

## Mapeamento de Áreas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Óleo na Região Portuária do Itaqui, São Luís, MA-Brasil

Enner Herenio de Alcântara<sup>1</sup>  
Dr. Márcio Costa Fernandes Vaz dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduação em Ciências Aquáticas – Campus do Bacanga – UFMA. Email:  
ennerha@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Prof. Dr. Depto. Oceanografia e Limnologia – Campus do Bacanga – UFMA. Email:  
marciovazsantos@uol.com.br

### Abstract

The present work uses the methodology of the National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA) for the mapping of potentially sensible areas to the oil spill, with the aid of the remote sensing and the geoprocessing in the port region of Itaqui.

Word-Keys: remote sensing, oil spill, environmental sensitivity, Itaqui port.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, derrame de óleo, sensibilidade ambiental, porto do Itaqui.

### 1 INTRODUÇÃO

Apesar do constante progresso da tecnologia de segurança operacional na exploração e no transporte de petróleo, o risco de acidentes ainda existe e os danos decorrentes, que podem ser ocasionados tanto pelo derrame quanto pelos procedimentos de limpeza, são, ainda, uma ameaça às áreas costeiras em todo o mundo, (Alcântara & Santos 2004).

Nas últimas décadas impactos ambientais decorrentes de vazamentos de petróleo têm ocorrido em todo o mundo e os manguezais têm sido palco freqüente de impactos ambientais causados por tais episódios, tendo em vista que muitas áreas portuárias localizam-se dentro de áreas estuarinas, onde ocorrem os manguezais. Fatos como a crescente demanda de petróleo pelos países industrializados, como comenta Getter et al. (1981) apud Orge (1997), têm aumentado o tráfego de petroleiros, após 1970, no Golfo do México e Mar do Caribe, dando início aos derramamentos de petróleo nas regiões costeiras tropicais, onde se desenvolvem os manguezais. A exemplo de derrames de petróleo tem-se os acontecimentos ocorridos na Bahia Súa (Porto Rico), em março de 1973, com derrame de 5.000 toneladas de petróleo (Lugo et al., 1980) e muitos outros citados por Lewis (1983) como em Guanica (Porto Rico, Diaz Piferrer, 1962), I. Galeta (Panamá, Rutzler & Sterrer, 1970), Tarut Bay (Arábia Saudita, Spooner, 1970), Cabo Rojo (Porto Rico, VST/ TRC, 1975), Colômbia e Equador (Jernelov & Linde, 1980; Hayes, 1977), Flórida (U. S. A. Chan, 1977), Corpus Christi (Texas, Holt et al., 1978), Guayanila Bay (Porto Rico, Lopez, 1978), Indonésia (Baker, 1981; Baker et al., 1981), Nigéria (Baker, 1981), Tampa (Flórida, Getter et al., 1981; Snedaker et al., 1981). Estes episódios tiveram conseqüências que variam de desfolhamento de árvores a morte de árvores adultas, destruição de habitats, morte de animais e perda de comunidades de algas das raízes e rizóforos.

Os mapas de sensibilidade, que vêm sendo utilizados desde a década de 70, representam uma importante ferramenta técnico-gerencial para a priorização dos ambientes a serem protegidos, nos quais devam ser aplicados ou concentrados esforços em casos

acidentais/emergenciais, de forma a reduzir as conseqüências ambientais tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza (Michel *et al*, 1978; Petrobrás, 2002; Carvalho & Gherardi, 2003).

As áreas sensíveis correspondem àquelas com maiores riscos tanto biológicos quanto socioeconômicas e são regiões onde, se as medidas de resposta forem bem sucedidas, resultam em significativa redução da contaminação. Os impactos de um derrame podem ser minimizados se os locais mais sensíveis ao contato com óleo, como, por exemplo, os manguezais, puderem ser protegidos. Os mapas auxiliam no direcionamento dos recursos disponíveis de resposta a um derrame de óleo para áreas onde a atuação dessa resposta venha a ser a mais eficaz dentro dos condicionamentos presentes.

## 2. AREA DE ESTUDO

O porto do Itaqui está classificado entre os mais extensos do litoral brasileiro. Nele aportam consecutivamente inúmeros navios de grande calado, transportando os mais diversificados produtos industrializados, além de sub-produtos extraídos do petróleo como gasolina, querosene, gás, embarcando também uma grande quantidade de minério para várias partes do mundo.

A extensão do seu cais é de 1616 metros. Contém 28 tanques para depósito de combustível, com uma capacidade total de 81000 toneladas. Encontra-se também um armazém de carga com a capacidade de 6000t, ocupando uma área de 7500 m<sup>2</sup>.

Possui quatro pátios para armazenagem desabrigada, em uma área de 7500m<sup>2</sup>, oito silos pertencentes ao moinho de trigo com capacidade de 7200t, 4 silos verticais, com capacidade para armazenar 12000t e um silo horizontal com capacidade de 8000t, até último pertencente à Companhia de Abastecimento.

