ambiental ao óleo da região, com vegetação de

Mata Atlântica preservada na região continental, servindo de refúgio para inúmeras espécies da fauna costeira terrestre e aquática.

4.1.1.2. Litoral Sul

- **Aspectos físicos**

No litoral sul, foram mapeadas as praias do Una, Itacolomi, do Rio Verde, da Juréia e Ilha Comprida. Na região estuarina de Cananéia e Ilha Comprida, foram mapeados o Mar Pequeno, Mar de Cananéia e o Mar de Dentro.

As praias de Ilha Comprida e Juréia, com baixa declividade, caracterizam-se pela presença de dunas em praticamente toda sua extensão. Análise da granulometria mostra a predominância de areia fina nas zonas de supra, infra e mesolitoral durante as campanhas de verão e inverno. Ocorre a predominância de areia fina a muito fina no supralitoral, durante o inverno (Figura 28). Dos 46 pontos amostrados, apenas um, localizado ao sul da Ilha Comprida, apresentou areia média no mesolitoral e infralitoral durante o verão; e apenas no infralitoral durante o inverno. As praias de Ilha Comprida e Juréia foram classificadas com o ISL 3, que caracteriza praias dissipativas de areia média a fina, expostas.

Nas duas campanhas de campo realizadas, as praias do Una e Itacolomi, localizadas na Estação Ecológica Juréia-Itatins, apresentaram predominância de areias médias, enquanto que na Praia do Rio Verde, predominaram areias finas, nas três zonas amostradas. A Praia do Una foi classificada com ISL 3 e as praias do Rio Verde e Itacolomi foram classificadas como intermediárias, de areia média a fina, expostas, ISL 4. O Atlas da Bacia de Santos (BRASIL, 2007) descreve a mesma classificação das praias mapeadas no Litoral Sul. As praias estuarinas, que se encontram no interior do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape foram classificadas como praias de areia fina a média, abrigadas, ISL 4. Nenhuma praia estuarina foi mapeada no Atlas da Bacia de Santos (BRASIL, 2007).

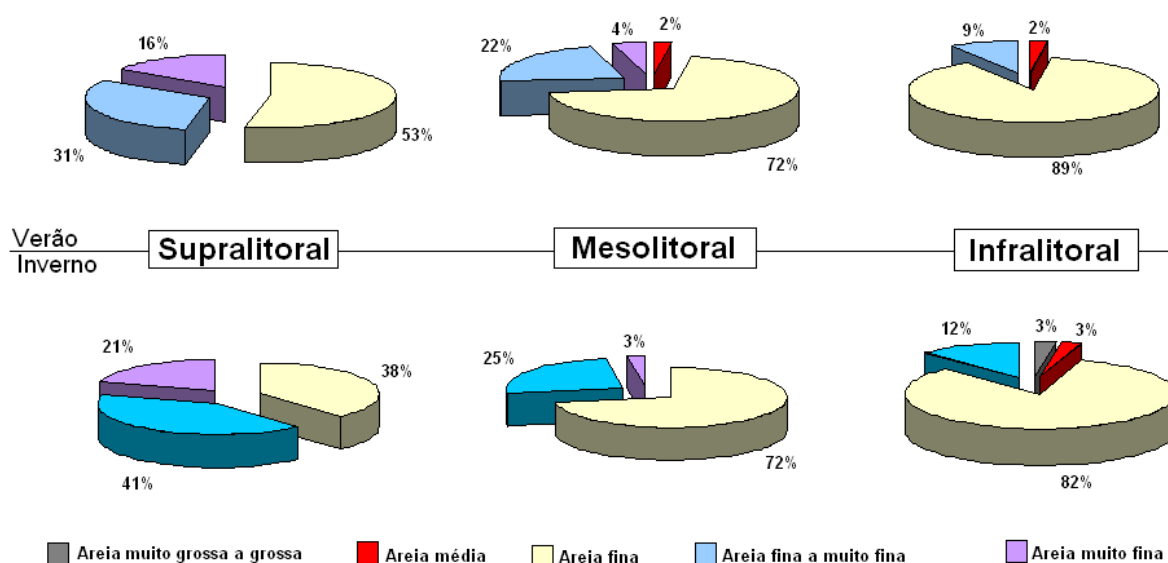


Figura 28. Classificação granulométrica dos perfis realizados nas praias de Ilha Comprida e Juréia, durante campanhas de campo de verão e inverno.

A classificação das praias segundo o método do MMA (BRASIL, 2004), agrupa em um só índice praias de areia grossa, praias intermediárias de areia fina a média expostas e praias de areia fina a média, abrigadas (ISL 4). Dessa forma, as praias abrigadas no interior do canal estuarino foram classificadas com o mesmo índice das praias expostas no litoral de Iguape. Entretanto, regiões de canais estuarinos abrigados são mais sensíveis que costas voltadas para o mar, sujeitas a ação das ondas. Essa diferença de sensibilidade entre os dois ambientes podem ser importantes no caso de um acidente de derramamento de óleo e devem ser consideradas pelo gestor na hora do planejamento das ações de resposta (WIECZOREK, 2006; PINCINATO, 2007; LIMA, DIAS-BRITO, MILANELLI, 2008).

A praia da Juréia, com acesso por balsa, partindo de Iguape, atravessando o Rio Ribeira de Iguape, apresenta costão rochoso na divisa com a Estação Ecológica Juréia-Itatins, classificado como matacão exposto com declividade média, ISL 6 (próximo à Praia da Juréia). O costão da Ponta da Juréia, em sua face voltada para a Praia do Rio Verde, foi classificado como costão liso, exposto, com baixa declividade – ISL 2. A Ponta do Grajaúna, entre as praias do Una e Itacolomi e o costão entre Itacolomi e Rio Verde foram classificados como costão liso com declividade alta, exposto, ISL 1. A região do Mar Pequeno apresentou costões rochosos classificados como rocha lisa abrigada, ISL 8. Devids (2008), ao mapear o Sistema Estuarino de Santos encontrou diferentes tipos morfológicos de costões, como matacões, seixos e costões lisos, classificados, de acordo com Brasil (2004) com ISL 8. Os costões com pequena extensão foram representados como um ponto dentro do segmento

classificado de acordo com a feição dominante (Figura 29). O costão da Deserta foi classificado como liso de declividade alta, exposto, ISL 1. Portanto, entre os costões presentes no Litoral Sul, 84% foram classificados como ISL 8, 8% ISL 6 e 8% ISL 1 (Figura 30).

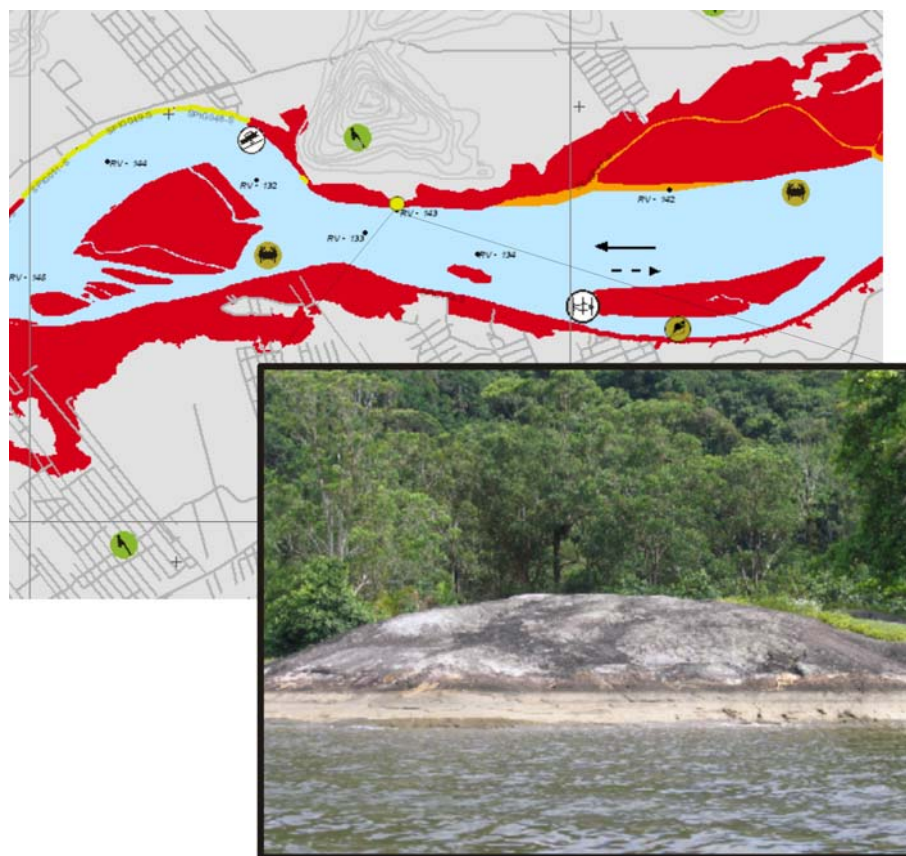


Figura 29. Exemplo de costão rochoso representado como ponto em segmento onde o mangue é a feição predominante, no Mar Pequeno. (foto: Camila Cantagalo Devids)

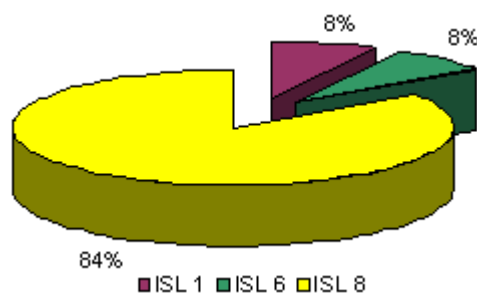


Figura 30. Classificação dos costões rochosos pertencentes ao Litoral Sul, quanto à sensibilidade ao óleo.

O Atlas Ambiental da Bacia de Santos publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007), da mesma forma como ocorre com os costões presentes na Baixada Santista, classificou todos os costões do Litoral Sul com ISL 1. Assim como descrito

anteriormente, o Atlas da Bacia de Santos foi realizado para uma área muito maior, valorizando o posicionamento e orientação geográfica das feições. Como o mapeamento realizado neste trabalho utilizou uma escala de detalhe maior, foi possível, por exemplo, identificar os costões pontuais presentes no interior da região estuarina, classificados com ISL 8.

A região do Mar Pequeno, Mar de Cananéia e Mar de Dentro é caracterizada pela presença de extensas áreas de manguezais, banco de gramíneas e planícies de maré lamosas (bancos de lama). Os manguezais e bancos de gramíneas foram classificados com ISL 10, sendo considerados os ambientes mais sensíveis na região estudada e os bancos de lama não vegetados com ISL 9. Nessa área também ocorre a presença de taludes nas margens dos canais estuarinos (barrancos), classificados com ISL 8. Entre os ambientes mapeados no Litoral Sul, 37% foram classificados com ISL 10, 34% com ISL 8 e 14% com ISL 9, caracterizando a alta sensibilidade da região ao petróleo (Figura 31).

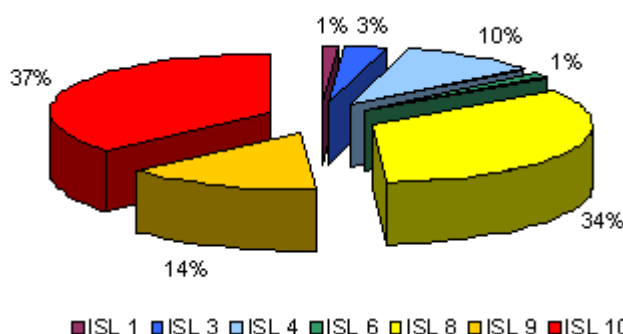


Figura 31. Sensibilidade Ambiental ao Óleo das áreas mapeadas no Litoral Sul.

A figura abaixo apresenta os ambientes dos segmentos mapeados no Litoral Sul, onde é possível visualizar a predominância de manguezais na área (38%), confirmando a alta sensibilidade da região. Os ambientes associados à região estuarina como barrancos, banco de lama e praias estuarinas também aparecem com destaque (21%, 14% e 10%, respectivamente). Entre os costões rochosos, que ocupam 7% dos segmentos mapeados no Litoral Sul, 84% estão presentes na região estuarina, sendo classificados com ISL 8, conforme descrito anteriormente.

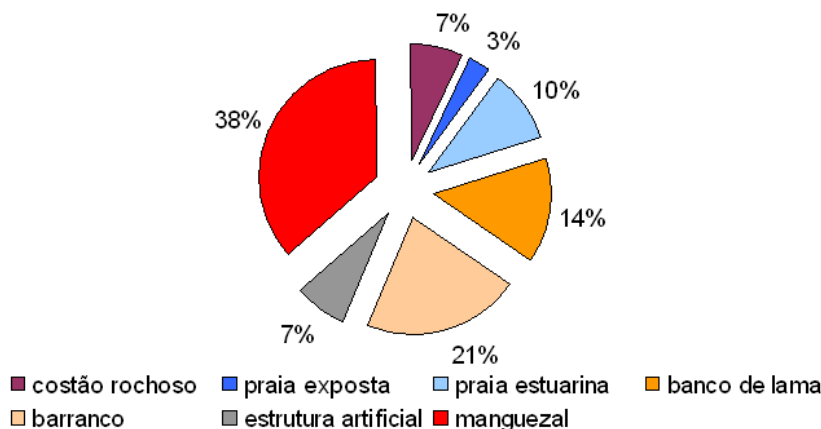


Figura 32. Ambientes mapeados no Litoral Sul.

▪ **Aspectos socioeconômicos**

A Praia da Juréia possui pequeno comércio e ocupação na sua porção próxima à Barra do Ribeira, fazendo divisa ao norte com a Estação Ecológica de Juréia-Itatins.

A Ilha Comprida apresenta ainda uma paisagem preservada, com áreas pouco ocupadas em alguns trechos. Uma ocupação intensa ocorre no Boqueirão Norte, com a presença de casas, comércio, restaurantes e pousadas. O Boqueirão Sul, região próxima à Barra de Cananéia, é bastante utilizado por turistas, com alta concentração de banhistas, praticantes de esportes náuticos e quiosques, durante os meses de veraneio (dezembro a fevereiro). Essa área recebe muitos turistas vindos de Cananéia, devido à proximidade e facilidade de acesso por balsa. Em toda extensão da Ilha Comprida ocorrem práticas de pesca recreativa e pesca artesanal.

Em toda a extensão do Mar Pequeno ocorre a prática de pesca artesanal, com a presença de cercos de pesca. A região de Cananéia, às margens do Mar Pequeno apresenta intensa ocupação, com casas, piers, rampas, entreposto de pesca e balsa (Figura 33). Nessa área estão localizadas as sedes do Instituto Oceanográfico da USP, Instituto de Pesca de São Paulo e a Sede do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.



Figura 33. Ocupação à margem do Mar Pequeno, em Cananéia. (A) trapiches e rampas, (B) balsa, (C) instituto de pesquisa e (D) desembarque de pescado. (fotos: Ágata Romero)

Em Ilha Comprida e Praia da Juréia, algumas residências e estruturas de apoio aos veranistas estão construídas em regiões de pós-praia (Figura 34). Ao norte de Ilha Comprida, casas construídas na praia foram tomadas pelo mar, restando apenas ruínas.



Figura 34. Alguns impactos decorrentes da ocupação desordenada. A – Quiosque sobre dunas em Ilha Comprida; B – Ruínas e casa construídas na região de pós-praia, em Ilha Comprida. (fotos: Ágata Romero)

▪ **Aspectos biológicos**

Em Ilha Comprida, nas áreas onde a ocupação é menos intensa, ocorrem dunas vegetadas e a praia é pouco freqüentada por banhistas. A região do Mar Pequeno é caracterizada pela presença de grandes extensões de manguezais. Muitas aves foram avistadas, como garça azul (*Egretta caerulea*), garça cinza (*Ardea cocoi*), garça branca (*Egretta thula*), colhereiro (*Ajaia ajaia*), martim-pescador-grande (*Ceryle torquata*), martim-pescador-pequeno (*Chloroceryle americana*), biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) e guará-vermelho (*Eudocimus ruber*).

Entre os invertebrados, destacam-se o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), presente nas áreas de manguezais e o caranguejo *Ocypode spp.* (maria-farinha) nas praias do Litoral Sul. As ostras *Crassostrea rizophorae* são encontradas em grande quantidade nas raízes dos mangues. Os bancos de lama abrigam inúmeras espécies de moluscos e anelídeos, utilizados como alimentos por muitas espécies de aves.

A presença de ambientes preservados nos municípios de Ilha Comprida e Iguape, além das unidades de conservação, conferem à área um alto grau de sensibilidade ao petróleo. A sensibilidade ambiental ao óleo da região estuarina está relacionada à importância ecológica desse ambiente, que serve de berçário para inúmeras espécies de peixes e crustáceos, além de oferecer locais para reprodução e alimentação de aves.

O levantamento completo dos recursos biológicos presentes na área será disponibilizado no “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo no Litoral Paulista” (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2008).

4.1.1.3. A sensibilidade do litoral na área de estudo

Do total de segmentos mapeados (136), 26 foram classificados como costões rochosos, 22 como praias expostas, 10 como praias estuarinas, 14 como bancos de lama, 21 como barrancos, 7 como estruturas artificiais (muros) e 36 como manguezal. Os manguezais estão presentes em 27 % da área, ocupando uma área de aproximadamente 80 km². A presença de muitos segmentos representando costões no interior do sistema estuarino-lagunar (muitas vezes pontuais), faz com que esse ambiente esteja presente em 20% dos segmentos mapeados. As praias expostas também ocupam posição importante, estando presente em 16% dos segmentos mapeados, seguidas dos barrancos presentes na região estuarina (15%). Os bancos

de lama, presentes em aproximadamente 26 km², aparecem em 10% dos segmentos mapeados (Figura 35).

