

## **ANÁLISE MULTITEMPORAL QUANTO AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DA PONTA DO TUBARÃO, MUNICÍPIO DE MACAU/RN, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

MICHAEL VANDESTEEEN SILVA SOUTO  
VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO

PPGG – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN  
CEP - 59078-970 - Natal - RN, Brasil  
michaels\_br@yahoo.com.br  
amaro@geologia.ufrn.br

**Abstract.** The study area is inserted on the northern portion of the Rio Grande do Norte State, nearby the City of Macau the cities to Barreiras and Diogo Lopes. This region is characterized by social-economic activities of great importance for the State, as the petroliferous industry, salt companies and shrimp farms. These activities found the area marked for an intense coastal dynamics, what it justifies the monitoring with the aid of data of remote sensors (images of satellite Landsat 5-TM and Landsat 7-ETM<sup>+</sup>) multitemporal for evaluation of the changing behavior of this coastal environment ally with the operating antropic activities in the searched area. This analysis of the modification how much to the landuse of the region of the Ponta do Tubarão it is of basic importance for identification of areas for protection and recovery, mainly those that suffer social-economic intervention.

**Keywords:** remote sensing, landuse, GIS.

**Resumo.** A área em estudo está inserida na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, no Município de Macau, próximo as cidades de Barreiras e Diogo Lopes. Esta região é caracterizada por atividades sócio-econômicas de grande importância para o Estado, como o pólo industrial petrolífero, salineiro e carcinicultura. Estas atividades se encontram numa área marcada por uma intensa dinâmica costeira, o que justifica o monitoramento com o auxílio de dados de sensores remotos (imagens de satélite Landsat 5-TM e Landsat 7-ETM<sup>+</sup>) multitemporais para avaliação do comportamento evolutivo desse ambiente costeiro aliado com as atividades antrópicas atuantes na área pesquisada. Este estudo de análise da modificação quanto ao uso e ocupação do solo na região da Ponta do Tubarão é de fundamental importância para identificação de áreas para proteção e recuperação, principalmente aquelas que sofrem intervenção sócio-econômica.

**Palavras Chave:** sensoriamento remoto, uso e ocupação do solo, SIG.

### **1. Introdução**

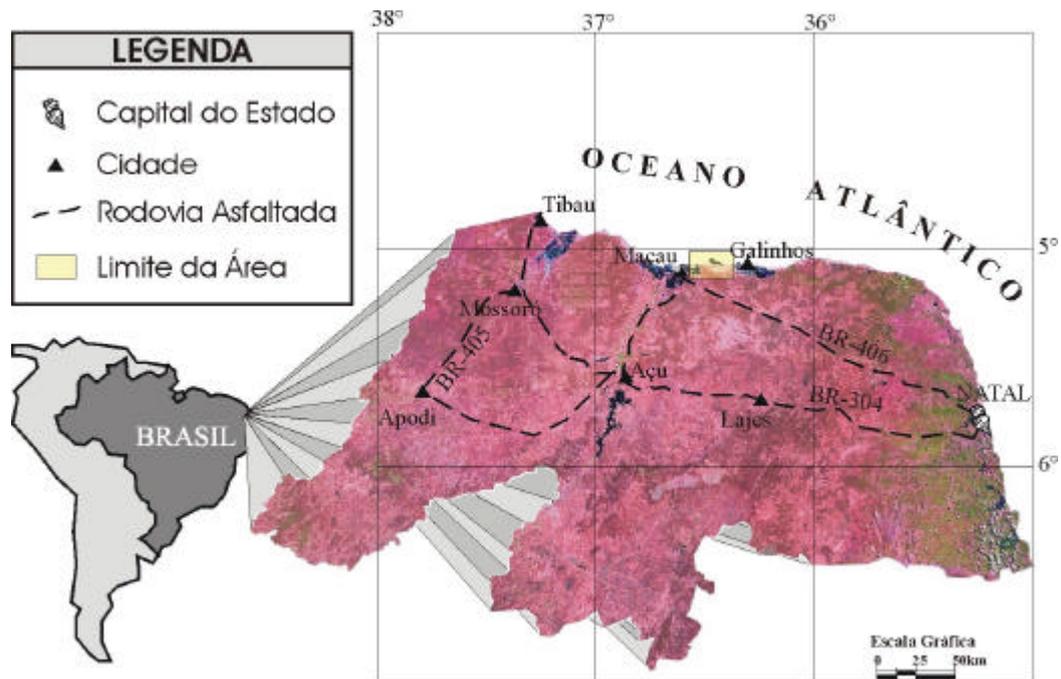
A região da Ponta do Tubarão, localizada no município de Macau caracteriza-se por estar submetida a constantes processos de transporte de sedimento litorâneo e eólico, ocasionando a instabilidade morfológica em boa parte da área, além da interferência de atividades antrópicas, destacando-se o Pólo Industrial Petrolífero, a indústria salineira e a expansão da carcinicultura na região. O monitoramento do uso e ocupação do solo por meio da análise de imagens multitemporais de sensores orbitais georreferenciados permitiram a comparação de três datas distintas (anos 1989, 2000 e 2001) utilizando técnicas de geoprocessamento, podendo determinar quais áreas apresentam-se mais susceptíveis e/ou danificadas quanto à agressão provocada pelas atividades antrópicas atuantes na região, além das mudanças impulsionadas pelos processos naturais.

