Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):397-407 (2011)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 11(4):397-407 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-250_Muler.pdf
DOI:10.5894/rgci250
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

Ações de Resposta para Emergência em caso de Derrames de Óleo no Mar e Proposta de Implementação de Sistema de Informação voltado à Sensibilidade Ambiental para o Litoral Sul Paulista, Brasil *

Response Actions in Oil Spill Emergency and Implementation of a Geodatabase Focused on Environmental Sensibility - São Paulo's Southern Coast, Brazil

M. Muler [@, 1], A.F. Romero [2], P.S. Riedel [3], R.R.C. Perinotto [4]

RESUMO

Os vazamentos de óleo no mar causam enormes impactos sobre os ambientes costeiros e sobre a vida marinha, atingindo esferas ecológicas e socioeconômicas. Nesse contexto, as ações de resposta têm como objetivos a remoção do contaminante com mínimos impactos adicionais e o favorecimento da recuperação do ambiente no menor tempo possível. Este trabalho propõe-se a contribuir para a gestão ambiental de emergência em casos de derrames de óleo, por meio da sistematização e organização da informação referente às cartas de sensibilidade ambiental ao óleo e de sua inserção num banco de dados geográfico. Além disto, são sugeridas recomendações de métodos de limpeza mais adequados para os ecossistemas da área de estudo, que compreende os municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, pertencentes à Região Metropolitana da Baixada Santista; e Iguape, Cananéia e Ilha Comprida, Litoral Sul do estado de São Paulo. Essa área se localiza entre dois importantes portos brasileiros, Santos e Paranaguá, o que a torna exposta a riscos de acidente com vazamento de óleo no mar. Como resultado, os dados foram organizados para compor o Atlas e também foram inseridos num banco de dados no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 9.3.1. Por último, os procedimentos de combate recomendados e não-recomendados foram indicados; e espera-se que, desta forma, poder contribuir para a gestão de emergência da região.

Palavras-chave: Sensibilidade ambiental ao óleo, procedimentos de limpeza, ações de resposta, banco de dados geográfico, litoral sul (SP), Baixada Santista (SP).

@ - Autora correspondente: muler.mariela@gmail.com
1 - UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, LOC - Laboratório de Oceanografia Costeira, Beco dos Coroas, (fundos) - CEP -88062-601. Barra da Lagoa - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil. muler.mariela@gmail.com
2 - UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. agatafr@gmail.com
3 - UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Departamento de Geologia Aplicada. Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. psriedel@rc.unesp.br
4 - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Av. 24-A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. rafa.riani@gmail.com

** Submissão: 29 Janeiro 2011; Avaliação: 9 Março 2011; Recepção da versão revista: 30 Junho 2011; Aceitação: 19 Julho 2011; Disponibilização on-line: 5 Agosto 2011*

ABSTRACT

Oil spills cause serious damage to the coast life and environments, which impacts affect ecologic and socio-economic resources, such as fishing and tourism. Within this background, response actions have two main objectives: the contaminant removal, with the less additional impacts, and to enhance the environmental restoration in the shortest time as possible. This paper proposes to contribute for the emergency environmental management in cases of oil spills by systematization of relevant information for oil spill environmental sensitivity maps. The next stage was to insert all these data on a geographic database, for example data related to sensitivity of the coastal environment and data related to the access (by the sea or land) to the area, waste disposal suitable place, visual resources (photos), presence of cultural resources, presence of economic activities (fishing, aquiculture) etc. Besides, this paper aimed to recommend suitable clean-up techniques for the ecosystems located on the study area, which embraces the municipalities of Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém and Peruíbe (Baixada Santista Metropolitan Region), and Iguape, Cananéia and Ilha Comprida (Southern Littoral of São Paulo State). This paper brings the recommended clean-up methods and the non-recommended ones for the reason that some methods are more harmful than the oil contamination. The study area is prone to oil spill accidents, since it is located between two important Brazilian ports, Santos and Paranaguá. The results were inserted on the geodatabase. This paper wishes to contribute to emergencies into the management planning for oil spill of the region. For the Southern Coast (Iguape, Cananéia e Ilha Comprida), the coastal environment is classified in high sensibilities indexes, mainly because of the presence of mangroves, so it is recommended methods of oil contention. If the oil reaches the environment, the response actions become reduced. For the Baixada Santista's area, the choice of the clean-up methods may be influenced by political forces due to economic activities (tourism), especially on the summer. However, it is important to emphasize that the clean-up methods should prioritize the ecosystem's protection and provide the best possible conditions to the area's recovery. Thus, considering the predomination of the beach ecosystem and the specific characteristics of the region, the main recommended clean-up method is the manual removal of the oil spilled and use of the oil spill cleanup sorbents. Response actions don't end with the oil removal, it is necessary to have suitable procedures to removal, handling and destination of this waste. This paper brings suggestions to these procedures aiming to protect contaminated environment and cleaning agents.

Keywords: *oil spill environmental sensibility, clean-up methods, response action, Geographic Information System, São Paulo's southern coast, Baixada Santista (SP).*

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é formada por um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental. A transição do ambiente marinho para o terrestre com suas interações é fundamental para a composição da alta diversidade biológica e de ecossistemas, além de conferir-lhe um caráter de fragilidade (CIRM, 1997). Esta zona desempenha importantes funções como a proteção da costa (incluindo a população e seus bens) contra eventos climáticos extremos, a absorção de nutrientes e poluentes provenientes da drenagem terrestre, hábitat para diversos grupos faunísticos (MMA, 2008); e serve ainda como grande motivo turístico e recreacional.