Faz parte do Conjunto do Porto os seguintes terminais privativos:

- Ponta da Madeira, da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, contendo:
  - A- 1 pier de acostagem;
  - B- 1 pátio descoberto de 125000m<sup>2</sup>;
  - C- 1 silo horizontal para grãos com capacidade de 21500t.

- ALUMAR: no estreito dos Mosquitos.

O Porto do Itaqui está localizado no noroeste da Ilha do Maranhão, tendo como limites a norte, manguezais e matas de terra firme; manguezais a leste e sudeste e a baía de São Marcos de noroeste a sul (Figura 1).

O manguezal ao norte do Porto do Itaqui é um bosque de acreção predominantemente composto de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn., com poucos indivíduos das espécies *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman e *Rizophora mangle* L.

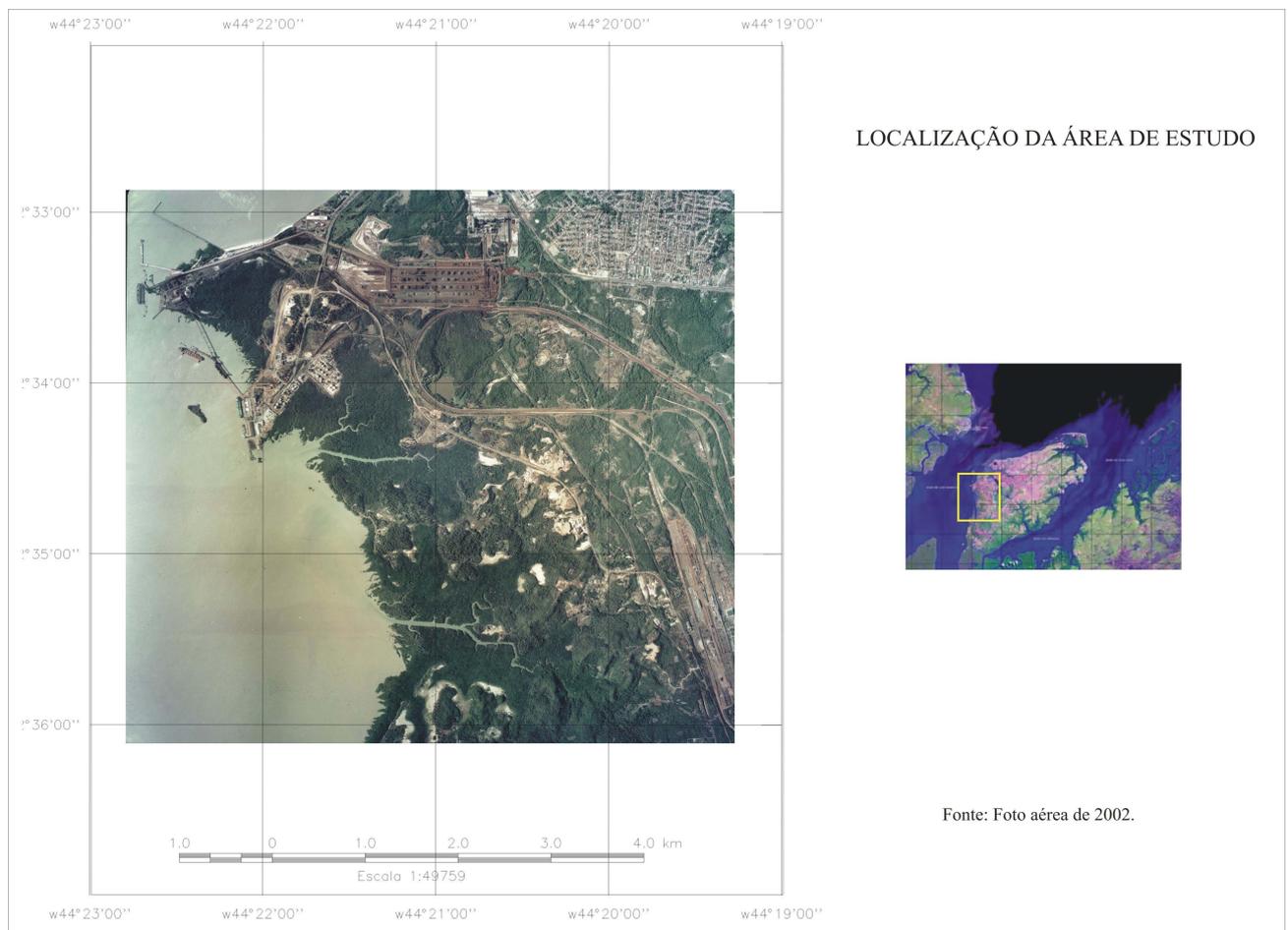


Figura 1: Localização da área de estudo.

