

## CARCINICULTURA EM APICUM NO LITORAL DO PIAUÍ: UMA ANÁLISE COM SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO.

EDISON CREPANI  
JOSÉ SIMEÃO DE MEDEIROS

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
crepani@ltid.inpe.br  
simeão@dpi.inpe.br

**Abstract.** This article is an example of utilization of the data bank of Lower Parnaíba River developed by the Permanent Workgroup for the Execution of the Ecologic-Economic Zoning of the National Territory, named ZEE Partnership, created by the Presidential Decret that institutes the Coordinator Commission of Ecologic-Economic Zoning of National Territory.

**Keywords:** remote sensing, geoprocessing, environmental monitoring.

### 1- Resumo.

O pequeno litoral do Estado do Piauí (cerca de 60 km) é praticamente todo ocupado por dunas (móveis e fixas), manguezais e apicuns (**Figura 1**).

Nas quatro últimas décadas a carcinicultura marinha (criação de camarões em cativeiro) teve um crescimento vertiginoso em função da demanda de países como os EUA, Japão e alguns países europeus no consumo de camarões peneídeos. Aproveitando a oportunidade econômica carcinicultores estão se estabelecendo em apicuns do Piauí desde os anos 80.

A zona do apicum (em Tupi-Guarani brejo de água salgada à borda do mar ou coroa de areia feita pelo mar) faz parte da sucessão natural do manguezal para outras comunidades vegetais, sendo resultado da deposição de areias finas por ocasião da preamar.

O Código Florestal Brasileiro determina que as áreas de manguezal são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). Como o Código não menciona especificamente o apicum, os tanques de carcinicultura foram e estão sendo construídos dentro do apicum, imediatamente na vizinhança da vegetação de mangue. Em resolução nº 303 de 20 de Março de 2002 o CONAMA determina que um manguezal não se limita à área coberta pela vegetação, abrange também os espaços arenosos à sua volta (apicum).

Este trabalho mostra como um banco de dados montado no SPRING 3.6 contendo diversas passagens de imagens TM e ETM Landsat de datas diferentes (1984, 1986, 1990, 2000 e 2001) permite que se mapeie, a partir de segmentação, classificação, mapeamento de classes para imagem temática e posterior edição matricial e vetorial, qualitativamente e quantitativamente, as áreas de ocorrência de dunas fixas e móveis, apicuns, mangues, tanques de carcinicultura e áreas onde a vegetação de mangue foi retirada para instalação dos referidos tanques.

### 2. Introdução.

Este trabalho representa um exemplo de utilização do banco de dados desenvolvido pelo Grupo de Trabalho Permanente para a Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional, denominado de Consórcio ZEE BRASIL, criado pelo Decreto Presidencial de 28 de Dezembro de 2001, que instituiu a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional.

O referido banco contém dados relativos à região do Baixo Rio Parnaíba (parte dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará) e se constitui no projeto-piloto de atuação conjunta das

instituições que compõem o Consórcio ZEE BRASIL (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas - IPEA, Serviço Geológico do Brasil – CPRM e Agência Nacional de Águas – ANA) sob a coordenação da Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável – SDS do Ministério do Meio Ambiente – MMA.

Montado em ambiente SPRING, Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (MCT/INPE, 2002), software desenvolvido pelo INPE, o banco contém dados de altimetria, sistema viário, hidrografia, batimetria, carcinicultura, hidrogeologia, geologia, geomorfologia, pedologia, imagens de satélite e dados sócio-econômicos do Censo 2000. O banco pode ser consultado a partir de CD que acompanha MMA/SDS (2002).

## **2 – Manguezal, Marismas e Apicum.**

*Manguezal* - sistema ecológico costeiro tropical dominado por espécies vegetais típicas às quais se associam outros componentes da flora e da fauna, microscópicos e macroscópicos, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade. Manguezais são inquestionavelmente considerados como um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (Schaeffer-Novelli, Y., 1999). Os limites verticais do manguezal, no médio litoral, são estabelecidos pelo nível médio das preamares de quadratura e pelo nível das preamares de sizígia (Maciel, 1991).

