

MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DO LITORAL DE UBATUBA-SP A VAZAMENTOS DE PETRÓLEO

Environmental Sensitivity Mapping for oil Spills in Ubatuba Littoral, São Paulo

Tiago de Carvalho Franca Rocha¹

Dimas Dias-Brito¹

João Carlos Carvalho Milanelli²

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP

Laboratório de Pesquisas Micropaleontológicas, microbióticas e de Ambientes (LAMBDA) Departamento de Geologia Aplicada - UNESP - Rio Claro – SP

Avenida 24 A, 1515 – CEP: 13506-900, Rio Claro – SP

tiagocfr@hotmail.com

dimasdb@rc.unesp.br

² Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB

Agência Ambiental de Ubatuba – SP

Rua Cunhambebe, 521 – CEP: 11680-000, Ubatuba – SP

jmilanelli@uol.com.br

RESUMO

O município de Ubatuba representa a região mais preservada e conservada de todo o litoral norte paulista, abrigando, 170 quilômetros de linha de costa, ecossistemas com alto índice de sensibilidade ao óleo. É representado por seis pequenas baías, em que foram classificados 76 segmentos de praias, 118 de litoral rochoso, 8 barras de rio e 4 estruturas artificiais, além de fragmentos de manguezal, planícies de maré, laguna e lagoas. Muitos destes ecossistemas se encontram em área protegida por unidades de conservação, com difícil acesso, e outros são importantes áreas de turismo e lazer. O litoral de Ubatuba foi dividido em três setores devido as diferenças fisiográficas e de ocupação. O mapeamento evidenciou a sensibilidade ambiental do setor norte do município, que abriga praias, manguezais, planícies de maré e litorais rochoso em locais de difícil acesso para a contenção e limpeza em caso de vazamentos. Os outros dois setores, sul e centro também apresentam elevada sensibilidade associada a índices mais altos de ocupação, principalmente a porção que corresponde ao centro do município. As cartas SAO apresentadas neste trabalho possuem caráter tático em um escala de 1:80.000 e representam importante fonte de informação da região devendo ser utilizadas em planos de emergência e contingências e representa um importante instrumento de gestão costeira para a uma região amplamente pressionada por atividades econômicas.

Palavras-chave: Cartas SAO, Litoral Norte de São Paulo, Petróleo, Meio Ambiente.

ABSTRACT

The Ubatuba County represents the most well-preserved region of the entire Northern São Paulo coast, sheltering ecosystems with high index of oil sensitivity along 170 kilometers of coast line. It is represented by six small bays, composed of 76 beach segments, 118 rocky coast segments, 8 estuary segments and 4 artificial structure segments, in addition to mangrove fragments, tide plains, lagoons and ponds. Many of these ecosystems are found in areas protected by conservation units, with difficult access, and others are important tourism and leisure areas. The Ubatuba coast was divided into three sectors due to differences in physiography and occupation. The mapping evidenced by the environmental sensitivity of the Northern sector of the county, which shelters beaches, mangroves, tide plains and rocky coasts in areas which are difficult to access for containment and cleaning in case of spills. The other two sectors, the southern and central sectors, present high sensitivity associated with a higher occupation index, mainly in the portions corresponding to the central county. The “cartas SAO” presented in this study have a tactical character on a scale of 1:80,000 and represent an important source of detailed information of the region. They should be used in emergency and contingency plans and represent an important coastal management instrument for a region widely pressured by economical activities

Keywords: Oil Spill Sensitivity Map, Northern Coast of São Paulo State, Petroleum, Environment.

1. INTRODUÇÃO

O litoral norte do Estado de São Paulo representa uma região em que as pressões diretas e indiretas sobre o espaço geográfico são intensas, principalmente resultantes do elevado potencial de exploração de hidrocarbonetos na bacia de Santos. Estimam-se reservas superiores a 6,5 bilhões de barris de óleo dos campos de Tupi e Carioca, configurando o sexto maior campo de jazidas constatadas do mundo. Tupi se localiza a aproximadamente 250 km da costa, sendo o município de Ubatuba uma das áreas mais próximas. As atividades de exploração se intensificaram na área com a possibilidade de novas descobertas e, portanto, os cuidados em relação a atividades futuras de exploração e transporte de óleo devem ser priorizadas na região.

A pressão sobre os ecossistemas costeiros resultante do grande volume de investimentos e da dimensão dos empreendimentos previstos no litoral norte de São Paulo poderão provocar uma explosão demográfica descontrolada em municípios com problemas de infra-estrutura. Os projetos previstos para a região agregam pontos considerados delicados, como a passagem dos dutos para transportar o gás natural extraído no mar em Caraguatatuba até São José dos Campos, passando pelo Parque Estadual da Serra do Mar, e os viadutos que deverão compor a maior parte dos 73 quilômetros da nova faixa da rodovia dos Tamoios (projeto semelhante ao da nova rodovia dos Imigrantes) (SÃO PAULO, 2007). Dessa forma, a vulnerabilidade ambiental da região tende a aumentar uma vez que o tráfego de veículos pesados se elevará consideravelmente.

O Litoral Norte do Estado de São Paulo já abriga grandes empreendimentos relacionados ao processo produtivo como o maior entreposto comercial de petróleo e derivados da América do Sul. Trata-se do Terminal Marítimo Almirante Barroso (Tebar), operado pela Petrobras Transporte S.A (Transpetro), que se localiza na sede do Município de São Sebastião, responsável pela movimentação diária de 600 mil barris ou 4 bilhões de litros por mês, que representam 50% do petróleo consumido pelo país (BRASIL, 2007b). Próximo ao Tebar se localiza o Porto de São Sebastião, no contexto da terceira melhor região portuária do mundo devido à configuração natural do Canal de São Sebastião (DERSA, 2007).

O porto de São Sebastião movimenta aproximadamente 400 mil toneladas de produtos/ano. Esses dados refletem o elevado fluxo de navios e embarcações de apoio, que tende a aumentar nos próximos anos com os investimentos contemplados no projeto de ampliação do porto, onde até 2010 se espera movimentar três milhões de toneladas anuais de produtos (DERSA, 2007).

Dessa forma o município de Ubatuba se apresenta como uma região com intensa pressão antrópica, sobretudo relacionada a vazamentos de petróleo e derivados, associada à maior área natural

conservada do litoral norte paulista. O presente trabalho tem como objetivo apresentar o mapeamento da sensibilidade ambiental a vazamento de petróleo para a faixa litorânea continental do município de Ubatuba (cartas SAO). As cartas foram elaboradas em uma escala de 1:80.000, seguindo as normas preconizadas pelo BRASIL (2004), inserindo novas propostas necessárias para melhor detalhar a caracterização das feições costeiras em relação aos aspectos que influenciam o comportamento de óleo nos ambientes costeiros presentes em Ubatuba.

Como complemento a esse estudo, Poletto (2008), apresenta o Mapeamento de sensibilidade ambiental a vazamentos de óleo das ilhas costeiras do município de Ubatuba.

1.1 Área de Estudo

A porção norte do Litoral Paulista é caracterizada por uma costa recortada devido à proximidade com a Serra do Mar, com a presença de inúmeras enseadas e praias de pequenas dimensões (MUEHE, 2006). É representada pela área dos municípios de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba.

O município de Ubatuba está limitado a nordeste com o Estado do Rio de Janeiro, e localiza-se a 226 Km da cidade de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23°35'48'' S / 45°16'55'' W e 23°11'50'' S / 44°43'22'' W. Possui uma área de 711 km², sendo o maior município do litoral norte de São Paulo (Figura 1).

