

Revista Brasileira de Cartografia (2010) N° 63/4, p. 501-514
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO DA LINHA DE COSTA DA BAÍA DE SANTOS, SP – BRASIL

Environmental Sensitivity to Oil Spill of the Santos Bay Coastline, SP - Brazil

Rafael Riani Costa Perinotto¹, Paulina Setti Riedel² & João Carlos Carvalho Milanelli³

¹**Universidade Estadual Paulista - UNESP**
Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) - Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil
rafa.riani@gmail.com

²**Universidade Estadual Paulista – UNESP**
Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) - Departamento de Geologia Aplicada
Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil
psriedel@rc.unesp.br

³**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB**
Agência Ambiental de Ubatuba – SP
Rua Cunhambebe, 521, CEP: 11680-000, Ubatuba, São Paulo, Brasil
jmilanelli@uol.com.br

Recebido em 29 de Novembro de 2010/ Aceito em 29 de Janeiro de 2011
Received on November 29, 2010/ Accepted on January 29, 2011

RESUMO

A região da Baía de Santos apresenta elevada complexidade e relevância econômica com alto risco de ocorrência de derrames de óleo devido ao intenso fluxo de embarcações, decorrentes principalmente das atividades do Porto de Santos, mas também de atividades de pesca, transporte e de lazer e esportes náuticos. Este compartimento fisiográfico está em constante interação com o sistema estuarino e com a plataforma continental adjacentes. Foram realizados trabalhos de campo que possibilitaram a classificação dos segmentos mapeados de acordo com o Índice de Sensibilidade do Litoral, e que propiciaram, além da elaboração das Cartas SAO, um levantamento mais detalhado de informações adicionadas a um banco de dados espaciais, inserido em um Sistema de Informação Geográfica. Os setores leste e oeste desta baía são amplamente dominados por costões rochosos, em geral bastante fragmentados e heterogêneos, de maior sensibilidade; enquanto o setor norte apresenta predominância de extensas praias dissipativas. Os resultados obtidos são úteis para o planejamento de contingência e constituem importante contribuição à gestão ambiental da zona costeira estudada.

Palavras chaves: Cartas SAO, Derrames de Óleo, Baía de Santos, Mapeamento de Sensibilidade.

ABSTRACT

The Santos Bay is a complex region with relevant economic activities. Risks concerning oil spills are considerable, due to the intense movement of boats related to the “Porto de Santos”, as well as activities as fishery, transport and nautical

leisure and sports. This environment is under frequent interchanging with the adjacent estuarine system and continental shelf. Fieldworks enabled the classification of the delimited segments according to their Coastal Sensitivity Index; the elaboration of ESI Maps; and a detailed spatial database in a Geographical Information System environment. The eastern and western sectors of Santos Bay coastline are largely dominated by rocky shores, often quite fragmented and heterogeneous, with greater sensitivity. The north sector is dominated by large dissipative beaches. The obtained results are useful for contingency planning and represent an important contribution to coastal zone environmental management.

Keywords: ESI Maps, Oil Spills, Santos Bay, Coastal Sensitivity Mapping.

1. INTRODUÇÃO

A Zona Costeira abriga um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental, cuja diversidade é marcada pela transição de ambientes terrestres e marinhos (BRASIL, 1997). Essa transição é caracterizada por grande variabilidade de fatores abióticos, fundamental para a composição da alta diversidade biológica e de nichos ecológicos, com interações que lhe conferem um caráter de fragilidade. Constitui uma zona de fronteira sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas, modeladas por processos de origem continental e marinha, com grande variabilidade temporal e espacial, comportando-se como um sistema ambiental instável em função de uma série de processos geológicos muitas vezes controlados por fatores meteorológicos (SILVA *et al.*, 2004).

A humanidade ocupa e explora os ecossistemas costeiros há milênios. Desde o início da estruturação urbana grande parte da população mundial vive na zona costeira e há uma tendência permanente ao aumento da concentração demográfica nessas regiões.

A região litorânea provê bens e serviços valiosos e rentáveis à sociedade, como os derivados do turismo e da extração de recursos naturais. No Brasil, a indústria de petróleo vem apresentando forte crescimento na zona costeira e, principalmente, em águas marinhas profundas. Com as novas descobertas de campos petrolíferos na região do Pré-Sal na Bacia Marítima de Santos, estima-se um crescimento ainda maior das atividades relacionadas à indústria do petróleo no litoral. Durante praticamente todas as etapas da complexa rede constituída pela cadeia produtiva do petróleo existe o risco de derramamentos. Episódios de vazamento no mar envolvem instalações portuárias, refinarias, terminais de armazenamento, terminais aquaviários de operação de navios, colisões e encalhes de navios, rompimento de oleodutos, acidentes em poços e plataformas de petróleo, entre outros.

Derrames de petróleo e seus derivados têm trazido, ao longo dos anos, recorrentes e graves prejuízos aos ecossistemas costeiros em várias regiões do mundo. O óleo derramado, quando atinge a zona litorânea, provoca sérios danos à vida, aos ambientes naturais e às atividades socioeconômicas.

A Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em caso de Poluição por Óleo (OPRC 90), adotada pela Organização Marítima Internacional (IMO), passou a vigorar em 1995 estabelecendo, dentre outros aspectos, que os países (sendo o Brasil um de seus signatários) devem estabelecer planos nacionais de contingência, que estabelecem as diretrizes para ações de resposta aos derramamentos de óleo.

Segundo Brasil (2004), as Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO) constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e a avaliação de danos em casos de derrame de óleo; representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, pois permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de proteção. Além do planejamento de resposta, as cartas e mapas de sensibilidade têm enorme potencial para emprego no planejamento ambiental da zona costeira e marinha, reforçando os instrumentos políticos e administrativos de ordenamento territorial (BRASIL, 2004).

As Cartas SAO baseiam-se no mapeamento da sensibilidade dos ambientes costeiros que classifica as seções do litoral de acordo com suas características geomorfológicas, sensibilidade ao óleo, persistência natural do óleo e condições de limpeza e remoção. A classificação se baseia no entendimento das relações que ocorrem no ambiente costeiro, incluindo os processos físicos, o

substrato e a biota associada, que produzem ambientes geomorfológica e ecologicamente específicos, e permitem prever impactos ambientais e padrões de transporte de sedimentos e de comportamento do óleo derramado no ambiente costeiro. O mapeamento inclui três tipos principais de informação: os recursos biológicos; os usos e ocupação humanos dos recursos e ambientes; e a sensibilidade dos ecossistemas costeiros e marinhos (medidos por meio de um índice de sensibilidade do litoral - ISL).