O Geoprocessamento é uma tecnologia que utiliza-se de técnicas matemáticas e computacionais no tratamento de informações geográficas. Seus instrumentos computacionais permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de datas diferentes, por meio de um banco de dados georreferenciados, onde o cruzamento destes dados permite fazer a

comparação em intervalos de tempo entre estas datas. Esses sistemas auxiliam no processo de tomadas de decisões, visto que eles armazenam dados históricos e de múltiplos formatos.

## 2. Localização da Área

A área apresenta uma dimensão de aproximadamente 204 km<sup>2</sup> e encontra-se limitada pelas coordenadas UTM (Universal Translator Mercator) pelos meridianos de 769638 - 788000mE e pelos paralelos de 9430212 - 9441341mN, envolvendo o Município de Macau, próximo das cidades de Barreiras e Diogo Lopes (Figura 1), sendo parte da área se estende aproximadamente 4 km na plataforma continental.



**Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo, representada pelo mosaico das imagens Landsat do Estado do Rio Grande do Norte.

## 3. Metodologia Aplicada

A metodologia aplicada para comparação entre datas distintas foi baseada em dados digitais de sensoriamento remoto. Esses dados são compostos por cartas topográficas da SUDENE (SB-24-X-D-II Macau e SB-24-X-D-III São Bento do Norte), ambas com escala de 1:100.000, e por imagens multiespectrais Landsat (duas Landsat 5-TM de datas 02/08/1989 e 13/06/2000, e um Landsat 7-ETM<sup>+</sup> datada 05/04/2001) com resolução espacial de 30 metros.

As imagens do Landsat foram georreferenciadas a partir das cartas topográficas digitais com a mesma projeção cartográfica e *Datum* (UTM e SAD-69, respectivamente), possuindo Erro Médio Quadrático (RMS) menor que 0,20 para o *software* ER-Mapper v.6.2. A padronização destes dados e o baixo valor do RMS aumentam a confiabilidade dos produtos obtidos com a comparação entre as imagens de datas distintas.

Após de pré-processadas as imagens passaram por um processamento, utilizando-se de técnicas de PDI (Processamento Digital de Imagens) para obtenção do melhor realce das unidades de uso e ocupação do solo nas imagens, por meio do ER-Mapper v.6.2. As técnicas de PDI aplicadas foram as composições coloridas em RGB (**R**ed = vermelho; **G**reen = verde; **B**lue = azul), métodos de índices (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) e a Razão de Bandas. Estas técnicas de realce permitiram a análise e interpretação dos dados contidos

nas imagens orbitais, para classificação dos elementos de superfície reconhecidos na área de estudo, onde cada banda espectral foi submetida a modificações de contrastes de histograma, de maneira a favorecer o destaque visual necessário para definir os limites entre estes elementos de superfície.

