

# AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE MANGUEZAL DO RIO PIAUÍ (SE) ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Myrian de Moura Abdon  
Carmen Regina S. Espindola  
Dalton de M. Valeriano  
Ernesto Getúlio M. Vieira  
Alberto W. Setzer

Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

Maria Auxiliadora Santos  
Universidade Federal de Sergipe  
Aracaju, Sergipe

Yara Schaeffer Novelli  
Universidade de São Paulo - USP  
Cidade Universitária  
05508 - São Paulo - SP

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estimar, através de técnicas de sensoriamento remoto, as áreas ocupadas por manguezal no sistema estuarino do Rio Piauí, SE, bem como uma possível degradação destas áreas em função da crescente industrialização na região. Na elaboração de um mapa de verdade terrestre diferenciando os manguezais de outras formas de cobertura e ocupação do solo, foram interpretadas fotografias aéreas pancromáticas, datadas de 20/12/84, na escala 1:25.000. A análise digital multitemporal utilizou dados dos sensores MSS/LANDSAT de 26/03/79 e TM/LANDSAT de 19/07/84, obtendo-se mapas temáticos. A comparação dos dados multitemporais permitiu verificar que os desmatamentos ocorridos no período de 1979 à 1984 não ocorreram em áreas ocupadas anteriormente por manguezais.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to estimate the areas of mangroves at the estuary of the River Piauí (SE) with remote sensing techniques, and also to evaluate any degradation of these areas associated to the growing industrialization in the region. Aerial panchromatic photos in the 1:25,000 scale from 20/12/84 were used to produce a ground truth map where mangrove areas were identified from other ground cover features. Digital multispectral and multitemporal analysis of MSS/LANDSAT (26/03/79) and TM/LANDSAT (19/07/84) imagery produced thematic maps of the region, which showed that no significant clearing occurred in mangrove areas for the 1979-1984 period.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivos mapear as áreas de manguezal que ocorrem nos estuários dos rios Piauí e Real (SE), procurar discriminar tipos de vegetação nas áreas de manguezal, e verificar as variações ocorridas na ocupação e cobertura do solo no período de 1979 à 1984 através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto.

Os manguezais, sendo zonas de contato entre o continente e o oceano, desenvolvem-se geralmente às margens de enseadas, baías, desembocaduras de rios e estuários. São constituídos por grupos de espécies vegetais adaptados à colonização de terrenos alagados e sujeitos a intrusões de água salgada (Cintron e Schaeffer-Novelli, 1983). No litoral brasileiro os manguezais são encontrados desde o estado do Amapá (2°N) até o estado de Santa Catarina (29°S) (Lamberti, 1969).

As áreas de manguezal em estudo localizam-se ao sul do Estado de Sergipe, no estuário do rio Piauí, entre as latitudes de 11°18'S e 11°27'S e as longitudes de 37°17'W e 37°27'W, conforme mostrado na figura 1.

As espécies de mangue predominantes nesta região correspondem à *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (Adema, 1984) e são encontradas sobre planícies marinhas e fluviomarinhas. O clima da região é úmido com totais anuais pluviométricos superiores a 1.100mm, apresentando 1 a 2 meses secos durante o ano, geralmente dezembro e janeiro, (Atlas de Sergipe, 1979).

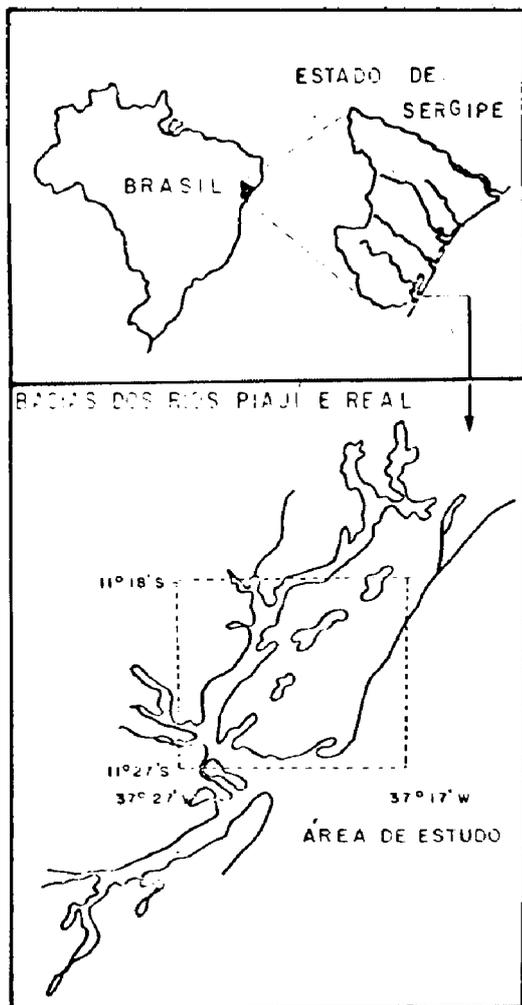


Fig. 1 - Localização da Área de Estudo.