O conceito de índice para classificação da sensibilidade dos ambientes a derrames de óleo é utilizado desde a década de 1970. Gundlach e Hayes (1978) e Michel *et al.* (1978) formularam e aplicaram uma proposta de escala crescente (de 1 a 10) de vulnerabilidade dos ambientes baseada principalmente no nível de exposição ao hidrodinamismo, declividade da zona entremarés e tipo de substrato do ambiente. Modificações e adaptações deste índice foram feitas ao longo dos anos com aplicações em ambientes costeiros ao redor do mundo, gerando um índice de sensibilidade ambiental.

A partir de 1989, os mapas de sensibilidade passaram a ser produzidos também na forma digital, com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de tecnologias de sensoriamento remoto, que permitiram a visualização dos mapas em computadores e a disponibilização em interfaces com a internet; e propiciaram a formação de uma complexa rede de dados que contém informações importantes para a resposta a derrames de óleo (JENSEN *et al.*, 1998).

Em 2002, o Serviço Nacional de Administração dos Oceanos e da Atmosfera dos Estados Unidos (NOAA – *National Ocean and Atmospheric Administration*) publicou a terceira edição de seu “Environmental Sensitivity Index Guidelines” (NOAA, 2002), um manual para elaboração de mapeamento de sensibilidade a derrames de óleo, a fim de padronizar os mapas produzidos. No Brasil, as primeiras iniciativas de se buscar essa padronização foram realizadas por Araújo *et al.* (2000; 2002). Posteriormente, o Ministério do Meio Ambiente elaborou um documento oficial visando padronizar a elaboração das Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO), adaptando o índice de sensibilidade do litoral (ISL) às

características dos ambientes costeiros brasileiros (BRASIL, 2004).

Em 2007, o Ministério do Meio Ambiente publicou o “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos”, mapeando o litoral desta Bacia em escalas de trabalho e de representação gráfica diferentes das aqui apresentadas (BRASIL, 2007).

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados do mapeamento da sensibilidade ambiental ao derrame de óleo da linha de costa da Baía de Santos, incluído no mapeamento dos ambientes costeiros dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá (PERINOTTO, 2010). Este trabalho integra e finaliza o mapeamento de toda a costa paulista em escala operacional, que foi realizado pelo grupo de pesquisa “Sensibilidade Ambiental a Derrames de Petróleo”, com a proposta de elaboração do Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Litoral Paulista e com a construção de um sistema de informação aplicado à elaboração de Cartas SAO.

1.1. Área de estudo

Segundo Suguio (1992), baía é um trecho côncavo do litoral marinho (ou lacustre) delimitado entre dois cabos ou promontórios, menor do que um golfo e maior do que uma enseada. A Baía de Santos, importante unidade fisiográfica da Baixada Santista na porção central do litoral paulista, é um ambiente marinho delimitado externamente pelas pontas de Itaipú, em Praia Grande, a oeste; pela Ponta do Monduba, no Guarujá, a leste; e pela Ilha de São Vicente, a norte (Figura 1). Este compartimento, relativamente abrigado, recebe as contribuições dos canais de Santos e de São Vicente, e da Baía de São Vicente, constituindo-se numa zona de mistura da água do mar com as águas salobras provenientes dos estuários (LAMPARELLI *et al.*, 2001). Possui profundidade média entre 5 e 10 metros; com cerca de 7 km de largura na parte central e 11 km em sua entrada (ROCHA, 2009). Apresenta circulação bastante complexa, com contribuições de marés, de ventos e do campo de densidade, determinado principalmente pela salinidade (HARARI e GORDON, 2001).

A linha de costa da Baía de Santos é constituída por partes dos municípios de Praia Grande, São Vicente, Santos e Guarujá, inseridos

na Região Metropolitana da Baixada Santista. A linha de costa a oeste da baía encontra-se toda sob jurisdição do Parque Estadual Xixová-Japuí (PEXJ) e representa a única porção continental de seu entorno; inicia-se na Ponta do Itaipu em Praia Grande e estende-se até a ponta ao sul da praia de Paranapuã, no município de São Vicente, próximo à Ilha Porchat, no local de transição entre a Baía de Santos e a Baía de São Vicente. A face norte da baía encontra-se na linha de costa da Ilha de São Vicente, iniciando-se na Ilha Porchat, em São Vicente, e estendendo-se orientalmente até a Ponta da Praia (Santos), na entrada do canal estuarino do Porto de Santos. Já a face leste da baía encontra-se toda sobre a linha de costa da Ilha de Santo Amaro (município de Guarujá), desde a Fortaleza da Barra Grande, na entrada do canal do porto, até a Ponta do Monduba (Figura 1).

Ao sul, a Baía de Santos comunica-se com as águas sobre a plataforma continental adjacente, exportando material particulado, sedimento e matéria orgânica em uma área de até 20 km de raio, aproximadamente (PERINOTTO, 2006). Ao norte comunica-se, em uma constante troca de materiais de acordo com o regime de marés, com as águas do Sistema Estuarino de Santos que, segundo Lamparelli *et al.* (2001), representa um dos mais importantes exemplos brasileiros de degradação ambiental por poluição hídrica e atmosférica de origem industrial em ambientes costeiros, sendo que os derivados de petróleo estão entre as principais fontes de poluição.

A região de entorno da Baía de Santos abriga o maior porto da América Latina, o Porto de Santos, e o maior pólo industrial do país, incluindo o Pólo Petroquímico, situado em Cubatão. Juntamente com esses empreendimentos, uma extensa rede de oleodutos e um intenso fluxo de navios pela região constituem as principais fontes de possíveis eventos com derramamentos de óleo. Além das atividades associadas ao Porto, o intenso turismo e a pesca, tanto industrial, como artesanal, contribuem para a relevância econômica da região. Todas essas atividades acarretam intensa movimentação de embarcações pela Baía de Santos constituindo importantes fontes potenciais de poluição por óleo, seja nas operações de abastecimento, nas de limpeza e descarte de óleo residual, ou ainda em eventuais acidentes de navegação (POFFO, 2007).