*Marismas* - são comunidades dominadas principalmente por vegetação herbácea perene ou "anual", podendo estar ainda associada a alguns arbustos, contrastando com o manguezal que é dominado por espécies vegetais arbóreas (Costa & Davy, 1992).

*Apicum* - salgado, ecótono, zona de transição, areal, são denominações utilizadas para designar uma zona de solo geralmente arenoso, ensolarada, desprovida de cobertura vegetal ou abrigando uma vegetação herbácea. A zona do apicum, segundo Bigarella (1947), faz parte da sucessão natural do manguezal para outras comunidades vegetais, sendo resultado da deposição de areias finas por ocasião da preamar. Amostras de sedimento coletadas por Nascimento (1993) mostram que as camadas inferiores do sedimento do apicum são tipicamente de manguezal, inclusive com restos de material botânico e valvas de ostras, denotando claramente sua origem a partir de um bosque de mangue assoreado naturalmente.

O apicum ocorre na porção mais externa do manguezal, raramente em pleno interior do bosque e associa-se aos manguezais formando na realidade um estágio sucessional natural do ecossistema (Schaeffer-Novelli, 1989). Seu limite é estabelecido pelo nível médio das preamares de sizígia e o nível das preamares equinociais (Maciel, 1991).

Manguezais e marismas encontram-se distribuídos ao longo de praticamente todo litoral brasileiro. Os manguezais dominam a zona tropical enquanto as marismas constituem o ecossistema homólogo para a zona temperada.

Os ecossistemas manguezal, marisma e apicum encontram-se entre as zonas úmidas de importância internacional no contexto da Convenção de Ramsar (1971).

## **3-Aspectos Legais Relacionados ao Apicum.**

O manguezal é considerado no Brasil como área de preservação permanente, incluído em diversos dispositivos constitucionais (Constituição Federal e Constituições Estaduais) e infraconstitucionais (leis, decretos, resoluções, convenções) (Schaeffer-Novelli, 1994). O Código Florestal Brasileiro, de 1965, diz no seu artigo 2º que: “*consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural*

*situadas (alínea "f"): nas restingas, como fixadoras de dunas ou como estabilizadoras de mangues”.*

O apicum, de acordo com sua gênese, pode muito bem ser considerado como parte do manguezal também no que tange a aplicação da legislação, uma vez que em alguns documentos legais já se encontra a expressão "*manguezal, em toda a sua extensão*", reconhecendo os diferentes compartimentos como parte do ecossistema (Schaeffer-Novelli, 1999).

A Constituição de 1988 veio dar força ao que já dizia o art. 2º do Código Florestal: os manguezais e as dunas só podem ser alterados ou suprimidos por ato legislativo, isso é, a Prefeitura Municipal, o Governo do Estado (através de suas Secretarias ou de seus órgãos ambientais), o Governo Federal (através do SPU – Serviço de Patrimônio da União ou do IBAMA) não podem autorizar qualquer alteração ou até extinção de manguezais e de dunas. Só a *Lei* pode tocar nesses espaços (Machado, 1991).

A Resolução nº 303 do CONAMA de 20 de Março de 2002, que estabelece definições referentes às Áreas de Preservação Permanente, adota, no seu item IX, a seguinte definição para manguezal: "*ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina;*"

#### 4-Materiais e Métodos.

As imagens de satélite utilizadas apresentam as seguintes características (**Tabela 1**):

SENSOR	ÓRBITA	PONTO	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	BANDAS	DATA DE PASSAGEM
TM	219	62	Multiespectral	30m	3, 4 e 5	20/11/1984
						31/05/1986
						14/06/1990
						15/08/2001
ETM	219	62	Multiespectral Pancromática	30m 15m	3, 4 e 5	03/09/1999
						03/09/1999

Tabela 1 – Características das imagens de satélite utilizadas.

