

## **Análise Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo da Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim para Definição de Áreas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo**

Adriano de Oliveira Vasconcelos<sup>1</sup>

Luiz Landau<sup>1</sup>

Fernando Pellon de Miranda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE - LabSAR  
Caixa Postal 68.552 - CEP 21941-972 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
adriano@labsar.coppe.ufrj.br / landau@lamce.coppe.ufrj.br

<sup>2</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras - CENPES  
Av. Horácio Macedo, 950, Ilha do Fundão - CEP 21941-915 Rio de Janeiro - RJ  
fmiranda@petrobras.com.br

**Abstract.** The importance of environmental monitoring in areas under the influence of the oil industry is enhanced by several cases of oil spills occurring on the Brazilian coast in the last decade, especially the incident in Guanabara Bay refinery on January 18<sup>th</sup>, 2000. Petrobras is present building a new refinery 12 km upriver from the last remnant of the mangrove ecosystem in the Guanabara Bay. The critical aspect of mangroves ecosystems is the high environmental sensitivity to oil spills, which makes indispensable the detailed elaboration of Environmental Sensitivity Index Maps. Therefore, the aim of this study is to perform a multitemporal analysis of land use and cover types in the Guapi-Mirim Environmental Protection Area (EPA) using 2006 and 2008 maps. The land cover classification maps for both years were considered the basis for detailed mapping of environmental sensitivity for oil spills in the investigated site. Results show that the process of sediment accumulation in the estuaries of rivers increases locally the environmental risk for oil spills. For this reason, two more specific levels of shoreline sensitivity index are proposed: 10a – Mangrove in coastal sections of high hydrodynamics; 10b – Mangrove in coastal sections of low hydrodynamics. The benefit of this research is the methodological contribution to elaborate plans for operational security and environmental protection plans, and that can be used by oil companies and government agencies as well.

**Palavras-chave:** remote sensing, mangrove, shoreline sensitivity index, sensoriamento remoto, manguezal, índice de sensibilidade costeira

### **1. Introdução**

Atualmente, a indústria petrolífera vem investindo maciçamente em suas unidades especializadas em prevenção de acidentes e atuação em emergências ambientais, com o objetivo de assegurar a máxima proteção ao meio ambiente.

A importância do monitoramento ambiental em áreas onde há atividades petrolíferas é realçada pelos vários casos de derrames de petróleo ocorridos no litoral brasileiro na última década, em especial o incidente com a refinaria situada nas imediações da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, em 18 de janeiro de 2000. Tais acidentes têm incentivado os órgãos e as instituições envolvidas nestes episódios a aperfeiçoarem cada vez mais os métodos, tanto preventivos como corretivos, para minimizar os danos gerados ao ambiente (Kampel e Amaral, 2001; Carvalho, 2003; Bentz e Miranda, 2001).

Com base nesse contexto, a nova refinaria da Petrobras, o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), entrará na fase de operação em alguns anos. Assim, é fundamental que no projeto de construção e operação do COMPERJ exista máximo de empenho em zelar pelos ecossistemas circundantes.

As bacias hidrográficas dos Rios Macacu e Caceribu, que drenam o COMPERJ, são vitais para os manguezais da APA de Guapi-Mirim (Figura 1). Como efeito, a apenas 12 km a jusante do complexo petroquímico, encontram-se os limites de tal Unidade de Conservação. Essa APA inclui o principal remanescente de manguezais em faixa contínua de toda a Baía de Guanabara (Petrobras, 2008).

O aspecto crítico na região é a alta sensibilidade ambiental a derrames de óleo apresentados pelos manguezais. A sensibilidade dos ambientes litorâneos a vertimentos de petróleo deriva das características que determinam o nível de exposição à movimentação hidrodinâmica, o tipo de substrato e a sensibilidade da biota (Tortell, 1992). Os manguezais da APA de Guapi-Mirim, por se localizarem em ambientes abrigados, ou seja, protegidos das ações diretas das ondas e sob forte influência das marés, possuem maior tendência de acumulação de óleo e apresentam dificuldades para sua remoção.

