



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DE IMAGENS LANDSAT ETM⁺, RADARSAT-1 E MODELOS
NUMÉRICOS DE TERRENO PARA O MAPEAMENTO DOS ÍNDICES DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA
COSTA DE MANGUEZAIS DO NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada por:

MESSIANA BEATRIZ MALATO BOULHOSA

**BELÉM
2006**



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**ANÁLISE DE IMAGENS LANDSAT ETM⁺, RADARSAT-1 E
MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO PARA O
MAPEAMENTO DOS ÍNDICES DE SENSIBILIDADE
AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA COSTA DE
MANGUEZAIS DO NORDESTE DO PARÁ.**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

MESSIANA BEATRIZ MALATO BOULHOSA

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **30 / 10 / 2006**

Comitê de Dissertação:

PEDRO WALFIR MARTINS E SOUZA FILHO(Orientador)

MARCELO CANCELA LISBOA COHEN

VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO

Belém

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Boulhosa, Messiana Beatriz Malato

B763a Análise de imagens landsat ETM⁺, radarsat -1 e modelos numéricos de terreno para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na costa de manguezais do Nordeste do Pará / Messiana Beatriz Malato Boulhosa; orientador, Pedro Walfir Martins e Souza Filho. – 2007
xiii; 152 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2006.

1. Sensoriamento remoto. 2. Mapas ISA. 3. Landsat ETM⁺. 4. Radarsat-1. 5. Zona costeira. 6. Costa nordeste. 7. Amazônia. 8. Pará I. Universidade Federal do Pará II. Souza Filho, Pedro Walfir Martins e, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 621.3678098115



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**ANÁLISE DE IMAGENS LANDSAT ETM⁺, RADARSAT-1 E MODELOS
NUMÉRICOS DE TERRENO PARA O MAPEAMENTO DOS ÍNDICES DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA
COSTA DE MANGUEZAIS DO NORDESTE DO PARÁ**

TESE APRESENTADA POR

MESSIANA BEATRIZ MALATO BOULHOSA

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: / /

Comitê de Tese:

Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho (Orientador)

Marcelo Cancela Lisboa Cohen

Venerando Eustáquio Amaro

Belém
2006

RESUMO

Acidentes relacionados à exploração e transporte de petróleo constituem uma ameaça às zonas costeiras de todo o mundo, pois um derrame de óleo trata-se de um evento ecologicamente desastroso e pode causar danos irreparáveis ao meio ambiente afetando principalmente os seres vivos que habitam na zona costeira e a economia local. Na costa nordeste do Pará, assim como ao longo de toda a costa norte do Brasil ocorre intenso fluxo de navios e balsas transportando petróleo e derivados, ameaçando os recursos naturais dessa região. Daí a necessidade de serem estabelecidas estratégias de prevenção e gestão dos impactos ambientais ao derrame de óleo para elaboração de planos de emergência.

A caracterização dos ambientes costeiros, em especial os tropicais úmidos dominados por macromaré, é complexa em virtude de uma série de fatores limitantes para o mapeamento ao longo da zona costeira do nordeste do Pará. Primeiro, a planície de macromaré forma áreas baixas, onde a informação detalhada do relevo é muitas vezes escassa e a representação planimétrica é dominante. Segundo, as variações de maré em torno de 6 m produzem fortes modificações nos limites dos ambientes sedimentares costeiros em resposta aos amplos deslocamentos verticais e laterais das marés. Terceiro, as modificações geomorfológicas costeiras são muito intensas e rápidas.

Dentro desse contexto o objetivo dessa dissertação de Mestrado é gerar o mapa dos ambientes costeiros e o mapa de índice de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo dos ambientes costeiros de uma porção da costa nordeste do estado do Pará. A metodologia consistiu no processamento digital de imagens de sensores remotos na faixa do óptico (Landsat ETM +7) e das microondas (RADARSAT-1 Wide-1), associados aos dados do Modelo digital de elevação do SRTM (*shuttle radar topographic mission*) e aos dados de campo, em ambiente de SIG (sistema de informação geográfica) proporcionando assim uma análise integrada das características espectrais, geomorfológicas, altimétricas e sedimentológicas dos ambientes costeiros em base cartográfica georreferenciada.