A metodologia consiste de etapas sequenciais que podem ser assim discriminadas:

1)- Realce – aplicação de *ampliação de contraste por transformação linear* sobre a banda 4 da imagem TM, passagem de 14/06/90 (melhor passagem, sem cobertura de nuvens), para realçar espelhos de água, áreas úmidas com influência de marés, mangues, dunas móveis e apicum (**Figura 2**).

2)- Segmentação – divisão da imagem (banda 4 realçada) em regiões que correspondem às classes de interesse (mangues, apicum, dunas, espelhos de água). As regiões correspondem a conjuntos de “pixels” contíguos que se distribuem bidirecionalmente e apresentam uniformidade com relação aos atributos espectrais. Utilizou-se a técnica de Crescimento de Regiões com os valores de 20 para o *critério de similaridade* e de 25 para o *limiar de agregação* (**Figura 2**).

3)- Classificação da Imagem Segmentada - o classificador Ioseg procura simular o comportamento de um foto-intérprete ao reconhecer áreas homogêneas (segmentos) baseado nas propriedades espectrais e espaciais da imagem utilizando, além de informação espectral dos “pixels” que compõe cada segmento, a informação espacial que envolve a relação entre

um segmento e seus vizinhos. A classificação foi realizada utilizando-se as bandas TM 3, 4 e 5 de 14/06/90 e a segmentação da banda 4 realçada. O *limiar de aceitação* utilizado foi de 99% (**Figura 3**).

4)- Criação de Imagens Sintéticas – foram criadas imagens sintéticas de composições coloridas R5G4B3 realçadas (aumento Linear de contraste) das diversas passagens (devidamente registradas) de imagens TM e ETM (**Figuras 6,7 e 9**) para auxiliar nas etapas seguintes da metodologia de trabalho. A partir da imagem ETM Pan, aproveitando a melhor resolução espacial, foi criada imagem sintética da composição colorida RGB obtida a partir de três diferentes imagens geradas por diferentes técnicas de ampliação de contraste: Quadrado (R), Equalizar Histograma (G) e Raiz Quadrada (B) (**Figuras 8 e 10**).

5)- Mapeamento de Classes Temáticas - ao término da classificação da imagem segmentada através do algoritmo Isege todas as regiões “estatisticamente” diferentes estarão associadas a diferentes cores. Estas classes deverão então ser associadas, de maneira interativa, às classes definidas no Modelo de Dados (apicum, dunas fixas, dunas móveis, hidrografia, mangue, mangue retirado, restinga, tabuleiro, tanque de carcinicultura). Esta etapa é executada pelo foto-intérprete utilizando a função Mapeamento de Classes Temáticas (**Figura 4**), orientado pelas imagens sintéticas geradas anteriormente.

6)- Edição Matricial – a edição matricial permite ao foto-intérprete, utilizando as opções *Editar Área* e *Classificar Área*, corrigir eventuais erros da etapa de classificação, retirando ou editando os polígonos indesejáveis, e classificar os polígonos deixados sem classificação propositadamente por apresentarem padrão semelhante de resposta espectral como, por exemplo, dunas móveis e apicum. Esta operação é feita com consulta simultânea às imagens sintéticas de datas diversas acopladas nas telas 2, 3, 4 e 5.

7)- Conversão para Formato Vetor e Edição Vetorial -a representação vetorial é a mais adequada, quando se requer precisão, para identificar objetos individualizáveis no terreno e por isso é feita a *conversão matriz-vetor*. A edição vetorial que se torna disponível pela conversão permite refinar a delimitação dos polígonos tendo como “pano de fundo” as imagens sintéticas de datas diversas, o que garante a precisão possível com a resolução das imagens Landsat (**Figuras 5 e 11**).

8)- Operações Métricas – a ferramenta *operações métricas* disponibilizada pela conversão matriz-vetor torna possível, pela escolha da opção *apontamento*, o cálculo de áreas, perímetros, comprimentos e distâncias a partir da posição da seta do cursor, medindo, por exemplo, áreas de mangue retirado, de tanques de carcinicultura, e de outras classes mapeadas (**Figura 12**).

## 5- Resultados e Conclusões.

Este exemplo de utilização do banco de dados da região do Baixo Rio Parnaíba, projeto-piloto de atuação conjunta das instituições que compõem o Consórcio ZEE BRASIL, mostra a aplicabilidade da metodologia para ações de monitoramento e planejamento de enfoque ecológico-econômico.

Ao mesmo tempo em que permite determinar, a partir da análise multitemporal das imagens registradas, a localização e dimensões de áreas de dunas (fixas e móveis) e de áreas onde a vegetação de mangue foi irregularmente retirada, permite determinar a área ocupada pelos tanques de carcinicultura já instalados, informação importante para estimativas de produção.

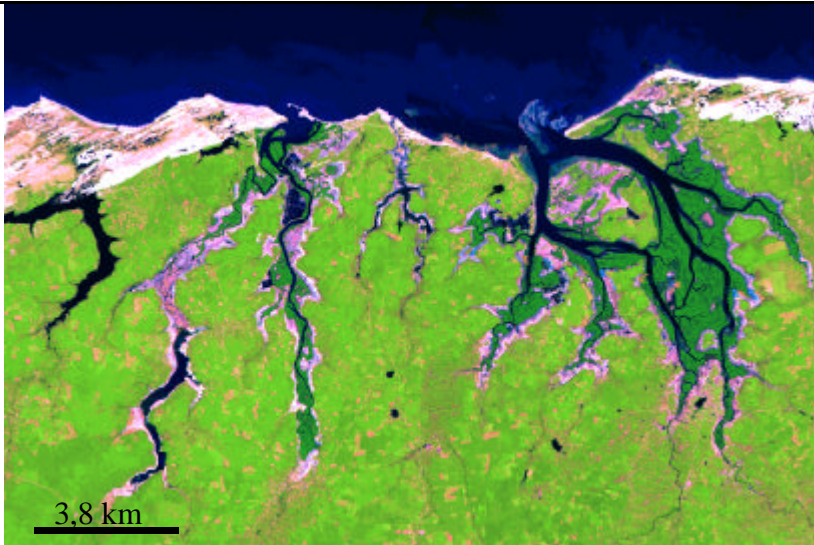


Fig. 1 – Composição TM/Landsat R5G4B3 de 14/06/1990 de parte do litoral do Piauí e Ceará mostrando Dunas, Mangues e Apicuns.

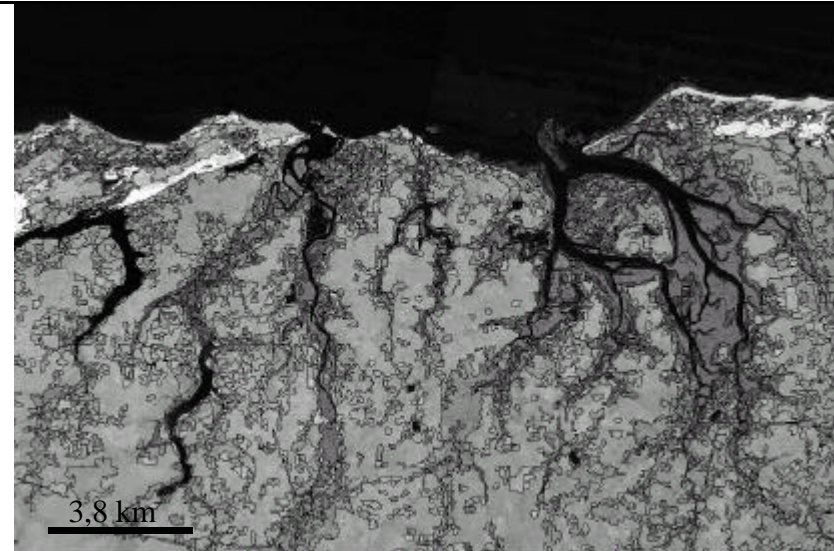


Fig. 2 – Linhas da Segmentação sobre a banda 4 da imagem TM/Landsat de 14/06/1990 realçada por Ampliação Linear de Contraste.