Além disso, com as novas descobertas de campos petrolíferos na região do Pré-Sal na Bacia Marítima de Santos, estima-se um crescimento ainda maior das atividades relacionadas à indústria do petróleo e da atividade portuária no litoral paulista.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de mapeamento de sensibilidade ambiental adotada baseia-se na proposta elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente, “Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo” (BRASIL, 2004); com algumas modificações de acordo com aspectos peculiares da região de estudo e com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Tais ferramentas permitiram o gerenciamento das informações espaciais na determinação dos índices de sensibilidade dos ambientes litorâneos e no mapeamento desses índices, dos recursos biológicos e dos recursos de uso humano.

O Sistema de Informação Geográfica utilizado foi o software ArcView 9.2. Os dados obtidos foram georeferenciados e adicionados ao banco de dados espacial, que vêm sendo construído para todo o litoral paulista, pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental. A base cartográfica inclui cartas náuticas (DHN N° 1701 Porto de Santos, na escala 1:23.000; e N° 1711 Proximidades do Porto de Santos, na escala 1:80.000); cartas topográficas na escala de 1:50.000; ortofotos digitais na escala de 1:5.000, com resolução espacial de 0,98 metros por “pixel”, cedidas pelo Instituto Florestal (IF) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2000); e mapas temáticos da região. Toda a base cartográfica utilizada efetivamente para o mapeamento em ambiente SIG foi georreferenciada e uniformizada em um mesmo sistema de coordenadas geográficas (UTM, datum SAD 69 e fuso 23-S).

Esta pesquisa envolve a integração de dados de diferentes naturezas, como fisiográficos, biológicos e socioeconômicos, associados aos ambientes costeiros. Estes três principais tipos de dados foram adquiridos tanto como dados secundários, mediante pesquisa bibliográfica, como também em trabalhos de campo.



Fig. 1 - Imagem ilustrativa da área de estudo com a linha de costa mapeada na Baía de Santos.

2.1 Determinação do ISL

A determinação do ISL baseou-se na classificação proposta pelo MMA (BRASIL, 2004), com algumas adaptações em determinados ambientes de acordo com as observações realizadas em campo. Para essa determinação foram avaliadas principalmente características do substrato, como declividade, consolidação, compactação e permeabilidade; além da exposição à ação direta das ondas e ao fluxo de marés.

2.2 Trabalhos de campo

Foram realizadas três campanhas de campo, uma para reconhecimento detalhado da área de estudo e preparação logística das atividades (denominada "Pré-Campo"), realizada em dezembro de 2008; e outras duas para o levantamento de dados, realizadas sazonalmente em janeiro/fevereiro (verão) e em julho/agosto (inverno) de 2009.

Durante estas campanhas, toda a linha de costa da Baía de Santos foi observada em detalhe com uso de embarcações de pequeno porte e toda a área de possível acesso terrestre foi percorrida a pé. Neste percurso foram observados e registrados, com uso de máquina fotográfica digital, planilhas e GPS, os recursos bióticos presentes nos ambientes costeiros, passíveis de reconhecimento; e os recursos sócio-econômicos em interação com a zona costeira.

Porém, os principais objetivos dos trabalhos de campo foram a aquisição de dados e a realização dos estudos necessários à classificação em segmentos, de acordo com a homogeneidade, por meio do índice de sensibilidade do litoral (ISL) de cada um dos ambientes identificados. Em geral, foram avaliadas características fisiográficas como a declividade e a extensão dos ambientes; a heterogeneidade e morfologia do substrato; a granulometria dos sedimentos; e a exposição à energia das ondas.

Para cada ecossistema, no entanto, as especificidades ambientais e as diferentes características relevantes para a determinação do ISL, demonstraram a necessidade de se adotar diferentes abordagens. Os Costões Rochosos e as Praias Arenosas são os ambientes com maior detalhamento de dados levantados, pois além de serem os ambientes com maior presença e distribuição na linha de costa em estudo, estão sujeitos a maiores variações nos valores de seus índices de sensibilidade, de acordo com as características fisiográficas naturais encontradas.

A exposição dos ambientes foi determinada de acordo com a orientação geográfica e abrigo natural do segmento analisado, com auxílio das ortofotos, considerando-se que geralmente a entrada de ondas é predominantemente dos

quadrantes sul, leste e principalmente sudeste; e com as observações realizadas em campo do hidrodinamismo atuante em cada ambiente.

2.2.1 Costões rochosos

Os costões rochosos foram mapeados com a utilização de embarcações de pequeno porte que permitiram o acompanhamento detalhado da linha de costa. Para esses ambientes foram observadas características específicas do substrato rochoso como morfologia, declividade, heterogeneidade e grau de compactação/fragmentação. Foram ainda observados o estado de conservação, a extensão e orientação do segmento, a exposição ao hidrodinamismo das ondas e correntes de maré; além dos recursos bióticos e os de uso humano presentes. A declividade foi classificada em alta (maior que 60°), média (entre 30° e 60°), ou baixa (menor que 30°), de acordo com a análise visual do grau de inclinação de cada segmento.

2.2.2 Praias

As praias foram percorridas a pé em toda a sua extensão e além das medidas dimensionais da faixa de areia e da zona entremarés foram observados o estado de conservação, a orientação geográfica e a presença de recursos bióticos e sócio-econômicos.

Para as praias, a declividade foi medida com a realização de perfis topográficos perpendiculares à linha de costa, utilizando-se um declivímetro de dois metros de largura, baseando-se em metodologia proposta pela CETESB (1998). Os perfis foram medidos desde o início do supralitoral até a franja do infralitoral, sempre respeitando a altura da maré, que permite maior ou menor exposição da faixa de areia no momento do estudo. Buscando-se uma melhor caracterização da área sujeita ao impacto pelo óleo no caso de derrame (área entremarés), todos os perfis foram realizados em marés baixas menores ou iguais a 0,5m. de altura, com uma média de dois perfis por estofo de maré baixa. O número de perfis por praia e o ponto de realização de cada perfil foi determinado durante o Pré-Campo e considerou, além da extensão das praias, a homogeneidade do ambiente e a presença de visíveis diferenças em características como exposição, orientação e até mesmo, declividade e granulometria aparente.