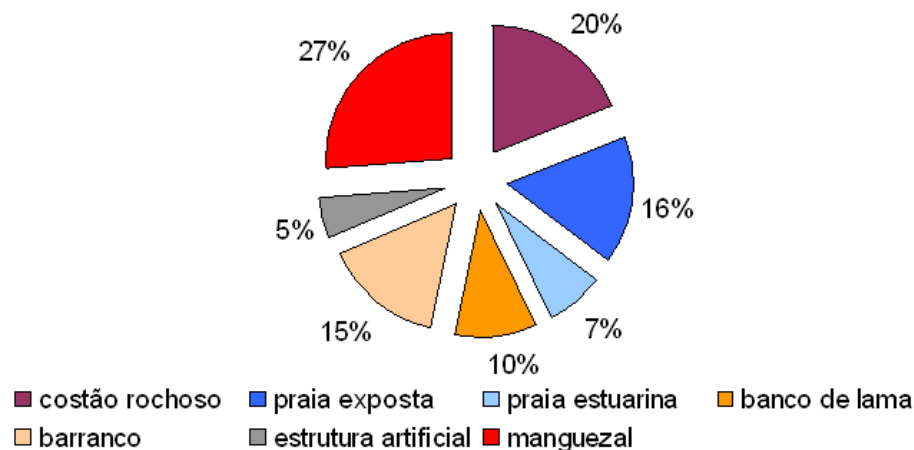


Figura 35. Ambientes mapeados nos dois setores (Baixada Santista e Litoral Sul).

Em geral, as praias dos dois setores mapeados (Baixada Santista e Litoral Sul) apresentam características semelhantes de declividade e granulometria. Quanto à granulometria, todas as praias apresentam areia fina a média. Com exceção das praias localizadas no interior do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape que são abrigadas da ação de ondas, as demais praias são expostas à ação das ondas. As praias do Rio Verde e Itacolomi, em Iguape, foram classificadas como intermediárias, ISL 4 e as demais praias expostas como dissipativas, ISL 3.

As praias da Baixada Santista e Litoral Sul de São Paulo não apresentaram mudanças significativas a respeito da sensibilidade durante os períodos de verão e inverno. Resultado similar foi encontrado por Wieczorek (2006), ao mapear as praias da Ilha do Cardoso, em Cananéia, SP. Segundo o autor, as praias da Ilha do Cardoso apresentaram-se bastante homogêneas durante os períodos analisados, sendo classificadas como dissipativas, de areia média a fina, expostas, recebendo, portanto o ISL 3.

Um padrão diferente foi observado por Lima (2007) e Pincinato (2007), em praias do litoral Norte de São Paulo. Algumas praias de Ilhabela (São Sebastião, SP), apresentaram diferenças de granulometria durante os períodos de verão e inverno, alterando sua sensibilidade ao óleo (LIMA, 2007). Na praia de Galhetas, em São Sebastião, a mudança sazonal foi tão intensa, a ponto de alterar a classificação do ISL da praia, que passou de ISL 4, durante o verão, para ISL 8, no inverno. O mesmo foi observado na Praia do Deodato, em São Sebastião, com ISL passando de 4, no verão, para 5, no inverno (PINCINATO, 2007).

Outro fator sazonal que influencia a sensibilidade da praia ao óleo refere-se às correntes de deriva litorânea. Essas correntes transportam o sedimento da praia, formando zonas de deposição e erosão. Áreas de deposição são mais sensíveis, pois o óleo pode ficar soterrado, atingindo camadas mais profundas do sedimento, aumentando o impacto sobre a macrofauna, podendo ser disponibilizado para o ambiente durante o processo erosivo. Em algumas praias de Ilha do Cardoso, Ilhabela, São Sebastião e Caraguatatuba, ocorrem mudanças nos padrões das correntes de deriva durante os meses de verão e inverno, alterando assim, a sensibilidade da praia (WIECZOREK, 2006; LIMA, 2007; PINCINATO, 2007). Souza (1997), ao estudar a deriva litorânea na zona costeira de São Paulo, descreve a variação sazonal dos processos erosivos e deposicionais, nas praias do Litoral Sul e Baixada Santista. Braga e Souza Filho (2007) observaram mudanças sazonais na sensibilidade de uma praia no Estado do Pará, com diferenças de granulometria e formação de calhas no mesolitoral.

Em toda área mapeada, 27% dos segmentos foram classificados com ISL 10 e 26 % com ISL 8. Esta elevada sensibilidade está relacionada com a presença do sistema estuarino-lagunar de Cananéia e Iguape que ocupa grande parte da área mapeada. As praias classificadas com ISL 3, estão presentes em 15% dos segmentos mapeados, caracterizando um litoral muito homogêneo (Figura 36).

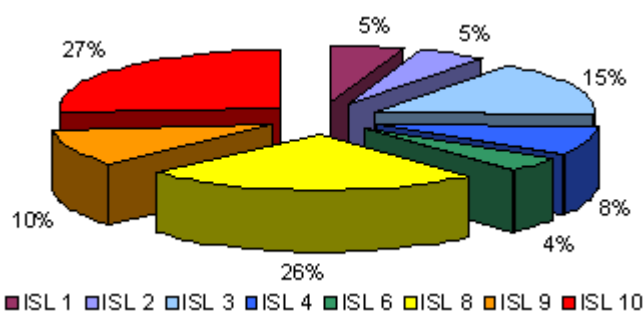


Figura 36. Sensibilidade do litoral nos dois setores mapeados (Baixada Santista e Litoral Sul).

4.1.2. Articulação das Cartas SAO

Foram elaboradas Cartas SAO operacionais, nas escalas 1:25.000 e 1:50.000; e cartas táticas na escala 1:150.000 (Figura 37). As áreas mais sensíveis, com litoral recortado, barras de rios e a região estuarina, foram representadas na escala 1:25.000.

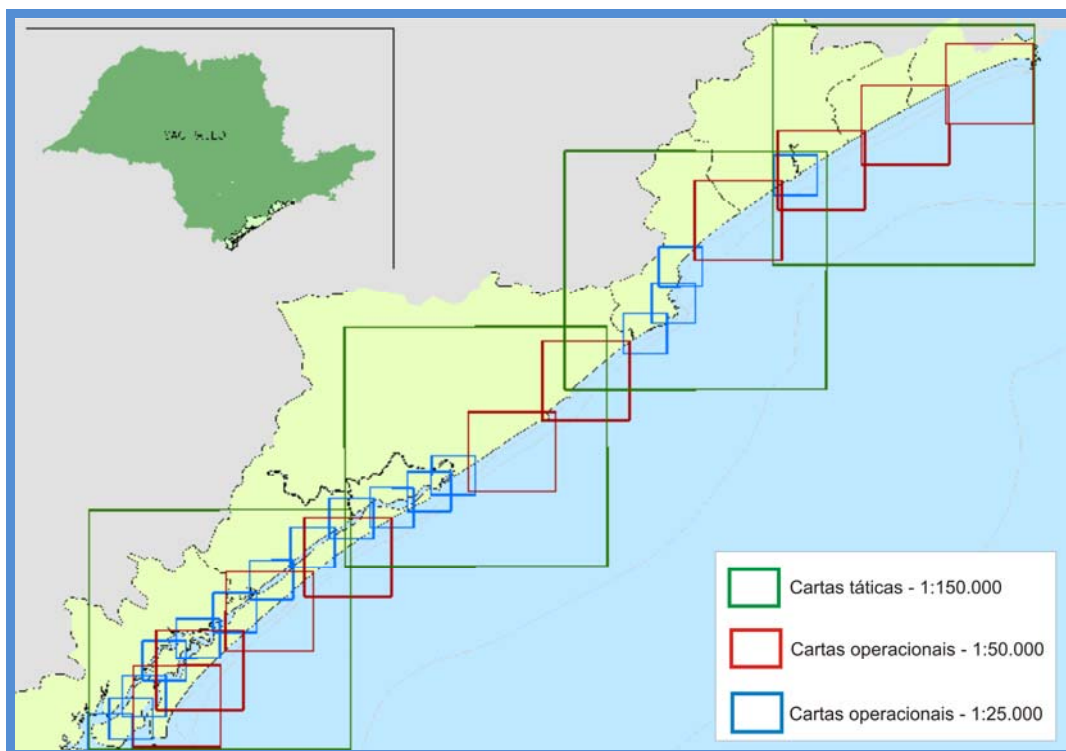


Figura 37. Articulação das cartas SAO e escalas de representação.

4.1.3. Procedimentos de limpeza e remoção

Quando um ambiente é atingido por óleo, é preciso dar início aos procedimentos de limpeza da área e remoção do poluente derramado. A escolha do procedimento de resposta deve ser feita com cautela, pois o método errado pode causar mais danos ao ambiente impactado pelo óleo. No caso de um manguezal, por exemplo, o pisoteio da área atingida para efetuar a limpeza pode permitir que o óleo atinja camadas mais profundas do solo, amplificando os efeitos negativos causados pelo derramamento. A seguir são descritos os métodos de limpeza recomendados e não recomendados para a região mapeada, segundo Lopes, Milanelli e Poffo (2006) e Cantagallo, Dias-Brito e Milanelli (2007).

- praia dissipativa de areia média a fina, exposta – ISL 3 e praia intermediária de areia média a fina, exposta – ISL 4:

- procedimentos recomendados: limpeza manual com a utilização de rodos de madeira, evitando assim, a retirada desnecessária de grande volume de sedimento. A limpeza com rodos deve ser feita apenas no supralitoral e região superior do mesolitoral. Na região

entremarés deve ser adotada a limpeza natural, onde a ação das ondas é eficiente para remover o petróleo, causando o menor impacto ao ambiente. O uso de absorventes também é indicado para a limpeza mais fina nesse tipo de ambiente.

- procedimentos não recomendados: utilização de pás, enxadas e máquinas pesadas para a remoção do óleo; utilização de dispersantes na areia.

- costões rochosos lisos de declividade média, expostos - ISL 2; costões rochosos heterogêneos ou matacões com declividade média, expostos - ISL 6 e costões rochosos lisos ou heterogêneos abrigados - ISL 8:

- procedimentos recomendados: bombeamento a vácuo, recolhimento manual, aplicação de absorventes, limpeza natural, lavagem com água corrente (antes de o óleo estar intemperizado), uso de esteiras e *skimmers*.

- procedimentos não recomendados: jateamento a alta pressão, jateamento a baixa pressão, jateamento com areia.

- manguezal – ISL 10, planície de maré lamosa abrigada não vegetada – ISL 9:

- procedimentos recomendados: limpeza natural; limpeza manual nas margens, utilizando embarcação leve, quando possível, evitando o pisoteio; esteiras recolhedoras, *skimmers*, bombeamento a vácuo nas áreas próximas aos manguezais; absorventes nas margens dos manguezais, com seu recolhimento após o uso.

- procedimentos não recomendados: jateamento, uso de dispersantes.

4.1.4. Áreas prioritárias de Proteção

As áreas com prioridade de proteção são determinadas considerando-se sua sensibilidade ao óleo, complexidade e diversidade biológica, potencial de recuperação após um impacto (resiliência), capacidade de resistir a impactos, facilidade de acesso, facilidade de limpeza e importância socioeconômica. Dessa forma, para a região mapeada, foram classificadas como área prioritária de proteção:

- a) Toda a área da Estação Ecológica Juréia-Itatins;

- b) Região estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape;
- c) Desembocadura do Rio Itanhaém (Itanhaém);
- d) Prainha, Guaraú e Guarauzinho (Peruíbe).

É importante ressaltar que as áreas recomendadas neste trabalho, como Áreas Prioritárias de Proteção, são sugestões que devem ser levadas em conta durante a emergência. Estas sugestões devem ter a aprovação do órgão ambiental, que tem autoridade e competência para avaliá-las.

4.1.5. Zonas de sacrifício

Quando os esforços para contenção da mancha de óleo não são suficientes, é preciso proteger as áreas prioritárias, utilizando para isso, as zonas de sacrifício. São áreas com baixa sensibilidade, fácil acesso e onde seja possível proceder as ações de limpeza e recolhimento, onde os danos causados pelo óleo possam ser facilmente mitigados, tanto ambientalmente como socioeconomicamente. A seguir são apresentadas algumas sugestões de zonas de sacrifício que devem ser avaliadas no caso de um derramamento de petróleo, em conjunto com órgãos ambientais competentes.

- a) Alguns trechos das praias de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, tomando o cuidado de restringir a chegada do óleo para que não atinja grandes áreas. A Figura 38 indica os pontos sugeridos como zona de sacrifício. Suas localizações foram definidas buscando proteger as áreas mais sensíveis na região que são as desembocaduras dos rios. Caso não seja contida antes de chegar na costa, a mancha que se encaminhar para as desembocaduras dos rios, poderia ser direcionada para áreas menos sensíveis e de fácil acesso;
- b) Buscando evitar que o óleo alcance áreas de proteção, como as Unidades de Conservação pertencentes ao Mosaico da Juréia, o costão rochoso na Praia do Canto, em Peruíbe (SPPE014-S) poderia ser utilizado como zona de sacrifício;
- c) Praia de Fora, em Ilha Comprida, na altura do Boqueirão (Figura 39). É uma área bastante urbanizada e de fácil acesso. O direcionamento do óleo para essa região

poderia evitar a chegada da mancha em áreas menos urbanizadas, onde o ambiente encontra-se ainda bastante preservado.

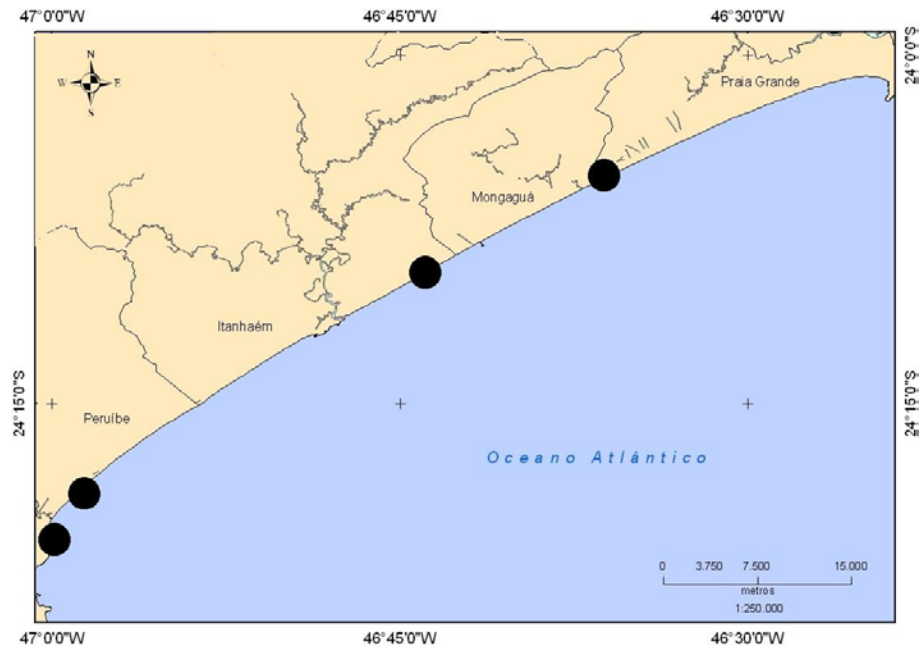


Figura 38. Zonas de sacrifício sugeridas nos municípios da Baixada Santista.

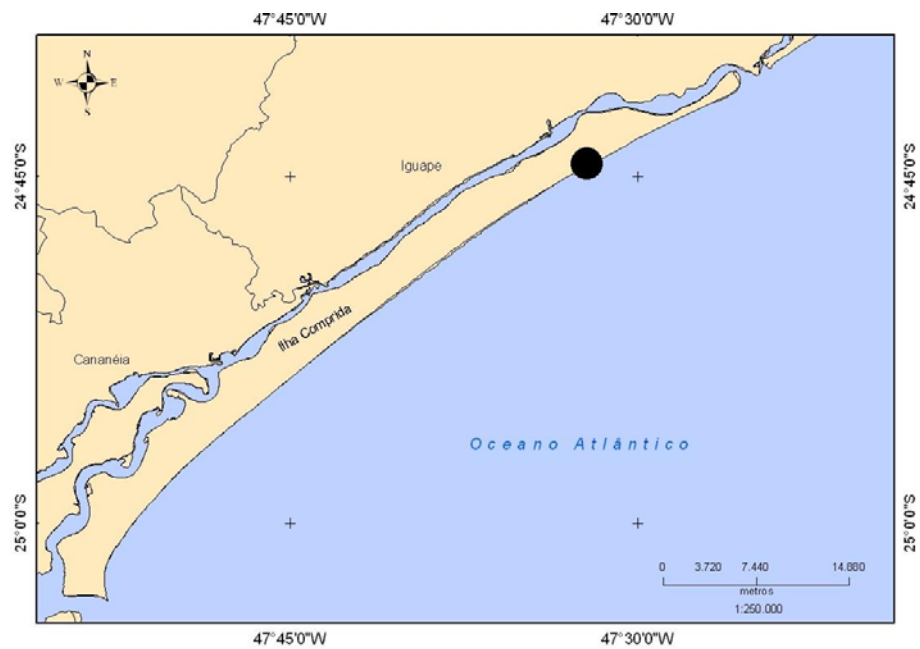


Figura 39. Zona de sacrifício sugerida na Praia de Fora, Ilha Comprida.

4.2. Mapas de vulnerabilidade ambiental ao óleo

Para que a mancha de óleo atingisse a espessura de 300 nm, determinada pelo IBAMA foi preciso rodar um cenário de 30 dias. Entretanto, segundo Poffo (2009), a elaboração de uma modelagem de 72 horas seria suficiente para que as ações de resposta a um derramamento possam ser planejadas (informação verbal). A diminuição no tempo de modelagem acarretaria em um menor custo, tornando todo o processo mais ágil. Segundo a CONAMA 398 (BRASIL, 2008), o tempo máximo para disponibilização dos equipamentos de resposta para grandes vazamentos é de 60 horas. Dessa forma, a realização de um cenário de 72 horas permitiria ao gestor avaliar o comportamento da mancha no tempo máximo permitido pelo órgão ambiental para que sejam tomadas as devidas providências de contenção.