De acordo com Cruz (1974), as direções da Serra do Mar no município de Ubatuba comandam a direção do litoral, dependendo da maior ou menor aproximação da serra com o mar. Quando a direção do litoral é NE-SW, o litoral apresenta costas e praias de tomo. Quando a direção do litoral é N-S, surgem reentrâncias, com enseadas e praias abrigadas.

O sedimento da plataforma continental na região de Ubatuba é constituído predominantemente por areias finas e muito finas, com características de sedimentos palimpsestos, sendo a contribuição continental atual restrita as proximidades das fontes costeiras nas enseadas. Outra característica é a baixa ocorrência de pelitos, indicando pequeno aporte de sedimentos modernos para a área, principalmente junto à costa, próximos à Enseada de Fortaleza e Enseada do Mar Virado (FURTADO & MAHIQUES 1990).

Segundo Castro-Filho et al. (1994), os padrões hidrodinâmicos da plataforma ao largo de Ubatuba são regrados por fenômenos sazonais, principalmente relacionados a massas de águas e penetrações de frentes frias no inverno. Na região, assim como em toda a costa paulista, há a prevalência do regime de micromarés, com amplitude inferior a dois metros (TESSLER & MAHIQUES, 1994).

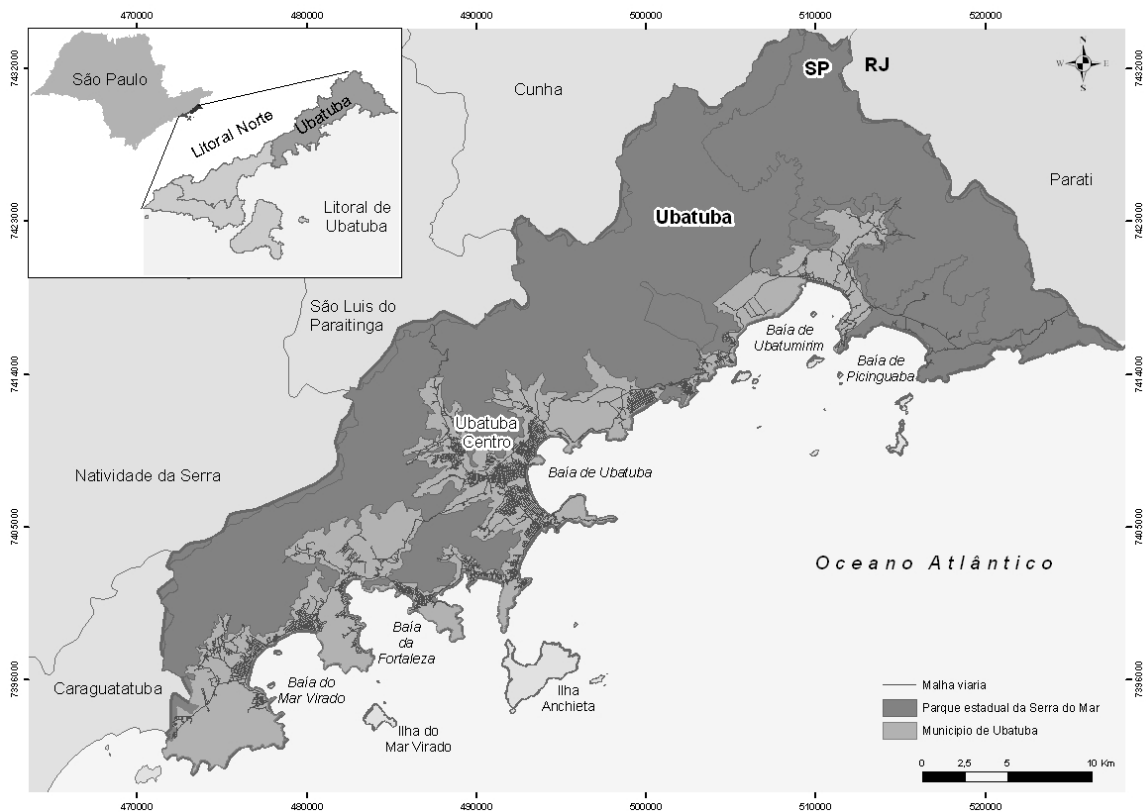


Figura 1- Área de Estudo- Litoral do município de Ubatuba

2..MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos adotados para a realização desse estudo foram baseados no documento “Especificações e Normas Técnicas para Elaboração das Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo, cartas SAO” e seus Anexos (BRASIL, 2004), bem como na Resolução CONAMA 398/2008, que estabelece o conteúdo mínimo para Planos de Emergência Individuais (PEIs) (BRASIL, 2008) e nos métodos estabelecidos pela NOAA (1997).

Os métodos incluem coleta (campanhas de campo), análise e tratamento de dados, elaboração de material cartográfico, sistematização de informações geográficas e confecção da carta de sensibilidade ambiental a vazamentos de óleo.

2.1.Campanhas de campo

Foram desenvolvidas duas campanhas de campo, em janeiro e julho de 2007, contemplando as realidades do período de verão e inverno, respectivamente. As campanhas de campo tiveram o objetivo de diagnosticar as características físicas e geomorfológicas dos ambientes litorâneos, como tipo de substrato, declividade, granulometria e nível de exposição às ondas e marés. Também foi obtido pontos de acesso ao litoral, aspectos sócio-econômicos, estado de conservação, avaliação de impactos antrópicos e caracterização dos recursos biológicos.

Os ambientes costeiros foram diferenciados em segmentos, de acordo com o critério da homogeneidade das características geomorfológicas (e.g., trechos contínuos de costão rochoso, praia, manguezal). Para a caracterização de cada tipo de ambiente litorâneo encontrado na área mapeada foi adotado um critério específico, considerando-se os parâmetros propostos por BRASIL (2004) e aprofundando alguns aspectos considerados de relevância específica, como visto a seguir.

2.1.1Praias

Perfil topográfico- declividade

A declividade das praias foi determinada por meio do perfil topográfico elaborado com o auxílio de um declivímetro (CETESB, 1998; WIECZOREK, 2007). O procedimento adotado consistiu em determinar a diferença topográfica a cada dois metros da linha perpendicular à disposição longitudinal da praia. Os perfis contemplaram desde o limite da maré baixa (limite superior do infralitoral) até o início da vegetação (limite superior do supralitoral ou linha de costa).

Granulometria

A classificação granulométrica foi realizada pela similaridade visual, que consiste na comparação dos grãos de areia coletados com uma escala granulométrica criada a partir de amostras homogêneas selecionadas em laboratório por peneiramento, respeitando a escala de Wentworth (1922), em que foram estabelecidas 10 classes, de areia muito grossa

(Phi entre -1,0 e -0,5) a areia muito fina (Phi entre 3,5 e 4). A análise granulométrica corresponde ao material arenoso coletado na zona entremarés.

Grau de exposição à energia de ondas

O grau de exposição à energia de ondas das praias foi analisado conforme a orientação geográfica, em relação à direção dos trens de ondas, a presença de barreiras naturais e observações diretas em campo. A identificação do grau de exposição à energia de ondas de uma feição contribui para a determinação da classe de sensibilidade a vazamento de óleo daquele ambiente. Ambientes abrigados geralmente apresentam sensibilidade mais elevadas que locais expostos.