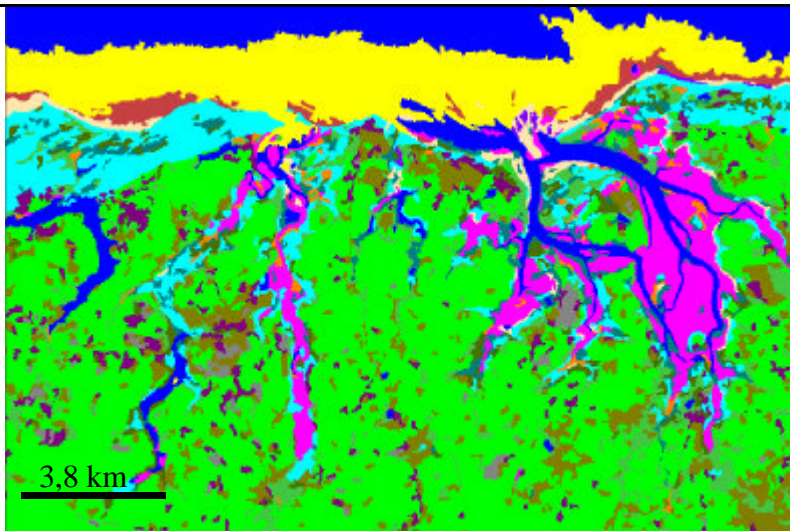


Fig. 3 – Classificação não supervisionada da Segmentação.

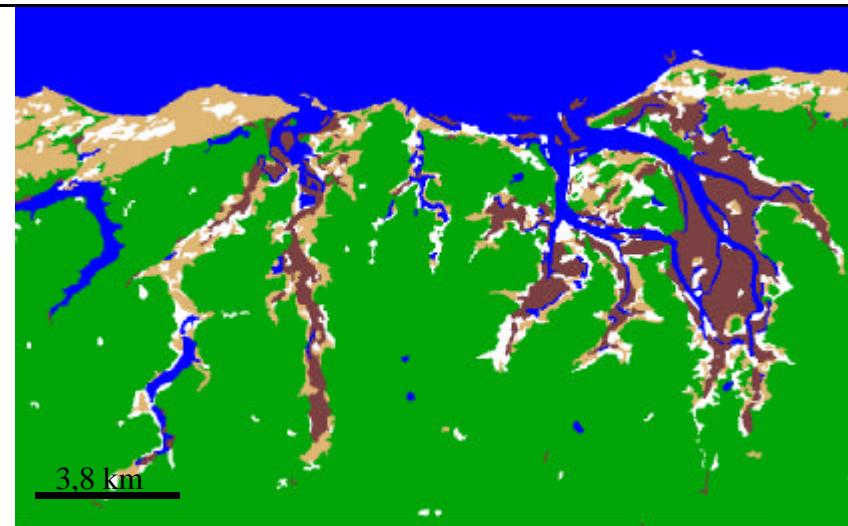


Fig. 4 – Mapeamento de Classes Temáticas a partir da Classificação.

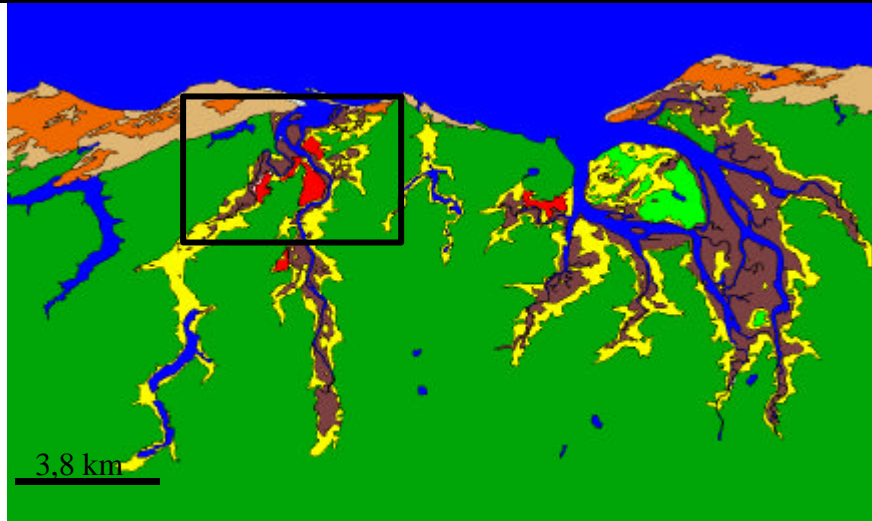


Fig. 5 – Mapa Vetorial obtido por Edição Matricial e Edição Vetorial do Mapeamento de Classes Temáticas.