A aplicação da técnica de composição colorida no sistema **RGB** consiste na elaboração de falsas cores, devido à integração de bandas do espectro do visível com outras bandas do espectro infravermelho próximo e/ou médio, realçando unidades de paisagem na imagem multiespectral que antes não eram perceptíveis ao olho humano. O emprego de bandas espectrais para composições coloridas em RGB facilita a interpretação na medida em que realça feições superficiais, portanto, é um dos produtos básicos do PDI. Como as que auxiliaram na interpretação 7-4-3, 7-5-3 e 5-3-1 das unidades de uso e ocupação do solo.

As razões de bandas são empregadas na supressão das variações de brilho relacionados à topografia, reduzindo os efeitos do ângulo do zênite solar, e às variações do tamanho dos grãos, enfatizando as tênues diferenças espectrais entre as superfícies (Amaro 1998).

Por meio deste método foram realçados os diversos elementos superficiais. Para melhor análise destes elementos, as razões foram manipuladas em sistema RGB (7/1-5/1-4/1 e 7/4-5/3-4/2), favorecendo a interpretação dos dados para elaboração dos mapas temáticos contidos neste trabalho.

As imagens foram submetidas às modificações de contrastes dos histogramas, de forma a aperfeiçoar a distinção visual de diferentes aspectos na imagem resultante. O contraste de cores, resultante dos diferentes comportamentos espectrais dos alvos, auxilia na diferenciação das unidades de paisagem. No entanto, devido à variedade dos resultados, foi necessário definir critérios que auxiliem na escolha das melhores imagens, como a calibragem dos produtos processados, fazendo o reconhecimento das unidades em campo em conjunto com os produtos obtidos.

A combinação das bandas 7-4-3 em sistema RGB foi utilizada para ressaltar as áreas emersas e os corpos d'água (rios, canais de maré, lagoas e oceano), útil na delimitação entre áreas emersas e áreas submersas. Os corpos d'água se apresentaram com uma coloração mais homogênea (preto), diferentemente da área emersa que apresenta uma coloração variada e diferente da cor preta. Contribuindo também para confirmação de algumas unidades de Uso e Ocupação do Solo, como destaque à vegetação de caatinga de ocorrência natural ao longo da porção sul da área estudada, bem como também as unidades relacionadas às atividades antrópicas na região (cultivo temporário, salina e carcinicultura).

A composição 7-5-3 Amaro (1998) usou para ressaltar aspectos geomorfológicos e feições geológicas em terrenos cristalinos. Porém, a área em estudo está compreendida num terreno sedimentar, onde esta composição não ressaltou estes aspectos com tanto sucesso como para os terrenos cristalinos, mas contribuiu em alguns aspectos para o uso e ocupação do solo, realçando áreas de solo exposto, cultivo temporário, tanques de salinas e carcinicultura.

O uso da banda 5 no canal verde (G) nesta composição colorida realçou bem a vegetação dos manguezais com relação a umidade e áreas de *stress* causados pela falta de água, destacando regiões mais densas desta vegetação das regiões com menor densidade, podendo estar relacionadas ao desenvolvimento e à degradação (natural?) dos manguezais na área.

A composição 5-3-1 foi usada por Amaro (1998) para realçar elementos geológicos em terrenos cristalinos, na qual destacou a banda 3 como a que produziu maior contraste no matiz e na saturação das cores, em função dos óxidos de ferro, favorecendo a maior distinção entre variações sutis nos atributos espectrais das unidades de paisagem, permitindo a diferenciação das espécies vegetais a partir do grau de intensidade de absorção da clorofila.