2.1.2.Litoral rochoso

Declividade

Com base em observação “*in loco*”, a declividade do litoral rochoso foi estimada e enquadrada nas classes baixa, média e alta. A classe baixa corresponde aos costões com declividade menor que 30°, a classe média entre 30 e 60° e a classe alta apresenta declividade estimada entre 60 e 90° de inclinação.

Tipos de Litoral e Heterogeneidade física

O tipo de litoral rochoso foi classificado por meio de observação visual em duas classes: costão consolidado, representado por costão compacto e terraço arenítico e costão não consolidado, formado matacões e depósito de talus.

A heterogeneidade física dos litorais rochosos foi classificada por meio da identificação visual dos refúgios presentes nas rochas como tocas de ouriço, fendas, depressões e poças de maré.

Grau de exposição às ondas

O grau de exposição à energia de ondas foi classificado, como exposto, abrigado e semi-abrigado de acordo com as observações visuais feitas nos trabalhos de campo e também de acordo com a localização e orientação geográfica do segmento. Por exemplo, segmentos localizados no interior de baías ou que apresentavam direção predominantemente N – S foram, em geral classificados como abrigados. Segmentos localizados em áreas fora de baías, sem a presença de barreiras naturais como ilhas e com direção predominantemente NE-SW foram classificados como expostos.

2.1.3.Manguezais, Planícies de Maré e Barra de Rios

Os manguezais e as planícies de maré presentes em Ubatuba foram mapeadas por meio da aplicação de critérios fotointerpretativos, sobretudo tonalidade e textura, assim como apresenta Lima (2008). As planícies de maré sempre estavam associadas a outras feições, como praias, barras de rio e manguezais. As

barras de rio foram mapeadas e identificadas em campo em feições superiores a 50 metros.

Todas essas feições foram georreferenciadas, fotografadas e posteriormente delimitadas pela interpretação das ortofotos digitais.

2.2.ISL

A análise dos dados possibilitou a classificação de feições ao longo de toda a linha de costa do município de Ubatuba segundo os índices de sensibilidade ambiental do litoral (ISL), conforme figura 2, em que o ISL 10 apresenta ambientes mais sensíveis, enquanto o ISL 1 menos sensíveis (tabela 1).

Tabela 1. Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)

Índice	Tipo de costa
ISL 1	· Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos · Falésias em rocha sedimentares, expostas · Estruturas artificiais lisas, expostas
ISL 2	· Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos · Terraços ou substratos de declividade média, expostos
ISL 3	· Praias dissipativas de areia média a fina, expostas · Faixas arenosa contíguas à praia, não vegetadas · Escarpas e taludes íngremes · Campos de dunas expostas
ISL 4	· Praias de areia grossa · Praias intermediárias de areia fina a média, expostas · Praias de areia fina a média, abrigadas
ISL 5	· Praias mistas de areia e cascalho · Terraço de abrasão · Recifes areníticos em franja
ISL 6	· Praias de cascalho · Costa de detritos calcários · Depósito de talus · Enrocamentos expostos
ISL 7	· Planície de maré arenosa exposta · Terraço de baixa-mar
ISL 8	· Escarpa de rocha lisa, abrigada · Escarpa de rocha não lisa, abrigada · Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados · Enrocamentos abrigados
ISL 9	· Planície de maré arenosa/lamosa abrigada e outras áreas úmidas não vegetadas · Terraço de baixa-mar lamoso abrigado · Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
ISL 10	· Deltas e barras de rio vegetadas · Terraços alagadiços, brejos, margens de rios e lagoas · Manguezal

2.2.Elaboração das Cartas SAO

O mapeamento foi realizado com o auxílio do software *ArcView 9.1* (ESRI, 2005), em Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o *Datum South American 1969* (SAD69), e projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23. A base cartográfica foi confeccionada segundo as seguintes referências:

Carta náutica - da Ilha das Couves à Ilha do Mar Virado, N°1.635, Escala 1: 39.983, Marinha do Brasil (MB, 1981a).

Carta náutica - da Enseada do Mar Virado ao Porto de São Sebastião, Escala 1:39.914, Marinha do Brasil (MB, 1981b).

Carta náutica - da Ponta da Juatinga à Ilha das Couves, Escala: 1:40.000, Marinha do Brasil (MB, 1981c).

Ortofotos digitais – vôo PPMA, com resolução espacial de 0,98 metros, de 2000-2001. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Instituto Florestal. Projeto de Preservação da Mata Atlântica (SMA, 2000).

Base cartográfica do projeto “Concepção desenvolvimento e implementação de um sistema informação aplicado à elaboração a cartas SAO: litoral paulista”. CTPetro/MCT/CNPq, 16/2005 RIEDEL et al (2009).

As informações espaciais foram hierarquizadas segundo a estrutura de organização de dados do programa *ArcGIS 9.1*, o *ArcCatalog*, que segue o modelo de dados conhecido como *Geodatabase* e que rege todas as informações espaciais ou tabulares utilizadas para a elaboração das cartas SAO de Ubatuba.

Os dados coletados foram associados às representações gráficas para compor o banco de dados para Cartas SAO de Ubatuba. Os segmentos foram representados como polígonos ou linhas, associados a tabelas que abrigam um conjunto de atributos associados aos segmentos. Os segmentos que representavam praias e litorais rochosos foram mapeados como linhas. Ambientes com uma faixa entremarés mais extensa foram mapeados como polígonos, como é o caso de manguezais e planícies de maré lamosas.

Os segmentos foram classificados utilizando-se o Índice de Sensibilidade do Litoral (**ISL**), apresentado em uma escala de 1 a 10, em que os maiores valores representam os ambientes mais sensíveis ao contato com o óleo. Essa metodologia foi adaptada de BRASIL (2004) com o objetivo de hierarquizar as feições costeiras em relação à sensibilidade a vazamento de óleo utilizando parâmetros físicos, como declividade do litoral, tipo de substrato e grau de exposição à energia de ondas e marés.

As informações relativas aos recursos biológicos foram apresentadas nas cartas de sensibilidade pela simbologia indicada por BRASIL (2004), por meio de ícones ou áreas hachuradas associadas a um ponto, ou a um polígono, respectivamente. Os ícones representam as espécies ou grupos de espécies e as áreas hachuradas representam os locais de reprodução, alimentação, repouso ou distribuição de alta concentração das espécies.

As informações sócio-econômicas e de resposta a derramamentos de óleo foram apresentados através de ícones elaborados por BRASIL (2004), com a coloração em preto e branco. Quando possível, os ícones foram expostos na posição exata dos recursos, como por exemplo, em locais de infraestrutura náutica, marinas,

piers e atracadouros. Em locais de uso humano onde não se pode delimitar exatamente a localização, os ícones foram distribuídos pela área, demonstrando que naquela região encontravam-se aqueles aspectos sócio-econômicos.

O registro fotográfico das feições e das características de acesso, socioeconômicas, recursos biológicos e de demais informações relevantes foram organizadas em um banco de imagens.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área mapeada foi dividida em três grandes setores devido à extensa dimensão e o elevado grau de heterogeneidade da região. Para estabelecer os limites de cada setor foram considerados os aspectos socioeconômicos e fisiográficos do litoral. O centro do município apresenta maior ocupação, que representa maior facilidade de acesso e pressão antrópica aos ambientes costeiros e concentração de atividades socioeconômicas. Já os setores sul e norte apresentam grau de ocupação relativamente baixo, com os ambientes litorâneos protegidos pelo difícil acesso, porém em casos de vazamento essa característica poderá prejudicar as ações de combate e limpeza.

O setor sul corresponde aos segmentos presentes entre o costão da Figueira (extremo sul do município) e o costão Norte da Praia da Enseada. Caracteriza-se por apresentar o litoral mais recortado do município e por abrigar o maior número de segmentos costeiros distribuídos em três pequenas baías, Baía da Fortaleza, Baía do Mar Virado e Baía do Flamengo.

Foram identificados 98 segmentos em aproximadamente 73 km de linha de costa do setor. A maior parte é composta por segmentos correspondentes ao litoral rochoso, perfazendo 42,7 km de extensão, seguido de praias arenosas, com aproximadamente 27 km, e estruturas artificial, com 3,3 km (figura 2). O setor sul apresenta ainda uma representativa área de manguezal localizada no estuário do Rio Escuro.

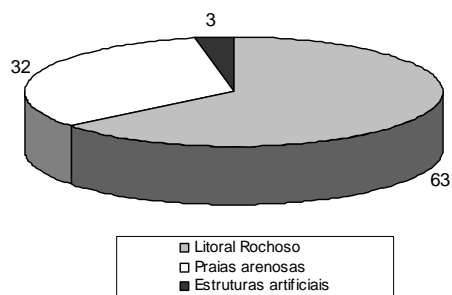


Figura 2- Número de feições distribuídas no setor sul.

O setor sul apresenta a maior quantidade e extensão de segmentos de litoral rochoso de todo município de Ubatuba. O litoral rochoso do setor foi classificado segundo sua morfologia em costão compacto e blocos e matacões, em que a primeira classe corresponde a 37% dos segmentos de litoral rochoso e a

segunda a 63%. Quando comparada a extensão de cada classe, cerca de 17,3 km correspondem a costões compactos e 25,4 km a blocos e matacões.

Por serem ambientes mais heterogêneos, blocos e matacões apresentam maior número de refúgios e por sua vez maior sensibilidade, já que propiciam a instalação, colonização e o desenvolvimento de uma variedade de organismos, elevando substancialmente a biodiversidade (CONNELL, 1972; MILANELLI, 2003).

No setor sul, a sensibilidade dos blocos e matacões é ainda maior, já que 70% desse ambiente se encontra em local abrigado. Ambientes abrigados são mais sensíveis que expostos, fato que se deve a três aspectos: dificuldade do óleo ser disperso, na composição das espécies colonizadoras que tende a ser mais delicada, sem proteção física para os compostos químicos presentes no petróleo e na dificuldade de recolonização de costões abrigados atingidos por óleo uma vez que este tende a permanecer por longos períodos (LOPES et al, 2006)

Blocos e matacões abrigados foram classificados como as feições mais sensíveis do litoral rochoso, juntamente com costões compactos abrigados que possuem o mesmo índice de classificação, apesar de apresentar condições distintas para a composição das comunidades.

O setor sul apresenta 32 segmentos de praias arenosas abrigadas em três pequenas baías recortadas por costões rochosos. As praias representam aproximadamente 27 km de extensão, abrigando desde pequenas feições, como a Praia do Dionísio com cerca de 70 metros de extensão, até o segmento correspondente as Praias de Maranduba/ Sapê/ Lagoinha com 6600 metros.

As praias desse setor seguem predominantemente a orientação SW-NE e NW-SE e apresentam geralmente alto grau de exposição à ondas, com domínio morfodinâmico reflexivo e intermediário. As praias que se situam no interior das baías geralmente apresentaram baixo grau de exposição às ondas e os menores valores de declividade, característica de praias dissipativas. É o caso das praias Maranduba, Sapê, Lagoinha, Dionísio, Barra, Dura, Enseada, Lázaro, Ribeira e Saco da Ribeira.

As praias desse setor apresentaram importantes modificações quando à sua estrutura geomorfológica, do período de inverno para o verão, demonstrando grande variação sazonal. Ao comparar os dados de granulometria da zona entremarés de verão e inverno de cada praia, nota-se uma tendência de redução do tamanho dos grãos no período de inverno. A declividade das praias variou entre os dois períodos, apresentando uma leve tendência de aumento do grau de inclinação do verão para o inverno. As modificações morfológicas que se observam na maioria das praias são derivadas principalmente da alternância da energia das ondas. No setor sul da área de estudo foi claramente notada a variação sazonal de ondas, com ondas menores e mais suaves durante o verão. Ondas pequenas tendem a “engordar” as praias, enquanto ondas de tempestades

provocam erosão (MUEHE, 2006). Durante o verão, sedimentos são trazidos para a praia construindo bermas, enquanto que no inverno, os bermas são totalmente ou parcialmente destruídos, como é o caso da Praia da Lagoa.

Segundo Mahiques et al (1998), a baía da Fortaleza tem maior grau de exposição à energia de ondas quando comparada com as enseadas do Mar Virado e do Flamengo. Esse fato se deve à relação entre a orientação das desembocaduras e a ação das ondas. A enseada da Fortaleza está voltada para sudeste, determinando a forte influência dos trens de ondas vindos de S-SE, especialmente durante a atuação dos sistemas frontais, que muitas vezes tem efeito reduzido devido à presença da Ilha do Mar Virado. Segundo Martins (2006), esta influência pode ser notada claramente na dinâmica da praia da Sununga.

Apesar de compor apenas um segmento, a estrutura artificial presente no setor sul de Ubatuba é a mais representativa de todo o litoral do município. Fica situada na Enseada do Flamengo, mais precisamente no Saco da Ribeira, local abrigado e ponto de atracamento de embarcações. Representa uma estrutura artificial lisa que varia de declividade ao longo de 3300 m extensão, e compõe a maior estrutura náutica do município.

As feições mais sensíveis do setor correspondem a fragmentos de manguezal e a laguna. Devido a sua reduzida planície costeira, Ubatuba apresenta poucas áreas de manguezal, restritas à desembocadura dos Rios Ponta Aguda, Escuro e o Ribeirão da Lagoinha, cujas fozes estão localizadas nas Praias da Ponta Aguda, Barra e Lagoinha, respectivamente. Entre os três fragmentos de manguezal, o do Rio Escuro é o mais significativo em todo o município, tanto na extensão quanto no uso socioeconômico de seus recursos.

A Figura 3 apresenta a Carta Tática correspondente ao setor sul do município de Ubatuba, na escala de 1:80.000.