O resultado da modelagem de inverno gerou uma mancha com aproximadamente 250 km de extensão e largura em torno de 80 km (em sua porção mais larga), podendo chegar até o litoral da Ilha do Cardoso, ao sul do estado de São Paulo (Figura 40). O cenário de verão gerou uma mancha com aproximadamente 120 km de extensão, com a maior largura em torno de 40 km, podendo chegar até o litoral de Iguape (Figura 41). É importante destacar que o resultado gerado pela modelagem em modo probabilístico não representa a extensão real da mancha e sim os possíveis locais por onde o óleo poderá se deslocar.

A mancha de óleo foi transportada predominantemente para Sudoeste, acompanhando a direção da linha de costa, nos cenários de verão e inverno. Como a circulação superficial na região é fortemente influenciada pelo vento, as características de ventos locais favorecem o deslocamento da mancha para Sudoeste, principalmente nos meses de maio e junho, correspondente aos meses de inverno utilizados na modelagem (Figura 42). A mancha de óleo gerada no cenário de verão atingiu uma área menor e menos homogênea, fato que pode estar relacionado com a grande variação na direção dos ventos durante os meses de fevereiro a abril (cenário de verão).

Nessa região do litoral brasileiro, atua o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul (ATAS), que é um centro de alta pressão com temperaturas estáveis e relativamente altas associados aos ventos alíseos de Nordeste e Leste (TESSLER; GOYA, 2005). Segundo os autores, as ondas que atingem a costa são forçadas pelos ventos alíseos em boa parte do ano (ondas de Nordeste). A atuação do ATAS, através dos ventos alíseos pode ter colaborado no deslocamento da mancha para a direção Sudoeste.

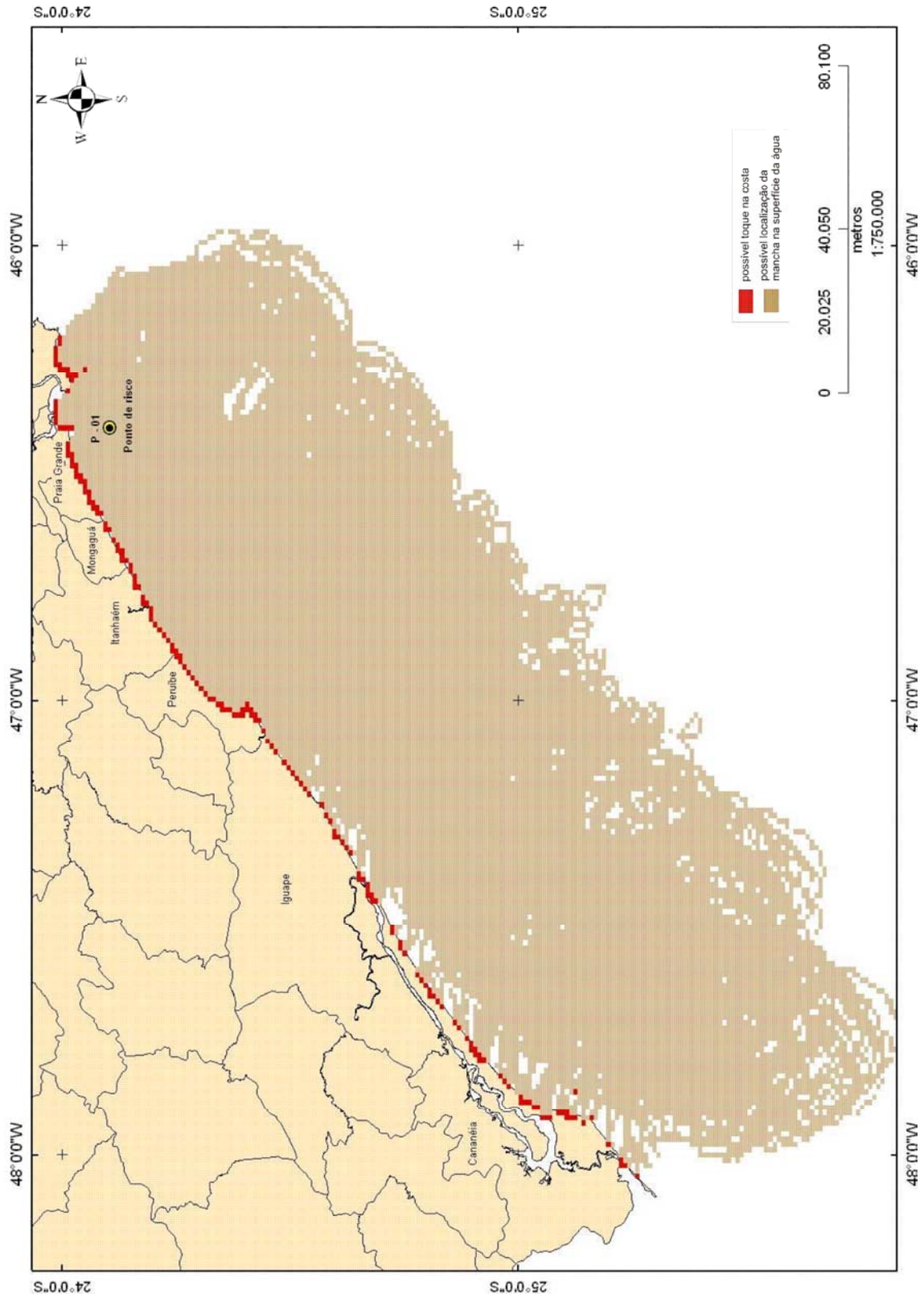


Figura 40. Possível extensão da mancha gerada pela modelagem numérica para o cenário de inverno na superfície da água e linha de costa (não representa a extensão real da mancha). O Ponto de Risco P-01 indica o local do vazamento.

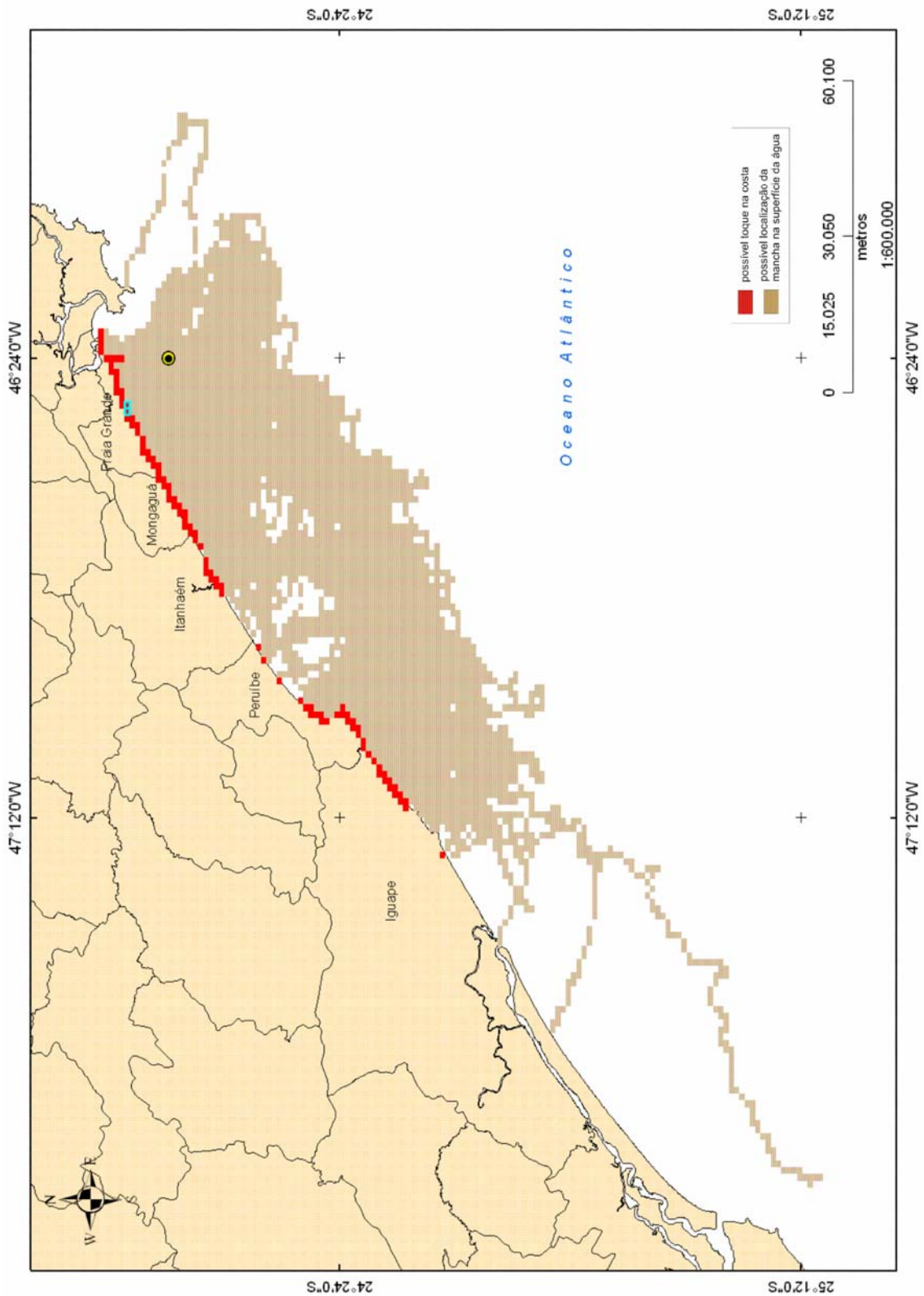


Figura 41. Extensão da mancha gerada pela modelagem numérica para o cenário de verão na superfície da água e linha de costa (não representa a extensão real da mancha).

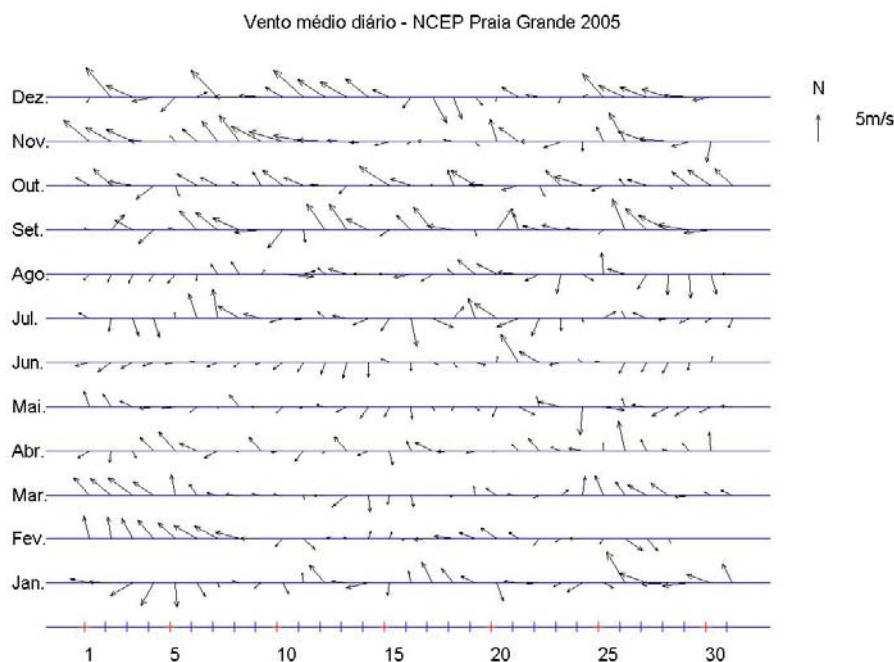


Figura 42. Diagrama de vetores de vento médio diário para os meses de janeiro a dezembro de 2005, para a região de Praia Grande (46°30'54,8"W e 24°2'31,6"S). (Dados provenientes do modelo meteorológico do “National Center for Environmental Prediction” - NCEP/ NOAA).

Além disso, a circulação nessa região sofre influência indireta da Corrente do Brasil, considerada a corrente mais importante ao longo da costa brasileira, fluindo na região do talude, com direção predominante para sul (SILVEIRA et al., 2000). Calil; Candella e Fragoso (2009) verificaram que o fluxo da Corrente do Brasil acompanha a orientação da quebra de plataforma, na direção Sudoeste, entre as isóbatas de 200 e 2.000 m. Souza (2000) observou a influência da Corrente do Brasil na isóbata de 100 m, com fluxo predominante para Sudoeste.

Em ambos cenários, probabilidades mais altas são encontradas próximo ao ponto onde ocorre o vazamento, diminuindo à medida que se afastam desse ponto. No cenário de inverno, probabilidades em torno de 50% são encontradas próximas ao litoral de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. No litoral dos municípios pertencentes ao litoral sul (Iguape, Ilha Comprida e Cananéia) a probabilidade varia entre 5% e 25% (Figura 43). Durante o verão, probabilidades até 50% ocorrem no litoral dos municípios de Praia Grande e Mongaguá (Figura 44).

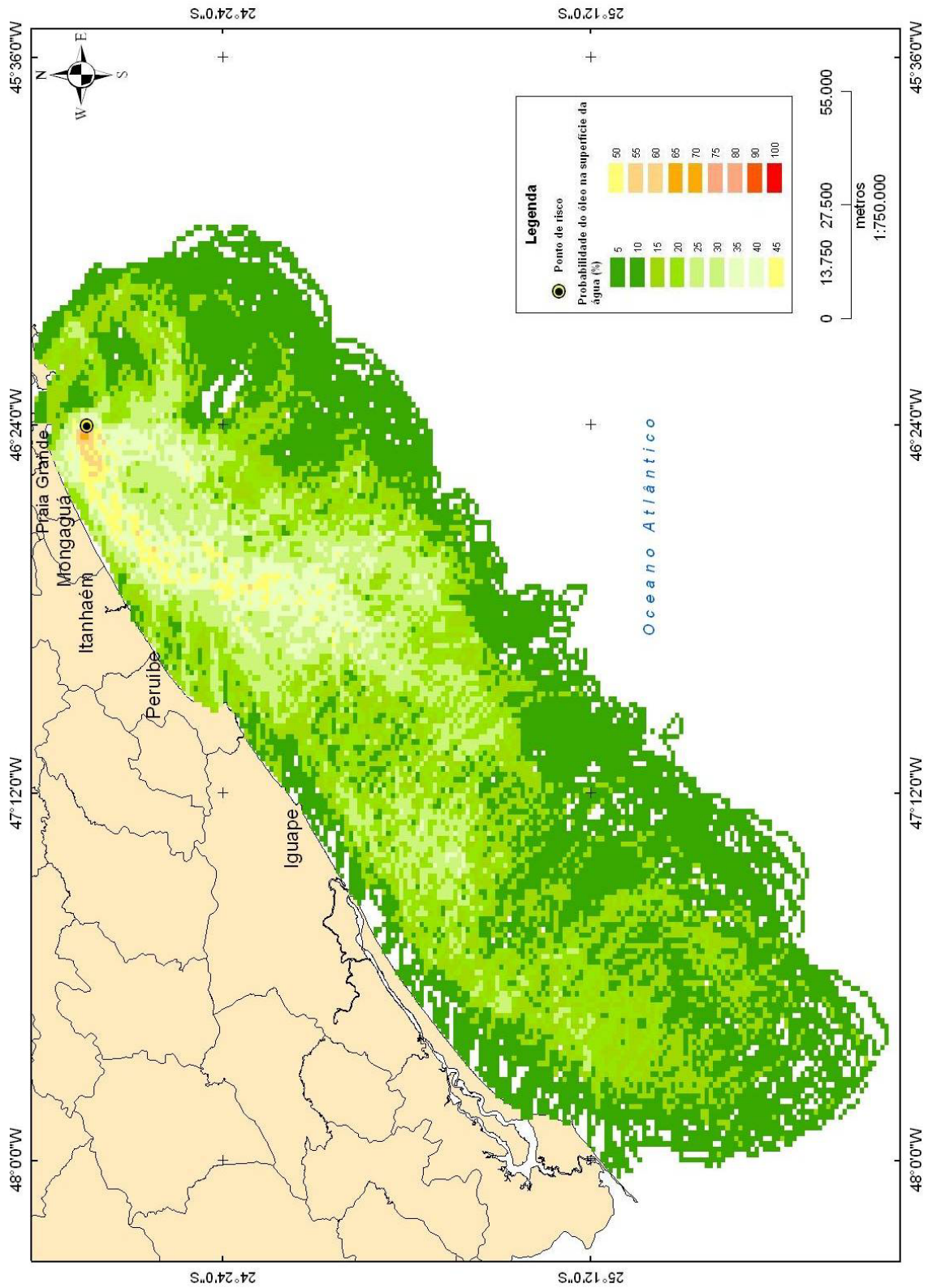


Figura 43. Contornos de probabilidade da mancha de óleo na superfície da água – cenário de inverno.