Os principais resultados gerados nesta dissertação permitiram: 1) Avaliação do potencial das imagens Landsat ETM+7, RADARSAT-1 e dos produtos de fusão multi-

sensores, para a identificação dos ambientes costeiros e dos Índices de Sensibilidade Ambiental ao derrame de óleo (ISA) nessa importante costa de manguezais; 2) Reconhecimento e descrição de cinco unidades morfológicas principais e quatorze subunidades: Planalto costeiro, Planície de Maré, Planície Litorânea e Planície aluvial; 3) Identificação e hierarquização de oito unidades de índices de sensibilidade ambiental (ISA), para a zona costeira amazônica, são eles: ISA 1B- Muro de arrimo; ISA 3A- Praias com granulometria fina a média; ISA 3B- Escarpas expostas com declives ingressos em areia; ISA 9B- Bancos e planícies de marés lamosas vegetados; ISA 9C- Campos herbáceos hipersalinas; ISA 10A- Campos herbáceos salinos e salobros; ISA 10C- Manguezal; ISA 10D- Várzea; 5) Geração do mapa de índice de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo da área estudada.

O uso das técnicas de sensoriamento remoto e SIG mostraram ser uma importante ferramenta para o reconhecimento e análise dos ambientes costeiros e geração dos mapas dos ambientes costeiros e dos índices de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo da costa nordeste do Pará.

ABSTRACT

Accidents related to exploration and oil transport are a threat to coast zones around the world. Oil spills are an ecological disaster that may cause irreparable damage to the environment affecting living beings that live in these coast zones and also the local economy.

Characterizing coast environments is very complex because of the many limiting factors during the mapping process. When it comes to humid tropical environment, like in Pará northeast coast, it gets worse because this area is typically dominated by macro tide. First of all, the macro tide plain creates low areas where informations about the relief are, most of times, scarce and the plain metric representation is dominant. Secondly, the tide variations with its vertical and horizontal moving produces strong changes on the sediment coast environment limits. Thirdly, the geomorphological modifications in the coast areas are intense and fast.

Towards this context, the objective of this master's degree dissertation is to create a map of the coast environment and a rating map of the environmental sensitivity about the oil spills in a certain part of Pará state northeast coast. The methodology consisted on processing digital images from remote sensors in the range of optical (Landsat ETM +7) and microwave (RADARSAT-1 Wide-1) associated to data from the SRTM (*shuttle radar topographic mission*) digital model of elevation, and to the field data collected in SIG (geographical information system) environment, providing an integrated analysis of the spectral, geomorphological, altimetric and sedimentological characteristics of the coastal environments in cartographic georeferenced bases.

The most important results of this dissertation allowed: 1) The evaluation of the potential of the images Landsat ETM +7, RADARSAT-1 and of the multi sensors fusion products used for identifying the coastal environment and the Environment Sensitivity Rates (ISA) of oil spills in this areas 2) Recognizing and describing five main morphological unities and fourteen sub unities: Coastal Plateau, Tide Plain, Coastal Plain and Alluvial Plain 3) Identifying and classifying eight unities of Environmental Sensitivity Rates (ISA) for the Amazon coast zone which are: ISA 1B – support wall; ISA 3B – exposed scarps with declivity to the sand; ISA 9B – sand bank and plains of tidal vegetable mudflats; ISA 9C – hypersalt herbaceous fields, ISA 10A – salt and salobre

herbaceous fields; ISA10C – Mangrove; ISA 10D – Lea; 5) creation of the Environmental Sensitivity Rates map to oil spill of the studied area.

The using of remote sensors techniques and SIG proved to be an important tool for recognizing and analyzing coast environments and for generating maps to coast environments and to environmental sensitivity rates to oil spills in the northeast coast of Pará.