Na imagem da área estudada, que corresponde terrenos sedimentares, esta composição destacou alguns elementos geológicos, como áreas lamosas, sedimentos de dunas móveis, dunas fixas, intermaré (praia), aluviões, barras arenosas nos rios e em canais, e *sandwaves* em áreas submersas próximas à costa. Áreas salinizadas também são destacadas apresentando cor azulada a ciano, comprovadas em campo nas áreas de planície de inundação, que são submetidas à intensa evaporação e abastecidas esporadicamente pela ação das marés e/ou intensas chuvas. A vegetação é destacada na imagem por uma coloração vermelha muito forte (manguezais) nas porções dos estuários e por um vermelho mais fraco (região de caatinga) ao longo da porção sul da área pesquisada.

A composição 7/1-5/1-4/1 compostas por razões de bandas foi a que apresentou maior variação de unidades de paisagem, sendo fundamental para análise e interpretação dos dados para elaboração dos mapas temáticos, principalmente os mapas de Uso e Ocupação de Solo (Souto 2002). Os principais realces foram para os mapas de Uso e Ocupação do Solo de 1989, 2000 e 2001, o limite da planície de inundação, principalmente na porção SW da área pesquisada, com as demais unidades deste mapa é bem marcado. Outros destaques são os formatos dos tanques das salinas e carciniculturas, presentes na região.

A razão entre bandas combinada no sistema RGB (7/4-5/3-4/2), foi utilizada inicialmente por Guedes (2002) para diferenciação entre os manguezais e as demais espécies vegetais presentes em sua área de trabalho, associando a menor reflectância dos manguezais na razão 4/2 e a maior absorção e matéria orgânica nas razões 7/4 e 5/3. Essa observação é comprovada também na imagem elaborada para área em estudo. No entanto, as informações obtidas para área em questão não se limitaram a esta análise, também pôde-se realçar a planície de inundação nos mapas de Uso e Ocupação do Solo para as três datas distintas.

Todos os dados digitais processados foram armazenados num banco de dados geográfico (BDG) e introduzidos num SIG (Sistema de Informação Geográfica) para confecção da linha de costa para cada período das imagens (Castro *et al.* 2002). A elaboração destes novos dados foram obtidos pelas ferramentas dispostas no ArcView v.3.2. Essas linhas, em forma de *layers*, foram sobrepostas de acordo com o intervalo de tempo entre cada data, e a partir desta integração foram confeccionados polígonos correspondentes com suas respectivas unidades para os mapas de Uso e Ocupação do Solo.

#### **4. Unidades de Uso e Ocupação do Solo**

As unidades de uso e ocupação do solo presentes na área de estudo, correspondem as interpretações visuais feitas por meio de imagens Landsat e do sobrevôo efetuado na região no dia 17/11/2001, numa parceria feita entre IDEMA/RN, Laboratório de Geoprocessamento/PPGG (MARPETRO/CTPETRO) e PETROBRAS.

A análise e interpretação das feições superficiais da paisagem tendo como base a visão sinóptica e holística das imagens aéreas e orbitais digitais constitui uma abordagem metodológica indispensável como apoio à espacialização de informações multifontes, produzindo produtos cartográficos temáticos georreferenciados em escalas adequadas aos diversos estudos empreendidos.

Foram classificados 14 unidades de uso e ocupação do solo, separadas de acordo com as suas características: corpos d'água, cobertura vegetal, atividade antrópica e outros (Figuras 2, 3 e 4). A interpretação destas unidades foi facilitada com o auxílio das imagens orbitais citadas num tópico supracitado, principalmente ajudando na determinação dos limites das mesmas. Destacando-se as principais atividades sócio-econômicas (indústria petrolífera e carcinicultura) na ampliação de suas áreas de exploração na região de Macau-Guamaré.