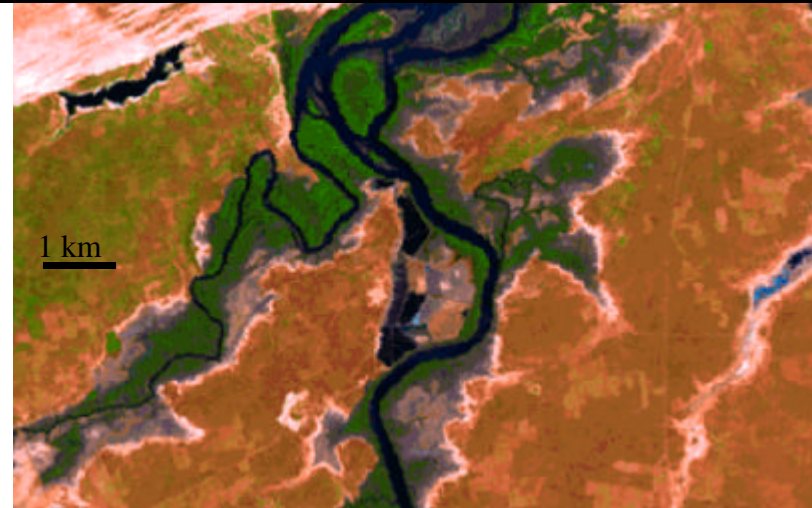


Fig. 6 – Detalhe marcado pelo retângulo da figura 5 em imagem TM composição colorida R5G4B3 de 20/11/1984.

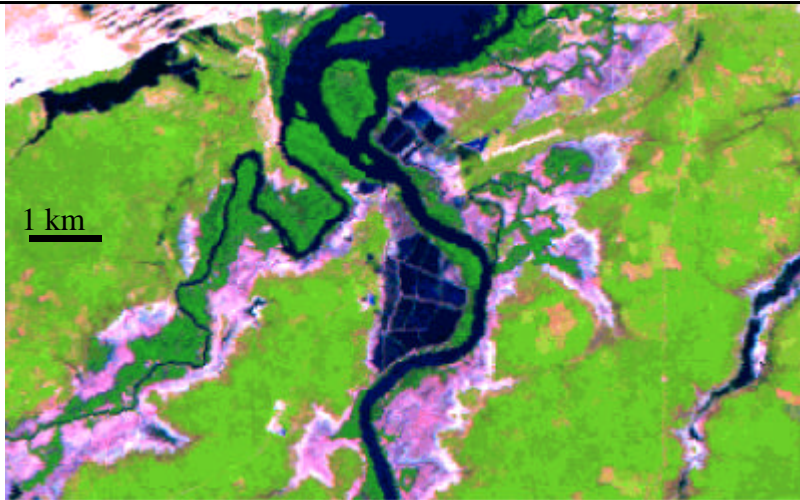


Fig. 7 – Mesma área observada em imagem TM composição colorida R5G4B3 de 14/06/1990.



Fig. 8 – Mesma área observada em composição colorida de imagem ETM/Landsat Pan de 03/09/1999.