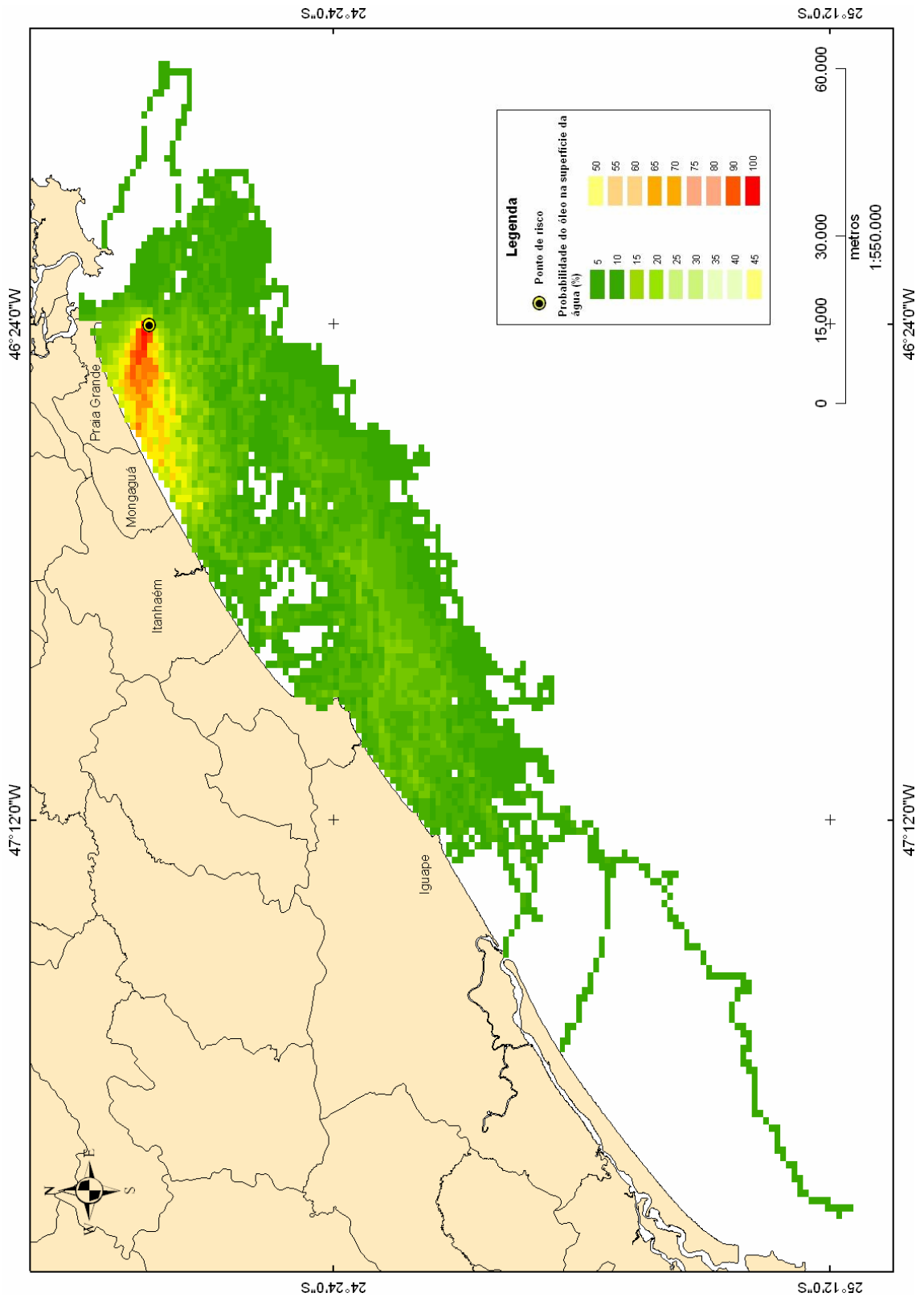


Figura 44. Contornos de probabilidade da mancha de óleo na superfície da água – cenário de verão.

Segundo o estabelecido pela resolução do CONAMA nº398 (BRASIL, 2008), na área mapeada, são consideradas vulneráveis as regiões de:

- a) Áreas residenciais, de recreação e outras concentrações humanas: presentes em quase toda a área mapeada, com exceção da região onde se localiza o Mosaico da Juréia-Itatins, nos municípios de Peruíbe e Iguape.
- b) Áreas ecologicamente sensíveis:
 1. Manguezais e estuários: presentes no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape;
 2. Locais de desova, nidificação, alimentação e reprodução: presentes no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape;
 3. Fauna e flora locais: região do Mosaico da Juréia-Itatins e sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape;
- c) Áreas de importância socioeconômica:
 1. Unidades de Conservação: toda a região costeira atingida pela mancha de óleo pertence às Unidades de Conservação, descritas no item 1.4 e representadas na Figura 2.
 2. Sítios arqueológicos: sambaquis localizados nos municípios de Ilha Comprida, Cananéia e Iguape.

Além dos fatores ambientais, fatores políticos e socioeconômicos, podem interferir na classificação dos ambientes quanto a sua vulnerabilidade. Por exemplo, caso um vazamento ocorra durante o mês de janeiro, quando uma quantidade muito grande de turistas frequenta as praias da Baixada Santista, estas praias podem ser classificadas com vulnerabilidades mais altas.

As figuras 45 e 46 mostram a localização da mancha nas primeiras 24 horas após o vazamento de inverno e verão, respectivamente. Caso os esforços de contenção não sejam realizados, o óleo é rapidamente espalhado, dando origem a uma mancha de aproximadamente 440 km², no inverno e 330 km² no verão, em apenas 24 horas. Nas condições meteorológicas e oceanográficas de inverno, o primeiro toque na costa ocorre 20 horas após o vazamento, na região da Praia Grande, em um ponto a aproximadamente 13 km de distância do ponto de risco, com coordenadas geográficas 46°30'54,8"W e 24°02'31,6"S

(Figura 47). Em condições de verão, o primeiro toque na costa ocorre 13 horas após o vazamento, em um ponto a aproximadamente 11 km do ponto de risco, com coordenadas 46°28'20"W e 24°01'55"S (Figura 48).

Essas informações geradas a partir dos resultados de uma modelagem numérica são de extrema importância para um planejamento eficiente das ações de combate no caso de um acidente de derramamento de petróleo. Através desses resultados, é possível direcionar os esforços em campo para as áreas prioritárias, com maior probabilidade de serem atingidas pela mancha de óleo, assim como estabelecer locais estratégicos para armazenamento de equipamentos que serão utilizados durante as operações de resposta.

Um combate eficiente pode evitar que a comunidade biológica presente na região do mesolitoral e supralitoral seja atingida pelo óleo. Muitos autores descrevem os efeitos que podem ser observados em campo após um vazamento de óleo, onde as espécies presentes no mesolitoral e supralitoral são inicialmente mais impactadas (CHAN, 1973; THOMAS, 1973; CHAN, 1975; THOMAS, 1978; LINDEN, et al., 1979; GEYER, 1980; CONCAWE, 1998).

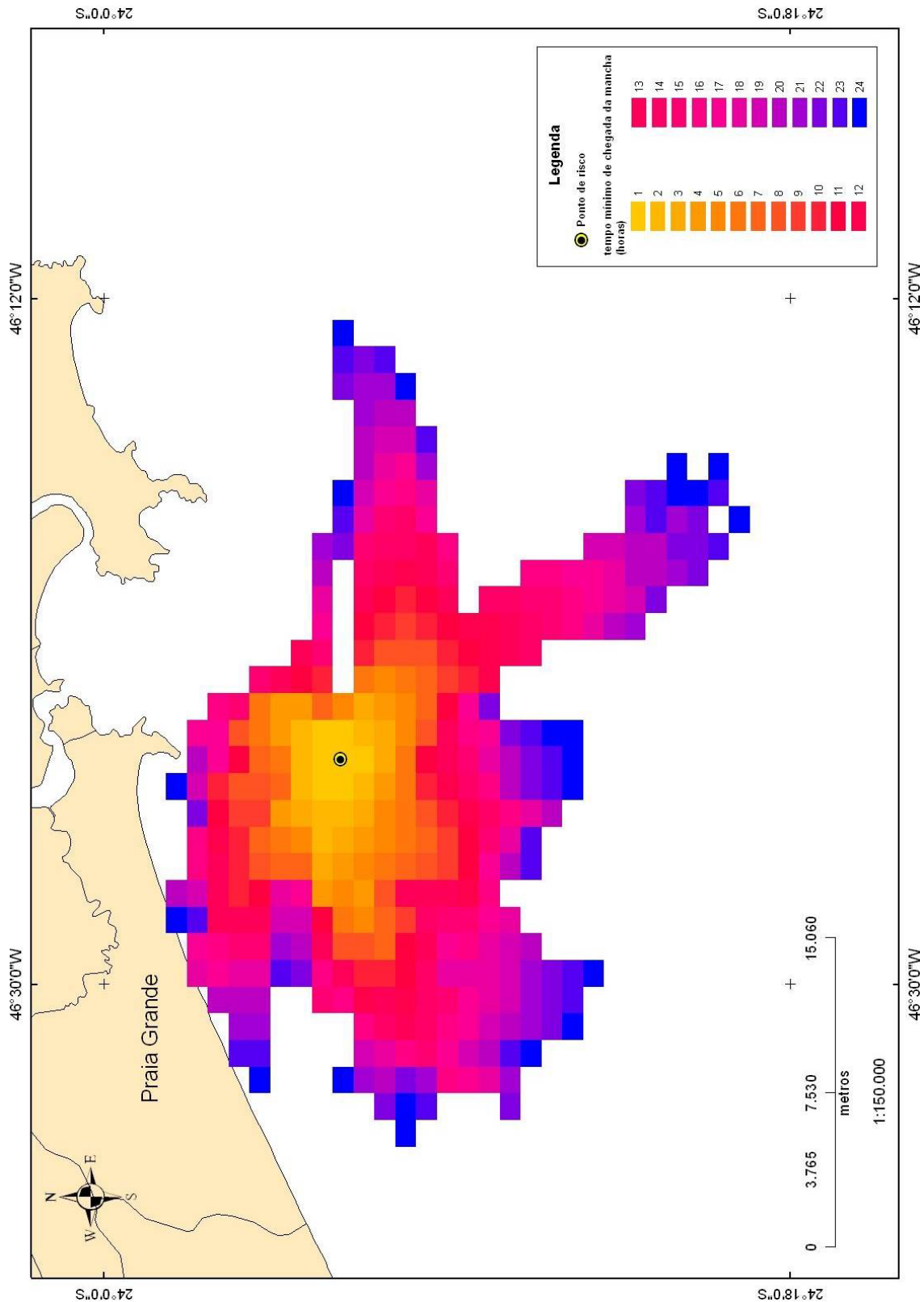


Figura 45. Tempo (horas) mínimo de chegada da mancha de óleo (superfície) – cenário de inverno.

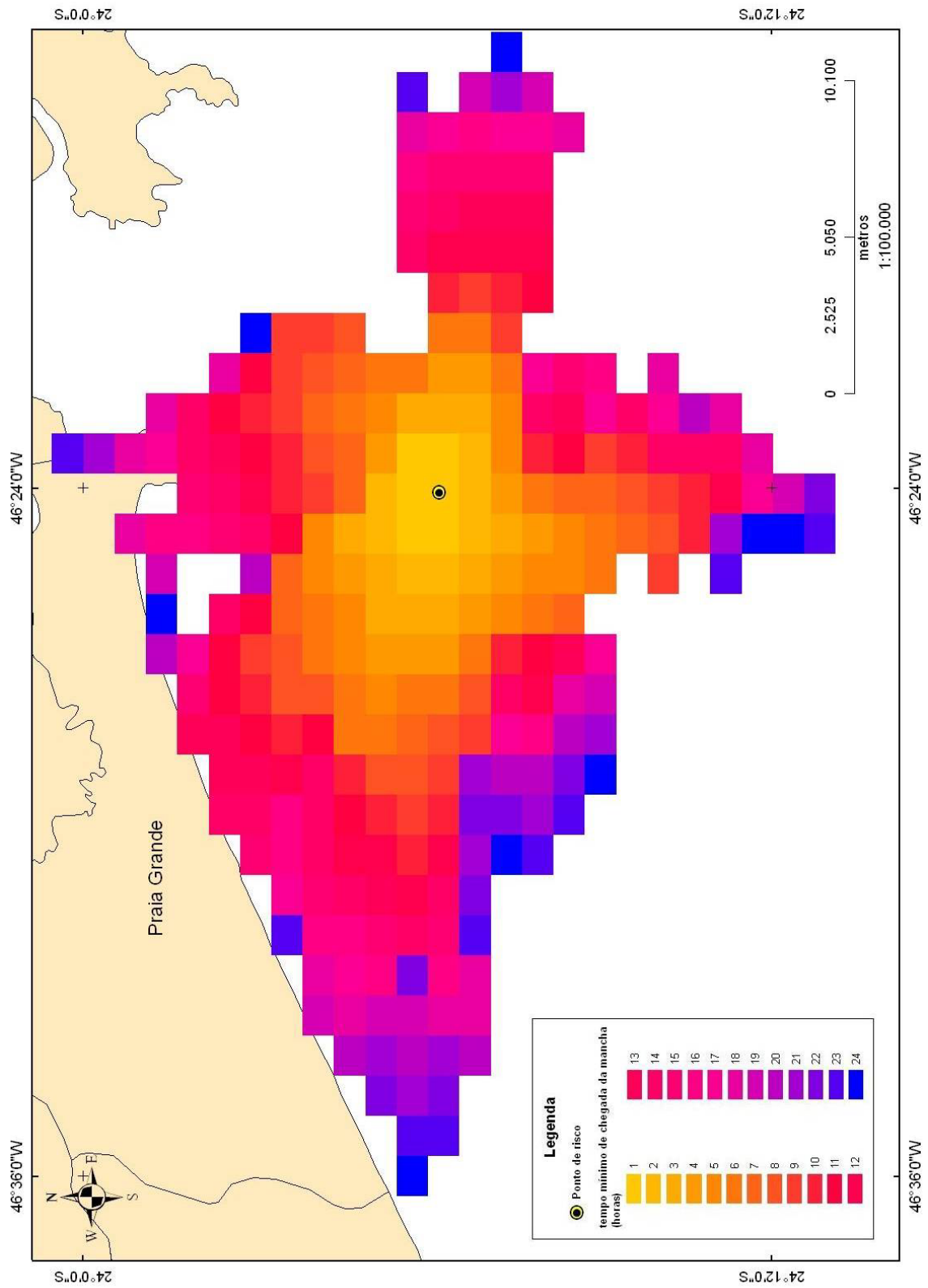


Figura 46. Tempo (horas) mínimo de chegada da mancha de óleo (superfície) – cenário de verão.

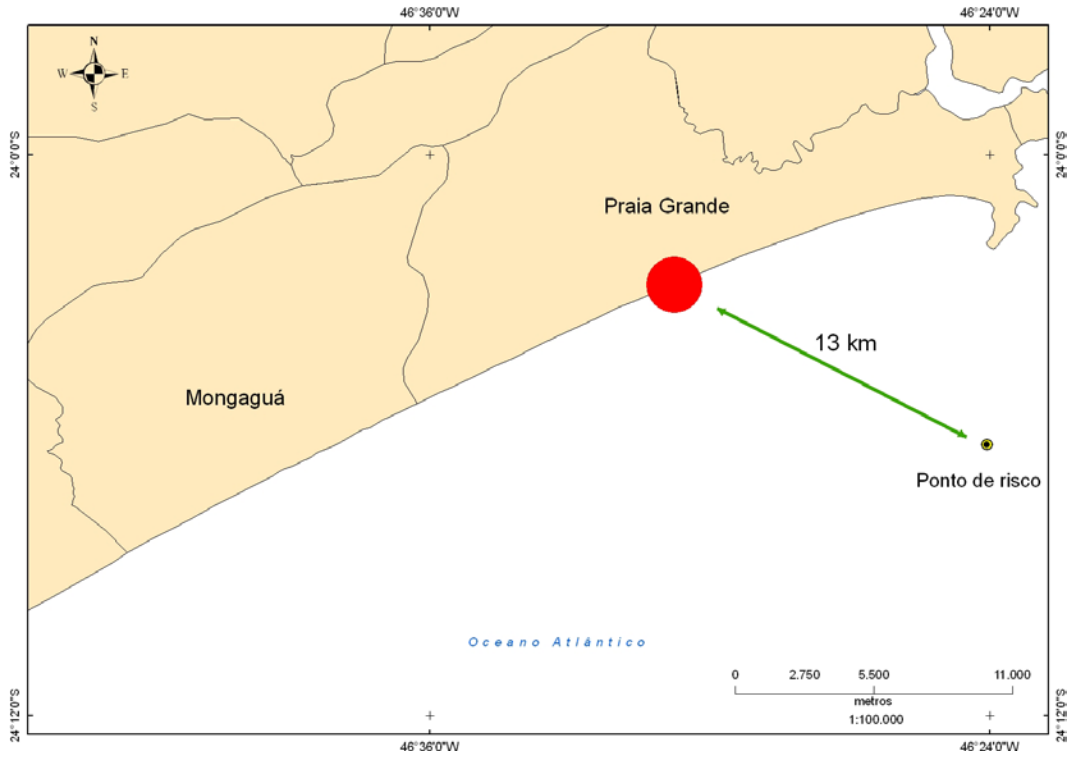


Figura 47. Primeiro toque na costa, após 20 horas de vazamento, a aproximadamente 13 km de distância do ponto de vazamento (cenário de inverno).

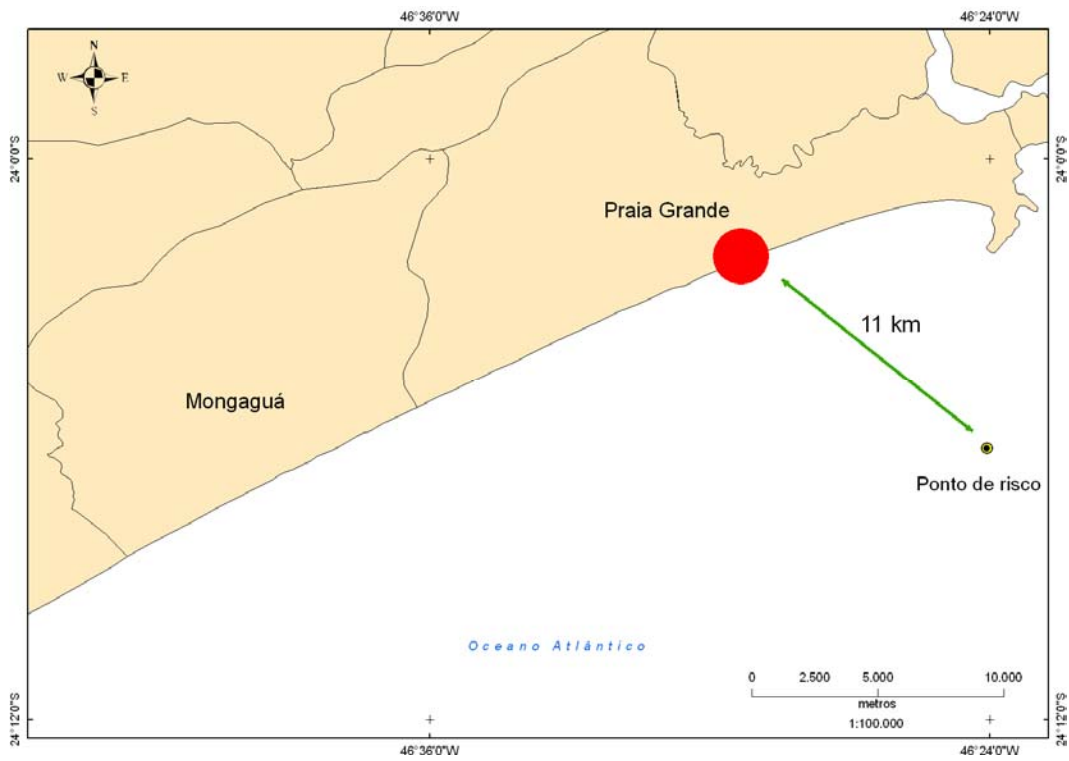


Figura 48. Primeiro toque na costa, após 13 horas de vazamento, a aproximadamente 11 km de distância do ponto de vazamento (cenário de verão).