O manguezal à leste e sudeste também apresenta zonas de acreção de *Laguncularia racemosa*, porém é mais desenvolvido que o do norte, com altura de 6 a 7 metros e diâmetro médio de 8cm, onde também ocorre *Avicennia germinas* (L) L. Os igarapés Irinema Pequeno e Irinema Grande, bem como o Buenos Aires e Arapopaí possuem bosques mistos de *Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinas* e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, mais desenvolvidos que os mangues de franja. Uma característica do mangue das zonas de acreção nesta área é a presença de *Bostrychia* spp. (algas vermelhas) nos troncos de *Laguncularia*, principalmente.

A vegetação de terra firme da área do entorno do manguezal da região do Porto do Itaquí, é composta de transição herbácea e capoeira. Geomorfológicamente caracteriza-se por constituir-se de rochas da Formação Itapecuru e do Terciário Paleogeno (CPRM, 1994) e por apresentar-se cercada de divisores de água individualizados, com cotas máximas que variam de 44 a 20 metros de altura. A hidrografia é fraca. A chuva constitui-se a principal fonte de água doce para o manguezal, tendo sido grande parte da contribuição de água doce, recebida do norte, nordeste e leste, interceptada pela BR 135.

A hidrodinâmica das águas das marés caracteriza essa região como sendo uma região de alta energia por possuir marés de altura que chegam a 7 metros e correntes da ordem de 3 a 4 nós, de acordo com dados da Marinha do Brasil Hidrografia e Navegação (1972).

Do ponto de vista da importância sócio-econômica do manguezal, este é importante, sobretudo, pelo funcionamento de pescado (peixes e crustáceos a exemplo: tainhas, bagres, caranguejos, siris e camarões) para os habitantes das comunidades vizinhas como Cajueiro, Vila Maranhão, Parná-Açu e Porto Grande.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

De acordo com a metodologia atualmente adotada pela NOAA (National Oceanic Atmospheric and Administration), 1997, os mapas de sensibilidade deverão apresentar os seguintes tipos de informações:

Sensibilidade da costa – a linha costeira é colorida, de acordo com um código que indica a sua sensibilidade ao óleo;

Aspectos biológicos – representados por ícones específicos, tais como áreas com ninhos de tartaruga, colônia de pássaros, locais de desova de peixes etc.

Recursos socioeconômicos – representados por símbolos específicos, tais como praias recreacionais, áreas de pesca, tomadas d'água, etc.

Índice de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo – ISA – o sistema de classificação de sensibilidade da NOAA tem por base o conhecimento das características geomorfológicas das áreas intermarés, considerando os seguintes fatores: exposição relativa à energia de ondas e marés, declividade do litoral, tipo de substrato, produtividade e sensibilidade biológicas.

Grau de exposição à energia de ondas e marés – é recomendado pelos biólogos que as comunidades biológicas das áreas intermarés correlacionam-se com o grau de exposição às ondas e marés. Há uma diferenciação entre as comunidades sujeitas a elevadas tensões causadas por grandes ondas e áreas expostas ao mar aberto e aquelas de áreas protegidas ou abrigadas.

O tempo de permanência do óleo em ambientes de alta energia de ondas e marés tende a ser menor do que em ambientes abrigados.

O fluxo de energia de marés é também importante na determinação do potencial de impactos sobre os habitats costeiros, ainda que não tanto quanto o fluxo de energia das ondas. A amplitude da maré (juntamente com a declividade do perfil topográfico) determina a largura da zona intermarés, ou seja, a superfície mais sujeita a ser coberta por óleo no caso de derrame.

Declividade do Litoral – a inclinação do litoral determina a extensão da zona intermarés. Esta inclinação pode ser caracterizada como alta (maior que 30°), moderada (entre 30° e 5°) e pequena ou plana (menor que 5°). A importância principal do tipo de inclinação é o seu efeito na reflexão e quebra das ondas.

Tipos de substrato – o tipo de substrato vai determinar ou afetar alguns parâmetros como permeabilidade, mobilidade do sedimento, permanência do óleo e forma o arcabouço básico que determina os tipos de comunidades bióticas que possam existir num determinado local.

Determina, também, a trafegabilidade na região, fundamental para a utilização de determinados equipamentos de resposta.

#### **3.1 Geoprocessamento**

As fotografias aéreas de 1988 (vôo aerodata 1988), 2001 (vôo LABOHIDRO) e 2002 (vôo AEROCONSULT) foram escaneadas e georeferenciadas, com Software ER MAPPER<sup>®</sup> 6.2, para o datum horizontal WGS84 e posteriormente montadas em fотомosaicos. A seguir, os

fotomosaicos digitais tiveram seus principais padrões estruturais identificados e vetorizados no Software Spring<sup>®</sup> 4.0, gerando mapas temáticos.