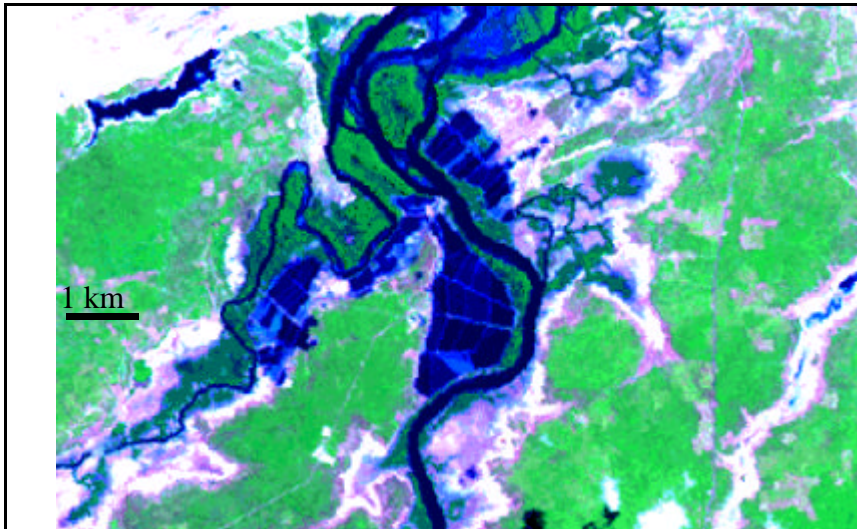


Fig. 9 – Mesma área observada em composição colorida R5G4B3 de imagens TM/Landsat, passagem de 15/08/2001.

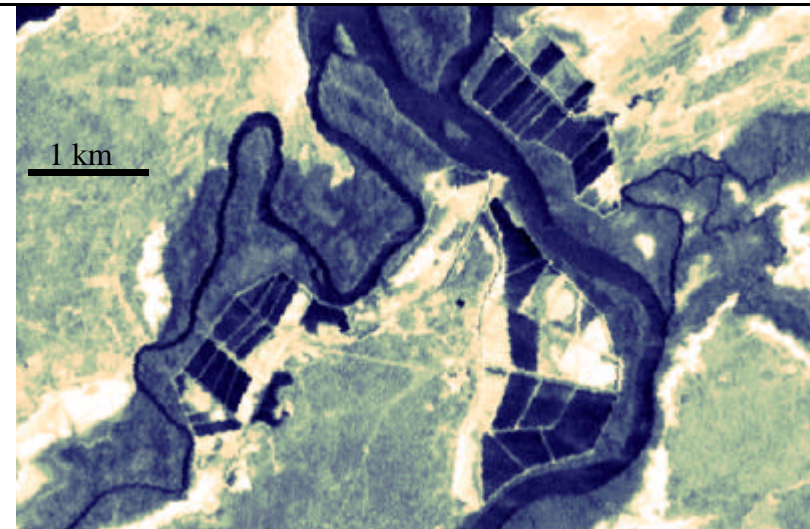


Fig. 10 – Detalhe da Fig. 9 mostrando tanques de carcinicultura construídos em área de mangue.

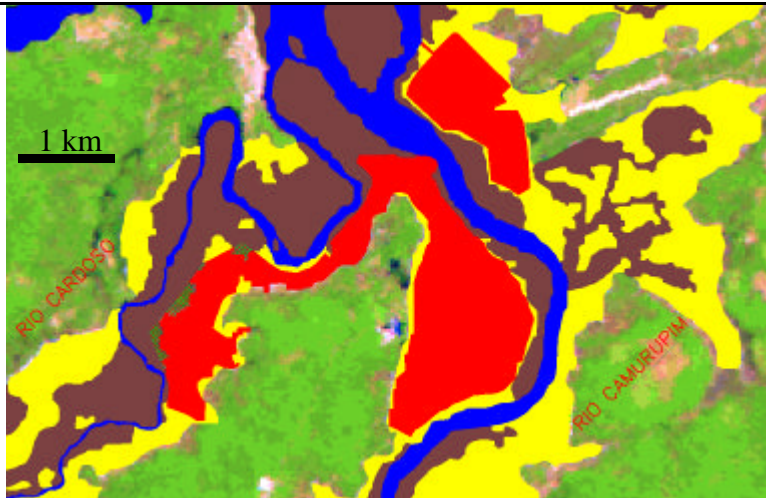


Fig. 11 – Detalhe do Mapa Vetorial da Fig. 5 sobre composição colorida R5G4B3 de 14/06/1990.