O valor de declividade das praias foi utilizado para a classificação do estado morfodinâmico de cada praia, de acordo com Suguio (1992). Segundo McLachlan (1996), o estado morfodinâmico das praias é determinado principalmente pela energia das ondas, amplitude das marés e tamanho das partículas; essas três variáveis determinam conjuntamente a declividade das praias, que foi utilizada por Suguio (1992) para classificar o estado morfodinâmico das praias em: dissipativa, caracterizada pela baixa declividade, menor que 2°; praia reflexiva, que apresenta alta declividade, geralmente entre 6° e 8°; e praia transicional (ou intermediária), que apresenta características morfológicas e dinâmicas intermediárias entre as praias dissipativas e reflexivas.

No mesmo trecho de medição de cada perfil de declividade foram coletadas, com auxílio de uma pá, amostras superficiais de areia (primeiros 5 cm. aproximadamente) em 3 pontos distintos (1 na faixa supralitoral; 1 na porção mediana do mesolitoral; e 1 na franja do infralitoral), para posterior análise granulométrica de determinação do diâmetro médio do grão.

As amostras coletadas foram colocadas em estufa para secar. Após a secagem, foram coletadas subamostras de 200g, pesadas em balança de bancada de precisão. Cada subamostra foi então colocada no conjunto de peneiras e postas a vibrar no agitador por 15 minutos. O conjunto foi constituído por 11 peneiras de 8 polegadas de diâmetro, selecionadas de acordo com os limites superiores e inferiores das 10 classes de tamanho de areia baseadas na escala granulométrica de Wentworth (1922), e seguem uma seqüência básica de intervalos de 0,5 phi. Após a agitação e o peneiramento, o material retido em cada peneira foi coletado e pesado separadamente. Os valores dos pesos obtidos para cada peneira foram então inseridos em planilhas e processados pelo software SysGran 3.0 para Windows (CAMARGO, 1999). Os dados foram processados de acordo com os parâmetros estatísticos do método gráfico de análise de Folk e Ward (1957) e permitiram o cálculo não apenas da média do tamanho dos grãos, mas também a mediana, o grau de seleção, a assimetria e a curtose; além das porcentagens de cascalho, areia, silte e argila. A classe granulométrica da areia é um dos principais fatores considerado para a determinação do ISL de praias.

2.3 Adição dos Dados e Organização do Sistema de Banco de Dados Geográficos

Além dos dados utilizados diretamente na segmentação de cada ambiente e na atribuição do ISL a cada segmento determinado, foram obtidas e estudadas outras informações complementares sobre os ambientes mapeados, que nem sempre são possíveis de serem exibidas graficamente nas Cartas SAO, tais como: coordenadas geográficas do segmento; condições, possibilidades e restrições de acesso ou aproximação por via terrestre ou aquática; disponibilidade de áreas para manobra, estacionamento, disposição de resíduos e desembarque de equipamentos; presença de infraestrutura náutica, de estrutura de apoio e/ou ponto logístico; existência de atividades recreacionais, de prestação de serviços e/ou de extração de recursos naturais; presença de recursos histórico/culturais; procedimentos de combate recomendados e não recomendados; informações adicionais relevantes como áreas sob gestão especial; entre outras informações.

Esses dados podem auxiliar as equipes de combate ao derrame de óleo no momento de emergência; e na indicação de Áreas Prioritárias de proteção e Zonas de Sacrifício (PERINOTTO, 2010).

Todos estes dados, inclusive os utilizados na atribuição do ISL, foram adicionados ao sistema de banco de dados geográficos que vêm sendo construído para todo o litoral paulista pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental, por intermédio do projeto “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 edital CT-PETRO/MCT/CNPq 16/2005 (processo 550233/05-9). Algumas informações que constituem a base cartográfica do mapeamento, como limites municipais, hidrografia, malha viária e as fotos aéreas, foram obtidas por este mesmo projeto e inseridas ao banco de dados.

Os dados adicionados foram organizados em tabelas específicas para cada tipo de ambiente, com algumas informações diferenciadas, de acordo com o ambiente costeiro e apresentam cada segmento mapeado em uma linha própria, com o respectivo código de identificação e todas as informações referentes ao segmento (PERINOTTO, 2010).

2.4 Representação Gráfica

Segundo Lima *et al.* (2008), os segmentos constituem a unidade espacial básica do mapeamento de sensibilidade e representam um determinado trecho do litoral, delimitado de acordo com suas características e sua classificação pelo ISL. Nas Cartas SAO produzidas cada segmento foi representado por uma linha ou polígono com a respectiva cor do ISL atribuído, seguindo orientação do MMA (BRASIL, 2004). Os recursos bióticos e sócio-econômicos foram representados nas Cartas por ícones específicos também padronizados de acordo com a orientação do Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A linha de costa da Baía de Santos apresenta aproximadamente 39,4 km. de segmentos lineares mapeados nos ambientes costeiros. Esta linha pode ser dividida em três setores principais, o setor oeste (área continental), o setor norte (Ilha de São Vicente), e o setor leste (Ilha de Santo Amaro). Considerando toda a baía, os costões rochosos são os ambientes mais frequentes na linha de costa, ocupando 73,7% da área mapeada, enquanto as praias ocupam aproximadamente 23,85% (9,4 km.); e os demais 2,5% são ocupados por estruturas artificiais. Além destes ambientes mapeados como segmentos lineares, encontram-se ainda na Baía de Santos uma planície arenosa deposicional e uma pequena planície de maré, mapeadas como polígonos. Foram também mapeadas, dentro da Baía de Santos, as ilhas Urubuqueçaba, das Palmas, do Mato e Careca.

3.1 Costões Rochosos

O “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos” (BRASIL, 2007) apresenta em escala operacional de 1:50.000 a linha de costa da Baía de Santos, dividida em 2 diferentes Cartas SAO. Com o nível de detalhamento e caracterização dos ambientes propiciado pelas escalas abordadas, esta importante publicação atribuiu o índice de sensibilidade mínimo (ISL 1) a todos os costões rochosos encontrados na região, omitindo detalhes ambientais relevantes para a sensibilidade dos costões rochosos.