O rápido crescimento da população humana e a expansão da urbanização e de atividades econômicas nas áreas costeiras estão intensificando as pressões nos ecossistemas litorâneos, sobretudo nas praias (Brown & McLachlan, 2002; Clarck, 1996). Isso vem ocorrendo principalmente através do setor industrial e suas atividades portuárias, mineração, manejos dos terminais e refinarias de petróleo; da especulação imobiliária; das atividades turísticas e recreativas intensas e desordenadas.

Além dessa pressão de usos múltiplos, muitas vezes conflitantes entre si, os ambientes costeiros vêm sendo seriamente ameaçados por acidentes de derrames de óleo no mar. Esses acidentes causam enormes impactos sobre a vida marinha, atingindo esferas ecológicas e atividades socioeconômicas, como a pesca e o turismo. Como exemplo relevante pode-se citar o acidente com o petroleiro Exxon Valdez que encalhou no Alasca em 1989 e derramou 41 milhões de litros de óleo no mar, e por ter ocorrido em área abrigada e sensível, com importantes recursos biológicos e atividades de importância socioeconômica, foi considerado um dos piores eventos da história (Wiens *et al.*, 1996). No Brasil, o evento que marcou a história dos acidentes nacionais, segundo panorama geral da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, foi o ocorrido na Baía de Guanabara - RJ, em janeiro de 2000, em que o rompimento de um oleoduto ocasionou o vazamento de 1,3 milhão de litros de óleo, contaminando extensas áreas de praias, costões rochosos, manguezais, ilhas, pontos turísticos e materiais de pesca (CETESB, 2011). Vale ainda mencionar o acidente provocado pela explosão da plataforma "*Deepwater Horizon*", da petrolífera britânica "*British Petroleum*" em 2010, que derramou, aproximadamente, 4,4 milhões de barris de petróleo (equivalente a 700 milhões de litros de óleo) no Golfo do México, constituindo-se num dos maiores acidentes ambientais do qual se tem registro na história da indústria petrolífera (Crone & Tolstoy, 2010).

Como signatário da Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em caso de Poluição por Óleo - OPRC 90, o Brasil se comprometeu a estabelecer um Plano Nacional de Contingência (PNC), a partir de planos individuais de emergência (PEI). O PNC será consolidado juntamente com o órgão ambiental federal (Ministério do Meio Ambiente) de acordo com o disposto na Lei n° 9.966 de 2000 (Lei do Óleo), e na Resolução CONAMA n° 398 de 2008 (CONAMA, 2008).

Segundo a Lei do Óleo, portos organizados, instalações portuárias, plataformas e instalações de apoio necessitam de um Plano de Emergência Individual (PEI), que deve conter informações e descrição dos procedimentos de resposta da respectiva instalação a um incidente de poluição por óleo

decorrente de suas atividades. O conteúdo desse plano é especificado na resolução acima citada.

Essas preocupações vêm com o avanço expressivo do Brasil na produção e no processamento do petróleo, o que provoca significativo aumento na movimentação de embarcações ao longo da costa brasileira com transporte de petróleo e derivados e, assim, aumentando a susceptibilidade a derramamentos de óleo. Destaca-se, ainda, um futuro aumento dessas atividades devido às novas jazidas descobertas nas regiões de pré-sal da Bacia de Santos (PETROBRAS, s/d).

A etapa do transporte do petróleo e de seus derivados é fundamental para o funcionamento da cadeia produtiva do petróleo e é a grande responsável pelos altos riscos de acidentes. Entretanto, esses riscos não são apenas devido aos grandes navios petroleiros, navios e embarcações menores também podem ser responsáveis por acidentes de derramamento de óleo.

Neste contexto, insere-se o projeto de docentes e discentes do Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH-05) da UNESP de Rio Claro intitulado: "Concepção, desenvolvimento e implementação de um sistema de informação aplicado à elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo: litoral paulista" (CT-PETRO/MCT/CNPQ 16/2005). O referido projeto apresenta uma proposta de coleta e organização das informações sobre a sensibilidade ambiental ao óleo de áreas do litoral paulista, divulgadas posteriormente por meio da criação de um Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Litoral Paulista e em banco de dados geográfico via *web*. Além da visualização, recuperação e consulta de dados relativos à sensibilidade ao óleo, são inseridas informações referentes aos procedimentos de limpeza recomendados e não-recomendados para cada segmento de linha de costa da área em estudo.

O presente trabalho apresenta parte dos resultados obtidos no projeto citado, especificamente para o trecho do estado de São Paulo entre Praia Grande (Região Metropolitana da Baixada Santista - RMBS) e Ilha Comprida (Litoral Sul).

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende parte da Região Metropolitana da Baixada Santista - municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, e os municípios do Litoral Sul do Estado de São Paulo - Iguape, Cananéia e Ilha Comprida. Figura 1.