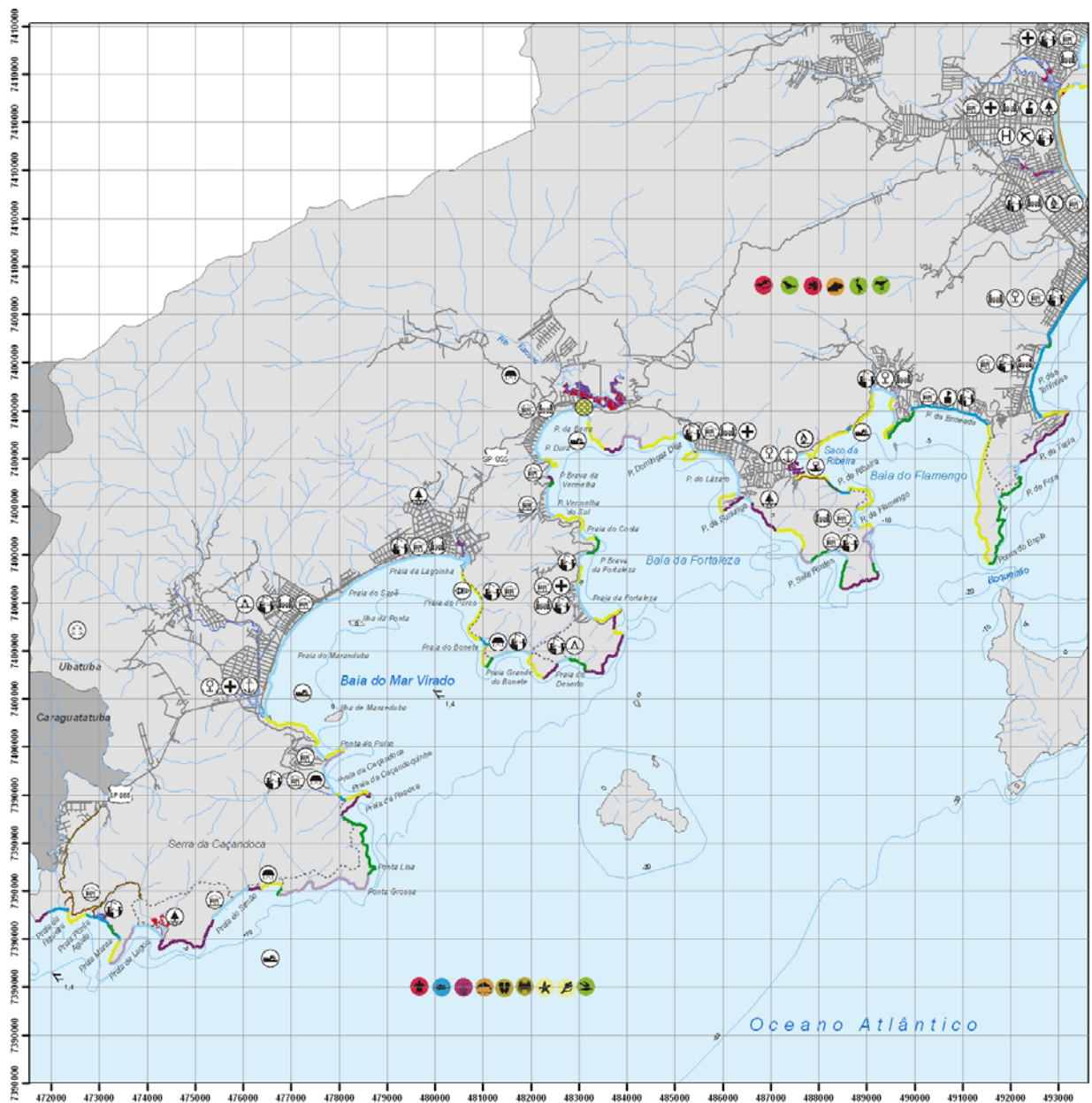


Figura 3- Carta SAO do setor sul do Litoral de Ubatuba- Escala 1:80.000

O setor central se inicia na Ponta do Espiá, em frente à Ilha Anchieta e se estende até a Praia Vermelha do Norte. Abriga trinta e nove segmentos e três fragmentos de manguezal em aproximadamente 41 km de linha de costa. A distribuição das feições costeiras é apresentada na figura 4. A maior parte do setor apresenta segmentos de litoral rochoso, com extensão de 24,15 km, seguido de praias arenosas com 15,27 km. A área está exposta em duas Baías: Baía de Toninhas e Baía de Ubatuba.

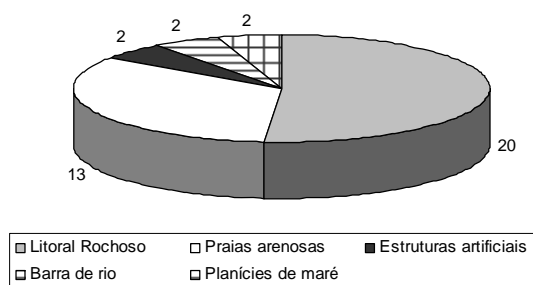


Figura 4- Número de feições distribuídas no setor central.

O setor central possui vinte segmentos de litoral rochoso, sendo 56% costão compacto e 44% blocos e matacões. Do total de 24,15 km de extensão, 68,2% ou 16,47 km, representam os costões compactos e 31,8%, ou 7,68 km, blocos e matacões.

Litoral rochoso abrigado apresenta maior sensibilidade quando comparado a trechos expostos, sendo que 36% dos segmentos do setor correspondem a litorais rochosos abrigados e os outros 64% a expostos.

Foram identificados treze segmentos de praias arenosas com extensões e características heterogêneas. O maior segmento é representado pela faixa que compreende as Praias de Iperoig e Itaguá, todas com características geomorfológicas semelhantes, compondo um segmento de aproximadamente 3,7 Km. A praia com menor dimensão é a Cedro do Centro com cerca de 130 metros.

Os segmentos de praia do setor central apresentaram um predomínio de orientação SW-NE e N-S, praias expostas com elevado grau de exposição à ondas, com domínio morfodinâmico dissipativo.

O Setor Central é caracterizado pela presença de duas baías com características distintas de dinâmica interna. A baía de Toninhas, localizada ao sul do setor, é mais energética quando comparada com a baía de Ubatuba devido à configuração de sua entrada, que apresenta uma larga abertura. Além disso, é fortemente influenciada pelos trens de ondas provenientes de SW-S, e sua proximidade com o canal do Boqueirão afeta a dinâmica de sedimentação devido à passagem de correntes (MAHIQUES et al., 1998).

Souza (1997) identificou duas células divergentes a partir do centro-norte da praia de Toninhas, com sotamares no extremo sul dessa praia e no canto norte da Praia Grande. Essa zona de divergência constitui o trecho de maior energia de ondas

de ambas as praias e onde são observados intensos processos erosivos.

Durante o verão foi observado o predomínio de areia fina nas praias do setor e a presença de areia média e grossa. Quando comparado com os dados de inverno observa-se a tendência de aumento do tamanho dos grãos, já que foi registrada uma quantidade maior de praias com areia grossa e média. A tendência de aumento do tamanho dos grãos durante o inverno pode ser decorrente da entrada de frentes frias e, consequentemente, aumento da ação de ondas.

O perfil praiial identificou aumento da declividade do verão para o inverno nas praias do Tapia, Vermelha do Centro, Cedro, Iperoig, Matarazzo, Vermelha do Norte e Alto. Mesmo abrigadas em baías e protegidas pela presença da Ilha Anchieta, as praias citadas demonstram a possível influência dos trens de ondas gerados no inverno provenientes de S-SE associados a frentes frias.

O segmento correspondente a Praia do Tenório apresenta duas feições: praia arenosa na zona intermaré inferior e terraço arenítico na infra maré, definindo assim dois índices de sensibilidade a vazamento de óleo. Durante o verão parte da feição de terraço arenítico é soterrada por areia, soterrando também a biota residente, enquanto que no inverno esses sedimentos são carreados, expondo o substrato consolidado para novas colonizações. Portanto, a técnica de combate e limpeza adotada para esse ambiente deve levar em conta a dinâmica sazonal do setor praiial. Em caso de um vazamento durante o verão a operação de contenção não pode deixar que o óleo atinja o terraço arenítico, uma vez que o óleo pode se agregar ao substrato e ser posteriormente recoberto pelo processo de sedimentação observado nesse período. Caso isso ocorra o óleo pode ficar encapsulado entre o substrato consolidado e o não consolidado, voltando a contaminar a praia na estação seguinte.