O método proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2004) classifica os costões rochosos de acordo principalmente com a

declividade e a exposição à ação das ondas, sem considerar o grau de heterogeneidade. A exposição à ação das ondas e marés determina o tempo de permanência do óleo no ambiente, permitindo maior ou menor possibilidade e eficiência da limpeza natural dos costões pela água do mar, portanto, ambientes expostos são considerados menos sensíveis do que aqueles abrigados.

A declividade do litoral determina a extensão de atuação das marés e, portanto, a área diretamente sujeita ao impacto do óleo derramado. Quanto maior a declividade, menor a área de atuação das marés e conseqüentemente, menor também é a sensibilidade ambiental do segmento. Além disso, segmentos de menor declividade favorecem maior dispersão da comunidade biótica (MILANELLI, 2003).

Já a morfologia, compactação e heterogeneidade dos costões influenciam diretamente a aderência e o tempo de permanência do óleo no ambiente, por criarem refúgios e abrigos, como fendas, tocas, e poças de maré em depressões, que podem aprisionar o óleo entre as rochas, intensificando a gravidade do impacto à biota. Além disso, costões com grande quantidade de tocas e refúgios, como os constituído por blocos e matações, propiciam a instalação, colonização e o desenvolvimento de uma variedade de organismos, tanto animais quanto vegetais, geralmente mais sensíveis e vulneráveis aos estresses físicos e pressões bióticas, assegurando a manutenção de suas populações; e aumentando substancialmente a biodiversidade dos costões rochosos (CETESB, 2006).

Considerando essas características os costões rochosos foram divididos em segmentos e classificados de acordo com os seguintes índices e critérios: - ISL 1: Costões rochosos lisos, homogêneos, de alta declividade, expostos a intensa ação hidrodinâmica; - ISL 2: Costões rochosos lisos, homogêneos, de média a baixa declividade, expostos; - ISL 6: Costões rochosos heterogêneos, altamente fragmentados e encostas rochosas formadas por blocos, matações e/ou depósito de tálus, expostos; - ISL 8: Costões rochosos abrigados.

3.2 Praias Arenosas

Nos municípios abrangidos pela Baía de Santos, as praias desempenham importante papel,

tanto pelo grande atrativo turístico e movimentação econômica que promovem, como pela possibilidade de desenvolvimento de atividades de subsistência e de lazer cotidiano de sua população local. Além disso, e apesar da constante pressão antrópica, as praias da região abrigam ainda importante diversidade biológica.

A sensibilidade das praias é determinada principalmente pela declividade da faixa entremarés, exposição à ação das ondas, e granulometria do sedimento, que possibilita maior ou menor penetração do óleo. O índice de sensibilidade proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2004), considera primordialmente a potencialidade de penetração do óleo no substrato e, secundariamente, a exposição à ação das ondas e marés para classificar as praias arenosas quanto a sua sensibilidade, atribuindo índices que vão de 3 a 5; sendo: - ISL 3: Praias dissipativas de areia média a fina, expostas; - ISL 4: Praias intermediárias de areia média a fina expostas, ou Praias abrigadas, ou Praias de areia grossa; e - ISL 5: Praias mistas de areia e cascalho ou fragmento de conchas e corais.

O “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Baía Marítima de Santos” (BRASIL, 2007), atribuiu ISL 3 a todas as praias identificadas em seu mapeamento na região; porém, com o nível de detalhe permitido pela escala adotada neste importante mapeamento do MMA, algumas praias não puderam ser visualizadas nas cartas SAO apresentadas.

3.3 Setor Oeste

O setor oeste da linha de costa da Baía de Santos representa 28,44% da área mapeada, é o único setor presente em área continental e está todo contido em área sob jurisdição do Parque Estadual Xixová-Japuí (PEXJ); desde a Ponta do Itaipu na Praia Grande, até o sul da Praia de Paranapuã em São Vicente. Este setor, com 11,2 km. de linha de costa, é exposto a ação direta das ondas e amplamente dominado por costões rochosos que ocupam 95,87% de sua linha de costa, dos quais mais de 70% são costões altamente fragmentados e heterogêneos, compostos por blocos, matações ou depósito de tálus, classificados, portanto com ISL 6. Já os costões compactos e homogêneos, tanto de declividade alta (ISL 1) como de

declividades média a baixa (ISL 2) ocupam aproximadamente 25% de toda a área deste setor.

A principal praia do setor é Itaquitanduva, localizada na divisa entre os municípios de Praia Grande e São Vicente, e que, assim como as outras 2 pequenas faixas de areias mapeadas no setor oeste, recebeu ISL 4, por ser uma praia intermediária, de areia e declividade médias. Juntas as praias deste setor ocupam 343 metros.

Os 120 metros restantes nesse setor são ocupados por estruturas artificiais (ISL 1) localizadas na região da pequena praia do Comandante, na área militar do Forte do Itaipu em Praia Grande.

3.4 Setor Norte

O setor norte, representado pela grande Ilha de São Vicente, totaliza 27,45% (10,8 km.) da linha de costa da Baía de Santos, considerando-se juntamente o perímetro da Ilha Urubuqueçaba (780 m.). Este setor envolve partes dos municípios de São Vicente e de Santos e é dominado pelas grandes praias dissipativas da Ilha de São Vicente. Tanto Itararé, em São Vicente (2,48 km.), como a Praia de Santos (4,98 km.), são praias de areia fina a muito fina, de declividades baixas, geralmente menores do que 1°, e apresentam ampla faixa de areia, sendo classificadas com o ISL 3. Juntas essas praias ocupam 69% da linha de costa deste setor.

Os costões rochosos neste setor totalizam 24,6% da linha de costa mapeada e ficam restritos às ilhas Porchat (em São Vicente, no extremo oeste do setor) e Urubuqueçaba (em Santos, próxima à divisa com São Vicente). Os costões da Ilha Porchat somam aproximadamente 1,9 km., divididos em dois segmentos praticamente do mesmo tamanho, um mais compacto (ISL 2) e outro bastante fragmentado constituído por blocos (ISL 6). O perímetro da Ilha Urubuqueçaba foi mapeado em 4 diferentes segmentos, sendo 2 deles classificados com ISL 8 devido ao abrigo natural da ação direta das ondas; 1 segmento mais compacto classificado com ISL 2 na face exposta da ilha; e outro segmento também exposto constituído por blocos e matacões (ISL 6).