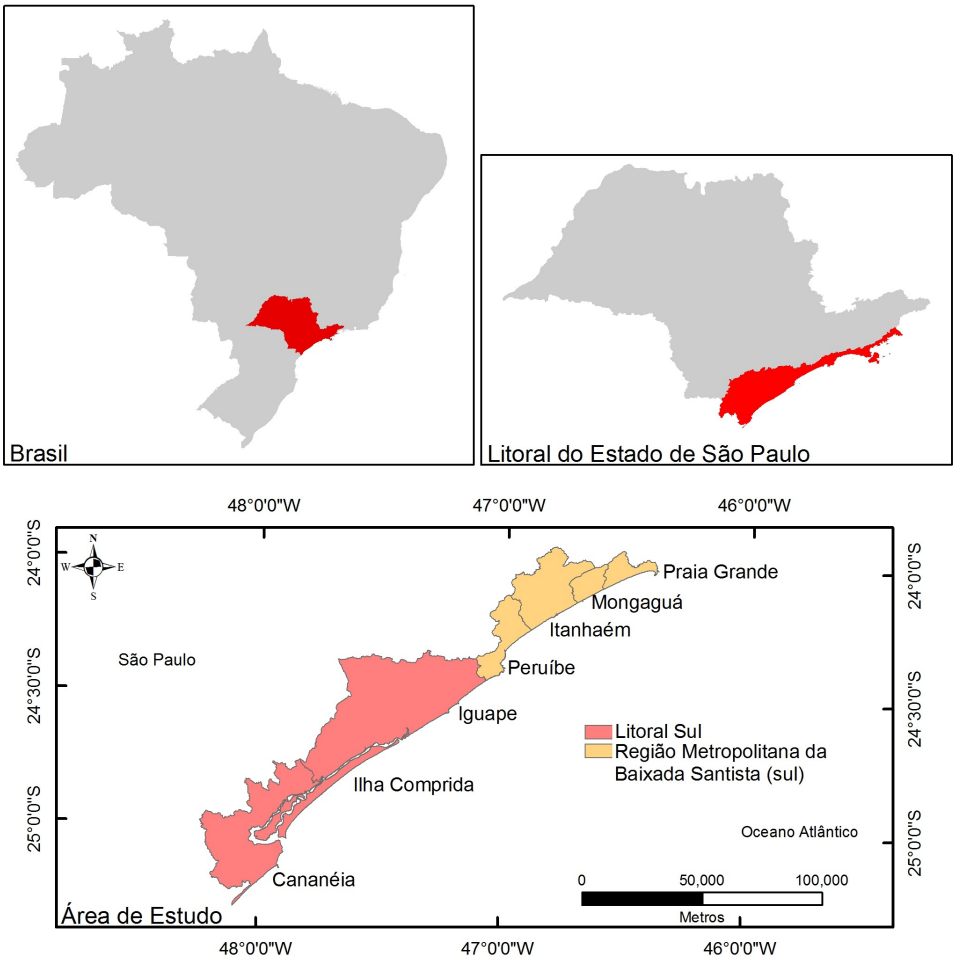

Figura1. Localização da área de estudo.
Figure 1. Study area localization.

A relevância ambiental da área é evidenciada pela presença de 14 Unidades de Conservação (A.P.A. Cananéia-Iguape-Peruíbe; P.E. Ilha do Cardoso; A.P.A. Ilha Comprida; A.P.A. Marinha Litoral Sul; ARIE do Guará; E.E. Juréia-Itatins; R.D.S. do Despraiado; P.E. do Prelado; R.D.S. Barra do Una; P.E. Itinguçu; R.V.S. do Abrigo e Guaritama; A.P.A. Estadual Marinha do Litoral Centro Setor Carijó; A.M.E. Ilha da Laje da Conceição; P. E. Xixová-Japuí).

A Região Metropolitana da Baixada Santista localiza-se na região central do litoral de São Paulo, tem extensão aproximada de 160km e compreende os municípios de Bertioga, Santos, Guarujá, Cubatão, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. Este trabalho trata da parte sul desta faixa litorânea, entre os municípios de Praia Grande e Peruíbe, área que representa aproximadamente 50% do território dessa Região. Esses municípios estudados têm como ambiente costeiro predominante a praia, com extensas faixas de areia. Em geral, as praias são predominantemente de areia fina, com grãos bem selecionados, grau médio de arredondamento e baixa declividade da zona entremarés (Farinaccio, 2000; Souza & Souza, 2004).

De Praia Grande à Peruíbe, os costões rochosos estão presentes em apenas 16% da linha de costa. Em sua grande maioria são costões fragmentados (heterogêneos) e expostos à ação das ondas (Romero, 2009).

Os municípios da área de estudo pertencentes à Região Metropolitana da Baixada Santista (Peruíbe, Mongaguá, Itanhaém e Praia Grande), em geral, são altamente urbanizados, apresentam bairros constituídos de casas de veraneio e outros tipicamente de residências fixas (Menquini, 2004). Nas áreas que fazem parte da Estação Ecológica Juréia-Itatins, como as praias da Barra do Una e do Guaraú no município de Peruíbe, não há urbanização intensa, as comunidades caiçaras desses locais praticam a pesca artesanal e, particularmente, a Barra do Una tem sua principal fonte de renda no turismo (Ramires & Barrela, 2003).

Os municípios de Iguape, Cananéia e Ilha Comprida compreendem o 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. Este setor do litoral também apresenta extensas faixas de areia, como por exemplo, a face oceânica de Ilha Comprida que apresenta uma praia dissipativa com aproximadamente 70km de extensão; em Iguape, a Praia da Juréia chega a 20km, sendo classificada como praia exposta, de baixa declividade e de areias finas a muito finas (Souza & Souza, 2004). Nesse mesmo município há também a presença de praias (Praias do Una e do Rio Verde) de areias médias e finas, com declividade média a alta (Romero, 2009).

Na área estudada do Litoral Sul paulista, os costões rochosos também são pouco expressivos, presentes em apenas 4% da linha de costa, localizados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins (Romero, 2009).

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 (Romero *et al.*, 2010), trazendo ainda mais relevância ecológica para a área em questão, já que manguezais são classificados com Índice de Sensibilidade do Litoral máximo (ISL 10).

A pesca artesanal, o comércio de iscas vivas e o turismo são importantes fontes de renda para os moradores da região do sistema estuarino Cananéia-Iguape (Chabaribery *et al.*, 2004; Souza, 2004).