Um importante instrumento técnico-gerencial para elaboração de planos de emergência em caso acidentes é a utilização de Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo (Cartas SAO), as quais apontam os tipos de ambientes a serem protegidos prioritariamente. O Ministério do Meio Ambiente, baseando-se amplamente nas propostas da NOAA (2002), elaborou um documento oficial, visando padronizar a elaboração de Cartas (SAO) (MMA, 2002).

A Petrobras elaborou Cartas SAO para toda a Baía de Guanabara. Os manguezais da APA de Guapi-Mirim foram enquadrados no índice ISL 10. Isso reflete a importância de um plano de contingência específico para este ecossistema.

Em vista do exposto, o objetivo do presente trabalho é realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo da APA de Guapi-Mirim, utilizando imagens satélites de alta resolução espacial, como suporte à pormenorização das cartas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo em escala operacional (1:10.000), esse resultado, por conseguinte, pode contribuir para aumentar a eficácia dos planos de contingência concebidos para o COMPERJ.

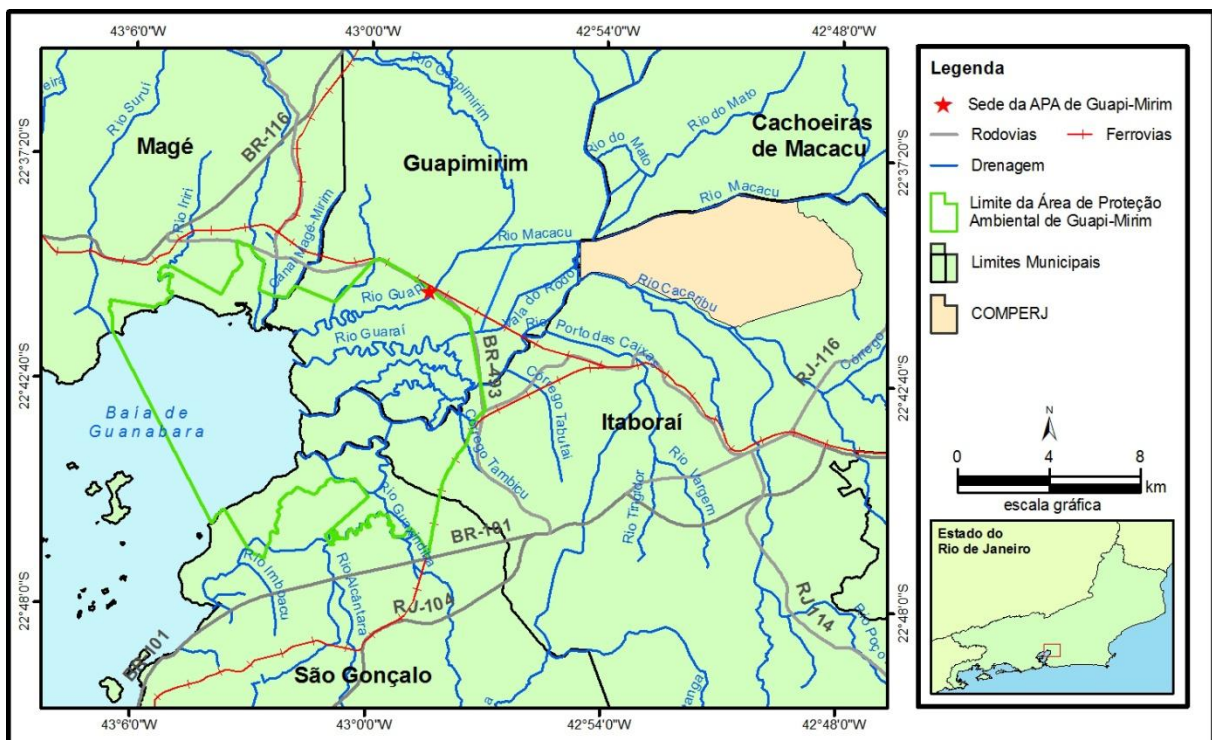


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo

## 2. Metodologia de Trabalho

O material utilizado neste estudo consiste em dois mapas de uso e cobertura do solo da APA de Guapi-Mirim dos anos 2006 e 2008, confeccionados por Vasconcelos 2009, utilizando imagens IKONOS. Esta análise multitemporal é fundamental para elaboração do índice de sensibilidade costeira, pois é no litoral onde atuam fenômenos que favorecem

constante mudanças quanto aos seus limites, tais como ação de ondas, marés, estuários de grandes rios e até a variação global do nível do mar.

Os resultados da análise multitemporal sobre as classificações das imagens IKONOS de 2006 e 2008 serviram como subsídio para entender a dinâmica evolutiva das classes estudadas no presente trabalho. Estas observações permitiram identificar setores da linha de costa da APA de Guapi-Mirim que justificam melhor detalhamento em seu Índice de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo, resultando em uma gradação mais específica. Toda essa análise foi fortemente apoiada com visitas em campo para validar os resultados encontrados.

Para a determinação da sensibilidade da área, utiliza-se o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), que hierarquiza os diversos tipos de contorno da costa em uma escala de 1 a 10, sendo o índice tanto maior quanto maior o grau de sensibilidade. A Tabela 1 apresenta os códigos e suas respectivas cores para os diversos segmentos costeiros existentes no litoral brasileiro.

**Tabela 1 - Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) (MMA, 2002)**

Índice	Tipos de Costa
ISL1	 Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos; Falésias em rochas sedimentares, expostas; Estruturas artificiais lisas, expostas.
ISL2	 Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos; Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.).
ISL3	 Praias dissipativas de areia média a fina, expostas; Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas; Escarpas e taludes íngremes, expostos; Campos de dunas expostas
ISL4	 Praias de areia grossa; Praias intermediárias de areia fina a média, expostas; Praias de areia fina a média, abrigadas.
ISL5	 Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais; Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação; Recifes areníticos em franja.
ISL6	 Praia de cascalhos; Costa de detritos calcários; Depósito de Talus; Enrocamentos expostos; Plataforma ou terraço exumados recoberto por concreções lateríticas.
ISL7	 Planície de maré arenosa exposta; Terraço de baixa mar.
ISL8	 Escarpa/encosta de rocha lisa, abrigada; Escarpa/encosta de rocha não lisa, abrigadas; escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados; Enrocamentos abrigados.
ISL9	 Planícies de maré arenosas/lamosas abrigadas e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas; Terraços de baixa-mar lamosos abrigados; Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais.
ISL10	 Deltas e barras de rio vegetadas; Terraços alagadiços, brejos, margens de rios e lagoas; Brejos salobros ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; Apicuns; Marismas; Manguezais (mangues frontais ou mangues de estuários).

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 exibe o mapa de uso e cobertura do solo da APA de Guapi-Mirim, para os anos 2006 e 2008. Percebe-se que houve poucas alterações quanto a representatividade das classes entre os datas estudadas. A maior parte das mudanças do uso e cobertura do solo ocorre no interior da Unidade de Conservação. Poucas mudanças foram identificadas ao longo da linha de costa da área de estudo. É possível notar que a APA de Guapi-Mirim exibe, em quase toda sua orla, bosques de franja compostos por mangues em bom estado de preservação, os quais são representados pela classe Mangue Preservado (Figura 3).

As bacias dos Rios Caceribu e Guapi/Macacu são as maiores responsáveis pela contribuição de água doce para a APA de Guapi-Mirim. Conseqüentemente, são bacias que possuem alto potencial de descarga de sedimentos na Baía de Guanabara, pois, quando os rios se aproximam do seu baixo curso, diminui a declividade e o material sedimentar vai sendo gradativamente depositado. O Rio Guapi, por exemplo, aumenta sua capacidade de depósito de sedimentos a partir do momento em que inicia seu meandramento nos domínios da Unidade de Conservação.

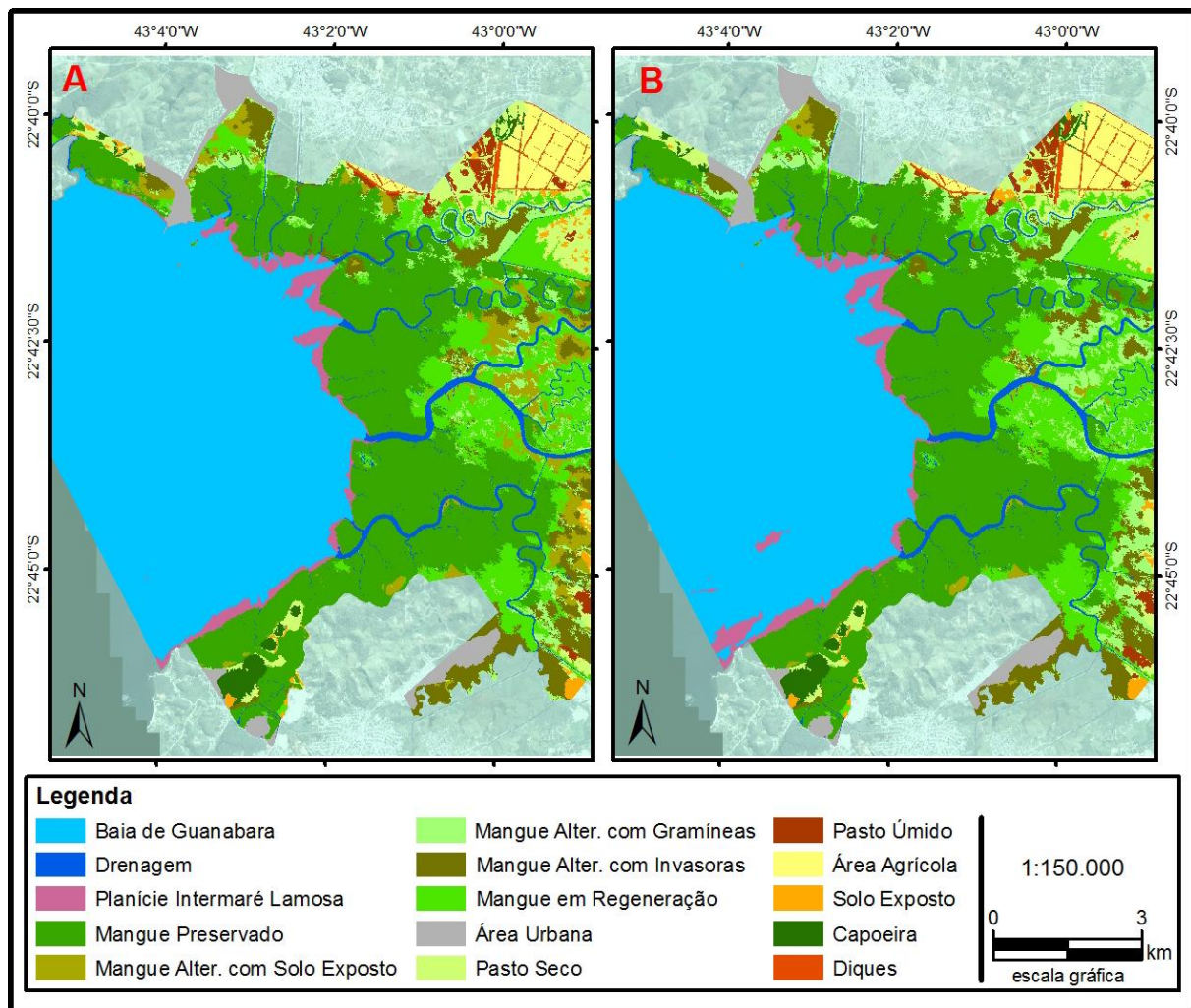


Figura 2 – Mapa de Uso de Cobertura do Solo da APA de Guapi-Mirim para os anos 2006 (A) e 2008 (B) (Vasconcelos, 2009)

Ao alcançar a Baía de Guanabara, os sedimentos não são totalmente projetados para seu interior. Grande parte desse material se acomoda na área estuarina, principalmente fora do eixo da corrente fluvial. Esses depósitos sedimentares conferem uma resposta espectral específica às imagens IKONOS, possibilitando sua identificação, no presente trabalho, como Planície Intermaré Lamosa.

Dias-Brito e Zaninetti (1979) apud Wieczorek (2006) propõem um modelo de separação dos tipos fisiográficos do manguezal em áreas de progradação e erosão, ou seja, áreas em que, de acordo com feições características dos canais de drenagem, ocorre a deposição ou erosão dos sedimentos. Assim, nas áreas de progradação, ocorre menor hidrodinamismo, há deposição gradual de sedimentos e o manguezal apresenta-se em “construção”, ou seja, a vegetação de mangue coloniza as áreas onde o sedimento está sendo depositado.

Tanto na foz do Rio Guapi quanto na foz do Rio Guaraí, observa-se uma porção considerável de Planície Intermaré Lamosa, a qual defini-se como unidades morfológicas resultante do acúmulo de sedimentos flúvio-marinhos que se formam ao longo de costas de declive suave, cuja exposição é condicionada pela altura da maré. Estas unidades se formam, preferencialmente, nos estuários e tendem a apresentar geometria alongada (Reineck e Singh, 1980; França e Souza Filho, 2006).

A Figura 4 apresenta a planície intermaré lamosa na foz do Rio Guapi. O registro desta unidade morfológica em ambos os anos verificados indica um atuante processo de progradação neste trecho da linha de costa. Isso mostra que sua área de deposição é um local de baixa energia hidrodinâmica, pois favorece a acumulação de sedimentos de granulometria muito fina. O repouso das aves sobre a planície lamosa permite visualizar com clareza a extensão do acúmulo de sedimentos carreados pelos rios. No cenário exposto na Figura 3, a lâmina d'água é de poucos centímetros ao longo de 200 metros de distância da franja do mangue. Com esta profundidade, torna-se impraticável a navegação de embarcações especializadas em remoção de óleo.