O setor central abriga inúmeras estruturas artificiais de pequena dimensão, representados principalmente por píers, rampas e muros ao longo da costa, geralmente em locais abrigados. Apenas duas estruturas artificiais foram consideradas feições devido às elevadas extensões. Estão localizadas nas praias de Itaguá e Iperoig, uma estrutura com dois píeres de atracação de barcos de turismo, com aproximadamente 800 metros de linha de costa e um enrocamento que abriga um farol de navegação ("rip-rap"), com 180 metros, respectivamente.

Na praia de Barra Seca e a frente das Praias de Itaguá e Iperoig se localizam as feições de planície de maré do setor, sendo a última a maior do município, perfazendo aproximadamente 3,7 km de linha de costa. Correspondem às feições mais sensíveis do setor, juntamente com os fragmentos de manguezais. (Fig 5)

Os manguezais do setor central se distribuem em quatro manchas, sendo três relacionadas aos rios Acaraú, Grande e Lagoa, que deságuam no segmento das Praias Itaguá/Iperoig e um na foz do Rio Indaia, cuja foz se localiza na Praia de Perequê-Açu.

A Figura 5 apresenta a Carta Tática correspondente ao setor central do município de Ubatuba, na escala de 1:80.000, destacando a área mais densamente ocupada do município.

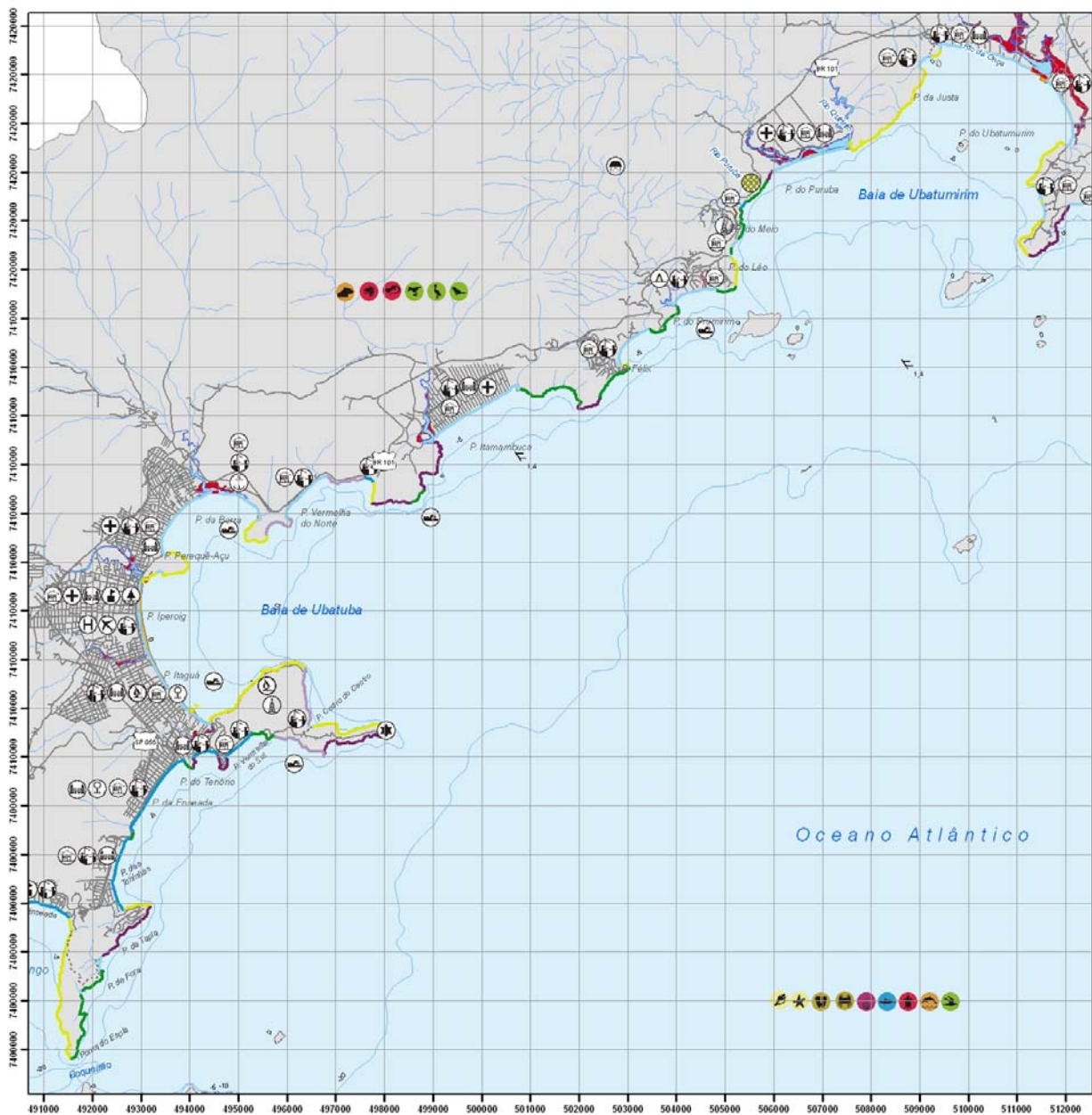


Figura 5- Carta SAO do setor central do Litoral de Ubatuba- Escala 1:80.000

O setor norte do litoral de Ubatuba constitui a área de menor ocupação e atividade antrópica do município, única região onde os limites do Parque Estadual da Serra do Mar atingem a linha de costa. É caracterizada pelo predomínio de feições com orientação SW-NE e pela presença de duas pequenas baías, Baía de Ubatumirim e Baía de Pinguaba (Fig 7).

O setor abriga 57 segmentos, abrangidos em aproximadamente 55 km de linha de costa. Assim como nos setores sul e centro, a maior parte das feições corresponde ao litoral rochoso, com 34,45 km de extensão, seguido por segmentos de praias arenosas, com cerca de 20 km, figura 6.

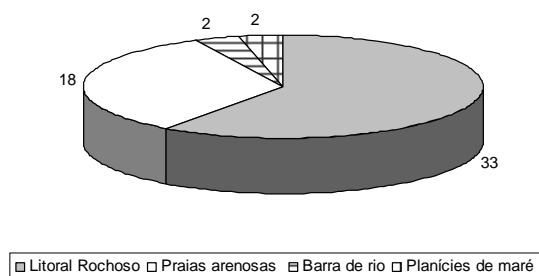


Figura 6- Número de Feições no setor norte do litoral de Ubatuba.

Os segmentos de litoral rochoso presentes no setor norte apresentam orientação predominante SW-NE, sendo que 59 % são representados por blocos e matacões, 38% por costão compacto e 3% por depósito de tálus. Em relação à extensão de cada feição, blocos e matacões expostos representaram 15,35 km, blocos e matacões abrigados 4,88 km, costão compacto exposto 9,13 km, costão compacto abrigado 9,03 km e depósito de tálus exposto 0,1 km.

O litoral rochoso do setor norte apresentou 62% dos segmentos localizados em locais exposto a ação de ondas, perfazendo aproximadamente 24,5 km de linha de costa, representado elevado grau de sensibilidade do litoral rochoso da região.