A seguir, apresenta-se uma descrição resumida das técnicas empregadas e das conclusões obtidos no trabalho. Cabe ressaltar que este trabalho é parte de um projeto mais completo em desenvolvimento no INPE com a colaboração da Universidade Federal de Sergipe. Para trabalhos futuros pretende-se aplicar a metodologia desenvolvida para estudos de outras áreas de manguezal que estejam sofrendo algum tipo de impacto ambiental.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados neste trabalho são descritos a seguir.

### 2.1 - FOTOGRAFIAS AÉREAS PANCRÔMICAS

As fotografias aéreas pancromáticas de 20/12/84 na escala de 1:75.000, foram obtidas e cedidas pela FAB. Pelo fato de cobrirem apenas parte da área de estudo, foram selecionadas seis fotos.

A interpretação destas fotos foi feita com auxílio de estereoscópio e visou delimitar áreas com diferentes usos e coberturas do solo, com ênfase às áreas cobertas por manguezais. Os dados obtidos nesta fase auxiliaram a seleção de amostras de treinamento e avaliação dos resultados na etapa de tratamento semi-automático efetuado nas imagens LANDSAT.

## 2.2 - IMAGENS DOS SATÉLITES LANDSAT

### 2.2.1 - CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS

As imagens dos satélites da série LANDSAT utilizadas no trabalho foram obtidas em duas datas diferentes e possuem as seguintes características.

- Imagem de 26/03/79, obtida do sensor MSS do satélite LANDSAT 3 (órbita 230, ponto 68). Foram gravados os canais 5 e 7 que correspondem às informações nos intervalos espectrais de  $0,6\mu\text{m}$  a  $0,7\mu\text{m}$  e  $0,8\mu\text{m}$  a  $1,1\mu\text{m}$  (vermelho e infravermelho próximo respectivamente). Este satélite possuía uma repetitividade de imageamento de 18 dias, cobrindo uma faixa de 185km de largura. Nestes canais o Instantaneous Field of View (IFOV) é aproximadamente de 80 metros.
- Imagem de 19/07/84 obtida do sensor TM do satélite LANDSAT 5 (órbita 215, ponto 68). Foram gravados os canais 3 e 5 que correspondem às informações nos intervalos espectrais de  $0,63\mu\text{m}$  a  $0,69\mu\text{m}$  e  $1,55\mu\text{m}$  a  $1,75\mu\text{m}$  (vermelho e infravermelho médio respectivamente). A banda 5 do TM/LANDSAT foi utilizada no trabalho por fornecer melhores informações na diferenciação de áreas de manguezal. Este satélite possui uma repetitividade de imageamento de 16 dias, cobrindo também uma faixa de 185km de largura. Nestes canais o IFOV é aproximadamente de 30 metros.

### 2.2.2 - ETAPAS DO PROCESSAMENTO SEMI-AUTOMÁTICO

As etapas do processamento semi-automático das imagens LANDSAT foram realizadas no Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais IMAGE-100 (I-100) do INPE.

#### - Processamento Preliminar

Os dados LANDSAT das duas datas foram tratados simultaneamente dentro de uma abordagem multitemporal. Estes foram inicialmente corrigidos radiometricamente, e analisados na escala 1:50.000 na tela do I-100 através do programa "ESCALA" que amplia ou reduz a cena à escala desejada. Selecionou-se para o trabalho um módulo delimitado pelas latitudes de  $11^{\circ}18'S$  e  $11^{\circ}27'S$  e as longitudes de  $37^{\circ}17'W$  e  $37^{\circ}27'W$ . O programa de correção radiométrica foi aplicado para atenuar efeitos residuais sistemáticos do sensor nas linhas de varredura, que interferem na análise causando anomalias na consistência dos produtos da classificação temática. Pontos coincidentes nas imagens MSS e TM/LANDSAT foram selecionados para serem utilizados como pontos de controle no programa "REGISTRO". Este programa sobrepõe as imagens tornando semelhante a projeção de uma cena à da outra através de ajuste polinomial.

#### - Classificação

Na classificação das imagens, os alvos com similaridades em suas características espectrais são agrupados em classes (Ribeiro et alii, 1982).

Através de uma classificação não-supervisionada feita com o algoritmo "K MÉDIA" (Ribeiro

ro et alii, op cit) dividiu-se a área de estudo em 8 classes. Tendo-se por base as classes diferenciadas com o "K MÉDIA", selecionou-se amostras para uma nova classificação supervisionada das imagens baseada no algoritmo de classificação de máxima verossimilhança "MAXVER" (Ribeiro et alii, op cit).

### 2.3 - DADOS DE CAMPO

As informações sobre as características dos bosques de mangue que ocorrem na área de estudo foram obtidas no relatório da ADEMA (1984).

### 3. RESULTADOS

A interpretação das fotos aéreas pancromáticas resultou na elaboração de um mapa em escala 1:25.000, o qual é mostrado reduzido na Figura 2.

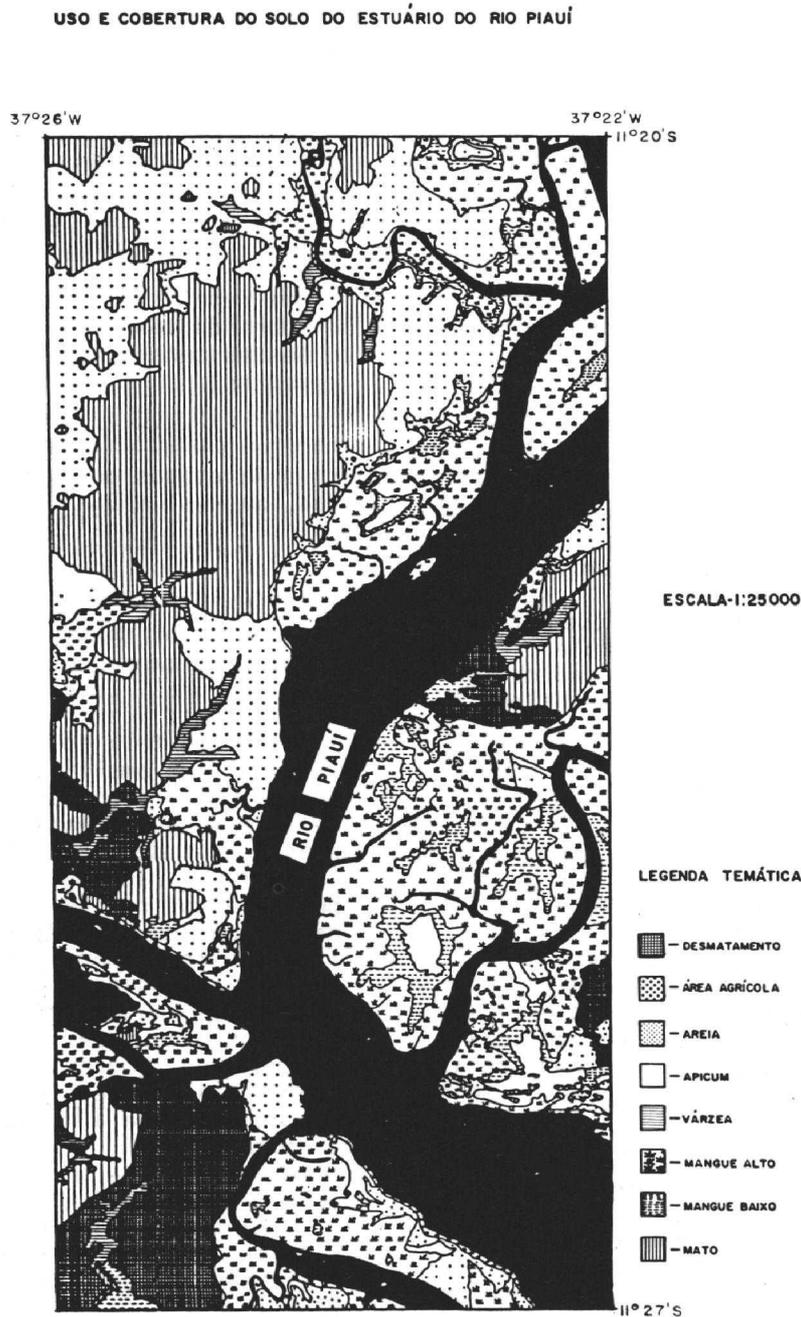


Fig. 2 - Uso e cobertura do solo do Estuário do Rio Piauí, SE.

Nas fotos pancromáticas conseguiu-se identificar e separar as áreas de mangue alto, mangue baixo e apicum com base nas diferenças de textura e cor.

Em seguida são discutidos os resultados alcançados com a classificação da área de estudo feita através do algoritmo "K MÉDIA" aplicada às imagens LANDSAT. Em função das características do sistema I-100 pode-se dividir a área em 8 classes o que é apresentado na Figura 3.

As áreas de manguezal, que nesta região correspondem às áreas com vegetação em solo alagado, foram quase que totalmente identificadas. Apresentando-se com o mesmo padrão espectral dos manguezais aparecem as pequenas áreas de sombra na mata encontrada em regiões mais altas e as áreas úmidas dos cordões de restinga. No entanto, estas áreas não apresentam problema algum no que se refere à identificação das áreas de manguezal por se localizarem afastadas destas e também dos canais de irrigação. Alguns pequenos canais de maré apresentaram-se com resposta espectral semelhante à da vegetação esparsa de mangue.

Na classificação temática feita com o algoritmo "K MÉDIA" a vegetação de mangue baixo não foi muito bem delimitada e diferenciada do mangue alto, sendo apenas em parte corretamente classificada.

Obteve-se melhor separação entre as duas classes de manguezal (mangue alto e mangue bai

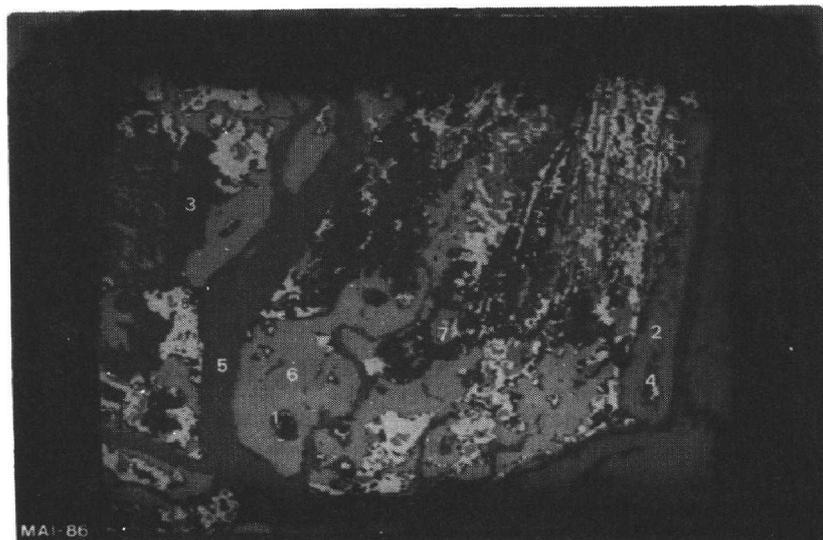
xo), conforme verificado nas fotos aéreas, através da classificação feita com o algoritmo supervisionado MAXVER. O resultado deste procedimento está apresentado na Figura 4.

Na classificação supervisionada foram separadas 11 classes com desempenho médio de 98,5%, o que significa que quase todos os pontos contidos nas áreas de amostragem selecionadas foram associadas às classes de interesse.

A Tabela 1 mostra o desempenho da amostragem de treinamento, a porcentagem de pontos não classificados e pontos que causaram confusão na classificação. Devem ser notadas as altas porcentagens, indicativas de uma amostragem temática adequada.

No entanto, foi observado que alguns canais de maré, pequenos rios e margens do rio Piauí não foram devidamente classificadas pelo MAXVER. Também não foram categorizadas áreas de manguezal bem próximas aos canais, havendo perda de informação na delimitação destas áreas.

As áreas desmatadas no período de 1979 à 1984 foram melhor classificadas com a utilização do algoritmo "K MÉDIA" do que no MAXVER.