O georeferenciamento dos limites verticais para o datum vertical de Imbituba foi feito a partir de monumentos implantados na área de estudo com auxílio de sensores GPS em modo diferencial pós-processado. A partir destes monumentos, observações de nível nos mangues eram feitos por posicionamento relativo ao nível de maré da data de observação. Nas áreas de transição para terra firme, de solo mais compacto e de melhor acesso, os limites verticais foram determinados com topografia convencional usando nível geométrico.

### **3.2 Sensoriamento Remoto**

A classificação digital da imagem foi feita em três etapas: segmentação, classificação e edição matricial.

As classes obtidas na edição matricial e interpretação visual foram agrupadas em dois planos de informação: o mapa base, contendo apenas polígonos relativos ao uso e cobertura do solo (tabela 1), e o ISA (tabela 2), contendo linhas e polígonos relativos ao índice de sensibilidade ambiental.

Para a elaboração do mapa de sensibilidade ao derramamento de óleo utilizou-se a metodologia adotada pela NOAA (1997). A mesma deve conter:

- Sensibilidade da costa – a linha da costa é colorida, de acordo com um código que indica a sua sensibilidade ao óleo;
- Aspectos biológicos – representados por ícones específicos, tais como áreas com ninhos de tartaruga, colônia de pássaros, locais de desova de peixes, etc;
- Recursos socioeconômicos – representados por símbolos específicos, tais como praias recreacionais, áreas de pesca, locais de desova d'água, etc.

### **3.3 Aspectos Oceanográficos**

A delimitação das linhas de marés é de grande importância, pois sua amplitude e seu fluxo determinam diferentes zonas de colonização do sedimento e regem a dinâmica no manguezal. Segundo Schaeffer-Novelli & Citrón (1983), as marés constituem uma das energias mais importantes que incidem sobre os manguezais.

Com o auxílio da Tábua de Marés da D.H.N., obtiveram-se as medidas anuais para as marés altas e baixas de sizígia e de quadratura. Escolheu-se um dia para cada tipo de maré, em que a amplitude foi igual a média e, no campo marcou-se a linha d'água, com o auxílio de estacas de madeira, ao longo de todo o manguezal e da planície de maré. Mediu-se, com trenas, a distância entre as estacas e o manguezal, assinalando-se as marcações em foto aérea na escala de 1:10.000. As medidas obtidas e assinaladas permitiram traçar as linhas médias de maré, assim como as de marés máximas (altas e baixas).

### **3.4 Atlas dos Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA)**

Todos os PI's foram sobrepostos no módulo Scarta (pertencente ao pacote Spring), e editados segundo os padrões de representação estabelecidos pela NOAA, o qual estabelece símbolos e cores para a representação dos recursos biológicos, socioeconômicos e do ISA. O mapa final foi articulado de maneira que toda a área fosse coberta com mapas na escala 1:50.000.

Na Tabela 3, que se segue, são apresentados de forma resumida os fatores físicos e biológicos e suas relações com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) adotado pela Administração Nacional do Oceano e da Atmosfera (NOAA) dos Estados Unidos.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **4.1 Padrões espaciais do mangue e sistemas adjacentes**

De acordo com a fotointerpretação das fotografias aéreas e as pesquisas de campo, constatou-se que o manguezal do Igarapé Irinema Grande, bem como do Igarapé Buenos Aires não possuem mangues do tipo bacia, mais sim mangues dos tipos franja externa e franja interna.

É fato que a floresta de mangue é estruturalmente heterogênea por causa da variabilidade de condições de solo e padrões de inundação por maré. Esta variabilidade estrutural se manifesta na forma de formações de mangue com dominância de diferentes espécies e por indivíduos de porte variado. Assim, nas regiões de baixa declividade do médio-litoral superior, inundada apenas pelas marés de lua nova e cheia, pode-se ter hipersalinidade do solo que determinará uma formação de mangue dominada por *Avicennia sp* de porte médio e baixa densidade, como pode ser visto na figura 2.

De acordo com Santos *et al.*(1996), a costa do maranhão apresenta dois padrões fisiográficos básicos: a costa oeste é caracterizada por uma costa abundante em estuários planos e florestas de mangue; e a leste dominada por duas e praias. Em nossa área de estudo foi possível observar a presença de mangue, apicum, marisma e vegetação de terra firme.