O setor norte apresenta dezoito segmentos de praias arenosas em um total de 19,97 km. Uma característica marcante nas praias deste setor é a orientação predominante no sentido SW-NE, e poucas no sentido NW-SE, apresentando dinâmicas próprias decorrentes da ação dos trens de ondas provenientes do quadrante sul.

A região é ainda marcada pela presença de duas pequenas baías que abrigam um total de dez segmentos de praias. Segundo Rodrigues et al. (2002), a característica mais importante do setor norte é a presença de inúmeras ilhas que influenciam toda a dinâmica de correntes e nos processos de sedimentação na região. A presença de rios, como o Rio das Bicas, Rio da Onça, Rio Puruba, entre outros, também interfere nos processos de circulação das correntes na área.

Quando comparado os dados de granulometria das praias deste setor nos períodos de inverno e verão observa-se uma leve tendência de diminuição do tamanho dos grãos do verão para o inverno.

A presença de expressivos segmentos de barra de rio vegetada, manguezais e planícies de maré compõem o cenário da região mais preservada da área de estudo.

As barras de rio do setor norte correspondem às fozes dos rios da Fazenda e Iriri, localizadas, respectivamente, na Praia da Fazenda e Ubatumirim. Essas feições representam a desembocadura dos principais rios do setor, no que se refere ao seu valor ecológico, uma vez que estão em ótimo estado de conservação, apresentando dois dos maiores fragmentos de manguezal de todo o litoral norte paulista. O setor apresenta os manguezais mais desenvolvidos e com o grau mais elevado de conservação de todo o município. Estão presentes em seis áreas associadas a rios que deságuam nas Praias de Itamambuca, Puruba, Ubatumirim, Fazenda e Camburi. Essas áreas se apresentam como zonas prioritárias de proteção, por abrigar feições com elevados índices de sensibilidade a vazamento de óleo e pelo difícil acesso em caso de operações de emergência.

A Figura 7 apresenta a Carta Tática correspondente ao setor norte do município de Ubatuba, na escala de 1:80.000.

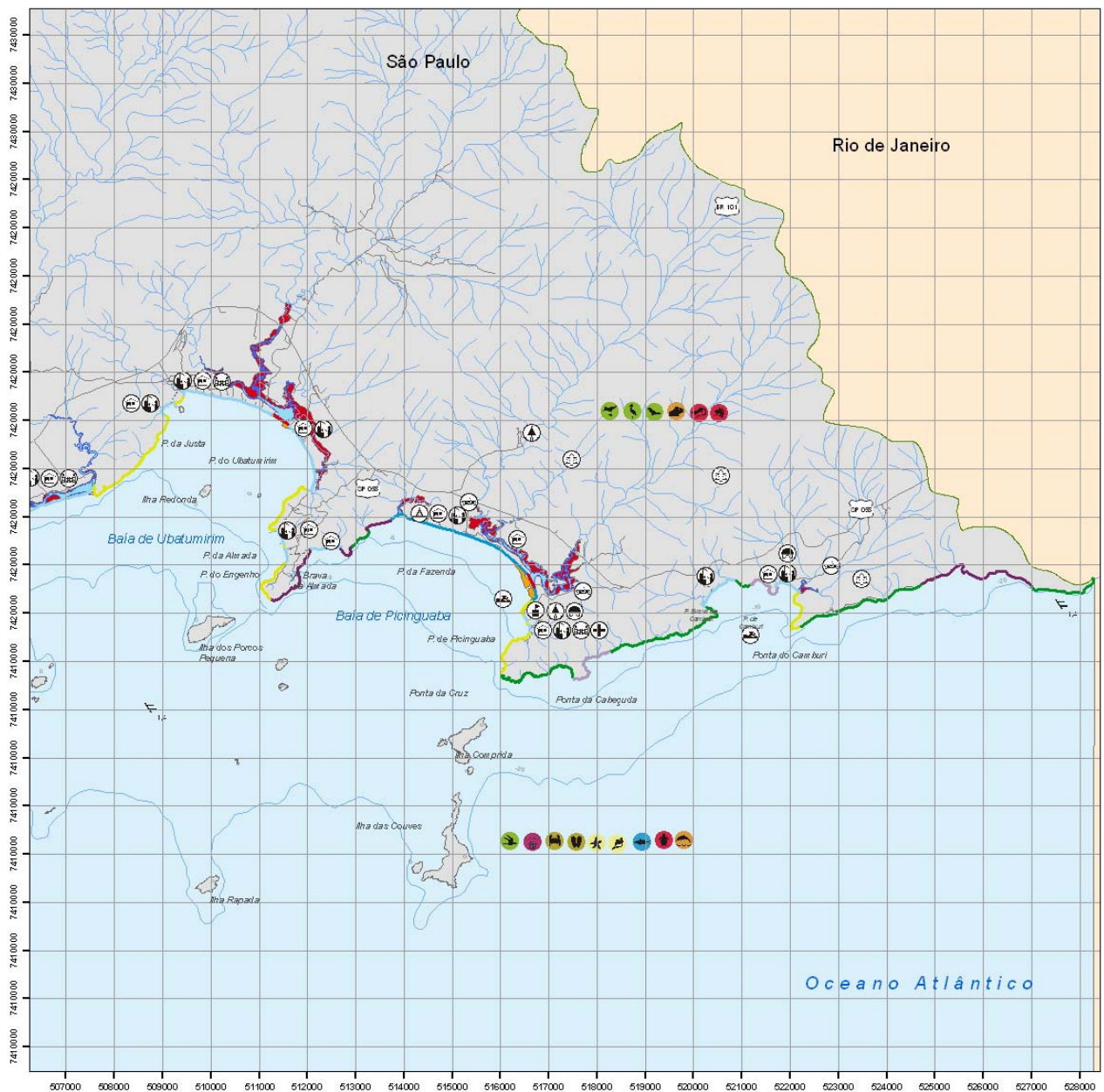


Figura 7- Carta SAO do setor central do Litoral de Ubatuba- Escala 1:80.000

Distribuição dos ISLs

Em aproximadamente 180 km de linha de costa foram mapeados 214 segmentos no litoral de Ubatuba. Do total de segmentos mapeados, 190 foram representados graficamente como linhas e 24 como polígonos, devido às suas características geográficas. Os polígonos representaram manguezais, lagoa, planícies de maré e terraço arenítico.

Os ambientes mapeados foram classificados de acordo com seu ISL, sendo mais comuns os ISLs 8 e 4 (litoral rochoso abrigado e praias de areia fina, respectivamente), conforme a figura 8.

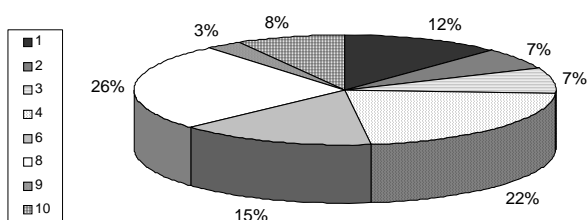


Figura 8- Porcentagem do número de feições distribuídas no litoral continental do município de Ubatuba.

Pincinato (2007) e Lima (2008), ao mapear o litoral de São Sebastião e Caraguatatuba e Ilhabela, respectivamente, encontraram dados semelhantes quanto ao predomínio dos ISL 4 e 8, expondo assim as características geomorfológicas marcantes do Litoral Norte.

4. CONCLUSÃO

O litoral de Ubatuba apresentou elevada sensibilidade a vazamento de óleo devido às características de seus ecossistemas, que de uma forma geral apresentam em excelente estado de conservação. O litoral recortado do município apresenta dinâmica distinta ao longo de sua costa, seja nos aspectos naturais, como correntes de deriva maré e aspectos geomorfológicos, ou nos seus aspectos sociais como uso e ocupação do solo.

Os métodos adotados para a elaboração do mapeamento da sensibilidade do litoral de Ubatuba a vazamento de óleo possibilitaram um maior detalhamento de aspectos de extrema importância para diferenciar os ambientes em segmentos que melhor representem a sensibilidade dos ecossistemas locais.

O mapeamento, utilizando produtos de sensoriamento remoto de alta resolução, possibilitou a avaliação de aspectos relevantes como a área dos segmentos, trilhas, ocupações, delimitação dos segmentos e das demais feições. Os trabalhos de campo permitiram uma análise mais detalhada, representando um diferencial aos trabalhos de elaboração de cartas

SAO. O levantamento de campo considerando as variações sazonais disponibilizou informações importantes da granulometria e perfis topográficos das praias que influenciam diretamente o comportamento do óleo.

O setor norte corresponde a área de maior sensibilidade a vazamento de óleo do litoral de Ubatuba. As feições presentes nessa região apresentam elevado índice de sensibilidade aliado a ecossistemas preservados e de restrito acesso, dificultando assim as operações de combate e limpeza em caso de vazamentos de hidrocarbonetos.

Como recomendação sugere-se a utilização do material produzido por este trabalho em futuras revisões das Cartas SAO da bacia de Santos, uma vez que se percebe frequentemente, cartas de uma mesma área com informações conflitantes devido aos diferentes métodos utilizados, e especialmente devido aos diferentes níveis de detalhamento adotados.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP – PRH05 e a UNESP pelo apoio necessário à realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Resolução CONAMA 398 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. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo - Cartas SAO**. Brasília: MMA, 107p. 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas de sensibilidade ambiental ao óleo da Bacia Marítima de Santos**. Brasília: MMA/SMCQ, 2007a.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Terminal Marítimo Almirante Barroso**. 2007b. [online]. Disponível em: http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?N_OTCod=173790. Acesso em: 20/05/2007.

CASTRO FILHO, B. M.; CAMPOS, E.J.D.; MASCARENHAS JR., A.S.; IKEDA, Y.; LORENZZETTI, J.A.; GARCIA, C.A.E.; MÖLLER JR., O.O. **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do**

- Brasil.** São Paulo: FUNDESPA, v.3, p. 04-214, 1994.
- CETESB. **Determinação do perfil, declive e área entremarés de praias de areia.** Procedimento Operacional Padronizado. São Paulo: 21p. 1998.
- CLARK, J.R. **Coastal ecosystems management: a technical manual for the conservation of coastal tones resources.** Nova York, John Wiley, 928p. 1977.
- CONNEL, J. H. **Community interactions on marine rocky intertidal shores.** Annual Review of Ecology and Systematics, v.31, p.169 – 192, 1972.
- CRUZ, O. **A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba - SP. Contribuição à Geomorfologia Litorânea Tropical.** Série Teses e Monografias, n. 11. São Paulo: USP/IGEOG. 1974.
- DERSA, **Desenvolvimento Rodoviário S.A. Porto Dersa São Sebastião.** Portal do Governo do Estado de São Paulo. 2007 [online]. Disponível em: <http://www.dersa.sp.gov.br/porto/> . Acesso em 10/06/2007.
- FURTADO, V.V.; MAHIQUES, M.M. de. Distribuição de sedimentos em regiões costeiras e plataforma continental norte do Estado de São Paulo. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. 2. Publ. Ac. Ciênc. Est. S. Paulo. nº 71-1:20-29. 1990.
- LIMA, M. V; DIAS-BRITO, D; MILANELLI, J.C.C. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Arquipélago de Ilhabela, São Paulo.** Revista Brasileira de Cartografia Nº 60/02, agosto 2008.
- LOPES, C.F.; MILANELLI, J.C.C.; POFFO, I. R. **Ambientes costeiros contaminados por óleo : procedimentos de limpeza – manual de orientação - São Paulo.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 120 p. 2006.
- MACEDO, S.S. **Litoral Urbanização- Ambientes e seus Ecossistemas Frágeis. Paisagem Ambiente Ensaio**, n.12 p.151-232. São Paulo. 1999.
- MAHIQUES, M.M.; TESSLER, M.G.; FURTADO, V.V. **Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba region, South-Eastern Brazil.** Estuar. Coast. Shelf Sci. 47:431-446, 1998.
- MARTINS, C.C. **Morfodinâmica de Praia Refletiva: Estudo de Caso na Praia da Sununga, Litoral do Estado de São Paulo.** 209p. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica)- Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MB, MARINHA DO BRASIL. **Carta náutica – da Ilha das Couves à Ilha do Mar Virado, Nº1.635.** Escala 1: 39.983. 1981a.
- MB, MARINHA DO BRASIL. **Carta náutica - da Enseada do Mar Virado ao Porto de São Sebastião,** Escala 1:39.914, Marinha do Brasil. 1981b.
- MB, MARINHA DO BRASIL. **Carta náutica - da Ponta da Juatinga à Ilha das Couves.** Escala: 1:40.000. 1981c.
- MILANELLI, J.C.C. **Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para a avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião- São Paulo.** Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 293p. 2003.
- MUEHE, D. (org.). **Erosão e Progradação no litoral brasileiro.** Brasília: MMA. 476p. 2006.
- NOAA. **Environmental sensitivity index guidelines, version 2.0.** NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115. Seattle: Harzadous Materials Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 79 p. 1997.
- PINCINATO, F.L. **Mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo para a região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo, SP.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro. 2007.
- POLETO, C. R. B. **Mapeamento de sensibilidade ambiental a vazamentos de óleo – cartas SAO das ilhas costeiras do município de Ubatuba, São Paulo.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2008.
- RIEDEL, P. S; et al. **Mapeamento e Sistema de Informação para Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Litoral Paulista, escala Operacional.** 9 International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zona Management. UNIVALI-Itajaí (SC), Brasil, 2009.
- RODRIGUES, M.; MAHIQUES, M.M.; TESSLER, M.G. **Sedimentação atual nas enseadas de Ubatumirim e Picinguaba, região norte de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil.** Revista Brasileira de Oceanografia, 50 (único): 27-45. 2002.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Ortofotos Digitais. Projeto de Preservação da Mata Atlântica. 2000.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente - CPLEA, Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental. **Zoneamento Ecológico-Econômico- Litoral Norte do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente.** São Paulo: 56p., 2005.

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo. **Corredor de Exportação Campinas - Vale do Paraíba - Litoral Norte - Investimentos.** 2007. [online]. Disponível em: http://www.transportes.sp.gov.br/v20/corredor_investimentos.asp. Acesso em: 17/05/2007.

SOUZA, C.R.G. **As células de deriva litorâneas e a erosão nas praias do Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 183p. 1997.

TESSLER, M.G.; MAHIQUES, M.M. **Transporte de sedimentos arenosos finos na plataforma internado Estado de São Paulo.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camburiú, 1994. Resumos Expandidos. Camburiú, Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.382-383. 1994.

UNESP, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Banco de dados biológico.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro. 2007.

WENTWORTH, W.C. **Grade and class terms for clastic sediments.** In: Journal Geology. Vol. 30. p. 377-392. 1922.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e áreas de entorno.** 143f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro. 2007.