A área de estudo como um todo é bastante exposta ao risco de acidentes com vazamento de óleo no mar por localizar-se entre os portos de Santos e Paranaguá, compreendendo, portanto, áreas de fundeio e rota de navios. Segundo o panorama nacional de acidentes da CETESB (CETESB, 2011), nos anos de 2001 e 2004 ocorreram dois grandes acidentes relacionados ao Porto de Paranaguá. O primeiro foi um acidente de navegação com o navio Norma que transportava nafta; e o segundo foi uma explosão com o navio Vicuña, que derramou 1 milhão de litros de metanol e 5 milhões de litros de óleo, contaminando manguezais, marismas, praias e costões rochosos da região próxima (CETESB, 2011).

3. CARTAS SAO E AÇÕES DE RESPOSTA

Cartas SAO (Sensibilidade Ambiental ao Óleo) são ferramentas importantes para a tomada de decisões durante a situação de emergência, por apresentarem, por meio de documentos cartográficos, diversas informações como a localização dos recursos costeiros e áreas mais sensíveis.

Essas cartas são elaboradas segundo documento oficial denominado "Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo" (MMA, 2004). A sensibilidade é classificada por meio do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), que leva em conta as características geomorfológicas, considerando principalmente o grau de exposição à energia de ondas e marés, a declividade do litoral e o tipo do substrato, podendo variar de 1 a 10, em uma escala crescente de sensibilidade.

Com base no ISL e em informações complementares apresentadas nas Cartas SAO como recursos bióticos e socioeconômicos presentes nos ambientes costeiros, pode-se planejar as ações de resposta e definir os procedimentos de limpeza mais adequados a cada tipo de ambiente. As ações de resposta se iniciam com a contenção do óleo no mar, que se feita eficientemente, evita a contaminação da costa. Em casos mais graves, quando já ocorreu a contaminação dos ambientes costeiros, devem ser utilizadas as cartas SAO para a escolha dos ambientes a serem limpos prioritariamente.

Em 2007, o Ministério do Meio Ambiente publicou o "Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos", com o mapeamento de toda a área costeira da Bacia de Santos. O trecho entre Praia Grande e Ilha Comprida, no litoral paulista, apresenta cartas SAO em escala 1:150.000 (MMA, 2007).

A resposta a acidentes com óleo visa primordialmente proteger a vida humana, reduzir as conseqüências ambientais e tornar eficientes os esforços de contenção, limpeza e remoção. Segundo a CETESB, um procedimento de limpeza é considerado eficiente quando possibilita a remoção do contaminante com mínimos impactos adicionais e quando favorece a recuperação do ambiente no menor tempo possível. No entanto, alguns métodos de limpeza mostram-se prejudiciais devido aos impactos que acarretam por vezes

maiores que a própria ação do óleo (CETESB, 2006). Por isso, além da indicação de procedimentos recomendados, este trabalho traz também a indicação dos procedimentos não-recomendados.

Durante a emergência, são necessárias ações de resposta rápidas para que os danos ao meio ambiente possam ser reduzidos e perdas materiais possam ser evitadas. Portanto, o planejamento e a disponibilidade de um banco de dados organizado são de grande valor para as regiões expostas a esses riscos, contribuindo para o planejamento costeiro da área em questão.

A gestão de resíduos também faz parte das ações de resposta e deve ser previamente planejada visando detalhar os procedimentos para coleta, acondicionamento, transporte, classificação, descontaminação e disposição provisória (*in loco*) e definitiva dos resíduos.

4. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos:

- Apresentar e divulgar a proposta de organização e sistematização dos dados referentes às cartas SAO obtidos por Romero (2009) para o Litoral Sul paulista e parte da Região Metropolitana da Baixada Santista.
- A partir dos dados organizados, sugerir métodos de limpeza recomendados e não-recomendados para a área de estudo em caso de derrames de óleo, baseado em CETESB (2006).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Grande parte dos dados foi obtida em trabalhos de campo por Romero (2009) e complementada através de pesquisa bibliográfica a bases de dados sobre os municípios, como por exemplo, no Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e em publicações científicas.

O desenvolvimento do sistema de informação na área de estudo iniciou-se com a aquisição e a organização dos dados relevantes para situações de emergências com derrames de óleo. Essa organização se deu por meio da elaboração de planilhas separadas por município e por seus respectivos ambientes, como por exemplo, uma planilha de Praia Grande contém os ambientes costeiros presentes neste município, que são "praia" e "costão rochoso", já a de Cananéia contém "banco de lama", "praia", "manguezal" e "estrutura artificial".

A elaboração das planilhas foi realizada por meio da análise de fatores relevantes para as emergências com derrames de óleo para cada ambiente, baseados em MMA (2004). Por exemplo, para costões rochosos existem campos relacionados à morfologia e heterogeneidade do substrato, enquanto que para as praias, os campos se referem à granulometria dos sedimentos, declividade da faixa entremarés, etc (Tabela1).

Além das informações sobre cada ambiente estudado, as planilhas contêm também informações sobre acessibilidade, infra-estrutura existente, atividades socioeconômicas (envolvendo turismo e serviços), recursos visuais (fotos) da área, além dos procedimentos de limpeza recomendados e

Tabela 1. Atributos considerados para cada ambiente na elaboração das planilhas.
Table 1. *Attribute included for each coastal environment for sheet elaboration.*

Ambientes	Atributos considerados
Praia	ISL (verão/inverno), granulometria (verão/inverno), área (verão/inverno), exposição às ondas (verão/inverno), descrição (verão/inverno), declividade (verão/inverno).
Costão rochoso	descrição, exposição às ondas, declividade, morfologia, litologia, heterogeneidade.
Manguezal	área, tipo de substrato, tipo fisiográfico.
Estrutura artificial	descrição, declividade, orientação, fendas, extensão.
Banco de lama	área, tipo de substrato, tipo fisiográfico.
Barranco	extensão, descrição, tipo de substrato.