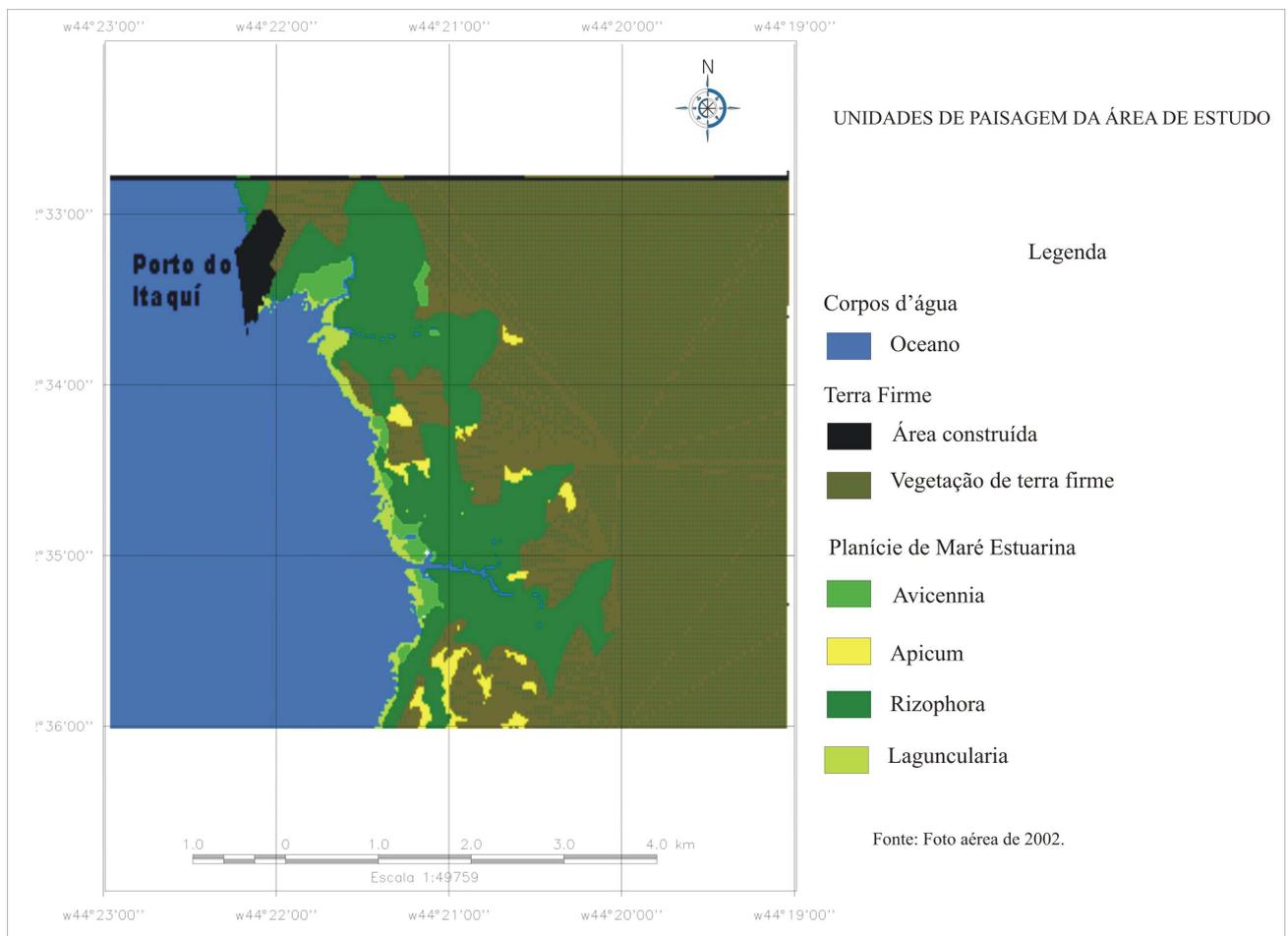


Figura 2: Unidades de Paisagem da região portuária do Itaqui.

#### 4.2 Aspectos Oceanográficos

De acordo com Pereira & Harari (1995), esses autores citam que para a área de interesse do nosso estudo, que: há grande predominância da energia da maré na circulação da plataforma; tem-se um efeito ressonante da componente  $M_2$  da maré na Baía de São Marcos; o modo de propagação da onda de maré é predominantemente progressivo na plataforma e estacionário dentro da Baía de São Marcos. Segundo Pereira (1993), a área do porto do itaquí possui uma amplitude de 220 cm e esta a uma fase de  $274^\circ$ .

O Golfão Maranhense se enquadra como uma zona macrotidal, onde as marés, especificamente na baía de São Marcos, atingem amplitudes maiores que 4 metros e correntes com velocidades superiores a 7,5 nós registradas pela DHN (1972).

As ondas geralmente são consideradas como um dos agentes responsáveis pela dinâmica das regiões costeiras, tanto nos processos construtivos como destrutivos, além de influenciarem na geração de correntes. Apesar da inexistência de ondógrafos, na baía de São Marcos, os resultados indiretos realizados pela Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, estimam ondas máximas com 1,1 m de altura e período de 6 seg. (PORTOBRAS, 1988). A arrebentação é do tipo progressiva (Spilling Breaker) característica de praias de baixa declividade onde as ondas dissipam sua energia sobre uma larga porção do perfil praiial.

De uma maneira geral, as marés, ondas, correntes de maré e litorâneas associadas aos ventos constituem-se nos principais agentes responsáveis pela morfodinâmica costeira na área em questão.