Atrás da face abrigada da Ilha Urubuqueçaba, foi mapeada uma área que demonstra a influência que o abrigo à ação das ondas proporcionado por essa ilha, assim como por qualquer outro grande anteparo, exerce sobre a topografia da região e conseqüentemente sobre a sensibilidade ambiental. O tómbolo em formação na região caracteriza uma

planície arenosa deposicional que indica uma grande propensão ao acúmulo do óleo eventualmente derramado que chegar à região. O abrigo da ilha dificulta a limpeza natural pelas águas do mar, aumentando ainda mais a sensibilidade do local.

Próximo à divisa entre os municípios de Santos e São Vicente, na mesma região da Ilha Urubuqueçaba, encontra-se o emissário submarino de Santos, sobre parte do qual foi construído um píer/espigão cuja linha de costa é constituída por blocos de enrocamento. Essa estrutura com 573 metros de linha de costa foi classificada com ISL 6. Além desta, apenas uma outra estrutura artificial, com 125 metros de extensão, foi mapeada neste setor, presente no encontro da Ilha Porchat com a praia do Itararé. Perpendicularmente à linha de costa da praia de Santos foram mapeadas as estruturas dos guias-correntes dos canais de drenagem de Santos, obras de engenharia sanitária do século XIX, construídos para drenar as planícies alagadas do município e que deságuam de forma intermitente na praia de acordo com as chuvas e o regime de marés.

3.5. Setor Leste

O setor leste é o maior da linha de costa da Baía de Santos, com 17,4 km. ocupa mais de 44% da área mapeada. Encontra-se todo na Ilha de Santo Amaro, município de Guarujá e é amplamente dominado por costões rochosos que ocupam quase 90% de sua linha de costa. Dos 15,63 km. de costões 17,85% são segmentos abrigados da ação direta das ondas (ISL 8), grande parte deles concentrados na porção norte deste setor, próximo à região da Fortaleza da Barra Grande, na entrada do Canal do Porto de Santos. Aproximadamente 27% dos costões são segmentos compactos, mais homogêneos, classificados com ISL 1 (10%) ou ISL 2 (17%) de acordo com a declividade de cada segmento. Os demais 55% (8,7 km.) de extensão dos costões rochosos foram classificados com o ISL 6, sendo segmentos expostos, altamente fragmentados, constituídos por blocos, matacões ou depósitos de tálus.

Neste setor foram mapeadas 8 praias que totalizam aproximadamente 1,6 km. (9,15% do setor). Apenas uma delas foi classificada com ISL 3, a praia do Monduba (338 m.), praia dissipativa de areia fina e declividade baixa, localizada na área militar da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (Forte

dos Andradas) do Exército Brasileiro. Três praias foram classificadas com o ISL 4, duas delas expostas, de estado morfodinâmico intermediário, de declividade e areia médias, sendo elas a praia do Saco do Major (247 m.) e a praia do Guaiúba (560 m.). A terceira de ISL 4 é a praias do Moisés, presente na área sob jurisdição militar, uma pequena praia de bolso, com aproximadamente 80 metros de extensão, orientação N-S, de areia e declividade médias; relativamente abrigada por dois longos segmentos paralelos de costão rochoso. É a praia de acesso mais dificultado da região, apenas por longa trilha de mata fechada ou por pequenas embarcações; localizada mais próxima à Ponta do Monduba. Devido às restrições de acesso e à baixa interferência humana, é uma das praias mais bem preservadas da região metropolitana da Baixada Santista.

As demais praias foram classificadas com ISL 5: Prainha da Cortadura (59 m.), próxima à Fortaleza da Barra Grande, com presença de muitos blocos rochosos na faixa de areia; praia do Góes (146 m.), com areia mista com muitos fragmentos de conchas e grãos mais grossos, principalmente na campanha de campo do inverno; praia do Cheira-Limão (30 m.), praia intermediária de areia média mista com muitas conchas e fragmentos; e praia do Congava ou Sangava (130 m.), praia reflexiva de areia média a grossa, mista com fragmentos de conchas e grãos maiores, e com presença de blocos rochosos na faixa de areia.

Apenas uma estrutura artificial foi mapeada neste setor, na região da praia do Góes, abrigada da ação direta das ondas (ISL 8) que inclui, além de um segmento de muro, a estrutura do terminal aquaviário de passageiros presente nesta praia. Também na mesma região, em frente a praia do Góes, foi mapeada uma pequena planície de maré lamo-arenosa abrigada (ISL 9); e uma drenagem de rio intermitente a noroeste da praia (ISL 10).

3.6 Cartas SAO

Perinotto (2010) produziu no volume II de sua dissertação de mestrado um total de 3 Cartas Táticas e 21 Cartas Operacionais para os ambientes costeiros dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá. As escalas de representação gráficas de cada Carta Operacional que, segundo Brasil (2004), devem apresentar escala de representação máxima de 1:10.000, até 1:50.000, foram definidas

ao melhor nível de detalhamento possível para que o maior número de informações relevantes fosse evidenciado, sem que houvesse excessos prejudicando a fácil compreensão, e sem divisão desnecessária dos ambientes e feições geográficas mapeados. Todas as Cartas SAO e demais mapas produzidos foram agrupados em um Atlas de sensibilidade confeccionado em papel tamanho A3 (PERINOTTO, 2010).

A região da Baía de Santos é representada como um todo na Carta Tática SAN-31, produzida na escala de 1:85.000; e com maior detalhe nas Cartas SAO Operacionais SAN-300, SAN-301, SAN-304, SAN-305, SAN-307, SAN-308 e SAN-309, que em geral foram produzidas na escala de 1:10.000, mas podem chegar também até 1:25.000 (PERINOTTO, 2010). Para ilustrar o mapeamento produzido será aqui apresentada apenas um exemplo de Carta Operacional (SAN-304) produzida por Perinotto (2010) em escala de 1:10.000 para parte do setor norte da Baía de Santos (Figura 2).