#### LEGENDA:

1. Áreas de manguezal com vegetação esparsa
2. Solo arenoso e praias
3. Mata
4. Solo arenoso
5. Água
6. Áreas cobertas por manguezais
7. Desmatamentos no período de 1979 à 1984
8. Áreas agrícolas e urbanas

Fig. 3 - Classificação feita com o algoritmo "K MÉDIA".

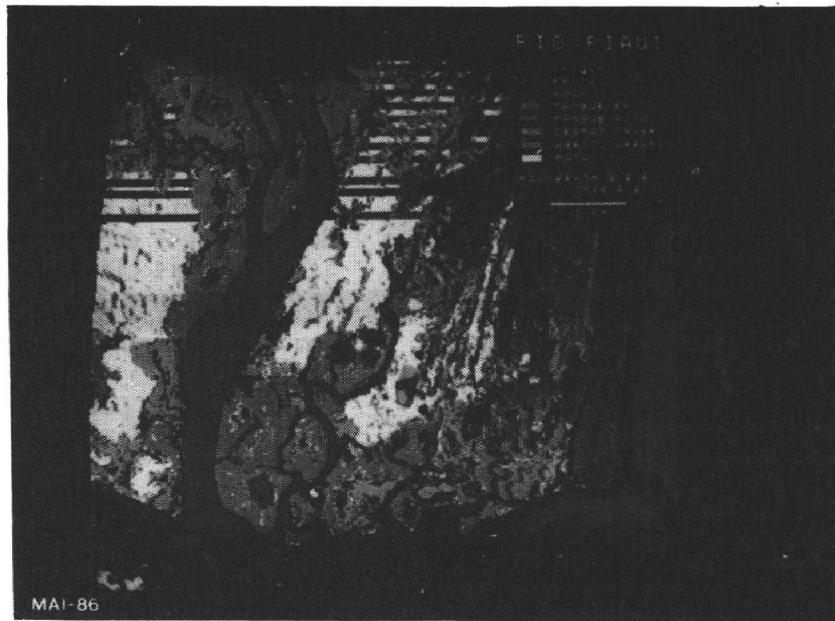


Fig. 4 - Classificação feita com o algoritmo MAXVER.

TABELA 1

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDA COM O ALGORITMO DE CLASSIFICAÇÃO MAXVER

CLASSES	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Apicum	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Areia esolo arenoso	0,0	0,0	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
3. Areia esolo arenoso	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Água	0,2	0,0	0,0	0,0	98,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
5. Mangue baixo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. Mangue alto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7. Desmatamento 79-84	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	99,2	0,0	0,0	0,0	0,0
8. Área agric./urbana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
9. Mata	0,3	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	98,1	0,0	0,0
10. Apicum	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	0,0
11. Sedimentos fluviais	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Obs.: N = Porcentagem de pontos da amostra não classificados  
1-11 = Classes de similar comportamento espectral

#### 4. CONCLUSÕES

- Os manguezais foram muito bem delimitados, através de interpretação de fotos aéreas pan cromáticas com auxílio de um estereoscópio.
- O classificador "K MÉDIA" demonstrou ser adequado à separação de vegetação de mangue dos demais tipos de cobertura do solo quando se utilizam canais que registram informações na faixa do infravermelho próximo e médio.
- O algoritmo MAXVER, utilizado com base na classificação obtida com o algoritmo "K MÉDIA", demonstrou ser adequado à separação de mangue alto e mangue baixo.
- Os desmatamentos ocorridos no período de 1979 à 1984 não ocorreram em áreas ocupadas anteriormente por manguezais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEMA *Levantamento da Flora e Caracterização dos Bosques de Mangue do Estado de Sergipe*. Administração Estadual do Meio Ambiente. Governo do Estado de Sergipe. Fev, 1984.
- ATLAS DE SERGIPE Convênio Universidade Federal de Sergipe/Secretaria de Planejamento do Estado de Sergipe, 1979.
- CINTRÓN, G; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Introduction a la Ecologia del Manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la Unesco para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. UNESCO. 1983.
- LAMBERTI, A. *Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas do manguezal de Itanhaém*. Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da USP-Botânica, 23:1, 1969.

RIBEIRO, E.A.; II, F.A.M.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. *Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE. Departamento de Informática DCC-LTID, 1982.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao convênio CNPq/CIRM por providenciar parte da verba necessária ao desenvolvimento deste projeto, à FAB de Sergipe por ceder as fotografias aéreas pancromáticas utilizadas, e ao colega e amigo José Carlos Moreira pela orientação no tratamento digital das imagens LANDSAT.