**Figura 3 - Exemplo de franja de mangue preservado na orla da APA de Guapi-Mirim.**

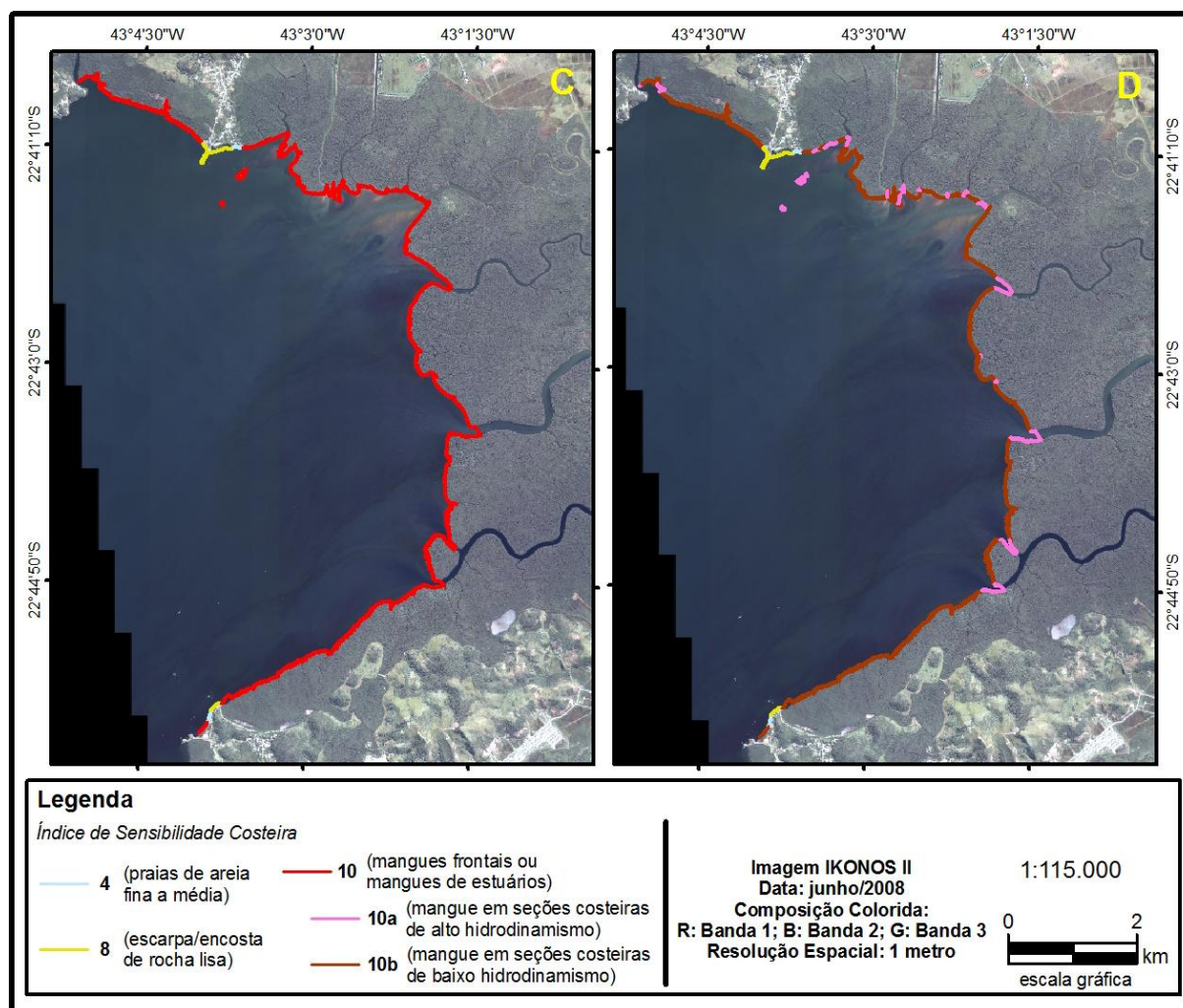


**Figura 4 - Local de deposição de sedimentos carreados pelo Rio Guapi.**

Diante do exposto, pode-se afirmar que o local onde se desenvolve a planície intermaré lamosa, imediatamente a frente da floresta de mangue costeira, apresenta-se como o setor

mais sensível a derrames de óleo, em virtude do seu baixo hidrodinamismo e de seu substrato lamoso associado às especificidades estruturais da flora do manguezal. Tal quadro configura a impossibilidade de ações de limpeza no caso de acidentes com vertimento de petróleo e derivados.

A identificação deste ambiente sensível justifica a proposta de refinar o grau 10 do Índice de Sensibilidade a Derrames de Óleo, conforme estabelecido por Araujo et al. (2007).



**Figura 5 - Índice de Sensibilidade Costeira a Derrames de Óleo elaborado pela Petrobras (C); Índice de Sensibilidade Costeira a Derrames de Óleo considerando a hidrodinâmica e a planície intermaré lamosa associada ao mangue preservado (D) (Vasconcelos, 2009).**

A Figura 5C mostra o mapa de sensibilidade costeira a derrames de óleo elaborados pela Petrobras, a qual segue estritamente as especificações e normas definidas por MMA 2002, sem levar em conta qualquer particularidade da região, enquanto que a Figura 5D apresenta aquele proposto no presente trabalho, ou seja, estudou-se outros fenômenos que podem interferir na estratégia de um eventual combate a derramamentos de óleo. Com isso, pode-se identificar seções costeiras considerando não apenas a sensibilidade do mangue, mas também a acessibilidade e as condições em que a seção da linha de costa se encontra. Tal refinamento se baseia na identificação de áreas de depósitos de sedimentos flúvio-marinhos através das classificações das imagens IKONOS dos anos 2006 e 2008. O grau 10a representa seções costeiras onde prevalece maior hidrodinamismo, principalmente representado pelas correntezas fluviais. Estes locais favorecem a navegação de embarcações de combate a derrames de óleo. O grau 10b representa seções costeiras de baixa movimentação

hidrodinâmica, que favorece a deposição de sedimentos flúvio-marinhos de granulometria fina associados a mangues preservados na linha da orla da APA de Guapi-Mirim. Estes locais propiciam maior condição de acomodação do óleo além de dificultar o acesso de equipes de emergência.