#### **4.3 Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo**

Para o porto do itaquí propriamente dito, tem-se que o mesmo apresenta-se sob a forma de estrutura artificial lisa; possuindo como acessibilidade, estradas pavimentadas e não pavimentadas, rampas para barcos, e podendo ser acessado também por via aérea; tendo finalidade industrial; tendo assim o índice de sensibilidade considerado 1. Este possui exposição frequente a ondas, ou fortes correntes de maré, com tendência reflectiva; substrato impermeável e sem rugosidades, incapaz de acumular óleo de forma significativa; fauna resistente a elevados impactos hidráulicos; a remoção do óleo a ocorrer rapidamente, não havendo, em geral, necessidade de ações de limpeza, características estas que podem ser visualizadas na tabela 1.

Para a área ao lado do porto do itaquí, tem-se Planície de maré lamosa com manguezal seguida por praia dissipativa de areia fina; possuindo o barco como meio de acessibilidade; tendo assim índice de sensibilidade 10. São ambientes de baixa energia, com substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns solos muito orgânicos, lamosos; declive geralmente muito baixo, menor do que três graus; sedimento saturado com água, portanto de baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais; sedimentos moles de baixa trafegabilidade; densidade e diversidade da comunidade biótica geralmente elevada. A penetração do óleo é limitada devido aos sedimentos estarem saturados de água; possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo na zona intermaré; a cobertura direta com óleos viscosos pode sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes; os óleos leves podem matar a vegetação (e a fauna que dela depende) devido a seus efeitos tóxicos; o impacto do óleo sobre as populações bióticas pode ser severo devido à exposição tóxica (óleos leves ou fração dispersa) ou asfixia (óleos pesados); uma vez que esses habitats são atingidos a remoção natural ocorre de forma extremamente lenta, devido aos baixos níveis de energia desses ambientes e aos baixos índices de biodegradação devido às condições anaeróbias do substrato; conseqüentemente há um potencial de impacto sobre muitos organismos; constituem os habitats mais sensíveis, devido à sua elevada riqueza e valor biológico; substrato mole e a dificuldade de acesso tornam a limpeza quase impossível. O esforço nesse sentido tende a introduzir o óleo para camadas mais profundas, como pode ser visto na figura 3.

### **5. CONCLUSÃO**

Diante dos resultados obtidos, a região do porto do itaquí, apresenta possivelmente alto potencial de impacto frente ao derrame de óleo, não só devido à elevada sensibilidade dos ecossistemas presentes em quase toda sua extensão (manguezais e marismas), mas também pelo número de comunidades, muitas destas tradicionais, que dependem econômica e culturalmente, de maneira direta ou indireta destes recursos naturais costeiros.

No caso de derrame de óleo na Baía de São Marcos, deve-se levar em consideração as dificuldades de locomoção, devido à carência e precariedade de estradas rodoviárias que levam as localidades afetadas, bem como, a inviabilidade e riscos relacionados à navegação, dependendo do período do ano, local e horário de maré. O período de julho a dezembro é famoso pelas enormes ondas que se formam na baía, o chamado “banzeiro”, o que dificulta e põe em risco a navegação. Além disso, as planícies de maré e bancos de areia dificultam, ou até mesmo,

inviabilizam a navegação em muitas áreas da baía, sobretudo no fundo e na porção oeste da mesma.

O relevo plano em boa parte da orla da baía pode possibilitar o uso de helicópteros e embarcações do tipo *hovercrafts*, que são capazes de se locomover na água e em superfícies planas, suspensas por correntes de ar.

A fragilidade e complexidade dos recursos naturais e sócio-culturais expõem a necessidade, de se discutir e planejar possíveis ações em acidentes com óleo, além da formação de uma equipe multidisciplinar, de plantão, capacitada para agir eficientemente, quando necessário.

As baías de São José e do Arraial, que banham a porção leste da Ilha de São Luís, também estão sujeitas a impactos relativos a possíveis acidentes com óleo na Baía de São Marcos, uma vez que existem trocas de massas d'água entre estas baías através da maré, pelos estreitos dos Mosquitos e do Coqueiro, bem como, pela “boca” da baía de São José, que se encontra com a de São Marcos na Ponta da Raposa. Sendo assim, existe a necessidade de se fazer mapas de sensibilidade destas duas baías, sobretudo pelo fato de apresentarem características sócio-ambientais semelhantes às de São Marcos, com comunidades tradicionais e ecossistemas frágeis, que representam elevada sensibilidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E.H. & SANTOS, M.C.F.V. 2004. Mapeamento de Áreas de Sensibilidade Ambiental para a Prevenção de Impactos Ambientais de Derrames de Óleo nos Manguezais Próximos à Área do Porto do Itaquí, São Luís, MA. *Relatório de pesquisa, Programa institucional de Bolsas de Iniciação Científica/UFMA/CNPq*.