A modelagem de coluna d'água para o período de inverno não apresentou óleo dissolvido na água. Isso provavelmente ocorreu devido às características físico-químicas do óleo, com baixa solubilidade em água. Entretanto, as condições de vento e corrente foram suficientes para que ocorresse o entranhamento, com a formação de gotículas de óleo que permanecem em suspensão na coluna d'água. Segundo Neff e Anderson (1981), devido às características físico-químicas do óleo combustível pesado, como sua alta viscosidade e densidade, ao invés de dissolver, o óleo tende a se misturar à coluna d'água, formando gotículas em suspensão.

A figura 49 apresenta os valores de concentração máximos de óleo disperso na coluna d'água (ppb) para o cenário de inverno, com valores mais elevados encontrados próximos ao ponto de vazamento (1.725 ppb a 43 ppb). No cenário de inverno, concentrações entre 1ppb e 10 ppb podem ser observadas próximas ao ponto de vazamento e em alguns pontos ao longo da costa afetada (até aproximadamente 100 km do local do vazamento), afetando o litoral de Praia Grande.

A mancha de óleo entranhada no cenário de verão apresentou comportamento diferente do inverno, com maiores concentrações (até 50 ppb) presentes nos litorais tanto de Praia Grande, como de Mongaguá (Figura 50).

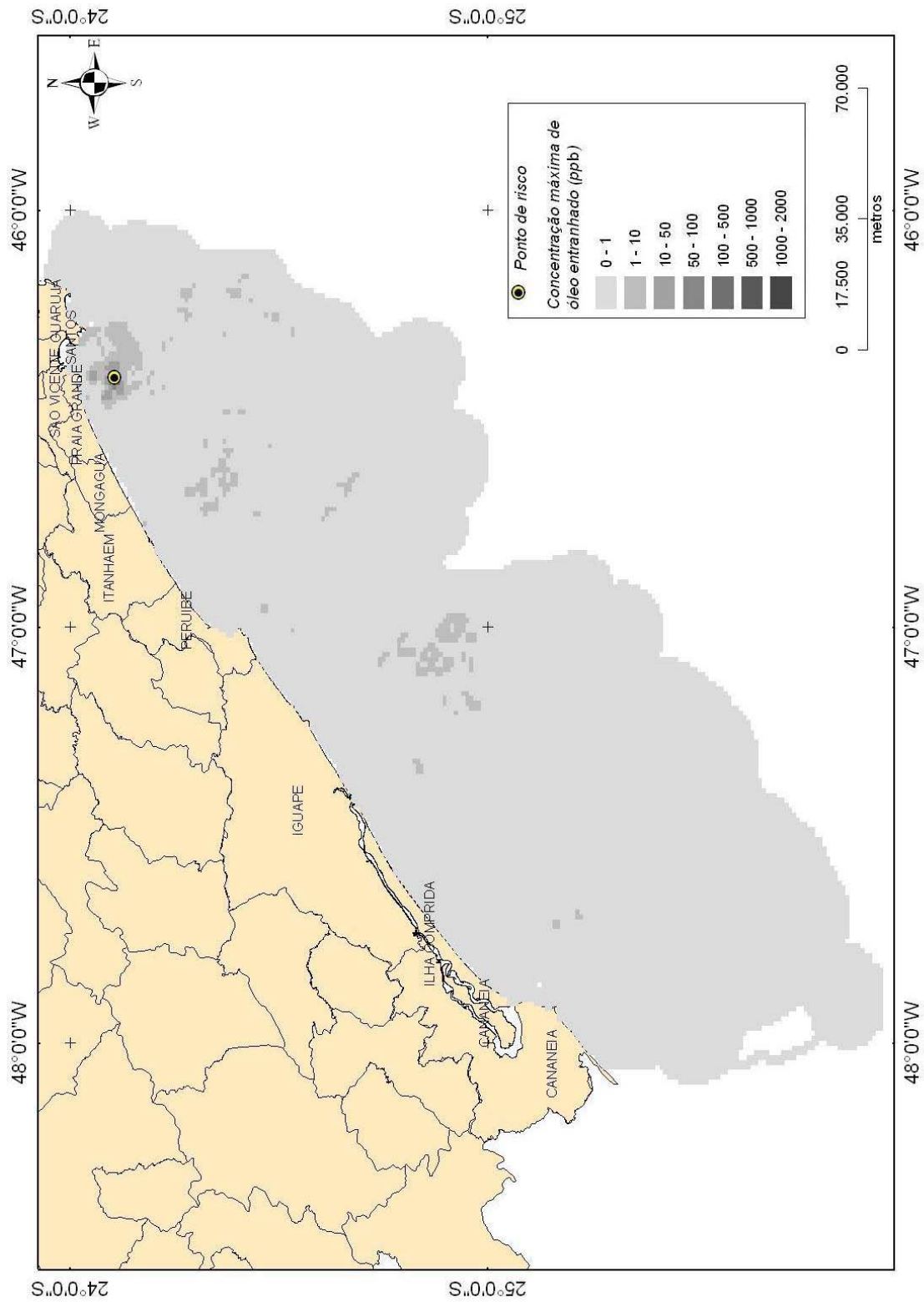


Figura 49. Valores máximos de concentração de óleo entranhado (ppb - coluna d'água) – cenário de inverno (não representa o tamanho real da mancha).

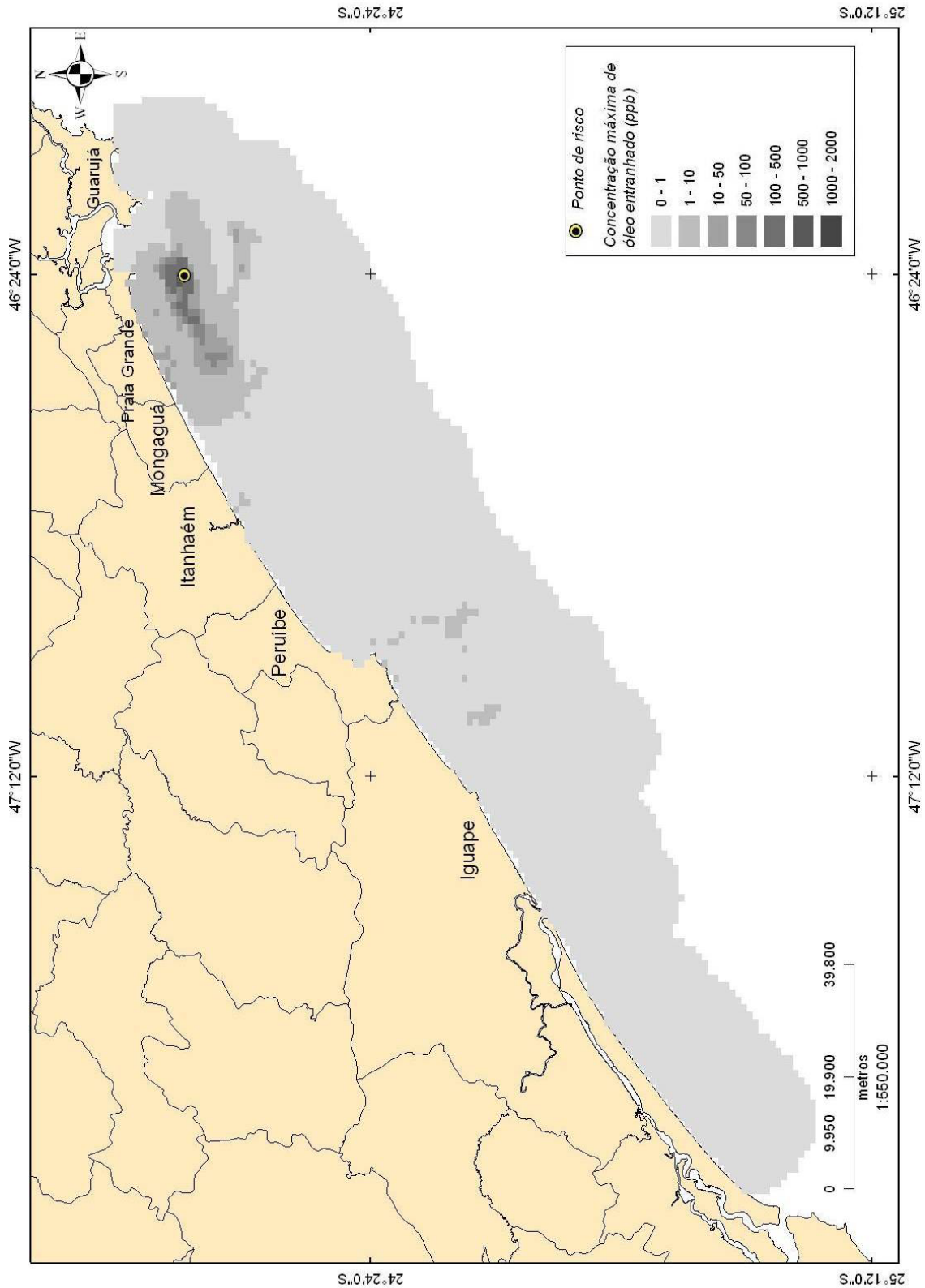


Figura 50. Valores máximos de concentração de óleo entranhado (ppb - coluna d'água) – cenário de verão (não representa o tamanho real da mancha).

Nos dois cenários (verão e inverno), a concentração de óleo disperso na maior parte da mancha está entre 0 e 1 ppb, provavelmente devido à grande incidência de ventos com velocidade abaixo de 12 nós, favorecendo a ressuspensão das gotículas dispersas na coluna d'água (FRENCH et al., 1999). Ventos com velocidade acima de 12 nós, aproximadamente, formam ondas que quebram na superfície da água promovendo o entranhamento do óleo. Quanto maior a velocidade do vento e conseqüentemente, maior turbulência, maior é o entranhamento e menores são as gotículas entranhadas. Quando a velocidade do vento é menor que 12 nós, aproximadamente, as gotículas maiores de óleo voltam à superfície (FRENCH et al., 1999; FRENCH-McCAY; PAYNE, 2001; FRENCH-McCAY, 2002). No cenário de verão, concentrações acima de 10 ppb são encontradas em toda extensão do litoral da Praia Grande. Já no cenário de inverno, as concentrações acima de 10 ppb estão localizadas mais próximas ao ponto de vazamento de óleo.

As menores gotículas de óleo permanecem entranhadas na coluna d'água por um período indeterminado. Quando as gotículas estão na coluna d'água, ocorre a dissolução dos componentes leves e solúveis (FRENCH-McCAY; PAYNE, 2001). Segundo os autores, alguns processos podem diminuir a taxa de entranhamento como a formação de emulsificação (aumento da viscosidade); adsorção das gotículas às partículas em suspensão, removendo o óleo da coluna d'água; a chegada da mancha na costa; e a limpeza mecânica ou queima da mancha na superfície.

De acordo com Tsvetnenko (1998), o total de hidrocarboneto de petróleo presente na água não deve exceder 0,7 ppb. Estudo realizado no Golfo Árabe, após vazamento de petróleo registrou concentrações de hidrocarbonetos de petróleo em sub-superfície variando entre 10 µg/l (1 ppb) e 1.510 µg/l (151 ppb) (SHRIADAH, 1998). O autor considera que valores próximos a 1 ppb não representam contaminação significativa, por corresponder à concentração encontrada em ambientes não poluídos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1975, *apud* SHRIADAH, 1998). Estudo realizado utilizando o modelo SIMAP para determinação do impacto de um vazamento de óleo (nº6 *fuel oil*) considerou concentração de 10 ppb de óleo na coluna d'água como limite da modelagem (FRENCH et al., 1999).

Não existe legislação no Brasil específica para regulamentar o limite de concentração de petróleo na água do mar capaz de causar impactos aos organismos marinhos. A resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as

condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”, determinando que óleos e graxas devam estar virtualmente ausentes em águas das classes 1 e 2, sem entretanto, determinar um valor limite de concentração. A resolução CONAMA 393, de 8 de agosto de 2007 (BRASIL, 2007), “dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências”. Os valores de concentração definidos por esta resolução são altos, com concentração média mensal de óleos e graxas presentes de até 29 mg/L e valor máximo diário de 42 mg/L. Segundo essa resolução, as plataforma marinhas, enquanto não houver enquadramento específico, estão localizadas em águas salinas Classe 1, conforme definição constante na resolução CONAMA 357 (destinadas a: (a) recreação de contato primário; (b) proteção das comunidades aquáticas; e (c) aqüicultura e atividade de pesca).

A presença de óleo entranhado na coluna d’água pode ocasionar uma série de danos aos organismos presentes nesse ambiente, por exemplo, com a ingestão de gotas de óleo e incorporação do óleo em partículas fecais do zooplâncton (LEE, et al., 1985; CONCAWE, 1998). A exposição dos organismos a um óleo pesado pode causar danos subletais como diferenças na taxa de respiração, diminuição no consumo de oxigênio, mudança no tempo de maturação de estágios larvais, entre outros (ANDERSON, et al., 1974; STROBEL; BRENOWITZ, 1981; CONCAWE, 1998). Spaulding et al (1996), ao estudar o impacto de um vazamento de petróleo ocorrido em Rhode Island (EUA), verificaram que a pluma de óleo entranhada na coluna d’água teve grande impacto sobre os organismos bentônicos, fato comprovado pela morte de um número significativo de lagostas (SPAULDING et al., 1996).

Estudos indicam que mais de 50% da fração de hidrocarbonetos insolúveis dispersa na coluna d’água é removida pela matéria particulada em suspensão (orgânica e inorgânica), contribuindo para o transporte do poluente da superfície para o fundo dos oceanos (LEE, 2002; GEARING, et al., 1980; WADE; QUINN, 1980). Esse fenômeno ocorre mais comumente em águas rasas com ação de ondas (FRENCH-McCAY; WHITTIER, 2003).

O cenário de verão apresentou concentração de aromáticos dissolvidos com valor máximo de 5,6 ppb (Figura 51). Este valor é menor do que a CL₅₀ determinada segundo método proposto pela CETESB para o MF-380 (6%). Essa discrepância se deve ao fato de o modelo SIMAP utilizar para o cálculo da concentração na coluna d’água, a fração de aromáticos dissolvidos (ANDERSON; THOMAS, 1998; FRENCH-McCAY, 2001; FRENCH-McCAY et al., 2003), enquanto que o método da CETESB apresenta o resultado referente à fração hidrossolúvel do petróleo. Para que seja possível avaliar os impactos

decorrentes da ação dos aromáticos dissolvidos na coluna d'água, optou-se por apresentar o mapa de vulnerabilidade com a concentração expressa em valores máximos de concentração de aromáticos dissolvidos (PPM), ao invés dos contornos de probabilidades em porcentagem (%). Este mapa é apresentado no Volume 2 desta tese.

Essa diferença de valores não implica em mudança no comportamento do óleo na água, que continua apresentando alta toxicidade para os organismos aquáticos, nem desqualifica o teste padronizado pela CETESB (SÃO PAULO, 1998). Entretanto, para analisar os resultados de concentração do óleo na coluna d'água, gerados pelo SIMAP, é preciso utilizar valores referentes à concentração da fração aromática dissolvida.

Essa diferença de valores de concentração foi discutida por Vieira (2004), que em seu estudo, encontrou valores de CL_{50} para benzeno e tolueno de 95 ppb e 235 ppb, respectivamente, utilizando como organismo teste um misidáceo (*Metamysidopsis elongata atlantica*). Segundo a autora, considerando que as CL_{50} encontradas neste estudo não são referentes às concentrações dissolvidas, mas sim à massa colocada em solução, não havendo dissolução completa dos compostos, a toxicidade real de benzeno e tolueno para *M. e. atlantica* pode ser ainda maior, com valores de CL_{50} menores do que os encontrados.

Após o acidente ocorrido na Baía de Guanabara em janeiro 2000, onde 1.300 m³ de MF-380 foram derramados, foram realizadas análises toxicológicas para quantificação do possível impacto ao ambiente. A CETESB realizou o teste segundo norma técnica deste órgão ambiental para teste de toxicidade aguda em água do mar (L5.251), apresentando como resultado: CL(I)50: 6%, 96hs, sendo considerado um produto de elevada toxicidade. Na mesma época a PETROBRAS realizou teste de toxicidade aguda para o mesmo óleo, utilizando método diferente alcançando como resultado valores de concentração de 20 a 50% de fração de óleo dispersa em água. O resultado obtido pela PETROBRAS indica que o MF-380 não possui toxicidade, apresentando baixo potencial de impacto para organismos presentes na coluna d'água. Entretanto, análises realizadas em aves atingidas pelo óleo indicaram intoxicação aguda devido à presença de óleo no trato digestivo e respiratório de biguás, garças e socós (MILANELLI et al., 2000).

Outros modelos tridimensionais podem calcular a dissolução do óleo de maneira diferente do SIMAP, como por exemplo, o modelo numérico proposto por Monteiro, Soares e Fernandes (2006). Os autores propõem um modelo numérico para a previsão do comportamento da fração solúvel do óleo na água.