Tabela 2: Atributos comuns (a todos os ambientes) considerados na elaboração das planilhas.
Table 2. *Common attribute included for sheet elaboration.*

Atributos comuns a todos os ambientes	ISL, procedimentos de combate recomendados, procedimentos de combate não-recomendados, local para disposição de resíduos, existência de acesso de embarcação, tipo de acesso para embarcações, tamanho da embarcação, possibilidades de aproximação da área, restrições de acesso, tipo de acesso por terra, existência de área de manobra, existência de área de estacionamento, existência de um ponto logístico na área, possibilidade de desembarque de veículos leves, possibilidade de desembarque de veículos pesados, recursos visuais, informações adicionais relevantes, classe e tipo de extração de recursos naturais, existência de estrutura de apoio, existência de recursos culturais, classe e tipo de serviços prestados na área, existência prévia de impactos ambientais na área, tipo e nome de infraestrutura náutica, tipo e classe de recreação.

não-recomendados. A Tabela 1 mostra os atributos específicos de cada um dos ambientes costeiros analisados e a Tabela 2 os atributos comuns a todos eles.

Essas planilhas foram construídas no *software* Excel e depois importadas para o *shape* (extensão de dado geoespacial do Sistema de Informação Geográfico ArcGIS) do município no ArcGIS 9.3, utilizando a ferramenta *join*, que vinculou as informações aos segmentos de costa espacializados. Foram utilizados aqui os segmentos de linha de costa definidos nas cartas SAO de Romero (2009). Assim, integrando informações relevantes para conhecimento da área e dos recursos em risco, essas planilhas de cada ambiente costeiro se tornam de grande utilidade para o momento da emergência.

A etapa que contemplou a proposição das ações de resposta para situações de emergência foi realizada através de análise dos dados da região, da pesquisa e análise dos métodos de limpeza existentes, baseado em CETESB (2006) e das características relevantes para momentos de urgência durante um acidente com óleo. Isso subsidiou a decisão para a recomendação ou a não-recomendação dos diferentes métodos.

Para a escolha dos métodos para cada um dos segmentos da área de estudo foram considerados principalmente: o ambiente atingido, os recursos bióticos e socioeconômicos da região e a infra-estrutura de apoio às ações de resposta. Por exemplo, para uma praia com fácil acesso e de grande importância turística, é possível recomendar procedimentos de limpeza que necessitam de uma equipe de agentes, como o recolhimento manual da areia contaminada com utilização de rodos de madeira. Já para uma praia de difícil acesso, exposta a ação das ondas e de pouca importância turística, recomenda-se a limpeza natural, procedimento em que a própria energia das ondas retira gradativamente o óleo do ambiente praial.

A indicação de informações relevantes para a disposição de resíduos no momento de emergência foi feita com base nas características físicas do ambiente, e nas ações de limpeza recomendadas para cada tipo de ambiente costeiro, com o objetivo principal de evitar a recontaminação do ambiente e maiores prejuízos à biota local.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se aqui a tabela de atributos de um dos segmentos de Praia Grande com intuito de ilustrar a implementação do banco de dados (Tabela 3), considerando que o banco constitui ferramenta importante para atualização e prática divulgação desses dados.

Os principais procedimentos de limpeza empregados em casos de acidente com derrame de óleo no mar foram descritos em Muler (2008), assim como foram detalhados os ambientes em que podem ser aplicados, a ação de cada procedimento no ambiente, equipamentos necessários, danos que podem causar ao ambiente e restrições. A Tabela 4 apresenta um resumo dos principais métodos de limpeza recomendados e não-recomendados para cada tipo de ambiente estudado. Deste modo, com o conhecimento das características do ambiente em risco (dados organizados e inseridos no banco de dados) e dos procedimentos de limpeza existentes, pôde-se recomendar ou não-recomendar (desaconselhar) as ações de resposta.

A seguir são apresentadas as técnicas de limpeza recomendadas e as não-recomendadas para os principais ambientes estudados.

As praias da Região Metropolitana da Baixada Santista por apresentarem predominantemente areia fina são classificadas como menos sensíveis (ISL 3, isto é, praias dissipativas de areias médias a finas, expostas à ação das ondas), comparando-as com praias de areias mais grossas (maior permeabilidade do óleo). No entanto, vale ressaltar que essas praias abrigam uma fauna bastante rica, e portanto, do ponto de vista biológico, apresentam maior sensibilidade quando comparadas às de areia grossa (Borzone *et al.*, 1996; Defeo *et al.* 1992; Brazeiro, 2001). Para essas praias estudadas, localizadas na RMBS, são recomendadas técnicas de remoção juntamente com a limpeza natural, principalmente por causa da importância econômica deste ambiente. As técnicas de remoção disponíveis são: absorção, remoção manual, bombeamento a vácuo, remoção mecânica, dispersão química, queima e jateamento. Na opção pela limpeza natural, deve-se considerar que ela é mais eficiente para óleos mais leves (NOAA, 2000). Para as praias de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe e Ilha Comprida deve-se considerar a variação entre os períodos de verão e inverno, devido ao intenso uso turístico que ocorre principalmente nos meses de verão, exercendo maior pressão quanto à estética da limpeza. Logo, para esses ambientes durante o verão recomenda-se: recolhimento manual e absorventes, respeitadas as diretrizes de procedimento (CETESB, 2006); já durante o inverno recomenda-se além dessas já mencionadas a limpeza natural, pois o aspecto estético da praia passa a não ser tão relevante nessa época. Devido à sua importância ecológica e por estarem integradas à Estação Ecológica da Juréia-Itatins, a praia do Una (ISL 3) e as praias do Rio Verde e Itacolomi (classificadas como intermediárias, de areia média a fina, expostas, ISL 4) no município de Peruíbe e Iguape, merecem atenção prioritária para proteção na hora da emergência, visando evitar a aproximação do óleo. E tanto para essas praias quanto às de Iguape e Cananéia recomenda-se a limpeza natural.

Por fim, não são recomendados para as praias procedimentos de limpeza com tráfego de máquinas e veículos na zona entremarés e infralitoral e remoção de grande quantidade de areia, considerando que essas zonas são as mais sensíveis principalmente quanto à fauna, bastante rica e abundante (CETESB, 2006; Amaral *et al.*, 1999).

Os costões rochosos apresentam uma rica e complexa comunidade, são locais de alimentação, crescimento e reprodução de um grande número de espécies (Milanelli, 2003), pois o substrato duro favorece a fixação de diversas espécies de invertebrados (CETESB, 2006). Assim, os costões rochosos de Itanhaém e Praia Grande foram classificados com ISL's altos; os fragmentados, heterogêneos, compostos de matacões, com declividade média e expostos receberam ISL 6, e o costão rochoso de mesmas características, porém, abrigado da ação das ondas recebeu ISL 8. Essa maior sensibilidade se dá considerando que fendas, fissuras e poças constituem tanto um abrigo para a fauna quanto para o óleo em caso de contaminação.

Os costões rochosos dos municípios de Praia Grande e

Tabela 3. Exemplo de tabela do banco de dados para um segmento do município de Praia Grande.
Table 3. *Example of a geodatabase's table. Coast line segment of Praia Grande.*

Código do Segmento	SPPG002-S
Nome	Praia Grande
ISL verão	3
ISL inverno	3
utm_inicio e fim	357725,98; 7342957,00 e 335473,88; 7334247,25
Extensão	22.7km
Área da praia no verão	2914545
Área da praia no inverno	2914545
Descrição Verão	praias dissipativas de areia média a fina, expostas
Descrição Inverno	praias dissipativas de areia média a fina, expostas
Granulometria Verão	média a fina
Granulometria Inverno	média a fina
Hidrodinamismo Verão	exposta
Hidrodinamismo Inverno	exposta
Declividade Verão	Baixa
Declividade Inverno	Baixa
Processos de limpeza Recomendados	recolhimento manual e absorventes (verão), recolhimento manual, absorventes e limpeza natural (inverno)
Processos de limpeza Não-recomendados	esteiras recolhedoras, *skimmers*, lavagem com água corrente, jateamento, corte da vegetação, queima in situ, remoção de sedimentos, dispersantes.
Disposição de resíduos	Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para o tráfego fora da zona entremarés e infralitoral.
Acesso de embarcações	Sim
Acesso aquático	Pela praia
Possibilidade de aproximação	Sim
Tamanho da embarcação	
Restrições	Baixas profundidades
Acesso por terra	Carro
Área de manobra	Estacionamento da praia
Área para estacionamento	Sim
Desembarque de veículos leves	Sim
Desembarque de veículos pesados	Sim
Recursos visuais	SPPG002-S_RV166, SPPG002-S_RV167, SPPG002-S_RV168,
Informações relevantes	ao norte: presença de área militar e de emissário submarino.
Classe de extração de recurso natural	Pesca
Tipo de extração de recursos naturais	pesca artesanal; pesca recreativa
Recursos culturais	Não
Classe de serviço	Comércio
Tipo de serviço	Quiosques
Tipo de impacto	esgoto na praia
Classe de recreação	esportes náuticos, pista de skate, parque de diversões

Tabela 4. Principais métodos de limpeza para ambientes da área em estudo. Baseado em São Paulo (2006).
Table 4. *Main clean methods recommended and non-recommended for oil spills accidents for study area. Based on São Paulo (2006).*

Tipo de Ambiente	Procedimentos de limpeza	
	Recomendados	**Não recomendados**
Praias	Limpeza natural, recolhimento manual, absorventes naturais granulados.	Procedimentos com tráfego de máquinas e veículos na zona entremarés e infralitoral e remoção de grande quantidade de areia.
Manguezais	Contenção do óleo no mar. Se o ambiente for atingido, recomenda-se limpeza natural.	Todos os métodos de limpeza que precisem entrar no ambiente.
Costão rochoso	Jateamento a baixa pressão, lavagem com água corrente, bombeamento a vácuo, remoção manual, limpeza natural	Jateamentos a alta pressão.
Estruturas artificiais	Bombeamento a vácuo, remoção manual, absorventes, barreiras absorventes, jateamentos (alta e baixa pressão), limpeza natural.	-
Bancos de lama	Absorventes na maré alta, barreiras de contenção e removedores e barreiras absorventes.	Deve-se evitar procedimentos dentro dos bancos de lama.

Tabela 5. Disposição dos resíduos durante a emergência – Informações Relevantes.
Table 5. *Waste disposal during oil spill emergency – relevant consideration.*

Ambientes	Informações Relevantes
Praia	Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para o tráfego fora da zona entremarés e infralitoral e fora de áreas de vegetação.
Costão rochoso	• Para os de média/alta declividade ou média/alta heterogeneidade: o armazenamento deve ser feito em embarcações. • Para os de baixa declividade ou baixa heterogeneidade: o armazenamento deve estar fora do alcance da maré alta. Atentar para não perfurar os *bags* nas pontas vivas.
Estrutura artificial	Armazenamento em área impermeabilizada, preferencialmente coberta e retirar posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para não perfurar os *bags* nas pontas vivas.
Manguezal	Armazenamento nas embarcações (de baixo calado, durante maré alta). Em hipótese alguma armazenar sobre substrato ou vegetação.
Banco de lama	Armazenamento nas embarcações (de baixo calado, durante maré alta). Em hipótese alguma armazenar sobre substrato ou vegetação.
Barranco	Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados por caminhões ou tratores ou em embarcações.