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado partiu de um levantamento detalhado em campo dos ambientes costeiros para uma visão geral e integrada de toda a região de estudo, observando de forma holística as intra-relações dos ambientes mapeados e as inter-relações destes com as áreas adjacentes. Este detalhamento permitiu a identificação e classificação de ambientes de menor extensão e por vezes de elevada sensibilidade.

A Baía de Santos apresenta elevada possibilidade de ocorrência de eventos com derrames de óleo, estando inserida em uma região de alta complexidade de relações de diversos atores e interesses atuantes, e muitas vezes conflitantes, na zona costeira. Uma área de relevância econômica estadual e nacional, tanto pela concentração da frota pesqueira e do desembarque do pescado marinho, como principalmente, e até de relevância econômica internacional, pela presença do Porto de Santos. Esta região localiza-se no centro costeiro da área de maior concentração urbana e industrial do litoral paulista, e na região litorânea de maior proximidade com a Grande São Paulo; possui um longo histórico de impactos negativos sobre os ambientes naturais; e apresenta há décadas uma forte vocação e intensa

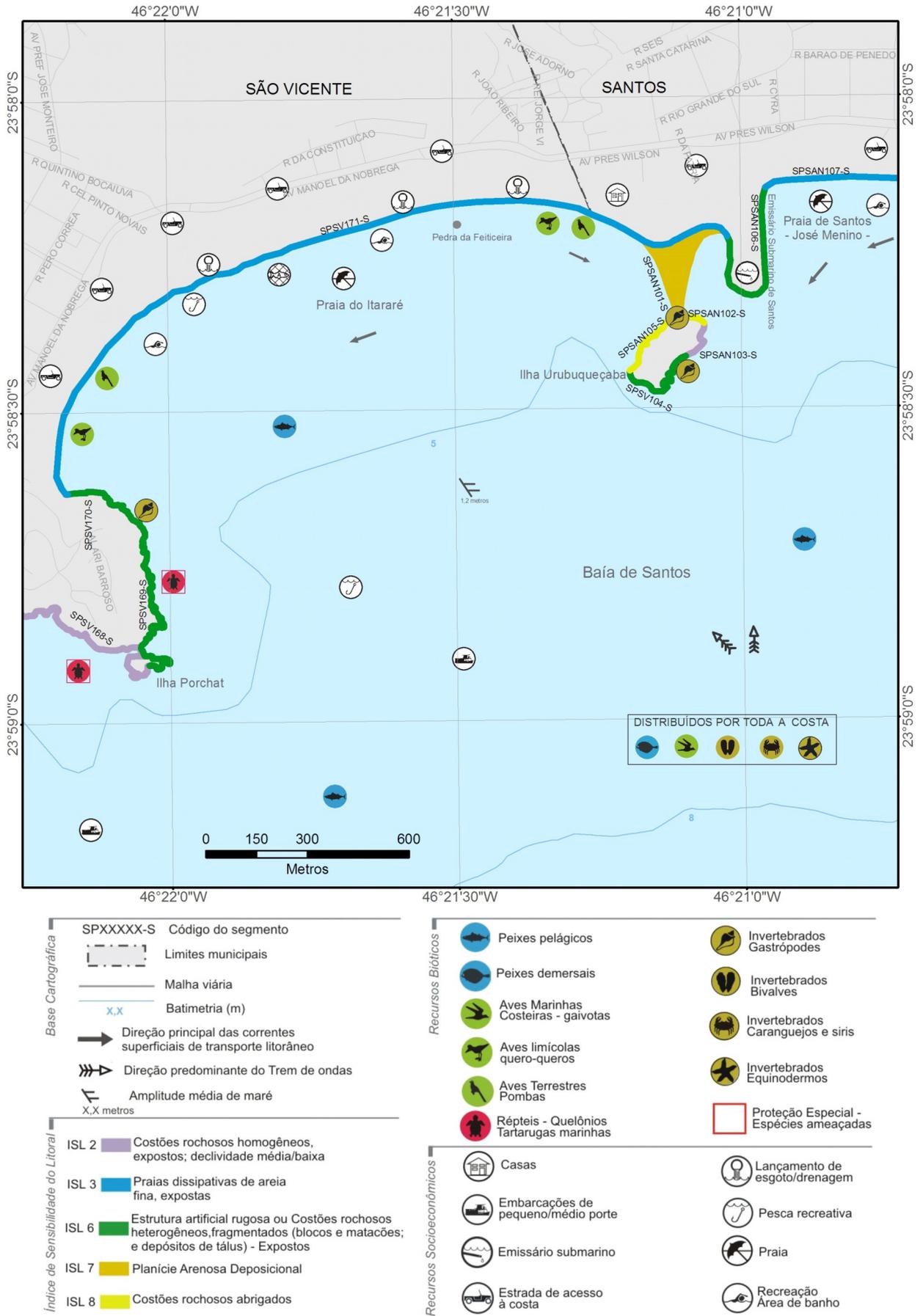


Fig. 2 – Exemplo de Carta SAO Operacional do Setor Norte da linha de costa da Baía de Santos.

movimentação turística. Abriga ainda, a despeito desta complexidade econômica relevante, importantes comunidades extrativistas e vila de pescadores tradicionais; e apesar de todo este contexto socioeconômico apresenta grande diversidade de ecossistemas costeiros e estuarinos sensíveis, que merecem proteção e cuidados conservacionistas, especialmente em casos de emergência; e abrigam importantes comunidades de elevada diversidade biológica, num dos setores mais complexos do litoral de São Paulo, com a presença do sistema estuarino de Santos e das grandes ilhas de Santo Amaro e de São Vicente, separadas do continente por uma intrincada rede de canais de maré estuarinos.

Na linha de costa da Baía de Santos, os costões rochosos são os ambientes mais freqüentes, ocupando 73,7% de toda a área mapeada. De acordo com os critérios adotados para a classificação dos costões rochosos nesta pesquisa, considerando a morfologia e a fragmentação do ambiente, o ISL 6 foi o mais freqüente, indicando a predominância de costões rochosos heterogêneos, expostos, formados por blocos, matacões e/ou depósitos de tálus; com alto grau de fragmentação, muitas fendas, depressões, tocas e poças de maré, que constituem abrigos tanto para uma diversa biota sensível como para o óleo. Ao todo, os costões rochosos classificados com ISL 6 representam 45% de toda a linha de costa mapeada (17,8 km), indicando a alta relevância e sensibilidade desses ambientes para a região e a importância ecológica de sua conservação.