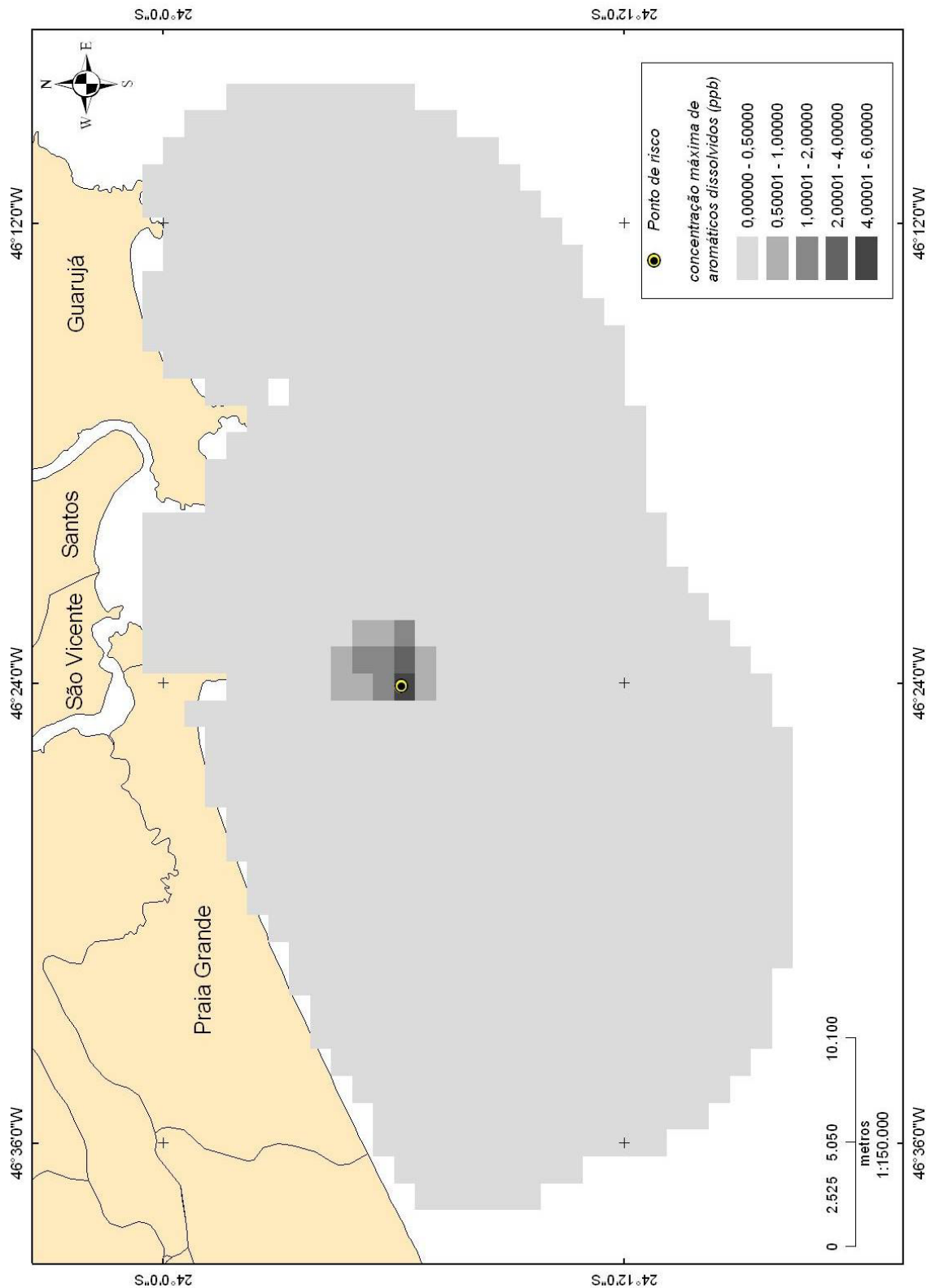


Figura 51. Concentração máxima de aromáticos dissolvidos (ppb) – cenário de verão.

Para que os mapas de vulnerabilidade gerados por diferentes autores possam ser comparados e até mesmo unificados, é fundamental a padronização no método de obtenção da CL_{50} , bem como dos parâmetros a serem utilizados pelo modelo numérico. Esta padronização deve ser feita pelo órgão ambiental competente.

Outros estudos foram realizados a fim de investigar o comportamento do óleo em subsuperfície como em Pinheiro et al. (2005) e Hargreaves et al. (2005) que utilizaram o modelo numérico OSCAR (Oil Spill Contingency and Response), apresentando entre os resultados, a espessura da mancha na coluna d'água e a distribuição do óleo em seções transversais. Apesar de apresentar o comportamento do óleo na coluna d'água, os resultados obtidos pelo OSCAR não mostraram a concentração da fração solúvel, responsável pelo potencial tóxico do petróleo.

A compreensão do comportamento da mancha de óleo na coluna d'água é fundamental para a quantificação do real impacto causado por um vazamento (FRENCH-McCAY, 2001). Durante as operações de combate a um derramamento de óleo é possível visualizar e acompanhar a trajetória da mancha que se encontra apenas na superfície da água, portanto, a utilização de modelos numéricos tridimensionais como o SIMAP oferece ao gestor a possibilidade de identificar e acompanhar o possível deslocamento da mancha dissolvida ou entranhada na coluna d'água.

5. CONCLUSÃO

A elaboração de Cartas SAO em escala operacional mostrou-se bastante útil na identificação de ambientes com extensão reduzida, como pontos de costões e pequenas faixas de areia no interior do estuário. Este detalhamento permite que as ações de combate sejam melhor direcionadas, uma vez que é possível identificar com precisão o início e fim de cada ambiente.

Do total de segmentos mapeados, 63% representam ambientes com elevada sensibilidade, classificados com ISL 8, 9 ou 10. As áreas mais sensíveis estão localizadas no litoral sul, principalmente no interior do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, onde predominam manguezais e outros ambientes abrigados extremamente sensíveis.

Devido a essa característica, poucas áreas foram selecionadas como zonas de sacrifício, principalmente no litoral sul, onde apenas uma região foi destinada a esse uso, localizada na Praia do Boqueirão, em Ilha Comprida. As zonas de sacrifício têm o intuito de evitar que uma mancha de óleo alcance ambiente com elevada sensibilidade, onde a limpeza não é recomendada e o tempo de recuperação deste ambiente é muito elevado. Estes ambientes são manguezais, baixios lodosos abrigados e áreas com vegetação alagada, presentes no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape e no interior dos rios que deságuam no litoral da Baixada Santista. Dessa forma, foram selecionadas áreas próximas à

estes ambientes para serem utilizadas como zonas de sacrifício caso os esforços de contenção da mancha em alto mar não sejam suficientes.

Por se tratar de área preservada, atuando como refúgio da vida silvestre no litoral paulista, a região onde se insere o Mosaico da Juréia-Itatins também deve ter prioridade de proteção durante um derramamento de óleo. Dessa forma, foi delimitada uma zona de sacrifício em um costão rochoso exposto, de fácil acesso, localizado na Praia do Canto, em Peruíbe.

O uso de um Sistema de Banco de Dados Geográfico associado às Cartas SAO, permite ao gestor uma rápida visualização das áreas a serem protegidas durante uma ação de emergência. Através do banco de dados é possível acessar inúmeras informações a respeito da sensibilidade (física, biológica e socioeconômica) e acessos disponíveis em camadas (*layers*) que podem ser selecionadas e acordo com o interesse no momento do planejamento ou das ações de combate em campo. É uma ferramenta importante que deve ser utilizada em conjunto com as Cartas SAO impressas, que representam as áreas sensíveis de maneira simples e de fácil visualização.

Para garantir a melhor gestão das áreas sensíveis em caso de acidente de derramamento de petróleo, é importante conhecer o comportamento sazonal das áreas mapeadas. Embora não tenha sido identificada nenhuma mudança sazonal na sensibilidade das praias neste estudo, outros autores registraram mudanças acentuadas em praias do litoral norte paulista (LIMA, 2007; PINCINATO, 2007).

Mudanças sazonais foram identificadas no setor socioeconômico, referente ao uso turístico, muito mais intenso durante os meses de verão. Essa sazonalidade pode interferir nas tomadas de decisão durante um evento de vazamento de óleo e deve ser considerada.

A inserção de fotos nas Cartas SAO permite que o gestor possa visualizar pontos importantes das áreas, auxiliando no processo de planejamento das ações de combate. Associadas ao banco de dados, essas fotos podem ser facilmente visualizadas.

O modelo SIMAP mostrou-se eficiente na realização de modelagem numérica que representasse a mancha de óleo na superfície da água, linha de costa e concentração de óleo na coluna d'água. Possibilitou uma representação adequada da massa d'água sujeita ao impacto tóxico do óleo, de forma dinâmica no tempo e espaço.

A elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo considerando sua concentração na coluna d'água mostrou-se um método eficiente na identificação das áreas que

podem ser impactadas, o que representa efetivamente um avanço sobre a simples representação dos contornos baseados em espessura de mancha. Através das informações contidas no mapa, o órgão ambiental competente pode avaliar os reais impactos causados à comunidade biológica na área atingida pelo vazamento, os quais podem estar muito além dos limites visuais do óleo na água. Por outro lado, conhecer o comportamento da mancha na superfície da água orienta as ações de combate, fundamentais para a contenção e remoção do óleo antes que este atinja os ambientes costeiros.

A realização deste estudo permitiu testar a metodologia proposta para a elaboração de mapas de vulnerabilidade, gerando conhecimento preliminar que poderá ser utilizado para futuras discussões a respeito do assunto. A utilização de modelos numéricos tridimensionais para elaboração de mapas de vulnerabilidade ainda não é utilizada no país e novos estudos devem ser realizados dentro desta linha de pesquisa. Diante das constatações obtidas no presente trabalho, é fundamental que os padrões estabelecidos pelo governo contemplem o cenário de toxicidade nos mapas de vulnerabilidade.

Os resultados da modelagem permitiram verificar que a falta de padronização na obtenção de valores de toxicidade do óleo pode dificultar a avaliação dos impactos causados por um derramamento, bem como a comparação e unificação de mapas elaborados por diferentes autores.

A elaboração de mapas de vulnerabilidade representando períodos de verão e inverno mostrou-se importante, com diferenças significativas no comportamento da mancha em superfície e coluna d'água durante os dois períodos. Ambientes com baixa vulnerabilidade durante o verão, podem ter uma maior vulnerabilidade durante o inverno, como ocorre com o litoral sul de Iguape, litoral de Ilha Comprida e sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. Diferenças sazonais de vulnerabilidade também foram encontradas nas praias da Baixada Santista, com probabilidades superiores a 50% encontradas nos litorais de Praia Grande à Peruíbe durante o inverno, e de Praia Grande à Mongaguá no verão.

O comportamento dos compostos aromáticos dissolvidos também variou sazonalmente, com a ausência destes nos cenários de inverno. Durante o verão, o óleo atinge a costa mais rapidamente, após 13 horas do derramamento, enquanto que, no inverno, a costa é atingida após 20 horas do derramamento. Portanto, é importante que a sazonalidade seja representada, pelo menos nos picos de verão e inverno.

Ressalta-se a extrema relevância da iniciativa do Ministério do Meio Ambiente em organizar e sistematizar os dados gerados por diferentes atores na construção de cartas SAO e mapas de vulnerabilidade na costa brasileira, para que em um futuro próximo tenhamos uma base de dados robusta e unificada como suporte efetivo no combate a grandes vazamentos de petróleo na costa brasileira, diante de novo cenário que se apresenta.

6. RECOMENDAÇÕES

- É necessário que se realize levantamento sazonal das características ambientais que determinam a sensibilidade das praias.
- A classificação dos costões rochosos segundo sua morfologia (rocha lisa, heterogênea, matacões) deve ser considerada para a determinação de sua sensibilidade. Novos estudos devem ser realizados a fim de se aprofundar o conhecimento nessa área.
- Novos estudos utilizando modelos numéricos tridimensionais devem ser realizados dentro desta linha de pesquisa, buscando uma melhor compreensão do comportamento da mancha na coluna d'água.
- Uma padronização no método de obtenção da CL_{50} , e dos parâmetros utilizados pelo modelo numérico deve ser realizada pelo órgão ambiental competente.
- Cenários de toxicidade devem ser adotados nos mapas de vulnerabilidade.
- É necessário que o órgão ambiental competente regulamente o limite de concentração de óleo na coluna d'água capaz de causar impactos aos organismos marinhos.
- Para a elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo, devem ser gerados cenários de 72 horas, suficientes para que a equipe de planejamento possa identificar as áreas prioritárias para as ações de combate.

7. REFERÊNCIAS

- ADAIME, R. R. Estudo da variação estacional do “standing-crop” e do repovoamento em um banco de *Spartina alterniflora* Loiseleur, 1807, no Complexo estuarino-lagunar de Cananéia. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo 27(2):1-43. 1978.
- ANDERSON, J. W.; NEFF, J. M.; COX, B. A.; TATEM, H. E.; HIGHTOWER, G. M. The effects of oil on estuarine animals: toxicity, uptake and depuration, respiration. **Pollution and Physiology of Marine Organisms**, p.285-310. 1974.
- ANDERSON, E.; THOMAS, R. Oil Spill Modelling – Effective Response & Contingency Planning Tools. Presented at: Oil Spill Response, 18 – 21 may, Orchard Hotel, Singapore, 1998.
- ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO). Disponível em: [HTTP://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round5/round5/santos.asp](http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round5/round5/santos.asp). Acesso em: 25 jun. 2008. Página atualizada em 2003.
- APPA (ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA). Disponível em: <http://www.portosdoparana.pr.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2008.
- ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; CARVALHO, M. T. M. Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo no Sistema PETROBRAS. In: Anais II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, SE, 10 a 12 nov. 2004. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/palestra14.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2009.
- ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo: Ambientes costeiros, estuarinos e fluviais**. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 2006.

- ARAÚJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. Manual básico para a elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema PETROBRAS. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 2001.
- ARAÚJO, R.N. **O cálculo do transporte de sedimentos litorâneo estudo de caso das praias de Suarão e Cibratel, município de Itanhaém, São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ARAÚJO, R.N. **A propagação e deformação das ondas, a dinâmica do transporte litorâneo e a evolução de linhas de costa em localidades do litoral paulista.** Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BACCI, E. **Ecotoxicology of organic contaminants.** Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, 1993.
- BADARÓ-PEDROSO, C. **Toxicidade crônica de amostras ambientais do Canal de São Sebastião e de substâncias puras a *Mysidopsis juniae* (Crustácea: Mysidacea).** Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- BAPTISTELLI, S.C. **Modelação numérica da circulação de correntes de maré induzidas pelo vento aplicada a estudos de disposição oceânica de efluentes na Praia Grande - São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- BARRON, M. G.; PODRABSKY, T.; OGLE, S.; RICKER, R. W. Are aromatic hydrocarbons the primary determinant of petroleum toxicity to aquatic organisms? **Aquatic Toxicology**, v. 46, p. 253-268, 1999.
- BARRON, M. G.; KA'AIHUE, L. Potencial for photoenhanced toxicity of spilled oil in Prince William Sound and Gulf of Alaska waters. **Marine Pollution Bulletin**, Inglaterra, v. 43, n. 1-6, p. 86-92, 2001.
- BENDAZOLI, A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; GIAMAS, M.T.D.; FROSCHE, L. Introdução. In: BENDAZOLI, A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (coords.). **A manjuba no Rio Ribeira de Iguape: biologia, comportamento e avaliação de estoque.** São Paulo, 1990. p.1-4.
- BÉRGAMO, A. L. **Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, Sul do Mar de Cananéia e Baía do Trapandé.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- BERNARDES, M. E. C. **Circulação estacionária e estratificação de sal em canais estuarinos parcialmente misturados: simulação com modelos analíticos.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B.; SOARES, A. G. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de Historia Natural**, 69, 565-577. 1996.

BRAGA, F. P. S.; SOUZA FILHO, P. W. M. Sedimentologia e morfologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. In: 4º PDPETRO, Campinas, SP, 21-24 outubro de 2007.

BRASIL. Decreto nº 90.347, de 23 de outubro de 1984. Dispõe sobre a implantação de área de proteção ambiental nos Municípios de Cananéia, Iguape, e Peruíbe, no Estado de São Paulo, e dá outras Providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 out. 1984.

BRASIL. Decreto nº 91.892, de 06 de novembro de 1985. Acresce áreas aos limites da Área de Proteção Ambiental - APA de Cananéia-Iguape e Peruíbe, declarada pelo Decreto nº 90.347 de 23 de outubro de 1.984, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 06 nov. 1985.

BRASIL. Lei nº9.966, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 abr. 2000.

BRASIL. Resolução CONAMA nº293, de 12 de dezembro de 2001. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, e orienta a sua elaboração. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 05 fev. 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/ IBAMA. **Modelagem de derramamento de óleo no mar**. Informação técnica ELP/IBAMA nº 023/02, 9p. 2002.

BRASIL. Decreto Federal nº4.871, de 11 de junho de 2003. Dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 07 nov. 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Gerenciamento Ambiental Territorial. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças climáticas e Qualidade Ambiental. **Atlas de Sensibilidade Ambiental da Bacia Marítima de Santos**. In: GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P. (Coordenadores). Brasília, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº393, de 08 de agosto de 2007. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 ago. 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 jun. 2008.

BRAZEIRO, A. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: What are the underlying factors? **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, Vol. 224. p. 35-44. 2001.

BURNS, K.A.; GARRITY, S.D.; JORISSEN, D.; LEVINGS, S.C. How Many Years Until Mangrove Ecosystems Recover from Catastrophic Oil Spills. **Marine Pollution Bulletin**, Inglaterra, v. 26, n. 5, p. 239-248, 1993.

BURNS, K.A. ; GARRITY, S.D. ; JORISSEN, D. ; MACPHERSON, J. ; STOELTING, M. ; TIERNEY, J. ; YELLE-SIMMONS, L. The Galeta Oil Spill. II. Unexpected Persistence of Oil Trapped in Mangrove Sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.38, p. 349-364, 1994.

CALIL, L. M.; CANDELLA, R. N.; FRAGOSO, M. R. Estudo do fluxo da Corrente do Brasil a partir de derivadores oceânicos. Disponível em : < http://www.prooceano.com.br/mondo/artigos/CALIL_et_al_2008.pdf>. Acesso em: jan. 2009.

CALIPPO, F.R. **Os sambaquis submersos de Cananéia: um estudo de caso de arqueologia subaquática**. Dissertação. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CANTAGALLO, C.; MILANELLI, J. C. C.; DIAS-BRITO, D. Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 2(1), p.1-12, 2007.

CAPUZZO, J. M. Predicting Pollution Effects in the Marine Environment. **Oceanus**, vol. 24, n.1, p. 25-33. 1981.

CARDOSO, C. D. P. **Estudo da macrofauna bêntica de praias arenosas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso como subsídio a elaboração de cartas de Sensibilidade Ambiental a derrames de petróleo**. Monografia (Bacharel em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

- CETEC. **Minuta preliminar do relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI 7.** 2000. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-BS/218/relbsseg.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2005.
- CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/oleo/a_toxicologicos.asp>. Acesso em: 16 mai. 2006.
- CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/panorama/panorama_2.asp>. Acesso em: 24 jun. 2008.
- CHABARIBERY, D.; ROMÃO, D.A.; BURNIER, D.M.F.; PEREIRA, L.B.; MATSUMOTO, M.; CARVALHO, M.; ROTH, M. Desenvolvimento sustentável da Bacia do Ribeira de Iguape: diagnóstico das condições socioeconômicas e tipificação dos municípios. **Informações Econômicas**, v.34, n.9, São Paulo, set. 2004.
- CHAN, G.L. A study of the effects of the San Francisco oil spill on marine organisms. In: Proceedings of Joint Conference, Whashington, DC, 13-15 mar, p. 741-781. 1973.
- CHAN, G.L. A study of the effects of the San Francisco oil spill on marine life. Part 2: Recruitment. In: Proceedings of Conference on prevention and control of oil pollution. 1975.
- CIRM (COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR). Agenda ambiental portuária, Brasília, 1998.
- CLARK, J. R. **Coastal zone management handbook**. Lewis Publishers, 1996.
- CLEVELAND, L.; LITTLE, E.E.; CALFEE, R.D.; BARRON, M.G. Photoenhanced toxicity of weathered oil to *Mysidopsis bahia*. **Aquatic Toxicology**, v. 49, p. 63-76, 2000.
- CONCAWE. Heavy fuel oils. Brussel, 1998. Disponível em: < http://www.accede.org/prestige/documentos/Tox_fuel_pesado.pdf>. Acesso em: 06 de fev. de 2009.
- CUNHA, I. A. Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias. **RAP Rio de Janeiro**, 40(6), p.1019-1040, nov/dez, 2006.
- CUNHA-LIGNON, M. **Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; LYONNET, A. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. **Journal Coastal Research**, 8, 830-839, 1992.
- DEVIDS. C.C. **Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de petróleo do Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2008.

- DEXTER, D. M. Community structure of intertidal Sandy beaches in New South Wales. Australia. In: Mclachlan, A.; Erasmus, T. (Eds), **Sandy beaches as ecosystems**. W. Junk, The Hague, 461-472, 1983.
- DIEGUES, A. C. **Ecologia Humana e Planejamento em Áreas Costeiras**. NUPAUB-USP, São Paulo, 1996.
- DIEGUES, A. C. (Coord.). **Populações Humanas na Estação Ecológica de Juréia-Itatins**. Série Documentos e Relatórios de Pesquisas n° 2. São Paulo, 2004.
- DTA Engenheira. **Plano de Trabalho para elaboração do EIA/RIMA Porto Brasil/ Complexo Industrial Taniguá, Peruíbe, SP**. 2007. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/Consema/convocatoria/Texto_Plano_Trabalho.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2008.
- EPA. **Understanding oil spills and oil spill response**. United States Environmental Protection Agency, 1999.
- FARINACCIO, A. **Alterações relacionadas à ação antrópica na dinâmica dos processos costeiros nas planícies da Praia Grande/ Moganguá e enseada de Caraguatatuba, SP**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química e Geologia). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- FERNANDES, R. S. R.; SOARES-GOMES, A. Community structure of macrobenthos in two tropical sandy beaches with different morphodynamic features, Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Ecology**, 27, pp. 160-169, 2006.
- FRENCH, D. P. Modeling the impacts of the North Cape oil spill. In: Proceedings of the 21st Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar, Edmonton, Alberta, p. 387-430, jun. 1998.
- FRENCH, D. P.; SCHUTTENBERG, H. Z.; ISAJI, T. Probabilities of oil exceeding Threshold of concern: examples from an evaluation for Florida Power and Light. In: 22th Arctic and Marine Oilspill (AMOP), Calgary, Alberta, Canada, June 1-4, 1999, vol.1, pp. 243-270.
- FRENCH-McCAY, D. P. Modelling oil and chemical spill impacts. **Sea technology**, 42(4), April 2001, pp. 43-49.
- FRENCH, D. P. Modeling oil spill impacts. In: GARCIA-MARTINEZ, R. and BREBBIA, C. (Eds.). **State of the Art in Oil Modelling and Processes**, WIT Press, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, UK, 2001a.
- FRENCH-McCAY, D. P. Modeling evaluation of water concentrations and impacts resulting from oil spills with and without the application of dispersants. **Journal of Marine Systems**, Special Issue, 2002.
- FRENCH-McCAY, D. P.; PAYNE, J. R. Model of oil fate and water concentrations with and without application of dispersants. In: Proceedings of the 24th Arctic and Marine Oilspill

- (AMOP) Technical Seminar, Edmonton, Alberta, Canada, June 12-14, 2001, Environment Canada, pp. 611-645.
- FRENCH, D. P. Oil spill impact modeling: development and validation. **Environmental Toxicology and Chemistry**, vol. 23, n°10, 2004.
- FRENCH McCAY, D. P.; ROWE, J. J.; WHITTIER, N.; SANKARANARAYANAN, S.; ETKIN, D. S. Estimation of potential impacts and natural resource damages of oil. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 107/1-2, pp. 11-25, 2003.
- FRENCH McCAY, D. P.; WHITTIER, N. Modeling Assessment of potential fates and exposure for Orimulsion and Heavy Fuel Oil spills. In: Proceedings of International Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington, DC, April 2003.
- FRENCH McCAY, D. Modeling impacts of oil and chemical releases. **Sea technology**. Sep. 2006.
- FULFARO, V.J.; COIMBRA, A.M. As praias do litoral paulista. **XXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Resumos**. 1972. Pp.253-255.
- GANDRA, M. S.; BEMVENUTI, C. E.; ANGONESI, L. G.; COLLING, L. A.; PEDERZOLLI, E.; FRONZA, L. Efeitos do petróleo sobre a associação de macroinvertebrados bentônicos na Praia do Cassino, extremo sul do Brasil. In: 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, Salvador, BA, 2-5 de outubro de 2005.
- GEARING, P. J.; GEARING, J. N.; PRUELL, R. J.; WADE, T. L.; QUINN, J.G. Partitioning of n° 2 fuel oil in controlled estuarine ecosystems: sediments and suspended particulate matter. **Environmental Science and Technology**, 14, p. 1129-1136, 1980.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. **Reports and Studies GESAMP**, n. 50, 180p., 1993.
- GEYER, R. A. Marine environmental pollution. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publishing Company. 1980.
- GIANNINI, P. C. F. **Sedimentação quartenária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- HARGREAVES, F. M.; SÃO THIAGO, P. M.; PINHEIRO, F. M.; BAPTISTA, M. C.; CABRAL, A. P. Integração de dados multi-fonte e modelagem matemática no apoio às atividades offshore de exploração e produção de petróleo. In: Anais do II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória, ES, 9 a 12 de outubro de 2005.
- HERZ, R. Os manguezais do Brasil. São Paulo. IOUSP-CIRM, 233p. 1991.
- HOFF, R. (Ed.). **Oil spills in mangroves – Planning and response considerations**. Washington: NOAA, 2002.

HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON Jr., G. A.; CAIRNS Jr., J. **Handbook of ecotoxicology**. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, 1994.

ISLAM, Md. S; TANAKA, M. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, p. 624-649, 2004.

IBAMA. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>> Acesso em: 15 ago. 2006.

IPIECA. **Guía para la planificación de contingências ante derrames de hidrocarburos em água**. Série de informes de IPIECA. V. 2. p. 28, 2000.

ITOPF. **Effects of marine oil spill**. Technical Information Paper, 10. London, 1985.

ITOPF. **ITOPF handbook 2004/2005**. London, UK, 2005.

KINGSTON, P. F. Long-term environmental impact of oil spills. **Spill Science & Technology Bulletin**, v. 7, n. 1-2, p. 53-61, 2002.

KITZMANN, D.; ASMUS, M. Gestão Ambiental portuária: desafios e possibilidades. **RAP Rio de Janeiro**, 40(6), p.1041-1060, nov/dez, 2006.

KOKUBO, M. C. C. **Levantamento, sistematização das informações das aves do Litoral Paulista para o banco de dados da carta SAO e classificação dos grupos quanto à sensibilidade ao óleo**. Trabalho de conclusão (bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade estadual Paulista, 2007.

LACAZE, J. C.; VILLEDON DE NAIDE, O. Influence of illumination on phototoxicity of crude oil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 7, n. 4, p. 73-76, 1976.

LEE, R. F.; WONG, C. S.; CRETNEY, W. J.; WHITNEY, F. A. PARSONS, T. R.; LALLI, C. M.; WU, J. Microbial response to crude oil and Coretix 9527: SEAFLUXES enclosure study. **Microbial Ecology**, 11, p. 337-351, 1985.

LEE, R. F. Oil-particle interactions in aquatic environments: influence on the transport, fate effect and remediation of oil spills. **Spill Science & Technology Bulletin**, v. 8, n. 1, p. 3-8, 2002.

LEE, R. F. Photo-oxidation and photo-toxicity of crude and refined oils. **Spill Science & Technology Bulletin**, v. 8, n. 2, p. 157-162, 2003.

LEE, R. F. Fate and effect of emulsions produced after oil spills in estuaries. Final Report. **The Coastal Response Research Center**, 2005

LI, Y.; BRIMICOMBE, A. J.; RALPHS M. P. Spatial data quality and sensitivity analysis in GIS and environmental modelling: the case of coastal oil spills. **Computers, Environment and Urban Systems**, 24, p. 95-108, 2000.

- LIMA, M. V. **Mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo do Arquipélago de Ilhabela – SP**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2007.
- LIMA, M. V.; DIAS-BRITO, D.; MILANELLI, J.C.C. Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo em Ilhabela, São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, n°60/02, agosto 2008.
- LINDEN, O. ;ELMGREN, R.; BOEHM, P. The *Tsesis* oil spill: its impact on the coastal ecosystem of the Baltic Sea. **Ambio**, vol.8, n.6, p.244-253. 1979.
- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; PROSPERI, V. A.; ZANARDI, E.; TRUZZI, A. C. Coastal monitoring program of São Sebastião Channel: Assessing the effects of ‘Tebar V’ oil spill on rocky shore populations. **Marine Pollution Bulletin**, v. 24, n. 11, p. 923-927, 1997.
- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; POFFO, I. R. F. Ambientes costeiros contaminados por petróleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.
- MARCELINO, A.; HADDAD, E.; AVENTURATO, H.; CAMPOS, M. A. V. de; SERPA, R. R. Proposta de critério para valoração monetária de danos causados por derrames de petróleo e de seus derivados no ambiente marinho. **RCET**, CETESB, São Paulo, 22 p., 1992.
- MARTINEZ, C. B. R.; SUADICANI, S. O.; FERRONI, E. N.; MOREIRA, G. S. Effect of benzene on the swimming activity of *Mysidopsis juniae* (Crustacea, Mysidacea). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. V. 25, n. 5, p. 487-490. 1992.
- MENQUINI, A. **Análise geoambiental da Baixada Santista da Ponta de Itaipu ao Maciço de Itatins (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2004.
- MILANELLI, J.C.C.; POFFO, I.R.F.; XAVIER, J.C.M. e MOURA, D.O. Vazamento do oleoduto P2 na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Janeiro de 2000. Laudo pericial elaborado para o Ministério Público Federal. 2000.
- MILANELLI, J. C. C. **Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião - São Paulo**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2003.
- MIRANDA, L.B.; MESQUITA, A.R.; FRANÇA, C.A.S. Estudo da circulação e dos processos de mistura no extremo sul do mar de Cananéia: condições de dezembro de 1991. **Bolm. Inst. Oceanogr.**, v.43, n.2, p.153-164, 1995.
- MIYAO, S.Y. **Contribuição ao estudo da oceanografia física da região de Cananéia (lat. 25°S long. 48°W)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

- MIYAO, S.Y; HARARI, J. Estudo preliminar da maré e das correntes de maré na região estuarina de Cananéia. **Bol. Int. Oceanográfico**. São Paulo, v.37, n.2, p.107-123, 1989.
- MOE, K.A.; G.M. SKEIE; O.W. BRUDE; S.M. LOVAS; M. NEDREBO; J.M. WESLAWISKI. The Svalbard intertidal zone: a concept for the use of GIS in applied oil sensitivity, vulnerability and impact analyses. **Spill Science & Technology Bulletin**, V.6, n. 2, p. 187-206, 2000.
- MONTEIRO, I. O.; SOARES, I. D.; FERNANDES, E. H. L. Modelagem do transporte da fração solúvel de óleo em caso de derramamento no Estuário da Lagoa dos Patos. *In: Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference*, 2006.
- MORAES, M. B. R. de. **Área de Proteção Ambiental – APA como agência de desenvolvimento sustentável: APA Cananéia-Iguape-Peruíbe/ SP**. São Paulo: Annablume, FAPESP, 2004.
- NEFF, J. Does oil toxicity increase as it weathers? Disponível em: <<http://www.epa.gov/oilspill/science.htm>>. Acesso em: 16 mai. 2006.
- NEFF, J. M.; ANDERSON, J. W. Response of marine animals to petroleum and specific petroleum hydrocarbons. London, GB, Applied Science, 1981.
- NOAA. *Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 3.0*. **NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115**. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. 79 p.+ appendices. 1997.
- NRC (National Research Council). **Toxicity Testing for Assessment of Environmental Agents: Interim Report**. Washington: National Academy Press, 2005.
- NRC (National Research Council). **Oil in the Sea III: inputs, fates, and effects**. Washington: National Academy Press, 2003.
- NRC (National Research Council). **Oil in the Sea: inputs, fates, and effects**. Washington: National Academy Press, 1985.
- OSHIMA, J. E. de F. **Uso de área por *Sotalia guianensis* (P.J. van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) no sistema estuarino-lagunar de Cananéia, SP, como subsídio para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo**. Trabalho de Conclusão de curso (Ecólogo). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2008.
- PACÍFICO, E. S. **Estimativa de abundância do boto cinza, *Sotalia guianensis*, no complexo estuarino-lagunar de Cananéia (SP): gerando subsídios para a carta SAO**. Trabalho de Conclusão de curso (Ecólogo). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2008.
- PETROBRAS. Considerações sobre a concentração de óleo no mar para modelos de simulação de derrames. **Relatório técnico RT/MC -154/2002**. p.28. 2002.

PETROBRAS. Descoberta de nova acumulação de óleo no pré-sal da Bacia de Santos. Comunicado de 21 de maio de 2008. Disponível em: http://www2.PETROBRAS.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri. Acesso em: 13 nov. 2008a.

PETROBRAS. Descoberta de nova acumulação de óleo no pré-sal da Bacia de Santos. Comunicado de 07 de agosto de 2008. Disponível em: http://www2.PETROBRAS.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri. Acesso em: 13 nov. 2008b.

PETROBRAS. Descoberta de nova acumulação de óleo no pré-sal da Bacia de Santos. Comunicado de 12 de jun. de 2008. Disponível em: http://www2.PETROBRAS.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri. Acesso em: 13 nov. 2008c.

PETROBRAS. Descoberta de importante acumulação de óleo leve em águas rasas da Bacia de Santos. Comunicado de 29 de maio de 2008. Disponível em: http://www2.PETROBRAS.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri. Acesso em: 13 nov. 2008d.

PETROBRAS. PETROBRAS faz segunda descoberta de óleo leve ao sul da Bacia de Santos. Comunicado de 26 de setembro de 2008. Disponível em: http://www2.PETROBRAS.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri. Acesso em: 13 nov. 2008e.

PICARELLI, S.S. **Modelagem numérica da circulação de maré na região costeira centro-sul do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PICARELLI, S.S.; HARARI, J.; CAMARGO, R. de. Modeling the tidal circulation in Cananéia – Iguape Estuary and adjacent coastal area (São Paulo, Brazil). **Afro-America Gloss News**. Edição 6 (1). 2002. Disponível em: <www.mares.io.usp.br/aagn/61/harari/jh.html>. Acesso em: 04 out. 2007.

PICARELLI, S.S.; HARARI, J. Análise da variabilidade do nível do mar na região costeira Centro-Sul do Estado de São Paulo através de modelagem numérica (efeitos de maré, ventos e do campo de densidade). **Afro-America Gloss News**. Edição 10 (1). 2006. Disponível em: www.mares.io.usp.br/aagn/aagn10/AAGN2006ssp_jh.pdf. Acesso em: 04 out. 2007.

PINCINATO, F. L. **Mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo para a região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo(SP), com uso de modelagem em SIG de sistema especialista baseado em conhecimento e árvore de decisão**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2007.