Itanhaém receberam ISL 6 e 8 principalmente por serem compostos por matacões e apresentarem alta heterogeneidade do substrato e os de Peruíbe foram classificados com ISL 1, 2 e 6, devido principalmente a baixa heterogeneidade de seu substrato e a exposição às ondas. Para esses ambientes, considerando o mesmo fator econômico (estético), no verão podem ser recomendados os métodos: bombeamento a vácuo, remoção manual, absorventes granulados na água adjacente, barreiras absorventes e pompons, lavagem sem pressão e jateamento a baixa pressão, respeitando as limitações e cuidados de cada um deles; para as outras estações do ano recomenda-se a limpeza natural. Esses métodos são recomendados também para os costões abrigados, nos quais a energia da onda não realiza limpeza efetiva, encontrados em Peruíbe, Iguape e Ilha Comprida. É importante ressaltar que as recomendações de limpeza aqui descritas são sugestões, mas a decisão final é do órgão ambiental competente.

Para os manguezais da área de estudo, localizados principalmente na região de Ilha Comprida e Cananéia, (Litoral Sul), é recomendada a limpeza natural, pois qualquer outra técnica poderá agravar os impactos do acidente (IPIECA, 1993; Gundlach & Hayes, 1978). Esses ambientes recebem ISL máximo (10), principalmente devido ao fato de constituírem importantes áreas para reprodução, proteção e alimentação de diversas espécies de animais (Schaeffer-Novelli, 1991) e ainda por apresentarem recuperação bastante lenta (baixa disponibilidade de oxigênio para a biodegradação do óleo, baixa ação hidrodinâmica, inúmeras estruturas como raízes, caules para impregnação do óleo etc.). Portanto, para a proteção dos manguezais, se torna imprescindível evitar a aproximação e o contato do óleo com os bosques.

As informações relevantes para a disposição de resíduos no momento de emergência estão dispostas na Tabela 5.

CONCLUSÃO

Conclui-se com a implementação do banco de dados, que este proporciona o armazenamento organizado, de fácil atualização e recuperação instantânea de dados relevantes para momentos de emergência em caso de derrames de óleo, permitindo uma análise rápida, abrangente e direta dos dados. Considerando que nem todos os aspectos relevantes à sensibilidade ao óleo podem ser representados graficamente nas cartas SAO, o banco de dados assume um papel fundamental, pois comporta dados necessários para o planejamento eficiente das ações de resposta. Sugere-se que o banco de dados seja adotado de forma integrada com as cartas, como instrumento de gestão de emergências.

Em síntese, para o Litoral Sul os esforços devem ocorrer no sentido de evitar o contato do óleo com os ambientes costeiros, devido à grande área de manguezais e à presença da Ilha Comprida (que abriga os ambientes costeiros da ação das ondas em Iguape e Cananéia), aumentando ainda mais a sensibilidade da região a derrames de óleo. São recomendadas, portanto, técnicas de contenção do óleo no mar, como as barreiras de contenção e removedores e barreiras absorventes, já que se a mancha de óleo atingir o interior dos ecossistemas, as ações de resposta se tornam reduzidas.

Na porção da área de estudo localizada na Região Metropolitana da Baixada Santista, a escolha dos procedimentos de limpeza pode, muitas vezes, ser influenciada pela preocupação com a estética dos ambientes, especialmente em alta temporada (verão), devido à importância econômica da atividade turística, no entanto, vale enfatizar que as técnicas utilizadas devem priorizar a proteção dos ecossistemas e proporcionar as melhores condições para a recuperação da área. Assim, a principal técnica recomendada, considerando a predominância do ambiente de praia e as características específicas da região, é o recolhimento manual e o uso de absorventes.

Por fim, as ações de resposta não terminam com a retirada do óleo do ambiente costeiro, as recomendações para o processo de remoção, manuseio e destinação dos resíduos feitas neste trabalho são de grande utilidade para uma ação de reposta de sucesso, protegendo o ambiente contaminado e os agentes de limpeza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP – Rio Claro, ao Professor João Carlos Carvalho Milanelli e ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo e Ciências Ambientais Aplicadas ao Setor do Petróleo e Gás: PRH-05, todos essenciais para esta pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

Amaral, A.C.Z.; Amaral, E.H.M. do; Leite, F.P.P.; Gianuca, N.M. (1999) - Diagnósticos sobre praias arenosas: avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. *In:* Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello. *Base de Dados Tropical*, Campinas, São Paulo, Brasil. Disponível em http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/perfuracao_r8/Áreas_Prioritárias/Praias arenosas.pdf.

Borzone, C.A.; Souza, J.R.B.; Soares, A.G. (1996) - Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. *Revista Chilena de Historia Natural (*ISSN 0716-078X), 69, 565-577, Sociedad de Biología de Chile, Santiago, Chile.

Brazeiro, A. (2001) - Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: What are the underlying factors? *Marine Ecology Progress Series (MAPS),* 224:35-44. http://www.int-res.com/articles/meps/224/m224p035.pdf.

Brown, A.C.; McLachlan, A. (2002) - Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation*, 29:62–77. DOI:10.1017/S037689290200005X.

CETESB (2006) - *Ambientes costeiros contaminados por óleo. Procedimentos de Limpeza. Manual de Orientação*. 120p., Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), São Paulo, SP, Brasil. ISBN 85-86624-51-9. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/emergencias-quimicas/acidentes/ambientes-costeiros.pdf.

CETESB (2011) - *Panorama Geral – Principais acidentes no Brasil.* Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo –

(CETESB), São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/emergencias-quimicas/panorama-geral/Principais-Acidentes-Brasil.pdf.