Conclui-se que a classificação do índice de sensibilidade atualmente proposta pelo MMA subestima importantes aspectos ecológicos dos costões rochosos como morfologia, fragmentação e concentração de espécies sensíveis, priorizando a declividade do ambiente e principalmente a exposição à ação das ondas para a determinação da sensibilidade ambiental deste ecossistema. Dessa forma, sugere-se uma reavaliação crítica do ISL de costões rochosos, com a adoção de uma classificação que valorize esses aspectos atualmente subestimados.

As praias arenosas desempenham importante papel na região estudada, tanto pelo grande atrativo turístico e movimentação econômica que promovem, como pela possibilidade de desenvolvimento de atividades de subsistência e de lazer cotidiano de

sua população local. Ao todo, aproximadamente 20% de toda a linha de costa mapeada é ocupada por praias dissipativas de areia fina a muito fina, com amplas faixas de areia de baixas declividades. Segundo a classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil, essas características determinam menores índices de sensibilidade (ISL 3). No entanto, o estado dissipativo da praia, geralmente possibilita maior biodiversidade e proporciona maior área sujeita ao impacto direto do óleo devido a sua menor declividade. Portanto, derrames de óleo em praias dissipativas, em geral de areia fina, têm maior potencialidade de impactar a biota típica de praias arenosas.

Considerando este fato sugere-se uma reavaliação crítica por parte dos órgãos responsáveis, consultando a comunidade científica especializada, em relação à classificação dos índices de sensibilidade atribuídos às praias.

A diversidade e complexidade de dados levantados em estudos de sensibilidade ambiental não são passíveis de serem representadas graficamente em sua totalidade nas Cartas SAO. Estas Cartas devem ser claras e objetivas, apresentando um resumo das informações principais, facilitando sua leitura e interpretação no momento de emergência. Dessa forma a elaboração de um banco de dados espacial, com a inserção dos dados complementares de cada segmento mapeado, é essencial para um melhor planejamento das estratégias de combate às emergências e para a elaboração dos planos de contingência. O banco de dados espacial possibilita o acesso rápido às informações detalhadas e mais completas da região de interesse, devendo, portanto, ser adotado de forma integrada com as Cartas SAO como instrumento de gestão de emergências.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela Bolsa de Mestrado e pela Reserva Técnica concedidas (Processo 2007/58068-9). Ao Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental e ao PRH-05. À Mariela Muler principalmente pelo auxílio nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. **Manual Básico para Elaboração de Mapas de**

- Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo no Sistema Petrobras: Ambientes Costeiros e Estuarinos.** Rio de Janeiro: CENPES/Petrobras, 2002. 134 p.
- ARAÚJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. **Minuta do Manual Básico para Elaboração de Cartas de Sensibilidade no Sistema Petrobras.** Rio de Janeiro: CENPES/Petrobras, 2000. 170 p.
- BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). **Resolução nº 005 de 03 de dezembro de 1997:** Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos.** Brasília: Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, 2007. 116p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo.** Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília, 2004. 107p.
- CAMARGO, M. G. **SYSGRAN para Windows: Sistema de análises granulométricas.** [mcamargo@cem.ufpr.br] 1999.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Governo do Estado de São Paulo. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: Procedimentos de Limpeza - Manual de Orientação.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2006. 120p.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Determinação do declive, perfil e área entre-marés de praias de areia.** Procedimento Operacional Padronizado – *P.O.P. nº DAHC-MA-042.* São Paulo. 1998. 21p.
- FOLK, L. R.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology.** v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.
- GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. **Marine Technology Society Journal.** v. 12, n. 4, p. 18-27, 1978.
- HARARI, J.; GORDON, M. Simulações Numéricas da Dispersão de Substâncias no Porto e Baía de Santos, sob a Ação de Marés e Ventos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 6, n.4, p.115-131, 2001.
- JENSEN, J. R.; HALLS, J. N.; MICHEL, J. A system approach to environmental sensitivity index (ESI) mapping for oil spill contingency planning and response. **Photogrametric Engineering & Remote Sensing.** v. 64, n. 10, p. 1003-1014, 1998.
- LAMPARELLI, M. L.; COSTA, M. P.; PRÓSPERI, V. A.; BEVILÁCQUA, J. E.; ARAÚJO, R. P. A.; EYSINK, G. G.; POMPEIA, S. Sistema estuarino de Santos e São Vicente. **Relatório Técnico CETESB.** 2001. 178p.
- McLACHLAN, A. Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. **Marine Ecology Progress Series.** v. 131, p.205-217, 1996.
- MICHEL, J.; HAYES, M. O.; BROWN, P. J. Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of Lower Cook Inlet, Alaska. **Environment Geology.** v. 2, p. 107-117, 1978.
- MILANELLI, J. C. C. **Biomonitoramento de costões rochosos como instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo.** 2003. 293 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- NOAA. **Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 3.0.** Technical Memorandum. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. 2002. 89 p.
- PERINOTTO, R. R. C. **Influência da pluma da Baía de Santos no comportamento espectral da absorção da luz pelo fitoplâncton.** 2006. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas – Habilitação em Gerenciamento Costeiro). Universidade Estadual Paulista. São Vicente. 2006.
- PERINOTTO, R. R. C. **Mapeamento de Sensibilidade ao Derrame de Óleo dos Ambientes Costeiros dos Municípios de São Vicente, Santos e Guarujá – SP.** 2010. 208 f.

Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2010.

POFFO, I. R. F. **Gerenciamento de riscos socioambientais no Complexo Portuário de Santos na ótica ecossistêmica.** 2007. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). PROCAM. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

ROCHA, M. L. C. F. **Indicadores ecológicos e biomarcadores de contaminação ambiental na ictiofauna da Baía de Santos e do Canal de Bertioga, São Paulo, Brasil.** 2009. 208 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. 2009.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA). Instituto Florestal.

Ortofotos Digitais. Plano de Preservação da Mata Atlântica. São Paulo. 2000.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa. In: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Orgs.). **Introdução à Geologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 175-218.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol.** São Paulo: Ed. T. A. Queiroz, 1992. 171 p.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology.** v. 30, p. 377-392. 1922.