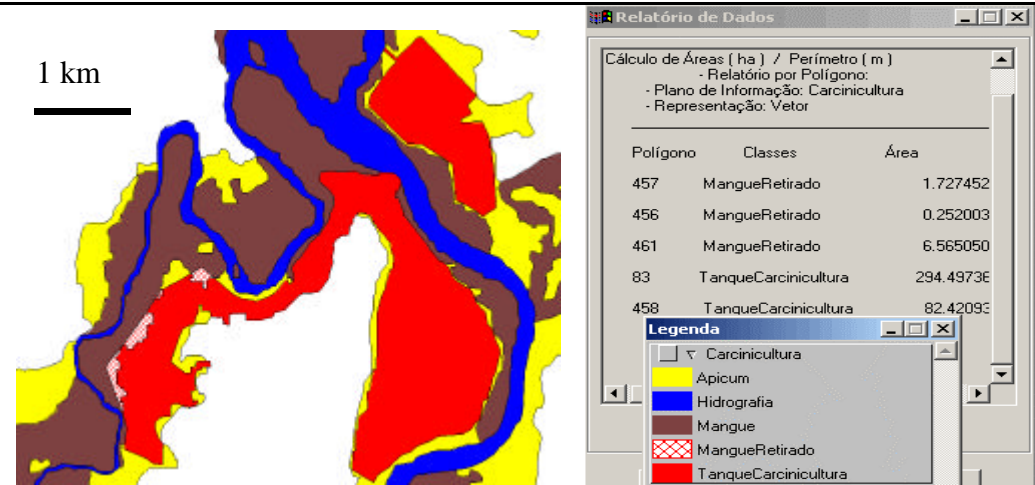


Fig. 12 - Cálculo de área de mangue retirado (8,5 ha) e de tanques de carcinicultura (376,9 ha).

## Referências

- Bigarella, J.J., 1947. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. B. *Geogr.*, 55: 747-779.
- Costa, C.S.B. & Davy, A.J., 1992. Coastal saltmarsh communities of Latin America. *In*: U. Seeliger (ed.), Coastal Plant Communities of Latin America. San Diego, California, Academic Press, Inc, Cap. 12: 179-199.
- Convenção de Ramsar, 1971 – *In*: <http://www.io.usp.br/~bioma/ramsar.htm>.
- Maciêl, N.C., 1991. Alguns aspectos da ecologia do manguezal. *In*: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração de Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, N<sup>o</sup> 003, 9-37.
- Machado, P.A.L., 1991. Manguezais e dunas – proteção legal. *In*: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, N<sup>o</sup> 003, 46-48.
- MCT-INPE-Divisão de Processamento de Imagens. 2002. **SPRING**, Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas. ([www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)). Manual on-line.
- MMA/SDS, 2002 – Zoneamento Ecológico-Econômico do Baixo Rio Parnaíba: Subsídios Técnicos, Relatório Final. Brasília, MMA/SDS 2002, 92p.
- Nascimento, S. 1993. Estudo da importância do "apicum" para o ecossistema de manguezal. Relatório Técnico Preliminar. Sergipe, Governo do Estado do Sergipe, 27p.
- Schaeffer-Novelli, Y., 1989. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. Publicação esp. Inst. Oceanogr., S. Paulo, (7): 1-16.
- Schaeffer-Novelli, Y., 1994. Tabela referente ao Módulo 2 "Os ambientes costeiro e marinho: aplicação dos conhecimentos científicos a um adequado manejo"; Sessão 7 "Ecossistemas costeiros brasileiros", organizada por ocasião do "Course on the Integrated Management of Coastal and Marine Areas for Sustainable Development", realizado no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Brasil, 09 a 20 de maio de 1994, sob a égide da ONU.
- Schaeffer-Novelli, Y., 1999 - Avaliação e Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. *In* <http://www.bdt.org.br/workshop/costa/mangue/relatorio>.