PINHEIRO, F. M.; HARGREAVES, F. M.; SÃO THIAGO, P. M.; CABRAL, A. P.; BAPTISTA, M. C.; SOARE, I. D.; SKOGNES, K.; REED, M. Aplicação de modelagem de

- dispersão de óleo em estudos ambientais e elaboração de planos de contingência. In: Anais do II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória, ES, 9 a 12 de outubro de 2005.
- POFFO, I, R, F. **Gerenciamento de riscos socioambientais no complexo portuário de Santos na ótica ecossistêmica.** Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental – PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- RAMADE, F. **Ecotoxicology.** Great Britain: Wiley, 1987.
- RAMIRES, M.; BARRELA, W. Ecologia da pesca artesanal em populações caiçaras da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. **Interciência**, v.28, n.4, p.208-213, abr.2003.
- ROSMAN, P. C. C. Um critério para uniformizar os limites de apresentação de resultados de modelos de derrame de óleo. Nota técnica – COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- RODRIGUES, F.O.; MOURA, D.O. & LAMPARELLI, C.C. Evolução das alterações estruturais e funcionais provocadas por óleo no manguezal do rio Iriiri. II SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: Estrutura e Função, 2. Águas de Lindóia (SP), abril, 1990. São Paulo, ACIESP, Publicação ACIESP, 71: 194 - 203, 1990.
- RODRIGUES, F. O. **Derramamentos de óleo no ecossistema manguezal: limpeza do ambiente, efeitos e metodologia de estudo / The oil spill in mangionenes ecosystem: environmental cleaning, effects and study methodology.** Dissertação (Mestrado), Departamento de Saude Ambiental, Universidade de Saúde Publica de São Paulo. 184 p 1997.
- SANT'ANNA, E.M.; WHATELY, M.H. Distribuição dos manguezais do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 43, n. 1, p. 47-63, 1981.
- SANTOS, L. C.; CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Impacto de petróleo no manguezal do Rio Iriiri (Baixada Santista, São Paulo): diagnóstico da cobertura vegetal com base em fotografias aéreas digitais (1962-2003). In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, v. 1. p. 1075-446, Caxambu, MG, 2007.
- SANTOS, M. C. de O.; PACÍFICO, E.S.; GONÇALVES, M. F. Unusual Record of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in inner waters oh the Cananéia estuary, southeastern Brazil. **LAJAM**, 6(1), p. 117-119, jun. 2007.
- SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 26.881, de 11 de março de 1987. Declara Área de Proteção Ambiental todo território da Ilha Comprida. **Diário Oficial do Estrado de São Paulo**, São Paulo, 12 mar. 1987.
- SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 30.817, de 30 de novembro de 1989. Regulamenta a Área de Proteção Ambiental da Ilha Comprida criada pelo Decreto nº 26.881, de 11 de março de 1987, declara a mesma APA como de Interesse Especial e cria, em seu território, Reservas

- Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico. **Diário Oficial do Estrado de São Paulo**, São Paulo, 01 dez. 1989.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado dos Negócios do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista. **Plano básico de desenvolvimento auto-sustentado para a região lagunar de Iguape e Cananéia**. São Paulo, 1987.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo/ CETESB. **Água do mar – teste de toxicidade aguda com *Mysidopsis juniae* Silva, 1979 (Crusacea: Mysidacea)**. L5.251, julho 1992.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo/ CETESB. **Determinação do declive, perfil e área entre-marés de praias de areia**. Procedimento Operacional Padronizado – P.O.P.nºDAHC-MA-042. p. 21, 1998.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/ CINIP/ IF. **Mosaico semi-ajustado**. Projeto de Preservação da Mata Atlântica. 2000.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo/ CETESB. **Sistema Estuarino de Santos e São Vicente**. Relatório técnico. São Paulo. P. 178, 2001.
- SÃO PAULO. Lei nº 12.406, de 12 de dezembro de 2006. Altera a Lei nº 5.659, de 28 de abril de 1987, que criou a Estação Ecológica da Juréia-Itatins, exclui, reclassifica e incorpora áreas que especifica, institui o Mosaico de Unidades de Conservação da Juréia-Itatins, regulamenta ocupações e dá outras providências. **Diário Oficial do Estrado de São Paulo**, São Paulo, 14 dez. 2006.
- SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 53.528, de 8 de outubro de 2008. Cria o Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 8 out. 2008a.
- SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 53.526, de 8 de outubro de 2008. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 8 out. 2008b.
- SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 53.527, de 8 de outubro de 2008. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul e a Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 8 out. 2008c.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros**. Tese (Livre Docência), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1991.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar. **Caribbean Ecological Research**. 1995.
- SHRIADAH, M. M. A. Impacts of an oil spill on The marine environment of the United Arab Emirates along the Gulf of Oman. **Marine Pollution Bulletin**, vol.36, nº11, p.876-879. 1998.

SIDOU, S. A. **Capturas acidentais de pequenos cetáceos pela frota pesqueira do porto de Cananéia, SP.** Trabalho de Conclusão de curso (Ecólogo). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2008.

SIGRH. Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Plano de Bacia UGRHI 7 – Minuta Preliminar – Relatório Técnico.** Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-BS/741/PLANO%20DE%20BACIA%20-%20SINTESE%20ATUAL%20A.HTM>. Acesso em: 14 nov. 2008.

SILVA, J. F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). **Boletim Climatológico do Instituto Oceanográfico.** São Paulo, v.6, n.1-21, 1989.

SILVA, G. H.; ARAUJO, S. I. Gerenciamento de derrames de petróleo e sensibilidade ambiental x vulnerabilidade ambiental. II Encogerco, Salvador, novembro de 2004.

[
SILVEIRA, I. C. A. da; SCHIMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. de; IKEDA, Y. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48 (2), p. 171-183, 2000.

SOARES, I. D.; ALVES, F. N.; PIOVESAN, R. Simulação da Dispersão de Óleo na Bacia de Santos. In: 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, Salvador, BA, 2-5 de outubro de 2005.

SOS PRÓ MATA ATLÂNTICA E REGIÃO ESTUARINO-LAGUNAR DE IGUAPE-CANANÉIA-PARANAGUÁ. **Dossiê – Complexo estuarino lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá.** 1986.

SOUZA, C. R. G. **As células de deriva litorânea e a erosão as praias do Estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Geologia sedimentar). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SOUZA, M. C. de A. **A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas.** Dissertação (mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2000.

SOUZA, C.R.G.; SOUZA, A.P.. Geologia e Geomorfologia da área da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: MARQUES, O.A.V; DULEBA, W. (Editores). **Estação Ecológica Juréia-Itatins – Ambiente Físico, Flora e Fauna.** Ed. Holos, Ribeirão Preto, 2004. p.16-31.

SOUZA, M.R. **Etnoconhecimento caiçara e uso de recursos pesqueiros por pescadores artesanais e esportivos no Vale do Ribeira.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SPAULDING, M. L.; ANDERSON, E.; HOWLETT, E.; MENDELSON, D. OPISHINSKI, T. Application of OILMAP and SIMAP to predict the transport and fate of the North Cape

- Spill, Narragansett, RI. In: 19th Artic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, June 12-14, 1996, Calgary, Alberta Canada.
- SPAULDING, M. L.; KOLLURU, V.; ANDERSON, E. A.; HOWLETT, E. Application of three-dimensional oil spill model (WOSM/OILMAP) to hindcast the Braer spill. **Spill Science and Technical Bulletin**, vol. 1, n.1, p. 23-35, 1994.
- STROBEL, C. J.; BRENOWITZ, A. H. Effects of Bunker C oil on juvenile horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*). **Estuaries**, vol.4, n.2, p.157-159, 1981.
- SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha**. T. A. Queiroz (Ed.). 171 p. 1992.
- TESSLER, M. G. **Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, v.1 (texto), 110p e v.2 (mapas e figuras) 170p. São Paulo, 1982.
- TESSLER, M. G., FURTADO, V. V. Dinâmica de sedimentação das feições de assoriamneto da região lagunar Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. **Bol. Inst. Oceanográfico**, São Paulo, 32(2): 117-124. 1983.
- TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, 17, p. 11-23, 2005.
- THOMAS, M. L. H. Effects of Bunker C oil on intertidal and lagoonal biota in Chedabucto Bay, Nova Scotia. **J. Fish Res Board Can.**, vol.30, p.83-90, 1973.
- THOMAS, M.L.H. Comparison of oiled and unoled intertidal communities in Chedabucto Bay, Nova Scotia. **J Fish Res Board Can**, vol.35, p.707-716, 1978.
- TKALICH, P.; HUDA, K.; GIN, K. A multiphase oil spill model. **Journal of Hydraulic Research**. V.41(2), p. 1-11, 2003.
- TSVETNENKO, Y. Derivation of australian tropical marine water quality criteria for the protection of aquatic life from adverse effects of petroleum hydrocarbons. **Environmental Toxicol. Water Qual.**, 13, p. 273-284, 1998.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental. **Atlas de Sensibilidade ao Óleo do Litoral Paulista**. Rio Claro, 2008. Apresenta Carta SAO e textos sobre sensibilidade ambiental. Disponível em: <sa0.rc.unesp.br/anp>. Acesso em: 15 ago. 2008.
- VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. São Paulo: Editora da USP, 233p. 1999.
- VIEIRA, F. C. dos S. **Toxicidade de Hidrocarbonetos Monoaromáticos do Petróleo sobre *Metamysidopsis elongata atlantica* (Crustacea: Mysidacea)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

ZÍLIO, E. L.; PINTO, U. B. Identificação e distribuição dos principais grupos de compostos presentes nos petróleos brasileiros. **Boletim Técnico PETROBRAS**, Rio de Janeiro, 45 (1): 21-25, jan/mar 2002.

WADE, T. L.; QUINN, J. G. Incorporation, distribution, and fate of saturated petroleum hydrocarbons in sediments from a controlled marine ecosystem. **Marine Environmental Research**, 3, p. 15-33, 1980.

WADSWORTH, T. Country Profiles: a summary of oil spill response arrangements and resources worldwide. **International Oil Spill Conference**, v.1, n. 159, 1999.

WENTWORTH, W.C. Grade and class terms for classic sediments. **Journal Geology**, v. 30, p. 377-392, 1992.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e áreas do entorno**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2006.

8. APÊNDICE

1. Relação das aves presentes na área

Aves presentes nos municípios mapeados (extraído de Kokubo, 2007)

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
irerê	<i>Dendrocygna viduata</i>					X	X	
Pato-selvagem	<i>Cairina moschata</i>							X
ananaí	<i>Amazonetta brasiliensis</i>					X	X	
Marrecatoicinho	<i>Anas bahamensis</i>					X	X	
Mergulhão-de-orelha-branca	<i>Rollandia rolland</i>							X
Mergulhão-pequeno	<i>Tachybaptus dominicus</i>					X	X	
Mergulhão-caçador	<i>Podilymbus podiceps</i>					X	X	X
Mergulhão-grande	<i>Podiceps major</i>							X
Pingüim-de-magalhães	<i>Spheniscus magellanicus</i>	X		X	X		X	
Albatroz-de-nariz-amarelo	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>			X	X		X	X
Albatroz-de-sombrancelha	<i>Thalassarche melanophris</i>	X		X	X		X	X
Albatroz-gigante	<i>Diomedea exulans</i>	X						
Petrel-gigante	<i>Macronectes giganteus</i>					X		
Petrel-gigante-do-norte	<i>Macronectes halli</i>						X	
Pardelão-prateado	<i>Fulmarus glacialis</i>		X				X	X
Pomba-do-cabo	<i>Daption capense</i>				X	X	X	X
Grazina-de-barriga-branca	<i>Pterodroma mollis</i>							X
Pardela-bico-de-pato	<i>Pachyptila vittata</i>					X	X	X
Faigão-rola	<i>Pachyptila desolata</i>							X
Faigão	<i>Pachyptila belcheri</i>	X					X	X
Pardela-preta	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	X			X	X	X	X
Pardela-de-bico-amarelo	<i>Calonectris diomedea</i>				X		X	X
Pardela-escura	<i>Puffinus griseus</i>	X			X			X
Pardela-de-bico-preto	<i>Puffinus gravis</i>				X		X	X
Pardela-sombria	<i>Puffinus puffinus</i>	X		X			X	X
Alma-de-mestre	<i>Oceanites oceanicus</i>							X

Continuação:

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
Atobá-pardo	<i>Sula leucogaster</i>	X		X	X	X	X	X
Biguá-una	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>					X	X	X
Fragata-comum	<i>Fregata magnificens</i>	X			X	X	X	X
Socó-boi	<i>Tigrisoma lineatum</i>					X		X
Arapapá	<i>Cochlearius cochlearius</i>					X	X	
Socoi-amarelo	<i>Lxobrychus involucris</i>					X		
Savacu	<i>Nycticorax nycticorax</i>					X	X	X
Savacu-de-coroa	<i>Nyctanassa violacea</i>				X	X	X	X
Socozinho	<i>Butorides striata</i>		X		X	X	X	X
Socó-grande	<i>Ardea cocoi</i>					X	X	X
Garça-branca-grande	<i>Ardea alba</i>					X	X	X
Garcinha-branca	<i>Egretta tula</i>			X	X	X	X	X
Garça-azul	<i>Egretta caerulea</i>					X	X	X
Guará-vermelho	<i>Eudocimus ruber</i>					X		
colhereiro	<i>Platalea ajaja</i>					X	X	X
Urubu-de-cabeça-vermelha	<i>Cathartes aura</i>				X	X	X	X
Urubu-preto	<i>Coragyps atratus</i>				X	X	X	X

Continuação:

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
Águia-pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>				X	X		X
Gavião-do-mangue	<i>Circus buffoni</i>					X		
Gavião-caranguejeiro	<i>Buteogallus aequinoctialis</i>					X		
caracará	<i>Caracara plancus</i>				X	X	X	X
chimango	<i>Milvago chimango</i>					X	X	
Falcão-peregrino	<i>Falco peregrinus</i>						X	X
carão	<i>Aramus guarauna</i>					X	X	
Saracura-matraca	<i>Rallus longirostris</i>					X	X	X
Saracura-do-mangue	<i>Aramides mangle</i>				X	X	X	
Saracura-tres-potes	<i>Aramides cajanea</i>					X	X	X
Saracura-preta	<i>Pardirallus nigricans</i>					X		X
Frango d'água	<i>Gallinula chloropus</i>			X		X	X	X
Carqueja-do-bico-manchado	<i>Fulica armilata</i>					X		
Carqueja-de-escudo-roxo	<i>Fulica rufifrons</i>					X		
Batuíra-de-esporão	<i>Vanellus cayanus</i>					X		
Quero-quero	<i>Vanellus chilensis</i>				X	X	X	X
batuirucu	<i>Pluvialis dominica</i>	X				X	X	

Continuação:

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
Batuiruçu-de-axila-preta	<i>Pluvialis squatarola</i>					X	X	X
Batuíra-de-bando	<i>Charadrius semipalmatus</i>			X		X	X	X
Batuíra-bicuda	<i>Charadrius wilsonia</i>						X	
Batuíra-de-coleira	<i>Charadrius collaris</i>	X			X	X	X	X
Batuíra-de-coleira-dupla	<i>Charadrius falklandicus</i>						X	
Batuíra-de-peito-tijolo	<i>Charadrius modestus</i>					X	X	X
Piru-piru	<i>Haematopus palliatus</i>				X		X	
Pernilongo-de-costas-brancas	<i>Himantopus melanurus</i>					X		
narceja	<i>Gallinago paraguaiiae</i>					X	X	X
Maçaricão-de-bico-virado	<i>Limosa haemastica</i>					X	X	
maçaricão	<i>Numenius phaeopus</i>					X	X	
Maçarico-grande-de-perna-amarela	<i>Tringa melanoleuca</i>					X	X	
Maçarico-de-perna-amarela	<i>Tringa flavipes</i>				X	X	X	X
Maçarico-solitário	<i>Tringa solitaria</i>						X	X
Maçarico-pintado	<i>Actitis macularius</i>					X	X	X
Vira-pedra	<i>Arenaria interpres</i>				X			
Maçarico-de-papo-vermelho	<i>Calidris canutus</i>			X	X	X	X	X
Maçarico-branco	<i>Calidris alba</i>				X	X	X	X

Continuação:

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
Maçarico-resteirinho	<i>Calidris pusilla</i>					X	X	
Maçarico-de-rabadilha-branca	<i>Calidris fuscicollis</i>			X	X	X	X	X
Maçarico-de-colete	<i>Calidris melanotos</i>					X		
Narceja-do-bico-torto	<i>Nycticryphes semicollaris</i>						X	
Mandrião-do-sul	<i>Stercorarius maccormicki</i>						X	X
Gaivota-rapeira-pomarina	<i>Stercorarius pomarinus</i>						X	
Gaivota-rapeira-comum	<i>Stercorarius parasiticus</i>				X		X	
gaivotão	<i>Larus diminicanus</i>	X		X	X	X	X	X
Gaivota-maria-velha	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>						X	
Trinta-réis-anão	<i>Sternula superciliaris</i>					X	X	X
Trinta-réis-grande	<i>Phaetusa simplex</i>	X	X	X	X	X	X	X
Trinta-réis-de-bico-preto	<i>Gelochelidon nilotica</i>				X	X		
Trinta-réis-boreal	<i>Sterna hirundo</i>						X	X
Trinta-réis-ártico	<i>Sterna paradisaea</i>			X	X		X	
Trinta-réis-de-bico-vermelho	<i>Sterna hirundinacea</i>			X	X	X	X	X
Trinta-réis-de-coroa-branca	<i>Sterna trudeaui</i>							X
Trinta-réis-de-bando	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	X		X	X	X	X	X
Trinta-réis-real	<i>Thalasseus maximus</i>	X		X	X	X	X	X

Continuação:

Nome popular	Nome científico	Praia Grande	Mongaguá	Itanhaém	Peruíbe	Iguape	Ilha Comprida	Cananéia
Talha-mar	<i>Rychops niger</i>					X	X	X
Martim-pescador-grande	<i>Megaceryle torquata</i>					X	X	X
Martim-pescador-verde	<i>Chloroceryle amazona</i>					X	X	X
Martim-pescador-pequeno	<i>Chloroceryle americana</i>				X	X	X	X
Calandra-de-tres-rabos	<i>Mimus triurus</i>				X	X		X
Figuinha-do-mangue	<i>Conirostrum bicolor</i>					X	X	X

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)