#### **4. Conclusão**

O mapa da evolução do uso e cobertura do solo, entre os anos 2006 e 2008, ampliou a base teórica para o refinamento do Índice de Sensibilidade Costeira a Derrame de Óleo. Através das observações do comportamento da classe Planície Intermaré Lamosa, foi possível fundamentar a proposta de refinar tal índice. Concluiu-se que a acumulação de sedimentos na área estuarina, associada ao mangue preservado da linha de costa, apresenta maior possibilidade de acumulação de óleo, devido ao menor hidrodinamismo. Além disso, o local caracteriza-se pela dificuldade de acesso da equipe de limpeza e contenção em função do assoreamento acentuado.

Procurou-se utilizar o mapeamento da evolução do uso e cobertura do solo, estudado em escala local, para oferecer uma contribuição mais detalhada do Índice de Sensibilidade Costeira a Derrame de Óleo para a APA de Guapi-Mirim, com a finalidade de identificar características que justifiquem sua pormenorização. O refinamento do índice representa uma evolução técnica em relação ao índice elaborado pela Petrobras, pois incrementa a representatividade cartográfica das feições encontradas na área de estudo.

#### **5. Agradecimentos**

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) pelo apoio financeiro prestado na forma de bolsa e custos de diária de campo. Ao IBAMA por meio da administração da APA de Guapi-Mirim por pesquisa de campo em áreas restritas desta Unidade de Conservação.

#### **5. Referências Bibliográficas**

Araujo, S.I.; Silva, G. H.; Muehe, D. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo - Ambiente costeiros, estuarinos e fluviais**. Rio de Janeiro. Petrobras, Ed. 2ª, 2007.

Bentz, C.M.; Miranda, F.P. Application of remote sensing data for oil spill monitoring in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. In: Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Sydney, 2001.

Carvalho, M. Mapeamento da sensibilidade ambiental ao impacto por óleo de um segmento da costa entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará utilizando imagens ETM+/LANDSAT-7 e geoprocessamento. 186p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, 2003

França, C.F. e Souza Filho, P.W.N. Compartimentação Morfológica da Margem Leste da Ilha de Marajó: Zona Costeira dos Municípios de Soure e Salvaterra - Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, nº 1, p. 36-42, 2006.

Kampel, M.; Amaral, S. Imagens TM/LANDSAT na Detecção de Mancha de Óleo na Baía da Guanabara – RJ – Brasil. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR. 21-26 Abril. pp. 801-809. 2001.

MMA. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo**. Ministério do Meio Ambiente, Distrito Federal, p. 22. 2002.

NOAA. **Environmental Sensitivity Index Guidelines**. National Oceanic and Atmospheric Administration, Technical Memorandum NOS OR&R 11, version 3.0, p. 192. 2002

Petrobras. **Relatório de Impactos Ambientais do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro**. Petrobras, Rio de Janeiro. 2008.

Reineck, H.E.; Singh, I.B. **Depositional Sedimentary Environments**. Springer-Verlag, New York, 543 p. 1980.

Tortell, P. Coastal Zone Sensitivity Mapping and its role in marine environmental management. In: Marine Pollution Bulletin. Vol. v. 25, pp. 88-93. 1992.

Vasconcelos, A.O. Análise Multitemporal da Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim Utilizando Técnicas de Segmentação e Classificação Orientada a Objeto de Imagens IKONOS II dos Anos 2006 e 2008. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

Wieczorek, A. Mapeamento de Sensibilidade a Derramamentos de Petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso - PEIC e Áreas do Entorno. 157p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2006.