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (1997) - *Resolução nº 005 de 03 de dezembro de 1997*: Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II). Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil (DOU) de 14/01/1998, seção 1, pg. 46-49, Brasília, DF, Brasil. http://www.jusbrasil.com.br/diarios/961625/dou-secao-1-14-01-1998-pg-47/pdfView

Chabaribery, D.; Romão, D.A.; Burnier, D.M.F.; Pereira, L.B.; Matsumoto, M.; Carvalho, M.; Roth, M. (2004) - Desenvolvimento sustentável da Bacia do Ribeira de Iguape: diagnóstico das condições socioeconômicas e tipificação dos municípios. *Informações Econômicas* (ISSN: 1678-832X), 34(9):57-89, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/espec1-0904.pdf

Clarck, J.R. (1996) - *Coastal zone management handbook*. CRC Press, 694 p., Boca Raton, Florida, U.S.A. ISBN/ISSN: 9781566700924.

Crone, J.T.; Tolstoy, M. (2010) - Magnitude of the 2010 Gulf of Mexico Oil Leak. *Science,* 330(6004):634. DOI:10.1126/science.1195840.

Defeo, O.; Jaramillo, E.; Lyonnet, A. (1992) - Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research*, 8(4):830-839.

Farinaccio, A. (2000) - *Alterações relacionadas à ação antrópica na dinâmica dos processos costeiros nas planícies da Praia Grande/ Moganguá e enseada de Caraguatatuba, SP.* Dissertação de Mestrado em Oceanografia Química e Geologia, 150p., Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Não publicado.

Gundlach, E.R.; Hayes, M.O. (1978) - Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Marine Technology Society Journal (*ISSN 0025-3324*),* 2(4):18-27, Columbia, MD, U.S.A.

IPIECA (1993) - *Biological impacts of oil pollution: mangroves.* IPIECA Reports Series, 4, 20p., International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), London, United Kingdom. Disponível em: http://www.ipieca.org/sites/default/files/publications/Vol4_Mangroves_0.pdf.

IPIECA. (2000) *Guía para la planificación de contingencias ante derrames de hidrocarburos de água.* Series de informes. V. 2. (disponível em: http://www.ipieca.org/).

http://www.ipieca.org/publication/biological-impacts-oil-pollution-mangroves-volume-4

Menquini, A. (2004) - *Análise geoambiental da Baixada Santista da Ponta de Itaipu ao Maciço de Itatins (SP).* Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, 166p., Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2004/menquini_a_me_rcla.pdf.

MMA (2004) - *Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para derramamentos de óleo.* 107p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Gerenciamento Ambiental Territorial. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/projeto/_publicacao/especificacoes_normas_tecnicas_cartas_sao.pdf.

MMA (2007) - *Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos.* 116p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/projeto_saosantos.

MMA (2008) - *Documento síntese do I Simpósio Nacional sobre Erosão Costeira.* 25p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental na Indústria. Gerência de Qualidade Costeira e do Ar. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.remaatlantico.org/Members/suassuna/artigos/documento-sintese-do-i-simposio-nacional-sobre-erosao-costeira?set_language=en&cl=en.

Milanelli, J.C.C. (2003) - *Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião - São Paulo.* Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica, 293p., Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21131/tde-03042007-215200/pt-br.php.

Muler, M. (2008) - *Implementação de um sistema de informação voltado à sensibilidade ambiental ao óleo do litoral sul paulista e avaliação das ações de resposta a derramamentos de óleo.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), 63p., Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/tcc/brc/67051/2008/muler_m_tcc_rcla.pdf.

NOAA. (2000) - *Characteristic Coastal Habitats*: *Choosing Spill Response Alternatives*. 85p., U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office of Response and Restoration, Emergency Response Division. Disponível em: http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/911_coastal.pdf.

PETROBRAS (s/d) - *Atuação no Pré-Sal.* Portal da PETROBRAS: Energia e Tecnologia. Disponível em: http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal APARENTEMENTE NÃO TEM DATA

Ramires, M.; Barrela, W. (2003) - Ecologia da pesca artesanal em populações caiçaras da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. *Interciência,* 28(4):208-213. ISSN 0378-1844.

CONAMA (2008) - *Resolução n° 398* 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*. Ministério do Meio Ambiente, Conselho

Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Publicado no diário Oficial da União (DOU), Ano CXLV, nº- 111, Seção 1, pp.101-105. Disponível em *http://www.jusbrasil.com.br/diarios/621822/dou-secao-1-12-06-2008-pg-101/pdfView*

Romero, A.F. (2009) - *Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO: trecho Praia Grande – Ilha Comprida, litoral paulista*. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, 125p., Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2009/romero_af_dr_rcla.pdf.

Romero, A.F.; Riedel, P.S.; Milanelli, J.C.C. (2010) - Carta de sensibilidade ambiental ao óleo do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, Litoral Sul de São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.62, edição especial 01, 229-238p. ISSN 0560-4613.

Schaeffer-Novelli, Y. (1991) - *Manguezais brasileiros*. 42f. Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 2 vols. Não publicado.

Souza, M.R. (2004) - *Etnoconhecimento caiçara e uso de recursos pesqueiros por pescadores artesanais e esportivos no Vale do Ribeira*. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Agrossistemas, 102p., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-13092004-143414/pt-br.php.

Souza, C.R.G.; Souza, A.P. (2004) - 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, São Paulo, Brasil, p.16- 31. ISBN 8586699373.

Wiens, J.A.; Thomas, O.C.; Robert, H.D.; Stephen M.M.; Gregory D.H. (1996) - Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Marine Bird Communities in Prince William Sound, Alaska. *Ecological Applications* 6(3):828–841. DOI:10.2307/2269488.