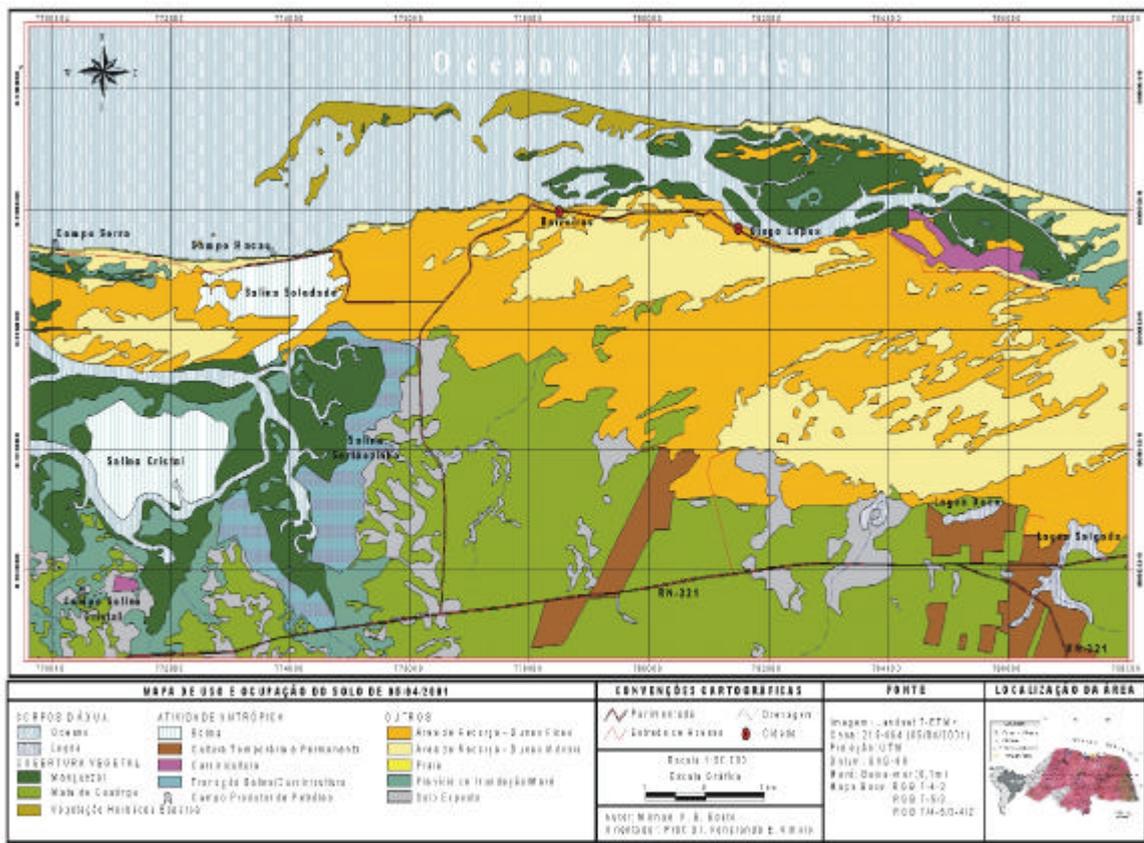


Figura 4 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo para a data de 05/04/2001.

## 5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, a metodologia aplicada mostrou-se eficiente na análise multitemporal quanto ao uso e ocupação do solo utilizando imagens multiespectrais (Landsat 5-TM e Landsat 7-ETM<sup>+</sup>), e na geração de mapas Uso e Ocupação do Solo para os anos de 1989, 2000 e 2001 (Figuras 2, 3 e 4). Pode-se ressaltar ainda outros aspectos de maior importância como:

- A utilização da composição colorida no sistema RGB 7-4-3, 7-5-3 e 5-3-1 foi de fundamental importância para definição dos limites existentes entre as unidades de paisagem para análise e interpretação da mesma quanto ao uso e ocupação do solo para as três datas distintas, acompanhando as mudanças ocorridas pela ação antrópica e natural na área pesquisada;
- As razões combinadas em composição colorida em RGB 7/1-5/1-4/1 e 7/4-5/3-4/2 mostraram-se eficientes na área em estudo para análise e interpretação das unidades geomorfológicas e principalmente para as unidades de uso e ocupação do solo. Auxiliando no entendimento da ação morfodinâmica costeira associado com as principais atividades sócio-econômicas atuantes na região para as três datas distintas;
- O BDG e o SIG permitiram, a partir de dados de sensoriamento remoto, a análise temporal da morfologia costeira, por meio da comparação entre as linhas de costa de períodos distintos, apresentando valores correspondentes às mudanças obtidas nestas imagens comparativas realizadas em intervalos de tempo representados nos mapas de Uso e Ocupação do Solo para os anos de 1989, 2000 e 2001 (Figuras 2, 3 e 4);