ARPEL. 1997. Guia para elaboração de mapas de sensibilidade. Wotherspoon Environmental. Counterspill Reserarch.

ADEMA. Estudo de impacto de derramamento de óleo em áreas de manguezal no Estado de Sergipe-Noroeste do Brasil. Aracajú, 1983. 23p.

BAKER, J. M. Comparative toxicities of oils, oil fractions and emulsifiers. In: COWELL, E. B. (ED.) The ecological effects of oil pollution on littoral communities. p.78-87. London: Institute of Petroleum. 1971a.

BURROUGH, P. 1986. Principles of Geographical information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon, Oxford.

CARVALHO, M. & GHERARDI, D.F.M. 2003. Uso de transformação IHS e classificação não supervisionada por regiões para o mapeamento da sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil. INPE, p. 1515-1523.

CAMARA, G; MEDEIROS, J.S. 1996. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. Tutorial.

DAY Jr., J.W.; HALL, C.A.S.; KEMP, W.M. & YAÑEZ-ARANCIBIAS, A. 1989. Estuarine Ecology. John Wiley & Sons, inc, New York, 558 p.

FRANCO, A.S. 1981. Tides: fundamentals analysis and prediction. São Paulo, IPT, 232p.

HARARI, J; PEREIRA, J.E.R.; ALFREDINI, P. & SOUZA, O.J. 1995. Estudo da Circulação de Maré na Sub-área Oceânica do Canal de Acesso da Ponta da Madeira (MA), através de Modelagem Numérica. São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, BT/PHD/19.

LABOHIDRO/ UFMA. Laudo técnico sobre a situação ambiental do manguezal das proximidades do Porto do Itaqui, São Luis (MA), Associada ao Evento do Vazamento de óleo combustível. São Luis. 2000.

LEWIS, R. R. Impact of oil spill on mangrove forest. *Biology and ecology of mangroves*. Ed. H. J. Teas. 198, p. 171-183.

MENDES, C.A.B.; e BELTRAME, L.F.S. 1995. Estudos da Dinâmica da vegetação associada a índices espectrais derivadas de imagens de satélite. Trabalho apresentado no XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Viçosa – MG.

MENDES, C.A.B.; & CIRILO, J.A. 2001. Geoprocessamento em Recursos Hídricos: princípios, integração e aplicação. ABRH - Porto Alegre.

MANN, K., 1982. Ecology of coastal waters: a system approach. University of California Press. Verkeley, C.A., 322 p.

MITSCH, W.J. & GOSELINK, J.G. 1986. Wetlands. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 539 p.

MICHEL, J.; HAYES, M.O. & BROWN, P.J. 1978. Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of lower Cook Inlet, Alaska, *Environmental Geology*, v.2, p. 107-117.

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.

ODUM, H.T. 1967. Work circuits and systems stress. Pp.81-138. En: H.E. Young (Editor). *Synposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems*. Univ. of Marine Press, Orono, Marine. 245p.

PAREDES, E.A. 1994. *Sistemas de Informação Geográfica - Princípios e Aplicações (Geoprocessamento)*. São Paulo: Érica.

PEREIRA, J.E.R. 1993. Modelagem Numérica Tri-dimensional na Plataforma Continental do Estado do Maranhão. Tese de Mestrado apresentada ao Instituto Oceanográfico da USP, 106p.

PEREIRA, J.E.R. & HARARI, J. 1995. Modelo numérico tri-dimensional na plataforma continental do Estado do Maranhão. Bolm. do Inst. Oceanogr. Da USP, vol 43, número 1, pp 11:26.

PETROBRAS. 2002. Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo no Sistema Petrobrás: Ambientes Costeiros e Estuarinos. CENPES, Gerência de Biotecnologia e Ecossistemas.

RODRIGUES, M. 1995. SIGs e suas Circunstâncias no Brasil. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo. p.11-23.

SANTOS, M.C.F.V.; ZIEMAN, J.C. & ARAÚJO, D.S.D. 1996. Hypersaline Intertidal Habitats on the Coast of Maranhão, Northern Brazil: An introduction. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, volume 9, 73-87p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN, G. Métodos para la descripción y estudio de areas de manglar. Compêndio Enciclopédico de los recursos naturales de Puerto Rico, vol.3, Dep. Recursos Nat. De Puerto Rico, 49p. 1983.

SILVA FILHO, A.A.; TONIOLO, E.R.; GABÍNIO, M; OLIVEIRA, S.F.S. 1993. Mapeamento da Cobertura Florestal Nativa Lenhosa do estado de Pernambuco. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007/Governo de Pernambuco, FO: BRA/87/007, doc. de campo N° 17.

SMITH, T.R.; MENON, S.; STAR, J.L.; ESTES, J.E. 1987. Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems. 1:13-32.

TABELA 1 – Caracterização Físico-ambiental da Região do Porto do Itaqui

<b>Código de Segmento</b>	<b>Denominação Local</b>	<b>Características Físico-Ambientais do Litoral</b>	<b>Acessibilidade</b>	<b>Ocupação e Uso do Solo</b>	<b>Índice de Sensibilidade</b>
<b>SEG_1</b>	Porto do Itaqui	Porto do Itaqui. Estruturas artificiais lisas (concreto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrada pavimentada não pavimentada</li> <li>- estacionamento</li> <li>- rampa</li> <li>- barco</li> <li>- aéreo</li> </ul>	Zona Portuária/Industrial	1
<b>SEG_2</b>	Área ao lado do Porto do Itaqui	Planície de maré lamosa com manguezal seguida por praia dissipativa de areia fina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barco</li> </ul>	Ausência (pesca)	10

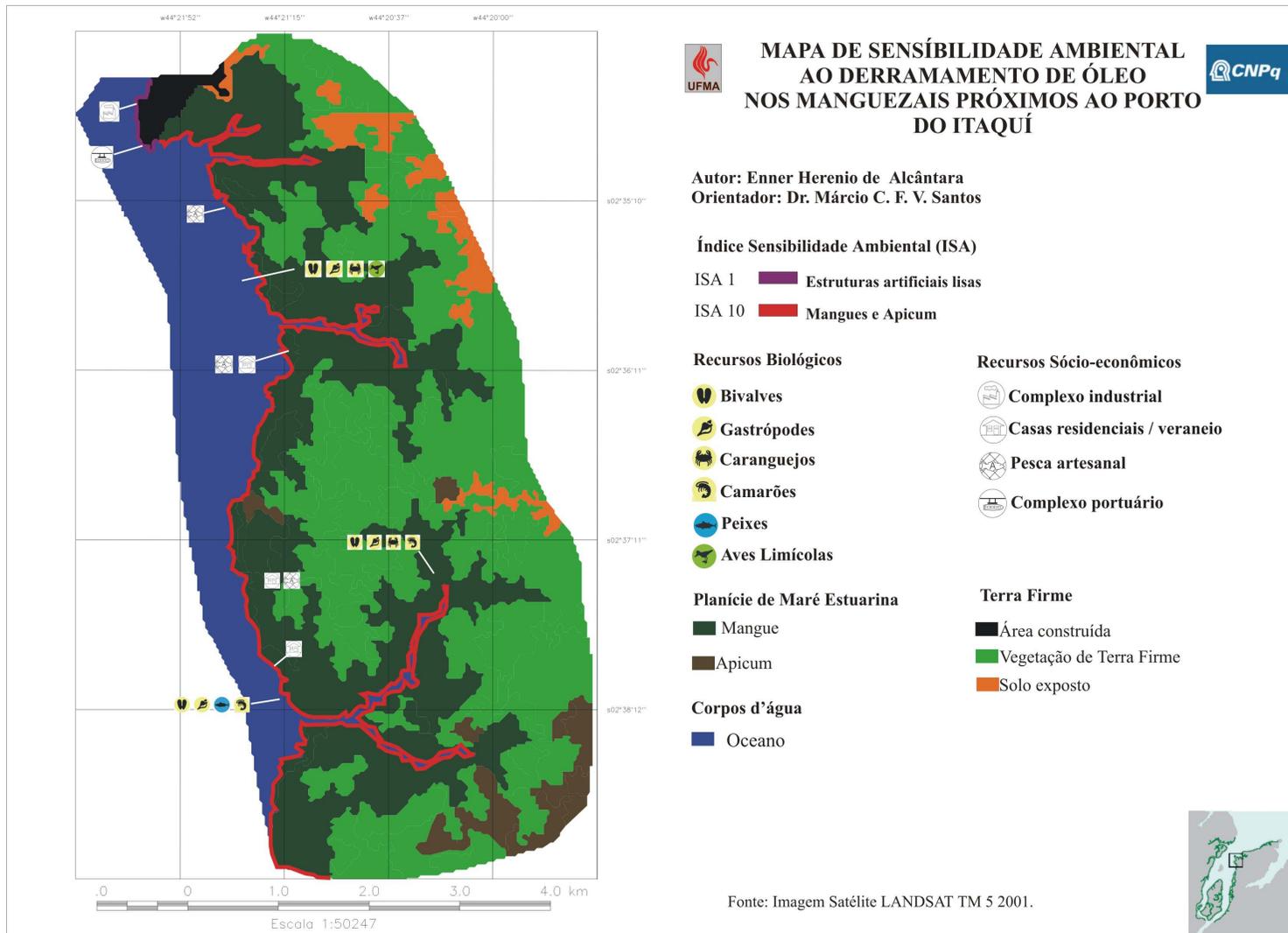


Figura 3: Mapa de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo nos manguezais próximos ao Porto do Itaqui.