➤ Ficou constatado, conforme os mapas de Uso e Ocupação do Solo para os anos de 1989, 2000 e 2001, a substituição progressiva dos tanques de salina pela carcinicultura (Figuras 2, 3 e 4), que é uma atividade sócio-econômica que se encontra em grande expansão, não só na região, mas em todo o Estado do Rio Grande do Norte. Pode-se constatar esta substituição e ampliação dos tanques nas áreas da antiga Salina da Melancia e Salina Serãozinho. Também houve uma construção recente dos tanques de carcinicultura próximos ao Campo Petrolífero Salina Cristal. A construção e ampliação dos tanques de carcinicultura adentrando ao continente e próximos de cidades e vilareijos pode causar contaminação e/ou salinização do lençol freático que abastece a população da região, além de que os que se encontram próximos ou em contato com os manguezais podem ocasionar na mortandade da fauna e flora deste ambiente, que é considerado “o berço da vida marinha”;

➤ A atividade da indústria petrolífera é também bastante atuante e uma das principais atividades sócio-econômicas da região, bem como do Estado, seu crescimento é quase imperceptível em pequenas escalas, mas notórias em grande escala e principalmente no que se refere à economia do município e seus vizinhos com relação a contribuição efetuada pela PETROBRAS na forma de *Royalties*. Os campos petrolíferos de Macau e Serra são os principais campos exploratórios em atividade na região de Macau, sendo que o último posto em atividade a partir do ano de 1996 (Figuras 2, 3 e 4). Ambos apresentam problemas relacionados com a morfodinâmica costeira atuante na área em questão, devido a paralelização das correntes litorâneas com relação ao estirâncio (Souto 2002). O campo petrolífero Salina Cristal, devido a distância quanto ao litoral, não tem nenhum problema com relação aos processos costeiros;

➤ A variação das áreas de solo exposto reflete os períodos de estiagem e chuvosos obtidos das imagens de satélite (Landsat 5-TM e Landsat 7-ETM<sup>+</sup>) com datas distintas.

## Referências

- Amaro, V.E. 1998. *Análise Conjunta de Dados Geológicos, Geofísicos, Sensoriamento Remoto, do Setor Extremo Nordeste da Província Borborema, Nordeste do Brasil, com Ênfase nas Zonas de Cisalhamento Dúcteis Neoproterozóicas*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 397 p.
- Castro, A.F.; Souto, M.V.S.; Vital, H.; Amaro, V.E. 2002. Desenvolvimento e Aplicação de Um Banco de Dados Geográficos na Elaboração de Mapas da Morfodinâmica Costeira e Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo em Áreas Costeiras Localizadas no Estado do Rio Grande do Norte. Artigo Submetido à *Revista Brasileira de Geociências* no dia 09/11/2002, 27p. (Inédito)
- Guedes, L.S. 2002. *Monitoramento Geoambiental do Estuário do Rio Paraíba do Norte – PB Por Meio da Cartografia Temática Digital e de Produtos de Sensoriamento Remoto*. PPGG, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Dissertação de Mestrado, Natal/RN. 91 p. (Inédito)
- Souto, M.V.S. 2002. *Análise Multitemporal dos Elementos Geoambientais da Dinâmica Costeira da Região da Ponta do Tubarão, Município de Macau/RN, com Base em Produtos de Sensoriamento Remoto e Integração em Sistema de Informação Geográfica*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 68 p. (Inédito)
- SUDENE, 1969. Cartas Topográficas. Escala 1:100.000. Folha: SB-24-X-D-II Macau. Região Nordeste do Brasil. MINTER – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste.
- SUDENE, 1969. Cartas Topográficas. Escala 1:100.000. Folha: SB-24-X-D-III São Bento do Norte. Região Nordeste do Brasil. MINTER – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste.