

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

ARIANA SILVA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SUPERFÍCIE DE MANGUEZAL DO LITORAL
NORTE DE PERNAMBUCO: A PARTICIPAÇÃO DA AQÜICULTURA NA
CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUE EM VIVEIRO**

Recife, PE
Fevereiro 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

ARIANA SILVA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SUPERFÍCIE DE MANGUEZAL DO LITORAL
NORTE DE PERNAMBUCO: A PARTICIPAÇÃO DA AQUICULTURA NA
CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUE EM VIVEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Travassos

Recife, PE
Fevereiro 2007

Universidade Federal Rural de Pernambuco

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SUPERFÍCIE DE MANGUEZAL DO LITORAL
NORTE DE PERNAMBUCO: A PARTICIPAÇÃO DA AQUICULTURA NA
CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUE EM VIVEIRO**

Por: Ariana Silva Guimarães

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de

Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

E aprovada com distinção em 27/02/2007 pelo Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura em sua forma final.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Travassos - Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho - Membro externo
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez - Membro interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. William Severi – Membro interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Sílvio Ricardo Maurano Peixoto - Membro interno (Suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

À Giseli,

Pelo exemplo de luta, coragem, força, perseverança e otimismo. Por nos ensinar que podemos fazer tudo o que quisermos fazer e que podemos ser tudo o que quisermos ser.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada seria possível e não teria sentido.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura (PPG-RPAq), pela oportunidade de desenvolver este trabalho de pesquisa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE), pela concessão de desconto na aquisição de duas imagens TM do satélite LANDSAT-5 (1988).

Ao chefe do Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA, o senhor Humberto Navarro de Mesquita Júnior e à Analista Ambiental Cláudia Ramos Zagaglia, pela concessão de uma imagem TM do satélite LANDSAT-5 (1999).

À Arquiteta Andréa Olinto (GERCO/CPRH) e ao Engenheiro de Pesca Assis Lins de Lacerda Filho (CPRH), por toda ajuda fornecida ao longo deste trabalho.

A todas as pessoas e instituições que buscaram de todas as formas conseguir imagens que pudessem ser utilizadas neste trabalho: Prof. William Severi (DEPAq/UFRPE), Andréa Olinto (CPRH), Dione Xavier (DEMA/CHESF), Carolina Martins Torres, Francisco Andrade e Marcelo Gomes.

Ao professor Pedro Walfir pelo treinamento no Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT/UFPA). Por nos permitir usar a infra-estrutura para o processamento digital das imagens e nos capacitar para manipulação dos softwares. Agradeço ainda pelas inúmeras referências cedidas, pelo tempo dispensado nas várias discussões sobre este trabalho, pela oportunidade de desenvolvimento profissional e, principalmente, pela paciência e incentivo nas horas mais angustiantes.

Aos Geólogos Fabrício Dias Gonçalves e Francisco Ribeiro da Costa, pela capacitação nos softwares PCI Geomática V.9.1 e ArcGIS 9, respectivamente, e ainda, ao professor Hernande Pereira e ao Engenheiro Arthur Melo, pelos primeiros passos no GEOSERE.

Ao professor José Milton Barbosa, pela criteriosa revisão de texto na Revisão Bibliográfica e pelas valiosas sugestões.

Aos professores Pedro Walfir, William Severi, Alfredo Olivera e Sílvio Peixoto, por aceitarem o convite para participar da banca examinadora e ao professor Paulo de Paula Mendes por todo apoio, desde a graduação, e pela ajuda nas análises estatísticas.

A Ana Katarina do COMUT/UFRPE, pelo empenho na solicitação de várias referências.

Ao meu orientador e amigo Paulo Travassos, pelo incentivo, confiança, cumplicidade e orientação depositados na realização deste e outros trabalhos. Forte abraço Eurico!

Aos meus pais José Arimatéia Ribeiro Guimarães e Ana Maria da Silva Guimarães, e ao meu irmão Francisco de Assis Silva Guimarães, pelo apoio incondicional, amor sem limite e, principalmente, pelo companheirismo e paciência durante os momentos mais difíceis.

Ao meu amor Arthur Carvalho, por se fazer presente em todas as horas e me apoiar nas decisões mais difíceis, e a João Henrique, por fazer o sol brilhar mais forte e deixar os meus dias mais coloridos.

A toda minha família, os de perto e os de longe, que sem nem entender direito o que é “mestrado” e muito menos “sensoriamento remoto”, acham que sou “a melhor do mundo!”. E ainda, a minha nova família, os *Nascimento Sá Leitão de Carvalho*, pelo apoio e torcida.

Às minhas irmãs gêmeas Myra&Beta, pela calorosa acolhida em Belém, pelos dias e noites de trabalho e diversão, pelo companheirismo e, principalmente, pela torcida para a conclusão deste trabalho. Vocês foram meu porto seguro em Belém. Salve, salve, às trigêmeas paraenses!!!

Ao Biólogo Arley Andrade, pelos anos de amizade e por compartilharmos juntos as alegrias e dissabores de um curso de mestrado.

Ao meu mais novo amigo de infância, Fabrício Gonçalves, pelo apoio, atenção, paciência, ombros e ouvidos.

Aos amigos de longe: Juliana Doyle, Luciano Freitas, Joceli Moraes, Suzana Guedes e Marcelo Gomes. Aos amigos de sempre: Rosa, Vinícius, Kelvia, Adeildo e Juliana. Aos grandes amigos que fiz em Belém: Carol, Pablo, Dieguito, Juca, Dani, Bill, Adriano e Adriana. Aos queridos e inesquecíveis amigos do LAIT: Gabriela, Valéria, Glenda, Poliana, Paulinha, Karlinha, Helenice, Paulo, Carlos, Lourival, D. Fátima e D. Maria. Aos amigos do LEMAR: Chico, Mcgiver, Alan, Bruno, Henrique e Patrícia. Aos velhos e novos amigos do DEPAq: Lecca, Mari Rêgo, Maurício, Dani, Dráusio, Mari Travassos, Katarina Chica e Igor Brandão, Felipinho e Humberto.

Aos companheiros de trabalho, amigos e grandes parceiros, Bruno Severo Gomes e Severiano Queiroz, por todo apoio dado ao longo deste e de outros trabalhos. ABS Sempre!!!

À minha amiga e grande *psicodramatista sócio educacional*, Madalena Duarte, pelo apoio na fase mais difícil.

A todos os amigos do Espaço Ciência e grandes incentivadores, em especial ao prof. Antonio Carlos Pavão, Maria Edite Costa e Francis Dupuis, por compreenderem o meu afastamento durante a estada em Belém/PA, e por todo apoio dado à minha formação profissional, junto com o Grande Mestre Paulo Faltay.

À Selma Santiago, secretária do PPG-RPAq, e à todos os amigos do mestrado: Marília, Cris, Sérgio, Patrícia, Flávia, Carol, Marina, Ícaro, Izabel, William, João Neto, João Paulo, Albino, Aureliano, Ricardo, Josélia, Nunes, Goretti, Renata, Roseli, Catunda, Suely, Susana e Verônica.

A todos que torceram, sofreram e contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade: *Brigadão!!!*

“Não herdamos a Terra de nossos pais, mas a tomamos de empréstimo de nossos filhos.”

Lester Brown

CÍRIO NO EXÍLIO

Nilson Chaves e Jamil Damous

Outubro, domingo, as folhas do outono caindo no exílio de um país distante e frio.

Me lembro que a essa hora vem vindo, numa cidade longínqua do Brasil, vem vindo, vem vindo... A essa hora sob o sol do Equador, o andar, o andor, o ardor de tanta gente na manhã quente, tão diferente desta aqui.

E sinto o frio como se estivesse ao sol daí. E como um hambúrguer com gosto de tucupi. E onde passas te saúdo e aplaudo, e é aqui, é mesmo por aqui que eu sei que passas, no asfalto negro da saudade, nas avenidas de outra cidade.

Eu sei que passas por aqui, eu sei que passas por aqui... E vejo então que não te devo a promessa que fiz, de estar aí em todo Círio e ser feliz .

Distante estou aqui e hoje bem sei que não passas só em Belém, passas aqui também. Passas por onde houver um filho teu, todos os teus filhos, os crentes e os ateus. Eu sei que passas por aqui e quando passas, que lindo!

Senhora de Nazaré, além de toda fé, toda razão. Bem dentro do coração, estás em mim e fim. Um sim dentro do não.

RESUMO

A conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo no Brasil é relatada desde o século XVIII, principalmente para a região Nordeste. Em função desse histórico e somado ao rápido crescimento da carcinicultura brasileira, esta atividade vem sendo responsabilizada pelas perdas de áreas de mangue ao longo do litoral brasileiro. A fim de determinar a real participação da aquíicultura neste processo, foi realizado um estudo multitemporal da cobertura de manguezal do litoral norte do Estado de Pernambuco, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica (SIG). A série temporal analisada foi de 1973 a 2005, utilizando-se imagens de satélite obtidas de diferentes sensores (MSS/LANDSAT-1 - 1973; TM/LANDSAT-5 - 1988; TM/LANDSAT-5 - 1999; ETM+/LANSAT-7 - 2001 e CCD/CBERS-2 - 2005). Para o mapeamento dos manguezais, considerou-se apenas as áreas cobertas por vegetação de mangue, sendo o apicum classificado com uma classe distinta da classe manguezal. O estudo identificou que a extensão e a distribuição da floresta de mangue variaram bastante ao longo das últimas três décadas na área estudada, com diferentes fases, caracterizadas pelo incremento e redução da cobertura de mangue. Os resultados obtidos foram: 1973 = 7.101ha, 1988 = 5.821ha, 1999 = 6.442ha, 2001 = 6.187ha e 2005 = 6.575ha. As áreas ocupadas por viveiros também foram avaliadas e apresentaram um crescimento exponencial, sendo este, mais acentuado nos anos recentes, com os seguintes valores: 1973 = 0ha, 1988 = 7ha, 1999 = 366ha, 2001 = 1.157ha e 2005 = 1.474ha. O estudo mostrou que entre os anos de 1973 e 2005, houve uma redução de 2.052ha de mangue, dos quais 197ha foram reduzidos pela conversão em viveiros de cultivo. Desta forma, é possível afirmar que a real contribuição da carcinicultura na conversão dessas áreas foi 9,6% do total de área reduzida e que outras atividades de origem antrópica, como agricultura, a expansão urbana e o turismo foram as principais responsáveis por este cenário de redução de áreas de mangue no litoral norte do estado de Pernambuco.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. OBJETIVOS	15
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 O Ecossistema Manguezal	16
2.2 Histórico de Usos do Ecossistema Manguezal.....	19
2.3 Sensoriamento Remoto na Zona Costeira, com ênfase no Ecossistema Manguezal.	21
2.3.1 O Programa LANDSAT e os Satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7	25
2.3.2 O Programa CBERS e os Satélites CBERS-1 e CBERS-2	28
2.3.3 Mapeamentos de Áreas de Mangue no Brasil	30
2.4 Histórico e Situação Atual da Carcinicultura Brasileira	32
2.5 Conflitos no Uso das Áreas de Mangue pela Aqüicultura	34
2.6 A Aqüicultura Pernambucana	37
2.7 O Litoral Norte de Pernambuco	39
2.8 Legislação Vigente no Brasil sobre as Zonas Costeiras, Manguezais e Aqüicultura.....	41
3. ARTIGO A SER SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO	47
A CONTRIBUIÇÃO DA Aqüicultura NA CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUE EM VIVEIRO.....	48
Abstract.....	48
1. Introdução.	48
2. Material e método.....	50
2.1 Área de estudo.....	50
2.2 Obtenção dos dados.....	51
2.3 Processamento das imagens.....	51
3. Resultados e discussão.....	53
4. Em busca da sustentabilidade.....	60
5. Conclusões.....	61
Agradecimentos.....	61
Referências.....	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	
ANEXOS	

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DA LITERATURA

Tabela 1.	Principais imageadores ativos SAR com aplicações para o estudo das zonas costeiras.....	23
Tabela 2.	Principais sensores orbitais passivos com aplicações para o estudo das zonas costeiras.....	24
Tabela 3.	Principais características dos satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7.....	25
Tabela 4.	Principais características e aplicações das bandas do sensor TM, do satélite LANDSAT-5.....	26
Tabela 5.	Principais características dos sensores MSS, TM e ETM+, dos satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7, respectivamente.....	27
Tabela 6.	Principais características dos satélites CBERS-1 e CBERS-2.....	28
Tabela 7.	Principais características do sensor Câmera CCD dos satélites CBERS-1 e CBER-2.....	29
Tabela 8.	Estimativas das áreas de mangue no Brasil.....	30
Tabela 9.	Evolução da Carcinicultura Brasileira no período de 1996 a 2003, no que se refere à área de ocupada por viveiros, produção e produtividade.....	33
Tabela 10.	Perda de manguezal e aqüicultura em área de mangue nas Filipinas.....	35
Tabela 11.	Evolução da carcinicultura pernambucana entre os anos de 2000 e 2004.....	39
Tabela 12.	População residente nos municípios do litoral norte de Pernambuco.....	41
Tabela 13.	Legislação Federal sobre aqüicultura (Geral).....	45

ARTIGO CIENTÍFICO

Tabela 1.	Principais características dos sensores remotos e imagens utilizadas.....	51
-----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DA LITERATURA

- Figura 1. Distribuição global dos mangues associada com a isoterma de 20°C durante o inverno..... 18
- Figura 2. Setorização da Zona Costeira de Pernambuco de acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II..... 40

ARTIGO CIENTÍFICO

- Figura 1. Delimitação da área de estudo no litoral norte do Estado de Pernambuco-Brasil e identificação das diferentes áreas estuarinas: (1) área estuarina dos rios Goiana e Megaó, (2) área estuarina do rio Itapessoca, (3) área estuarina do rio Jaguaribe e (4) área estuarina do Canal de Santa Cruz..... 50
- Figura 2. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1973..... 54
- Figura 3. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1988..... 54
- Figura 4. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1999..... 55
- Figura 5. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2001..... 55
- Figura 6. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2005..... 56
- Figura 7. Evolução temporal das áreas de mangue e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, entre os anos de 1973 e 2005..... 57
- Figura 8. Evolução temporal da superfície de mangue e viveiro no litoral norte de Pernambuco, no período de 1973 a 2005..... 58

INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, a zona costeira tem sido o centro das atividades humanas por conta da sua alta produtividade biológica e fácil acessibilidade (PRIMAVERA, 2006), encontrando-se, em função dessas características, sob forte pressão antropogênica (SWAMINATHAN, 1991). A zona costeira, além de sofrer variabilidade induzida por mudanças globais, é hoje a região de maior densidade populacional do planeta e abriga grande parte de áreas urbanas e regiões industriais. Obras para a construção de portos, canais navegáveis, dragagens e aterros artificiais, represamento de rios, instalações de áreas de lazer, turismo e urbanização, entre outras intervenções, resultam em mudanças rápidas das características ambientais locais (LACERDA et al., 2006).

A pressão nos ecossistemas costeiros pelo crescimento populacional, o uso de novas tecnologias e mudanças no estilo de vida da população é particularmente evidente por todo o trópico (BRYANT, 1998). Mais de 50% dos manguezais do mundo têm sido removidos (WRI, 1996) e na Ásia e região do Pacífico a perda de área é estimada em pelo menos 1% ao ano (ONG, 1995). Este quadro decorre do desvio do fluxo de água, da deterioração da qualidade da água causada por poluição e nutrientes, da retirada de madeira para lenha e carvão, de construções imobiliárias, assim como, do desenvolvimento de atividades como agricultura, aquicultura, mineração, extração de sal e outras que contribuem para a degradação e o desmatamento do ecossistema manguezal (SAENGER et al., 1983; TWILLEY et al., 1995).

Atualmente, os manguezais são um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo e estão desaparecendo rapidamente em decorrência da ação antrópica observada nesses ambientes (BARBIER & COX, 2003).

Atividades como o desenvolvimento agrícola, industrial e urbano, incluindo a construção de viveiros para cultivo de camarão e peixe, respondem pela destruição de 20 a 50% das áreas de manguezal do mundo (PRIMAVERA, 1997). Em algumas áreas, o acelerado processo de desenvolvimento da carcinicultura na região Indo-Pacífica e em países como o Equador, teve como consequência principal a destruição e a ocupação de extensas áreas costeiras alagadas, principalmente de manguezais (SAENGER, et al., 1983; DIEGUES, 1990; PRIMAVERA, 1993).

O litoral brasileiro possui a maior área de manguezal contínua do mundo, ao longo de uma costa de aproximadamente 6.800km (KJERVE & LACERDA, 1993), com ocorrência desde o extremo norte no Amapá (Rio Oiapoque - 04° 20' N) até Laguna, em Santa Catarina (28° 53' S) (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989). Embora protegidos pela legislação vigente, uma fração apreciável da área de manguezal no Brasil foi eliminada pela expansão urbana, portuária, turística e agroindustrial, principalmente nos litorais nordeste e sudeste (VANNUCCI, 2002).

Dentre as atividades agroindustriais que mais se desenvolveram nos últimos anos, merece destaque a carcinicultura marinha que, de acordo com Rocha et al. (2004), no período entre 1997 e 2003, passou de 3.548ha para 14.824ha de viveiros construídos, ou seja, um crescimento de 318% em apenas 6 anos. Esse rápido crescimento da carcinicultura, aliado à falta de cumprimento das legislações ambientais, fez com que algumas áreas de manguezal fossem convertidas em viveiros de camarão em algumas partes do litoral brasileiro (GUIMARÃES, 2005).

A conversão de áreas de manguezal em viveiros de cultivo não é uma prática recente no Brasil, tendo sido relatada desde o século XVII, quando os viveiros eram originados a partir de escavações feitas no manguezal (CAVALCANTI et al., 2004). Com o passar do tempo, o desenvolvimento das pisciculturas tradicionais nos estuários do nordeste brasileiro se deu em torno das pequenas aldeias de pescadores, que mantiveram o hábito de construir seus viveiros nas áreas naturalmente ocupadas pelos manguezais (VALLET & ESPINHARA DA SILVA, 1974).

Em Pernambuco, especificamente, a pressão urbana, agrícola e industrial sobre a zona costeira se intensificou com o passar dos anos. Ao longo do litoral, habita 44% da população (CPRH, 2003) onde, além da aqüicultura, existem outros tipos de uso e ocupação do solo que certamente causaram mudanças na paisagem e/ou na estrutura dos manguezais.

A forte pressão antrópica exercida na zona costeira do estado vem causando mudanças nos ecossistemas de serviço como os manguezais, os recifes de coral e os prados de fanerógamas (RONNBACK, 1999), fragilizando o seu funcionamento e comprometendo não apenas a produtividade costeira, mas as demais funções e serviços oferecidos por esses ecossistemas. O rápido crescimento da carcinicultura no nordeste brasileiro nos últimos anos, associado ao histórico de conversão de áreas de manguezal em viveiros de criação de organismos aquáticos, tem levado a aqüicultura a ser, pelo menos em parte, responsabilizada por essas mudanças.

Avaliar as mudanças sofridas pelos manguezais ao longo do tempo, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo, e identificar os atores responsáveis por essas alterações, representa uma necessidade e um desafio atuais. De acordo com Green et al. (1998), para se

estudar efetivamente áreas de manguezal e monitorar mudanças ao longo do tempo, de forma rápida e exata, são necessárias técnicas de mapeamento, sendo o sensoriamento remoto uma ferramenta importante na obtenção de informações sobre esses ecossistemas.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Determinar a participação da aqüicultura na conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo, através de uma avaliação temporal deste ecossistema, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

1.2 Objetivos Específicos

- Mapear e quantificar as áreas de mangue e viveiros do litoral norte de Pernambuco, nas décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000;
- Realizar uma análise temporal dos manguezais do litoral norte de Pernambuco, identificando áreas de acréscimo e/ou diminuição de mangue e
- Quantificar a conversão de áreas de mangue em viveiros de aqüicultura, no litoral norte de Pernambuco.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Ecossistema Manguezal

Manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes marinho e terrestre, característicos das regiões tropicais e subtropicais, sujeitos ao regime das marés (SHAEFFER-NOVELLI, 1995) e formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue (CONAMA, 2002). São ecossistemas de serviço, importantes para outros ecossistemas e por gerar uma gama extensiva de recursos naturais (MOBERG & RONNBACK, 2003), sendo o principal responsável pela biodiversidade observada nas regiões estuarinas tropicais, sustentando atividades econômicas nas áreas litorâneas dessas regiões (RONNBACK, 1999).

Muitos autores tratam das diversas funções desempenhadas pelos manguezais, conforme sumarizado por Coelho Júnior (2000), destacando-se: (i) fonte de matéria orgânica particulada e dissolvida para as águas costeiras adjacentes; (ii) área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres; (iii) ponto de alimentação e repouso para diversas espécies de aves migratórias; (iv) manutenção da diversidade biológica da região costeira; (v) proteção da linha de costa, evitando erosão da mesma e assoreamento dos corpos d'água adjacentes; (vi) controlador de vazão e prevenção de inundações; (vii) proteção contra tempestades; absorção e imobilização de produtos químicos, filtro de poluentes e sedimentos, além de tratamento de efluentes em seus diferentes níveis e (viii) fonte de recreação, lazer e de alimento e produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas aos manguezais.

Além dessas funções, de forma global, os manguezais respondem ainda pelas mudanças no ambiente costeiro, incluindo aquelas induzidas pela ação direta ou indireta da

atividade humana, como por exemplo o efeito estufa (LUCAS et al., 2004). Apesar disso, em muitas regiões litorâneas, as expansões agrícolas e imobiliárias estão conduzindo à degradação e/ou depleção das áreas de manguezal. Em outras, variações no nível do mar, deposição de sedimento e erosão, clima local (precipitação e temperatura) e a frequência e intensidade de tempestades são fatores impactantes na distribuição e dinâmica dos manguezais (LUCAS et al., op. cit.).

Os manguezais possuem características que tornam sua estrutura e funcionalidade únicas. Características morfológicas e ecofisiológicas das árvores de mangue incluem: raízes aéreas; reprodução por viviparidade; dispersão dos propágulos pelas ondas; ausência de anéis de crescimento; bosque estreito; mecanismos de retenção de nutrientes altamente eficientes e habilidade para tolerar o sal, mantendo água e o balanço de carbono (ALONGI, 2002).

De acordo com o Atlas dos Manguezais (SPALDING et al., 1997), este ecossistema representa 8% de toda a linha de costa do planeta e um quarto da linha de costa da zona tropical, perfazendo um total de 181.077km². Vale ressaltar, que o Brasil é o segundo país em extensão de áreas de manguezal (13.400km²), ficando atrás apenas da Indonésia, que apresenta 42.550km², distribuídos ao longo de seus arquipélagos (SPALDING et al., op. cit.).

A distribuição global dos manguezais apresenta uma dominância tropical, com desenvolvimento entre as latitudes de 30°N e 30°S, relacionado às principais correntes marinhas e às isotermas de 20° C no inverno (Figura 1). Há exceções expressivas da ocorrência de mangues fora dos limites subtropicais, como nas Bermudas (32°20'N) e Japão (31°22'N), ao sul na Austrália (38°45'S), Nova Zelândia (38°03'S) e leste da costa do Sul da África (38°45'S). Dentro dos limites de confinamento, as comunidades de mangues são

restritas na costa leste das Américas e oeste África. No Oceano Pacífico, as áreas de ocorrência dos mangues são limitadas a oeste e ausentes em várias ilhas (SPALDING et al., 1997).

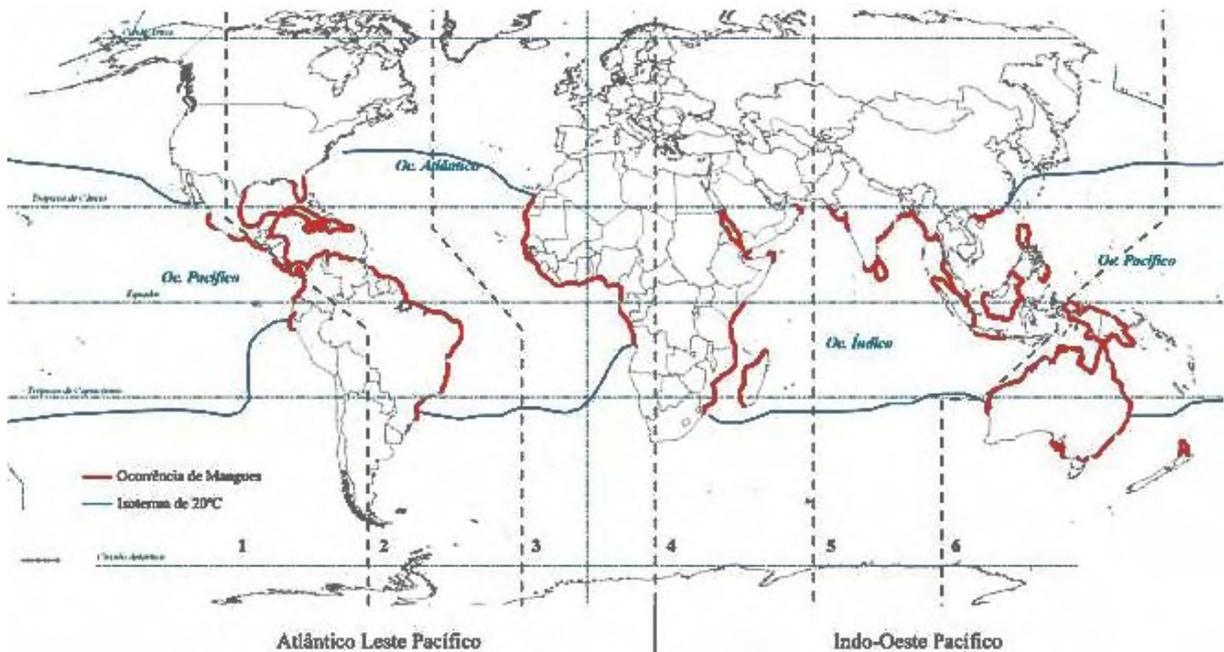


Figura 1. Distribuição global dos mangues associada com a isoterma de 20°C durante o inverno. Fonte: World Mangrove Atlas (SPALDING et al., 1997).

Os manguezais se desenvolvem em regiões de costa geralmente protegida, banhada pelas marés, e seu maior desenvolvimento pode ser observado, geralmente, nas áreas onde o relevo topográfico é suave e a amplitude da maré é grande. São encontrados tanto nas Américas, como na África, Ásia e Oceania (SCHAEFFER-NOVELLI, 1984). Nas Américas, os manguezais se estendem dos Estados Unidos até o Brasil ($32^{\circ}20'N$ e $28^{\circ}53'S$), na costa atlântica, e do México até o Peru, na costa do pacífico, ($30^{\circ}15'N$ e $5^{\circ}32'S$), incluindo toda a América Central e o Caribe (SPALDING et al., op. cit.).

O litoral brasileiro possui a maior área contínua de manguezal do mundo, ao longo de aproximadamente 6.800km de costa (KJERFVE & LACERDA, 1993), distribuídos desde o

Oiapoque, na divisa com a Guiana Francesa (04°30'N) até a Praia do Sonho, em Santa Catarina (28°53'S) (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989).

A região litorânea do Nordeste do Brasil é uma área bastante dinâmica. O alto grau de represamento dos rios (superior a 80%), a rápida ocupação do litoral por atividades turísticas, a expansão urbana e a maricultura têm alterado significativamente as condições ambientais dessa parte do litoral (LACERDA et al., 2006). Nesse trecho, os manguezais estão restritos às áreas de influência das marés, ao longo dos estuários dos principais rios. Seu avanço para o interior do continente é condicionado pela penetração de águas salinas, que impedem a colonização das margens dos rios por matas ciliares e outros tipos de vegetação que não suportam teores elevados de sal. No litoral, os manguezais são limitados pela energia erosiva das ondas e pelo soterramento por areias trazidas por ventos e correntes marinhas (LACERDA et al., op. cit.).

2.2 Histórico de Usos do Ecossistema Manguezal

As áreas de mangue eram utilizadas pelos indígenas muito antes da chegada dos colonizadores portugueses, como atestam os depósitos conchíferos (sambaquis) espalhados pelo litoral brasileiro (DIEGUES, 1990). Com a chegada dos colonizadores europeus, deu-se início à instalação dos primeiros núcleos populacionais ao longo da costa brasileira (SCHAEFFER-NOVELI, 1989).

No período colonial, as populações que viviam no litoral utilizaram os manguezais, principalmente do Nordeste e Sudeste, para diversas finalidades como a extração de madeira para construções, lenha e carvão, extração do tanino para tingir redes de pesca, extração de

ostras, pesca e, ainda, para a produção de sal (DIEGUES, 1990; SCHAEFFER-NOVELI & CINTRON-MOLERO, 1999).

A extração intensiva de madeira levou a Coroa Portuguesa, já no séc. XVIII, a proibir o corte do mangue para lenha. O alvará de 10 de julho de 1760 do Rei D. José determina a proteção das árvores de mangue, reservando-as para extração do tanino, usado no tratamento de couro (DIEGUES, 1990).

A destruição e a degradação dos manguezais praticamente iniciaram-se a partir da colonização europeia, aumentando após a Segunda Guerra Mundial, quando os assentamentos litorâneos expandiram-se e as regiões costeiras tornaram-se mais industrializadas (SCHAEFFER-NOVELI & CINTRON-MOLERO, 1999).

As comunidades tradicionais sempre utilizaram os manguezais como recurso de madeira para cozinhar, aquecer e para construção de casas, cabanas e cercas (ALONGI, 2002). Surpreendentemente, os próprios recursos dos manguezais permitiram que o ecossistema persistisse nas áreas costeiras das antigas capitanias hereditárias (SCHAEFFER-NOVELI & CINTRON-MOLERO, *op. cit.*).

Enquanto se expandiam os povoados, se reduziam as áreas de manguezal, primeiramente com uma taxa pouco pronunciada (nos anos de 1500-1900) e depois de forma avassaladora, provocando alterações por vezes irreversíveis (SCHAEFFER-NOVELI, 1989). Até a metade do século XIX, as atividades antrópicas sobre os manguezais estavam praticamente restritas aos efeitos da descarga de efluentes de natureza doméstica e, mais remotamente, à erosão nas áreas agrícolas, que ocasionavam um maior transporte de

sedimentos para os rios. A partir de meados do século passado, entretanto, houve uma enorme expansão dos complexos industriais instalados nas proximidades dos estuários (com fabricação de grande diversidade de materiais e substâncias), da agricultura (com a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas), da construção de barragens para a instalação de usinas hidroelétricas e da indústria pesqueira, conseqüentemente, acarretando na expansão populacional das cidades próximas aos estuários, colocando em risco o desenvolvimento sustentável desses ambientes (MIRANDA et al., 2002).

2.3 Sensoriamento Remoto na Zona Costeira com ênfase no Ecossistema Manguezal.

A utilização de dados de sensores remotos orbitais, em função da rapidez, precisão e periodicidade de obtenção, permite a produção de mapas atualizados e em escala adequada, com maior rapidez, acurácia e menor custo (GONÇALVES, 2005). Além disso, a visão sinótica obtida com esses sensores propicia um melhor entendimento dos processos atuantes nos ambientes costeiros tropicais, bem como suas inter-relações (SOUZA FILHO & PARADELLA, 2002). Ademais, para o monitoramento dos processos costeiros e o entendimento de suas rápidas variações, é necessária a obtenção de dados com elevada resolução temporal, ou seja, alta frequência e repetitividade de aquisição. Tais dados de sensores remotos orbitais são uma excelente alternativa para essa finalidade (VRIELING & VAN DER SANDEN, 2000).

Há atualmente uma grande variedade de sensores remotos, devendo-se escolher com cuidado o tipo de imagem a ser utilizada. A escolha depende da compreensão dos objetivos que se pretende alcançar, do conhecimento das vantagens e limitações de cada produto de sensoriamento remoto, bem como dos recursos humanos e financeiros disponíveis para a execução do projeto (GERARDI & CARVALHO, 2005).

Os modernos sensores remotos orbitais com altíssima resolução espacial como o dos satélites Quickbird (0,61m de resolução), Ikonos (1,0m) e SPOT-5 (2,5m), são fontes de informações valiosas para o mapeamento do ambientes costeiros (GONÇALVES, op. cit.). Os sensores MSS/LANDSAT1, TM/LANDSAT-5 e ETM+/LANDSAT-7, cuja resolução é de 80m (MSS) e 30m e 15m (TM e ETM), são bastante utilizados em mapeamentos costeiros e estudos temporais, em função do baixo custo de aquisição e da boa resolução temporal, disponibilizando cenas históricas, uma vez que estão em operação desde 1972, 1984 e 1999, respectivamente. Uma nova possibilidade de desenvolvimento de trabalhos na zona costeira, utilizando imagens gratuitas, é o sensor CCD dos satélites CBERS-1 e CBERS-2, que estão em operação desde 1999 e 2003, respectivamente, gerando imagens com resolução espacial de 20m.

Além desses, sistemas multi e hiperespectrais (MODIS, ASTER, AVIRIS) permitem discriminar alvos com média a alta resolução espectral, possibilitando uma melhor discriminação e identificação da assinatura espectral dos alvos estudados.

No entanto, nas regiões costeiras tropicais, a permanente cobertura de nuvens é um obstáculo para a utilização de sensores que operam na faixa do espectro eletromagnético referente ao visível e infravermelho. Nestes casos, tem-se utilizado sensores remotos ativos (radares imageadores), que possuem fonte de energia própria e operam na faixa das microondas (RADARSAT-1, JERS-1, ERS-1, ERS-2) (GONÇALVES, 2005), os quais não sofrem interferência da atmosfera.

Dessa forma, o monitoramento das zonas costeiras pode ser executado com a utilização de dados de sensores remotos operacionais nas faixas óptica e infravermelha do espectro eletromagnético, bem como na região das microondas (CRACKNELL, 1999).

Diferente de outras superfícies, os manguezais apresentam uma resposta especial às microondas dos instrumentos de radar. O seu sinal tem uma alta intensidade, mostrando os manguezais como áreas claras. Algumas hipóteses podem explicar esse efeito, por exemplo a de que o sal contido na vegetação e no solo são os responsáveis por esta resposta (HERZ & JASKOW, 1985), porém, a mais provável, é que seja em função de um efeito chamado *double bounce*, onde em áreas alagadas como nos manguezais, a interação do pulso de energia do radar com a água e o tronco das árvores, faz com que este retorne amplificado na direção da antena do radar (GONÇALVES, 2005)

As tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, sensores imageadores ativos e passivos, instalados em plataformas orbitais, capazes de auxiliar na geração de mapas que representem os ecossistemas, *habitats* e recursos socioeconômicos localizados na zona costeira (GERARDI & CARVALHO, 2005). Sensores aerotransportados, principalmente os hiperespectrais, serão apenas citados, por serem de uso relativamente restrito e apresentam alto custo (GERARDI & CARVALHO, op. cit.).

Tabela 1. Principais imageadores ativos com aplicações para o estudo das zonas costeiras

Satélite	Período atividade	Resolução espacial	Resolução radométrica	Frequência de revista	Faixa espectral	Aplicações mais importantes
JERS	1992 1998	6,3m (range) 30m (azimute)	2,5dB	44 dias	Banda C	Detecção de manchas de óleo no mar, batimetria, detecção de embarcações e topografia e geologia da superfície da terra
RADAR SAT	1995 presente	10 a 100m	16 bits	programável	Banda C	Detecção de manchas de óleo no mar, uso e cobertura da terra

Fonte: Gerardi & Carvalho, 2005.

Tabela 2. Principais sensores orbitais passivos com aplicações para o estudo das zonas costeiras

Sensor	Satélite	Período de atividade	Resolução espacial*	Região do espectro*	Aplicações mais importantes
CZSC	NIMBUS-7	1979 - 1986	825m	az, vd, am, vm, inp, ivt.	TSM, clorofila, sedimento em suspensão, substância amarela, detecção de nuvens
SeaWiFS	SeaStar	1997 - presente	1,1 a 4,5km	vs e ivp	Cor do mar, clorofila
MODIS	TERRA	1999 - presente	1.000m	ente 0,4 e 14,4 μ m	Uso da terra, TSM, clorofila
AATSR	AQUA RS-2	2002 - presente	1 km (nadir)	vs, ivp, ivm, ivt	TSM, clorofila e vegetação
*MSS	Landsat-1	1972 - 1978	80m	vs, ivp, ivm.	Uso e cobertura do solo
*TM	Landsat-5	1984 - presente	30m (me) 120m (tm)	vs, ivp, ivm, ivt	Uso e cobertura do solo
*ETM+	Landsat-7	1999 - 2003	30m (me) 60m (tm) 15m (pan)	vs, ivp, ivm, ivt, pan	Uso e cobertura do solo
HRV e HRVIR	SPOT-4	1986 - presente	20m (me) 10m (pan)	vd, vm, ivp, pan	Vegetação, área urbana, uso e cobertura do solo
WFI	CBERS	1999	260m	vm, ivp	Vegetação
*CCD	CBERS	1999	20m	pan, az, vd, vrm, ivp	Vegetação, área urbana, uso e cobertura do solo
IR-MSS	CBERS	1999	80m (pan, ivm) 160m (tm)	ivm, ivt, pan	Vegetação
IKONOS II	IKONOS	1999	4m (me) 1m (pan)	az, vd, vm, ivp, pan	Uso e cobertura do solo, área urbana, gerenciamento costeiro, etc.

Fonte: Gerardi & Carvalho, 2005.

* az = azul; vd = verde; am = amarelo; vm = vermelho; vs = visível; pan = pancromático; ivp = infravermelho próximo; ivm = infravermelho médio; ivt = infravermelho termal; me = multiespectral; tm = termal

*Sensores utilizados nesta dissertação

Por se tratar de um estudo temporal e sem financiamento, optou-se neste trabalho em utilizar sensores capazes de oferecer cenas históricas, com boa resolução espacial, boa resposta espectral e a um custo de aquisição baixo ou nulo. Dessa forma, após a fase de pesquisa das imagens, em função das características acima citadas e da cobertura de nuvens, determinou-se que os satélites/sensores utilizados seriam: LANDSAT-1/MSS, LANDSAT-5/TM, LANDSAT-7/ETM+ e CBERS-2/CCD.

2.3.1 O Programa LANDSAT e os Satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7

O Programa LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) foi o primeiro projeto para observação dos recursos naturais terrestres, com cobertura global da superfície da terra, em uma base regular e previsível (RICHARDS, 1993).

O programa LANDSAT foi iniciado no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana, dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série, o LANDSAT-1, começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 1999 com o lançamento do LANDSAT-7. Abaixo, segue uma caracterização dos satélites LANDSAT 1, 5 e 7 (Tabela 3).

Tabela 3. Principais características dos satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7

Satélite	LANDSAT-1	LANDSAT-5	LANDSAT-7
Lançamento	27/7/1972	1/3/1984	15/4/1999
Situação atual	Inativo (06/01/1978)	Em atividade	Inativo (2003)
Órbita	Polar, circular e heliossíncrona	Polar, circular e heliossíncrona	Polar, circular e heliossíncrona
Altitude	917 km	705 km	705 km
Inclinação	99°	98,20°	98,3°
Tempo de duração da órbita	103,27 min	98,20 min	98,9 min
Horário de passagem	9:15 A.M.	9:45 A.M.	10:00 A.M.
Período de Revisita	18 dias	16 dias	16 dias
Sensores	RBV e MSS	MSS e TM	ETM+

Fonte: EMBRAPA, 2005

O LANDSAT-1 operou com o sensor MSS (*Multispectral Scanner*), durante o período de 1972 a 1978. A observação de cenas MSS é muito eficaz na identificação de grupos de floresta e, no caso dos manguezais, permite alcançar um alto grau de classificação, por conta da alta reflectância da vegetação no infra-vermelho próximo e da umidade constante nesses ambientes, realçando a estrutura física (HERZ & JASKOW, 1985).

O LANDSAT-5 leva a bordo o sensor TM (*Thematic Mapper*) e é o único satélite em operação atualmente. O sensor TM permite uma diversidade de usos, principalmente no mapeamento temático da superfície terrestre, em pesquisas de recursos naturais, conversão e uso da terra, mudanças geomorfológicas costeiras e monitoramento ambiental (GOWDA et al., 1995; YANG et al., 1999). Suas principais características e aplicações estão descritas na tabela 4.

Tabela 4. Principais características e aplicações das bandas do sensor TM, do satélite LANDSAT-5.

Banda	Resolução espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas TM do satélite LANDSAT-5
1	0,45 - 0,52	Estudos batimétricos. Sensível à plumas de fumaça.
2	0,52 - 0,60	Sensível a sedimentos em suspensão (análises quantitativas e qualitativas). Boa penetração em corpos de água.
3	0,63 - 0,69	Grande absorção pela vegetação verde, permitindo contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem em regiões com pouca cobertura vegetal. Delimita mancha urbana e permite a identificação de áreas agrícolas.
4	0,76 - 0,90	Permite o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno. Permite identificar áreas de vegetação queimadas, visualizar áreas ocupadas com macrófitas aquáticas e identificar áreas agrícolas.
5	1,55 - 1,75	Sensível ao teor de umidade das plantas. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	10,4 - 12,5	Sensível aos contrastes térmicos.
7	2,08 - 2,35	Sensível à morfologia do terreno.

Fonte: DGI/INPE, 2005

O LANDSAT-7 iniciou suas atividades em abril de 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos LANDSAT, porque manteve a alta resolução espectral (característica importante desse sistema) e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução (EMBRAPA, 2005).

Para a escolha correta da imagem a ser utilizada em cada tipo de estudo, é fundamental conhecer as características principais de cada sensor, tais como a faixa do espectro em que opera, o tamanho do pixel, a frequência de obtenção de imagens de uma mesma área e a largura da faixa imageada no terreno. A tabela 5 resume as características principais dos sensores MSS, TM e ETM+, utilizados neste trabalho.

Tabela 5. Principais características dos sensores MSS, TM e ETM+, dos satélites LANDSAT-1, LANDSAT-5 e LANDSAT-7, respectivamente.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
MSS	4	0,5 – 0,6 μm	80 m	18 dias	185 km
	5	0,6 – 0,7 μm			
	6	0,7 – 0,8 μm			
	7	0,8 – 1,1 μm			
	8 (Landsat 3)	10,4 – 12,6 μm	120 m		
TM	1	0,45 – 0,52 μm	30 m	16 dias	185 km
	2	0,50 – 0,60 μm			
	3	0,63 – 0,69 μm			
	4	0,76 – 0,90 μm			
	5	1,55 – 1,75 μm			
	6	10,4 – 12,5 μm	120 m		
	7	2,08 – 2,35 μm	30 m		
ETM+	1	0,45 – 0,52 μm	30 m	16 dias	185 km
	2	0,50 – 0,60 μm			
	3	0,63 – 0,69 μm			
	4	0,76 – 0,90 μm			
	5	1,55 – 1,75 μm			
	6	10,4 – 12,5 μm	60 m		
	7	2,08 – 2,35 μm	30 m		
	8	0,50 – 0,90 μm	15 m		

Fonte: EMBRAPA, 2005

2.3.2 O Programa CBERS e os Satélites CBERS-1 e CBERS-2

O Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) nasceu de uma parceria no setor técnico-científico espacial, entre Brasil e China. Os dois governos assinaram um acordo de parceria em julho de 1988, envolvendo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial), para o desenvolvimento de dois avançados satélites de sensoriamento remoto. Com isto, o Brasil ingressou no seleto grupo de países detentores da tecnologia de sensoriamento remoto (EMBRAPA, 2005; INPE 2005).

O programa CBERS mantém dois satélites de observação terrestre em órbita: o CBERS-1 e o CBERS-2 (Tabela 6). Os satélites CBERS, com características semelhantes ao LANDSAT e SPOT, levam a bordo três tipos de sensores: uma câmera CCD, um varredor multiespectral infravermelho (IR-MSS) e um imageador de visada larga (WFI). O CBERS possui também um sistema de coleta de dados que retransmite, em tempo real, dados ambientais coleados na Terra através de pequenas estações autônomas. Com uma órbita circular quase polar e síncrona com o sol, ele está a uma altitude de 778km e o horário local médio de sua passagem é às 10h30 (FLORENZANO, 2002).

Tabela 6. Principais características dos satélites CBERS-1 e CBERS-2		
Satélite	CBERS 1	CBERS 2
Lançamento	14/10/1999	21/10/2003
Situação atual	Ativo	Ativo
Órbita	circular, quase-polar e heliossíncrona	circular, quase-polar e heliossíncrona
Altitude	778 km	778 km
Inclinação	98°	98°
Tempo de duração da órbita	100,26 min	100,26 min
Horário de passagem	10:30 A.M.	10:30 A.M.
Período de revisita	26 dias	26 dias
Instrumentos sensores	Câmara CCD, IRMSS e WFI	Câmara CCD, IRMSS e WFI

Fonte: EMBRAPA, 2005

Para a realização de estudos de ambientes costeiros destaca-se, dentre os sensores transportados pelos CBERS- 1 e 2, a Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD) por possuir uma boa resolução espacial (20m) em quatro bandas espectrais, mais uma pancromática, prestando-se à observação de fenômenos ou objetos cujo detalhamento seja importante. Dada a sua frequência temporal de 26 dias, pode servir de suporte na análise de fenômenos que tenham duração compatível com esta resolução temporal. Essa resolução pode ser melhorada, pois a CCD tem capacidade de visada lateral. Suas bandas estão situadas na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo, o que permite bons contrastes entre vegetação e outros tipos de objetos (Tabela 7).

Destacam-se como principais aplicações da Câmera CDD o gerenciamento de recursos terrestres, o controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal e o monitoramento ambiental, particularmente de recursos hídricos, florestas, áreas agrícolas, crescimento urbano e ocupação do solo.

Tabela 7. Principais características do sensor Câmera CCD dos satélites CBERS-1 e CBER-2.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
Câmera CCD	1	0,51 - 0,73 μ m	20 m	26 dias (visada vertical) e 3 dias (visada lateral)	113 km
	2	0,45 - 0,52 μ m			
	3	0,52 - 0,59 μ m			
	4	0,63 - 0,69 μ m			
	5	0,77 - 0,89 μ m			

Fonte: EMBRAPA, 2005

2.3.3 Mapeamentos de Áreas de Mangue no Brasil

Herz (1991) publicou o primeiro e único estudo consolidado sobre a quantificação das áreas de manguezal de todo o Brasil. Baseado em imagens de sensores remotos aerotransportado RADAR GEMS-1000, produzidas pelo projeto RADAMBRASIL (1975-1978), compilou as informações sobre os mangues brasileiros em um macro zoneamento apresentado na escala de 1:250.000, onde ele delimitou e aplicou cálculos de áreas através de técnicas de imageamento remoto nas regiões ocupadas por manguezais. Trata-se do estudo mais detalhado publicado até então e que serviu como base para diversos programas de conservação e gerenciamento das áreas costeiras (MONTEIRO et al., 2006).

Após o trabalho do Herz (1991), vários autores atualizaram, quando possível, esses resultados, a partir de levantamentos locais e regionais, sumarizados por Kjerfve & Lacerda (1993) na Tabela 8.

Tabela 8. Estimativas das áreas de mangue no Brasil

Estado	Costa (km)	Área (ha) Herz (1991)	Área (ha)	Referências
Amapá	598	162.270	182.300	Fearnside (1990)
Pará	582	181.972	389.400	Fearnside (1990)
Maranhão	640	492.310	500.000	Sant'Ana & Whately (1981); Mochel (1993)
Piauí	66	6.233	4.370	Freire & Oliveira (1993)
Ceará	573	11.011	22.940	Freire & Oliveira (1993)
Rio Grande do Norte	399	14.181	6.990	Freire & Oliveira (1993)
Paraíba	117	7.397	10.080	Freire & Oliveira (1993)
Pernambuco	187	6.555	7.810	Freire & Oliveira (1993)
Alagoas	229	5.685	3.565	Freire & Oliveira (1993)
Sergipe	163	16.772	26.200	ADEMA (1984)
Bahia	932	44.537	110.000	CEPLAC (1976)
Espírito Santo	392	8.951	19.500	RADAN (1983)
Rio de Janeiro	525	8.994	16.000	Lacerda & Rezende (1993)
São Paulo	622	13.994	23.100	Herz (1987)
Paraná	98	20.825	51.000	Lana & Sessegola (1993)
Santa Catarina	531	8.313	3.000	Panitz (1993)
Total	6.806	1.010.000	1.376.255	

Fonte: Kjerfve & Lacerda, 1993.

Outros estudos sobre o mapeamento, distribuição e variabilidade das áreas de manguezal no Brasil também vêm sendo realizados desde a década de 80, com destaque para os trabalhos de Schaeffer-Novelli (1989), Schaeffer-Novelli et al. (1990), Franzinelli (1992), Rebelo-Mochel (1997), Schaeffer-Novelli & Cintrón-Molero (1999) e Kjerfve et al. (2002). Além destes, cabe citar os trabalhos de Souza Filho (2005) e Souza Filho et al., (2006) na Amazônia, que quantificaram o maior cinturão de manguezais contínuos do planeta e as variações das áreas de manguezais em um setor deste cinturão relacionado à dinâmica costeira.

Em Pernambuco, além dos trabalhos de Herz (1991) e de Freire & Oliveira (1993), merece destaque o trabalho de Coelho & Torres (1982), que realizaram um levantamento das regiões estuarinas do Estado e identificaram uma área de 17.372 ha de vegetação de mangue.

Além desses, vários levantamentos de áreas de mangue mais específicas também foram realizados, quer seja abordando a utilização do sensoriamento remoto para esse tipo de estudo, como nos trabalhos de Froidefond & Soriano-Sierra (1996), Rangel et al. (2001), Souza-Filho & Paradella (2003), Kampel et al. (2005), Silva et al. (2005), Souza et al. (2005) e Thevand & Gond (2005); seja quantificando, qualificando e/ou caracterizando esse ecossistema, como nos trabalhos de Lino (2005), Camargo et al. (2001) e Cunha-Lignon (2001), ou ainda, enfocando os mais diversos problemas de origem antrópica ou natural, como nos trabalhos de Caneparo (2001), Carvalho et al. (2003), Crepani & Medeiros (2003), França & Souza Filho (2003), Monteiro (2005) e Rogério et al. (2005).

2.4 Histórico e Situação Atual da Carcinicultura Brasileira

O cultivo do camarão para satisfazer necessidades de subsistência tem sua origem histórica no Sudoeste da Ásia, onde pescadores artesanais construíam diques de terra nas zonas costeiras para o aprisionamento de pós-larvas selvagens e o seu posterior crescimento nas condições naturais prevalentes. O regime das marés cuidava do abastecimento e da renovação da água. Em alguns países, como Taiwan, Filipinas e Indonésia, o camarão era cultivado como subproduto da criação de peixes (MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC, 2001).

Durante séculos, a carcinicultura foi realizada de forma artesanal, em decorrência da dependência dos criadores em capturar pós-larvas no ambiente natural. Apenas no início da década de 30, o cientista japonês Dr. Motosaku Fujinaga, conseguiu fazer a desova em condições controladas da espécie *Marsupenaeus japonicus*, dando início à produção de pós-larvas em escala comercial. Entretanto, nesta época, os elevados custos e a baixa tecnologia inviabilizavam a atividade, e apenas no ano de 1975, é que o cultivo de camarão marinho atingiu níveis de rentabilidade capazes de atrair a atenção de investidores. Com isso, houve uma rápida expansão da carcinicultura no mundo, que se propagou principalmente pelos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, por possuírem condições ambientais propícias à atividade, impulsionando o seu desenvolvimento em escala industrial (DOTE SÁ, 2003).

Na década de 1970, foram realizados os primeiros cultivos experimentais de camarões marinhos no Brasil, quando o Governo do Estado do Rio Grande do Norte criou o “Projeto Camarão”, em busca de uma atividade alternativa à tradicional extração de sal, que na época passava por uma séria crise. Nesse mesmo período, algumas pesquisas estavam sendo realizadas nas áreas de reprodução, larvicultura e engorda de camarão, no Estado de Santa

Catarina, quando foram produzidas as primeiras pós-larvas de camarão em laboratório da América Latina (MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC, 2001).

Entre 1996 e 2003, o cultivo do camarão no Brasil cresceu em área de viveiros, produção total e produtividade. Na Tabela 9, pode-se observar que enquanto a área cultivada teve um incremento total de 463,2%, a produção cresceu 3.131,6 % e a produtividade em 676,0%, o que confirma a intensificação dos cultivos ao longo do tempo e chama atenção para a expansão em área da atividade, aumentando a pressão na zona costeira (GUIMARÃES, 2005).

Tabela 9. Evolução da Carcinicultura Brasileira no período de 1996 a 2003, no que se refere à área de ocupada por viveiros, produção e produtividade.

Indicadores/Anos	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Área de viveiros (ha)	3.20	3.54	4.32				11.01	
	0	8	0	5.200	6.250	8.500	6	14.824
Produção (ton)	2.88	3.60	7.25			40.00	60.12	
	0	0	0	15.000	25.000	0	8	90.190
Produtividade (kg/ha/ano)		1.01	1.68					
	900	5	0	2.885	4.000	4.706	5.458	6.084

Fonte: Rocha & Rodrigues 2004

Atualmente, a produção brasileira de camarão marinho cultivado vem passando por uma crise, com a perda de parte da produção pela presença de enfermidades, queda no preço do camarão no mercado externo, baixa do dólar, dificuldade em alcançar índices zootécnicos satisfatórios em função do esgotamento ambiental, além de uma série de conflitos com ambientalistas e comunidades tradicionais (GUIMARÃES, 2005). Uma demonstração clara de que a carcinicultura brasileira está em uma fase difícil é que, de acordo com Rocha (2005), pela primeira vez em muitos anos a produção de camarão cultivado do Brasil (80.000 toneladas em 2004) apresentou uma queda de 11% em relação ao ano anterior. Como reflexo desta crise, alguns empreendimentos de carcinicultura faliram e outros mudaram de atividade. Inseridos neste contexto, estão pequenos, médios e grandes produtores.

2.5 Conflitos no Uso das Áreas de Mangue pela Aqüicultura

A zona costeira é caracterizada não apenas pela diversidade de ecossistemas, mas principalmente pelas complexas interações entre eles e seus usuários (CHUA, 1997). A exploração dos recursos existentes na zona costeira é frequentemente vista como um meio de melhorar a qualidade de vida dos residentes locais, além de promover o crescimento econômico (SPERB, 1996). Considerando que, atualmente, mais da metade da população mundial vive numa estreita faixa de 60km a partir da linha de costa, e estimando-se o aumento deste número para 3/4 até o ano de 2020 (UNCED, 1992), é fácil prever os impactos e degradações que esta área sofrerá neste período (SPERB & ASMUS, 1998)

Aproximadamente 75% da costa abrigada do mundo foi alguma vez ocupada por manguezais (CHAPMAN, 1976 *apud* DAHDOUH-GUEBAS, 2002), mas hoje este quadro já foi reduzido para 25%. A destruição dos manguezais ocorre como resultado da expansão das cidades, agricultura e turismo, assim como pela ação de outros fatores, como derramamento de óleo, diversão aquática e viveiro de aqüicultura (DAHDOUH-GUEBAS, 2002).

Nas últimas décadas, a conversão de manguezal em viveiro de camarão tem se constituído no principal fator de pressão por parte da sociedade com relação à aqüicultura (PRIMAVERA, 2006). O sudoeste da Ásia tem 35% dos 18 milhões de hectares de florestas de mangue do mundo (SPALDING et al., 1997) e, nos últimos 30 anos, contabilizou as maiores taxas de perda de manguezal (70-80% nas Filipinas e Vietnã) (PRIMAVERA, *op. cit.*). Globalmente, mais de 1/3 das florestas de mangue tem desaparecido nas últimas duas décadas e a atividade humana que mais contribuiu para este fato foi o cultivo de camarão, que responde por 35% desse declínio (VALIELA et. al, 2001).

Dados de pesquisas realizadas pelo Bureau of Forest Development (1982) e pelo Forest Management Bureau (1990) *apud* Uthoff (1996), confirmam a participação da aqüicultura na conversão de áreas de mangue em viveiros, uma vez que no período do estudo (1982-1990), em cerca de 95% de toda área de mangue destruída nas Filipinas foram construídos viveiros de cultivo de espécies diversas (Tabela 10).

Tabela 10. Perda de manguezal e aqüicultura em área de mangue nas Filipinas

Ano	Área de mangue	Aqüicultura em área de mangue
1982	2.110 km ²	10 km ²
1990	1.325 km ²	755 km ²
Diferença	785 km ²	745 km ²

Fonte: Uthoff, 1996

Sperb & Asmus (1998) consideram inevitável o aumento dos conflitos de uso e do potencial de degradação da zona costeira, visto sua expectativa de ocupação. O desenvolvimento dessas áreas é frequentemente caracterizado por competição entre o setor econômico, como urbanização, indústria e turismo, e atividades de proteção ao meio ambiente. Esse conflito frequentemente resulta em um alto custo ambiental (FOELL et al., 1999), quando o resultado mais freqüente é a situação de *perda-perda*, com um ganho econômico em curto tempo, onde nem o meio ambiente nem a atividade econômica sobrevivem (DAHDOUH-GUEBAS, 2002).

A conversão de áreas de manguezal em viveiros de cultivo de peixe é uma atividade antiga em países asiáticos, sendo relatada há mais de 500 anos. No Brasil, principalmente na região Nordeste, muitos viveiros foram construídos em áreas de mangue ou adjacentes a este, constituindo uma prática tradicional na região. No entanto, há algumas poucas décadas esse panorama se alterou com grandes áreas de mangue sendo cortadas para dar lugar a carcinicultura (DIEGUES, 1990). Cerca de 12 milhões de hectares de florestas foram cortadas na região Indo-Pacífica para construção de tanques (SAENGER, et al., 1983),

enquanto no Equador, cerca de 1/3 dos 30.000 ha de tanques para camarão foram construídos em áreas de mangue (DIEGUES, op. cit.). No Brasil, esses valores de conversão ainda são desconhecidos, mas os conflitos entre empresários, ambientalistas e comunidades tradicionais estão mais constantes a cada dia.

A conversão de florestas de mangue em viveiros é uma ação irreversível, ao menos em termos práticos. Além disso, os produtos gerados a partir desta conversão não substituem os produtos da pesca, atividade essencial às comunidades tradicionais (ONG, 1982). Em muitos países, inclusive no Brasil, há uma tendência à implantação de uma série de indústrias em áreas estuarinas (DIEGUES, 1976), e de acordo com Schaeffer-Novelli (1989), o ecossistema manguezal é o mais afetado dentre um total de trinta ecossistemas identificados para o litoral brasileiro.

Ambientes estuarinos degradados não mostram efeitos negativos restritos às áreas em questão, um vez que esses estendem-se além de suas fronteiras, exportando esses efeitos e obtendo graves conseqüências nas atividades econômicas dependentes desse ecossistema (DANTAS, 1981). A perda dos manguezais para viveiros de aquicultura é atualmente uma das maiores ameaças às florestas de manguezal do mundo (ALONGI, 2002). A lista dos problemas diretos e indiretos causados pelos viveiros de aquicultura é grande e inclui: perda imediata de mangues para construção de viveiros; alteração do fluxo natural de marés; aumento da taxa de sedimentação e da turbidez natural da água; liberação de lixos tóxicos; sobre-exploração das espécies locais; acidificação do solo; redução da qualidade da água; eutrofização e alteração da cadeia alimentar natural, entre outros (ALONGI, op. cit.).

2.6 A Aqüicultura Pernambucana

Os primeiros registros da aqüicultura em Pernambuco remontam ao período da ocupação holandesa, quando o Conde Maurício de Nassau demonstrou interesse pela piscicultura, tendo o mesmo mandado construir viveiros de cultivo junto a um de seus palácios, nas imediações do antigo Parque Amorim. Na época, esta atividade tradicional consistia em permitir que várias espécies penetrassem nos viveiros por ocasião das preamares, através de uma comporta rudimentar denominada “porta d’água” (que servia, ao mesmo tempo, para a entrada e saída da água). Os viveiros originavam-se de escavações aleatórias feitas no manguezal, constituindo-se em instalações muito simples, com a construção adaptada ao terreno, variando desde a completa escavação da bacia e do canal adutor, até a mera colocação da porta no canal da camboa natural (CAVALCANTI et al., 2004).

Com o passar do tempo, o desenvolvimento das pisciculturas tradicionais nos estuários do nordeste brasileiro se deu em torno das pequenas aldeias de pescadores, que mantiveram o hábito de construir seus viveiros nas áreas naturalmente ocupadas pelos manguezais. Os viveiros apresentavam dimensões laterais que variavam entre 50m e várias centenas de metro, com diques construídos com sedimento do fundo do viveiro e fixados com vegetação, em sua maioria gramíneas (VALLET & ESPINHARA DA SILVA, 1974).

Dantas (1981) menciona que na década de 30 haviam 2.800 viveiros na cidade do Recife. Os períodos de cultivo variavam de um a dois anos e eram encerrados tradicionalmente na Semana Santa. Havia predominância dos mugilídeos (tainhas, curimãs), centropomídeos (camurins), gerreídeos (carapebas, carapicus) e, secundariamente, gobiídeos (amores) e clupeídeos (sardinhas), com produtividades variando de um mínimo de 20 kg/ha/ano e a um máximo de 1.500 kg/ha/ano, com média de 590 kg/ha/ano. A piscicultura

era desenvolvida de forma muito artesanal, não se fazendo uso de fertilizantes nem de rações comerciais. A alimentação dos peixes dependia exclusivamente da produção natural dos próprios viveiros (CAVALCANTI et al., 2004).

Atualmente, a aquicultura é praticada em alguns estuários do estado, sendo uma atividade em expansão e envolvendo tanto o cultivo artesanal de peixe, camarão e ostra, como a produção, em larga escala e com tecnologia avançada, de camarão marinho (CPRH, 2003).

No que se refere à criação industrial do camarão marinho, esta possui condições técnicas bem diversas da aquicultura artesanal. Os grandes projetos de carcinicultura do litoral norte mobilizam extensas áreas dos estuários, constituídas, na maior parte, por ilhas ali localizadas. A atividade emprega três tipos de mão-de-obra: a especializada, com formação de nível superior; a semi-especializada, com formação técnica de nível médio e a não especializada, recrutada na própria região e na maior parte constituída por ex-trabalhadores da cana (CPRH, op. cit.). Estes empreendimentos estão estruturados para produzirem em sistema semi-intensivo, com tecnologia avançada, alta produtividade e em condições de competir nos mercados interno e externo. Incentivada pela expansão de tais mercados, a tendência da atividade é de ocupar novas áreas, seja pela aquisição de viveiros artesanais, seja pela compra/utilização de áreas ainda não exploradas, o que tem ocorrido à custo da destruição de parte da vegetação de mangue, conforme estudo realizado pela CPRH (2003).

Nos últimos anos, a carcinicultura pernambucana apresentou um rápido crescimento (Tabela 11) e, atualmente, de acordo com a Estatística da Pesca 2003 (MMA, 2004), é responsável por 35,13% da participação do Estado nos volumes da produção pesqueira nacional.

Tabela 11. Evolução da carcinicultura pernambucana entre os anos de 2000 e 2004.

	2000	2001	2002	2003	2004
Área (ha)	670	997	1.031	1.131	1.108
Nº de Fazendas	23	64	74	79	98

Fonte: Rocha & Rodrigues 2000; Rocha & Rodrigues 2002; Rocha & Rodrigues 2003; Rocha et al. 2004; ABCC 2005

2.7 O Litoral Norte de Pernambuco

Abrangendo oito municípios – Abreu e Lima, Araçoiaba, Goiana, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Itaquitinga e Paulista –, o setor norte do litoral pernambucano estende-se do limite dos municípios de Olinda, Recife e Camaragibe, ao sul, até a divisa do Estado de Pernambuco com a Paraíba, ao norte (Figura 2), totalizando 1.377,3 km² e 335.917 habitantes, ou seja, 1,4% e 4,2% da superfície e população do Estado, respectivamente, segundo o IBGE (2000).

Assim como os demais segmentos do litoral pernambucano, o norte teve a constituição do seu espaço associada à pesca e à exploração do coco, na orla marítima e, ao cultivo da cana para produção de açúcar, em toda a área que se estende da retaguarda da planície costeira para oeste, nos domínios da Zona da Mata (CPRH, 2003). Em meio a tais formas de exploração do solo, e a elas associados, surgiram os núcleos populacionais que, em ritmos diversos, evoluíram para transformar-se nas cidades, vilas e povoados que atualmente compõem o quadro urbano do segmento territorial em apreço (CPRH, op. cit.)

A dinâmica dos núcleos urbanos do litoral norte reflete tanto o dinamismo das atividades rurais como o das atividades urbanas – indústria e comércio – e, mais recentemente, o do turismo, sobretudo, na orla marítima, onde essa atividade tem-se constituído num elemento propulsor da urbanização. O crescimento demográfico das cidades do litoral norte no período de 1970 a 1991 oferece claras indicações da relação acima mencionada (Tabela 12).

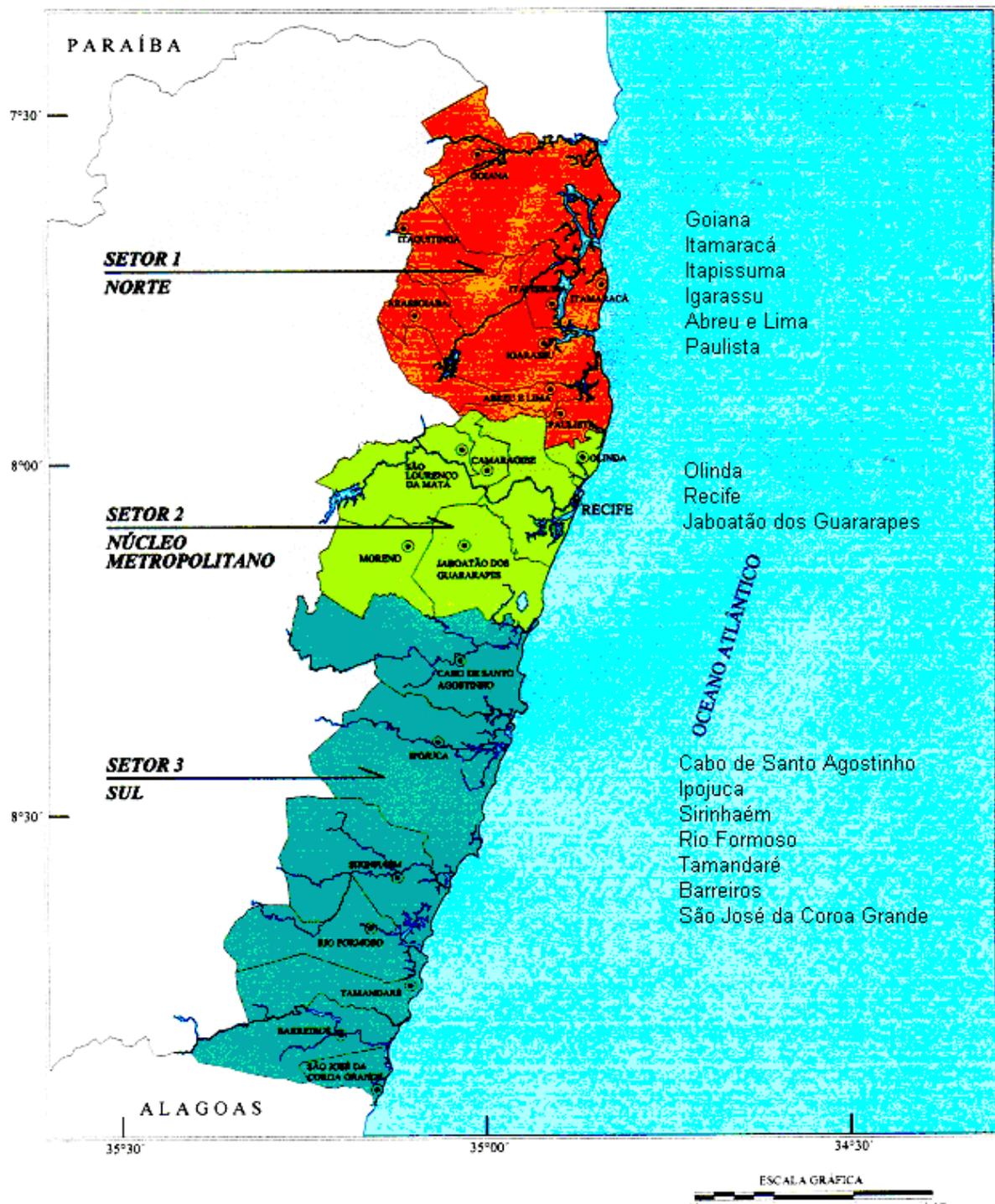


Figura 2. Setorização da Zona Costeira de Pernambuco de acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. Fonte: CPRH, 2003

Tabela 12. População residente nos municípios do litoral norte de Pernambuco.

Cidades	População Residente			
	1970	1980	1991	2000
Abreu e Lima	23.083	41.369	70.548	89.039
Araçoiaba	3.546	6.300	9.077	15.108
Goiana	29.460	36.380	40.552	71.177
Igarassu	20.652	35.928	50.740	82.277
Itamaracá	4.087	6.501	8.580	15.858
Itapissuma	7.193	10.128	14.101	20.116
Itaquitinga	3.949	5.989	9.458	14.950
Paulista	39.401	55.269	207.708	262.237
TOTAL	131.371	197.864	410.764	572.762

Fonte: IBGE, 1972; IBGE, 1982; IBGE, 1991; IBGE, 2000.

O grande impulso para a expansão urbano-industrial do litoral norte se deu a partir do ano de 1970, com a construção pela Companhia Habitacional de Pernambuco (COHAB/PE) de vários conjuntos habitacionais, principalmente à margem da PE-022. A sua construção ao longo dessa rodovia motivou o surgimento, nas décadas seguintes (oitenta e noventa) tanto de loteamentos populares como de invasões em áreas de manguezais e alagados (CPRH, op. cit.). Além disso, assentamentos rurais implantados pelo INCRA e pelo FUNTEPE, no período de 1973 a 1999, que utilizaram 6.370,15ha para assentar 1.112 famílias (INCRA, 2000; FUNTEPE, 1995; FUNTEPE, 2000), também contribuíram para a expansão urbano-agrícola da região.

2.8 Legislação Vigente no Brasil sobre as Zonas Costeiras, Manguezais e Aqüicultura

Nos termos do § 4º, art. 225 da Constituição Federal, *a Zona Costeira é patrimônio nacional e sua utilização deve se dar na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais* (BRASIL, 1988).

A Lei 7661, de 16 de maio de 1988, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, *orienta sobre a utilização racional dos recursos na Zona Costeira, através do zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira, considerando como Zona Costeira o espaço geográfico de interação do ar, do mar, e da terra, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, definidas pelo próprio plano.*

Em relação aos manguezais, estes são considerados *Área de Preservação Permanente* no artigo 2º, da Lei Federal nº 4.771, que instituiu o Código Florestal Brasileiro, em 15 de setembro de 1965. A Constituição Federal reforça o art. 2º do Código Florestal, quando estabelece que *os manguezais e as dunas só podem ser alterados ou suprimidos por ato legislativo*, isto é, a Prefeitura Municipal, o Governo do Estado (Secretarias ou 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, sem que haja uma autorização legal (MACHADO, 1991).

Schaeffer-Novelli (1999) considera que o apicum pode ser considerado como parte do manguezal também no que tange à 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 desse ecossistema. O apicum ocorre na porção mais externa do manguezal, raramente em pleno interior do bosque e associa-se aos manguezais formando uma sucessão natural desse ecossistema (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989).

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 flúviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina.*

O Decreto nº 750, de 10 de fevereiro de 1993, em seu Art. 1º *proíbe o corte, a exploração e a supressão da vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica e considera para efeito deste Decreto Mata Atlântica como formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, incluindo manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste.*

A Lei de Crimes Ambientais nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998, em seus Art. 40 e 50, *enquadra na categoria de crime a prática de danos às unidades de conservação, às florestas nativas ou plantadas e à vegetação fixadora de dunas e protetora de mangue e qualifica as Unidades de Conservação: Reservas Biológicas; Reservas Ecológicas; Parques Nacionais, Estaduais e Municipais; Estações Ecológicas; Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais; Áreas de Proteção Ambiental; Áreas de Relevante interesse Ecológico e Reservas Extrativistas ou outras a serem criadas pelo Poder Público.*

Além das Leis Federais, as áreas estuarinas de Pernambuco também são protegidas pela Lei 11.206/95, de 31 de março de 1995, que institui a Política Florestal do Estado de Pernambuco e em seu Art 9º § VII *considera área de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas nos mangues, em toda a sua extensão, e*

também pela Lei Estadual nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986, que *define como área de proteção ambiental as reservas biológicas do litoral do Estado de Pernambuco constituídas pelas seguintes áreas estuarinas: I - área estuarina dos rios Goiana e Megaó; II - área estuarina do rio Itapessoca; III - área estuarina do rio Jaguaribe; IV - área estuarina do canal de Santa Cruz; V - área estuarina do rio Timbó; VI - área estuarina do rio Paratibe; VII - área estuarina do rio Beberibe; VIII - área estuarina do rio Capibaribe; IX - área estuarina dos rios Jaboatão e Pirapama; X - área estuarina dos rios Sirinhaém e Maracaípe; XI - área estuarina do rio Formoso; XII - área estuarina do rio Carro Quebrado e XIII - área estuarina do rio Una.*

Em relação à aqüicultura, algumas Legislações Federais regem este setor (Tabela 13), havendo também Legislações Estaduais mais específicas, que não serão aqui detalhadas. Mas, quando se fala em licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira brasileira, há apenas a Resolução CONAMA nº 312 e uma complementação com a Resolução CONAMA nº 369.

Tabela 13. Legislação Federal sobre aqüicultura (Geral)

Instrumento Legal	Síntese	Parâmetros Exigidos
Decreto 2869, de 09/12/98	Regulamenta a cessão de uso das águas públicas da união/parque Aqüícola	Proíbe a exploração da aqüicultura em áreas de preservação permanente. Art. 1º, § único; Art. 2º e Art. 8º
Resolução 237/CONAMA, de 16/12/97	Licenciamento Ambiental	Exige licenciamento ambiental para uso de recursos naturais: manejo de recursos aquáticos vivos
Portaria 136/IBAMA, DE 14/10/98	Registro de Aqüicultor	Exige licença ambiental de operação para concessão de registro
Resolução CONAMA 20, de 18/06/86	Classifica as águas conforme a sua destinação	Águas salinas (classe 5) aqüicultura. Art. 8º
Resolução CONAMA 13, de 06/12/90	Definição pelos órgãos ambientais de atividades que afetem a biota nativa das Unidades de Conservação (raio de 10 km)	Obrigatoriedade de licença ambiental pelo órgão competente, autorizada pela administração da Unidade de Conservação
Constituição Federal de 1988	Exige estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obras	EIA/RIMA. Art. 225, IV
Resolução CONAMA 001, de 23/01/86	Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental	EIA/RIMA. Art. 1º, I, III e IV; Art. 2º XVII
Lei 6938, de 31/08/81	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente	Art. 3º, II e III; Art.10 (EIA/RIMA)
Lei 7661, de 16/05/88	Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	Determina o uso racional dos recursos naturais ao longo da costa brasileira
Lei 9605, de 13/02/98	Lei de Crimes Ambientais	Art. 33, I, II e III; Art. 38; Art. 40; Art. 44; Art. 50; Art. 54
Decreto 3179, de 21/09/99	Regulamenta a Lei de Crimes Ambientais	Art. 2º, § 1º; Art. 25; Art. 30; Art. 33; Art. 37; Art.41; Art. 44; Art. 53
Portaria 145 – N/IBAMA, de 29/10/98	Normas para introdução, reintrodução e transferência de espécies aquáticas para fins de aqüicultura	Define aqüicultura, unidade geográfica de referência e espécie autóctone

Fonte: Diehl, 2000.

A Resolução nº 312 do CONAMA, de 10 de outubro de 2002, que dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira, por considerar *que a atividade de carcinicultura pode ocasionar impactos ambientais nos ecossistemas costeiros; por considerar a importância dos manguezais como ecossistemas exportadores de matéria orgânica para águas costeiras, o que faz com que tenham papel fundamental na manutenção da produtividade biológica e que as áreas de manguezais, já degradadas por projetos de carcinicultura, são passíveis de recuperação*, veda em seu Art. 2º a atividade de carcinicultura em manguezal e dispõe em seu § 2º que *no processo de licenciamento será considerado o potencial de produção ecologicamente sustentável do*

estuário ou da bacia hidrográfica, definida e limitada pelo ZEE, e ainda, em seu Art. 6º, determina que as áreas propícias à atividade de carcinicultura serão definidas no Zoneamento Ecológico-Econômico, ouvidos os Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente e em conformidade com os Planos Nacionais, Estaduais e Municipais de Gerenciamento Costeiro.

Complementando a resolução CONAMA nº 312, a CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006 dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Em seu Art. 2º define que o órgão ambiental competente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, em casos de I - utilidade pública, (g) para a implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados para projetos privados de aquíicultura, obedecidos os critérios e requisitos previstos nos §§ 1º e 2º do Art. 11.

3. ARTIGO A SER SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO

A PARTICIPAÇÃO DA AQÜICULTURA NA CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUEZAL EM VIVEIROS NO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO/BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG.
Ocean & Coastal Management

“Aqüicultura é 10% técnica e 90% bom senso.”
Profº Johei Koike (in memoriam)

A PARTICIPAÇÃO DA AQUICULTURA NA CONVERSÃO DE ÁREAS DE MANGUEZAL EM VIVEIROS NO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO/BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG.

ARIANA SILVA GUIMARÃES¹, PAULO TRAVASSOS¹, PEDRO WALFIR MARTINS E SOUZA FILHO², FABRÍCIO DIAS GONÇALVES² E FRANCISCO COSTA²

¹*Laboratório de Ecologia Marinha, Departamento de Pesca e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros s/n Dois Irmãos, CEP: 52171-960. Recife, Pernambuco, Brasil.*

²*Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Correa 1, Campus do Guamá, Caixa Posta 8608, CEP: 66075-110, Belém, Pará, Brasil. E-mail: {walfir, fdias, frc}@ufpa.br*

Abstract

The conversion of mangroves areas to shrimp culture ponds has been pointed as the main responsible by the reduction on the surface of this ecosystem in the northeastern Brazilian coast. With the objective of quantify the participation of this activity in the diminish of the mangrove surface on the north coast of the Pernambuco state, where undertaking of shrimp culture were implanted during the last years, was realized a study using remote sensing techniques and Geographical Information System. The study showed that in the period of 1973 and 2005 happened a reduction about 2.052 ha of mangrove, which 197 ha were converted in ponds of shrimp. Thus, is possible that the real contribution of the shrimp culture in this reduction was 9,6% of the total area. Other activities from antropic origin, as agriculture, the urban expansion and tourism, presented as the main responsible for this scene of reduction in the mangrove area on the north coast of Pernambuco state.

1. Introdução

A conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo de peixe é uma atividade antiga em países asiáticos, sendo relatada há mais de 500 anos [1]. No Brasil, principalmente na região Nordeste, muitos viveiros foram construídos em áreas de mangue ou adjacente a estes, constituindo uma prática tradicional na região [1]. Esta prática tem, durante as últimas décadas, se constituído na principal ameaça aos manguezais em muitos países [2], sendo considerada o principal fator que tem contribuído para a imagem negativa da aqüicultura [3].

Somente no Equador, estima-se que cerca de 1/3 dos 30 mil hectares de viveiros para camarão foram construídos em áreas de mangue [1], enquanto que cerca de 12 milhões de hectares de florestas foram cortadas na região Indo-Pacífica para construção de viveiros [4]. O sudoeste da Ásia, que possui 35% dos 18 milhões de hectares de florestas de manguezais do mundo [5], contabilizou nos últimos 30 anos, as maiores taxas de perda de manguezal, algo em torno de 70-80% nas Filipinas e Vietnã [3]. Globalmente mais de 1/3 das florestas de mangue tem desaparecido nas últimas duas décadas e a atividade humana que mais contribuiu para este fato foi o cultivo de camarão, respondendo por 35% desse declínio [6].

Os problemas associados com a prática da aqüicultura em viveiros estabelecidos em áreas previamente ocupadas por manguezais, são potencializados pela pequena vida útil dos

tanques. Problemas como eutrofização, acúmulo de toxinas e acidificação do solo, além de doenças próprias do cultivo, limitam o uso do viveiro entre 5 e 10 anos [7].

A seleção de áreas para o planejamento da aqüicultura é complexa, por envolver a identificação daquelas que sejam economicamente, socialmente e ambientalmente adequadas, disponíveis para a aqüicultura e comercialmente viáveis [8].

O litoral brasileiro possui uma das maiores áreas de manguezal do mundo, ao longo de aproximadamente 6.800km de costa [9], distribuídos desde o rio Oiapoque, na divisa do Amapá com a Guiana Francesa (04°30'N), até à Praia do Sonho, em Santa Catarina (28°53'S) [10], totalizando quase 1.300.000ha de área de manguezal [5]. Embora protegidos pela legislação vigente, esse ecossistema encontra-se permanentemente ameaçado por diversas atividades humanas desenvolvidas tanto no litoral, quanto no interior. Ao longo de toda a costa brasileira, as áreas de mangue vêm sofrendo alterações significativas, sobretudo em razão de ações humanas diretas e ilegais, como o desmatamento e conversão da área para outros usos, em particular expansão urbana, portuária, turística e agroindustrial, principalmente nos litorais nordeste e sudeste [11, 12].

Dentre as atividades agroindustriais que mais se desenvolveram nos últimos anos, merece destaque a carcinicultura marinha que, no período entre 1997 e 2003, passou de 3.548ha para 14.824ha de viveiros construídos [13], ou seja, um crescimento de 318% em apenas 6 anos. Esse rápido crescimento, aliado à falta de cumprimento das legislações ambientais, fez com que, de forma indiscriminada, algumas áreas de manguezal fossem convertidas em viveiros de camarão [14].

No Brasil, a conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo não é uma prática recente, tendo sido relatada desde o século XVII, quando os viveiros eram originados a partir de escavações feitas no manguezal [15]. Com o passar do tempo, o desenvolvimento das pisciculturas tradicionais nos estuários do nordeste brasileiro se deu em torno das pequenas aldeias de pescadores, que mantiveram o hábito de construir seus viveiros nas áreas naturalmente ocupadas pelos manguezais [16].

A pressão urbana, agrícola e industrial sobre a zona costeira se intensificou com o passar dos anos. No estado de Pernambuco, por exemplo, 44% da população ocupa essa área [17], que além da aqüicultura, possuem outros tipos de uso e ocupação do solo que certamente causaram mudanças na paisagem e/ou na estrutura dos manguezais

O rápido crescimento da carcinicultura no nordeste brasileiro nos últimos anos, associado ao histórico de conversão de áreas de manguezal em viveiros de cultivo, tem levado a aqüicultura a ser, junto com outras atividades, responsabilizada por essas mudanças.

Como os valores de conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo ainda são desconhecidos no Brasil, aumenta o conflito entre empresários, ambientalistas e comunidades tradicionais. Esses conflitos têm sido relatados como impactos aparentes e potencialmente negativos da aqüicultura, por sua tendência de converter áreas litorâneas de uso múltiplo em um recurso de único-uso [3], apesar da geração de 1,89 empregos diretos por cada hectare de viveiro em produção [18].

Nesse contexto, o presente trabalho visa determinar a real participação da aqüicultura na supressão de áreas de mangue do litoral norte do Estado de Pernambuco, ao longo das últimas três décadas, fornecendo dados que irão compor um banco de informações que poderá contribuir de forma significativa para a conservação dessas áreas, subsidiando planos de ação e manejo que venham a ser desenvolvidos para a sua conservação.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende os manguezais do litoral norte do Estado de Pernambuco/Brasil, desde a margem esquerda do Canal de Santa Cruz, nos limites intermunicipais Itamaracá/Igarassu e Itapissuma/Igarassu, até a margem direita do rio Goiana, limite fronteiriço com o estado da Paraíba. Dentro da área de estudo, estão localizadas quatro áreas estuarinas: área estuarina dos rios Goiana e Megaó, área estuarina do rio Itapessoca, área estuarina do rio Jaguaribe e área estuarina do Canal de Santa Cruz (Fig. 1).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco [19], com base na classificação de Köppen, esta região está predominantemente enquadrada no grupo climático “A”, com clima úmido tropical sem estação fria (com chuvas sempre acima de 1.000mm, em média, alcançando mais de 2.000mm nas localidades próximas à costa atlântica) e com temperatura média do mês menos quente acima de 18°C. Este clima é de ocorrência em latitudes baixas e caracteriza uma região de vegetação megatérmica, adaptada a temperaturas constantemente altas e a chuvas abundantes.

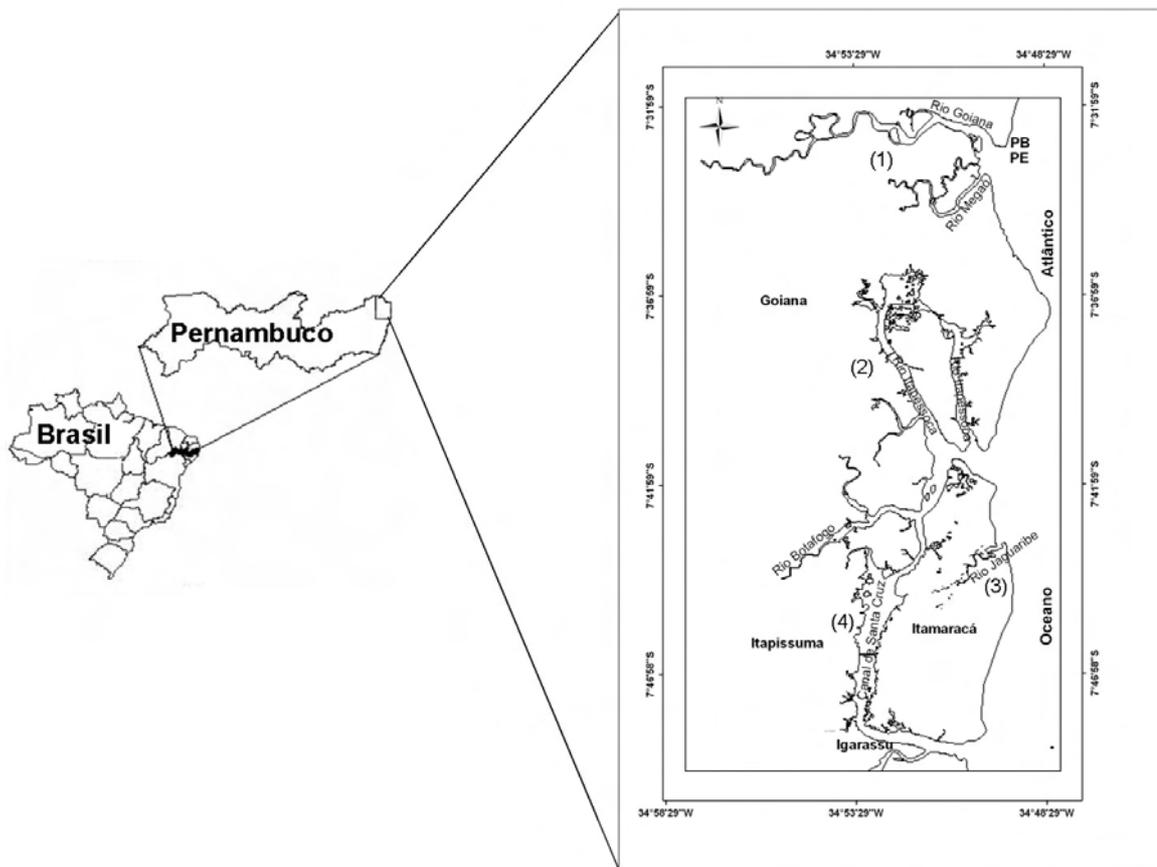


Figura 1. Delimitação da área de estudo no litoral norte do Estado de Pernambuco-Brasil e identificação das diferentes áreas estuarinas: (1) área estuarina dos rios Goiana e Megaó, (2) área estuarina do rio Itapessoca, (3) área estuarina do rio Jaguaribe e (4) área estuarina do Canal de Santa Cruz

2.2. Obtenção dos dados

Por se tratar de um estudo temporal, optou-se em trabalhar com sensores que oferecessem uma melhor série temporal de imagens (1973-2005), moderada resolução espacial (20-80m) e espectral (4 a 8 bandas) e a um custo de aquisição baixo ou nulo. Um dos principais entraves nesta fase de seleção das imagens ópticas foi a cobertura de nuvens, característica marcante das áreas costeiras tropicais.

Dessa forma, após a fase de levantamento das imagens disponíveis, principalmente em função da cobertura de nuvens, resolução espacial e resposta espectral, determinou-se que os satélites/sensores utilizados seriam: LANDSAT-1/MSS, LANDSAT-5/TM, LANDSAT-7/ETM+ e CBERS-2/CCD. Segue na Tabela 1 uma descrição dos principais parâmetros dos sistemas sensores e imagens utilizadas nesse trabalho.

Tabela 1

Principais características dos sensores remotos e imagens utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita	Ponto	Resolução espacial (m)	Data de aquisição	Condição de maré
CBERS-2	CCD	146	108 e 109	20	19/8/2005	Baixa
LANDSAT-7	ETM+	214	65	30	04/8/2001	Baixa
LANDSAT-5	TM	214	65	30	11/1/1999	Alta
LANDSAT-5	TM	214	65	30	05/6/1988	Alta
LANDSAT-1	MSS	229	65	80	29/8/1973	Baixa

2.3. Processamento das imagens

O método empregado neste trabalho foi desenvolvido em duas etapas: processamento digital das imagens e elaboração dos mapas em um sistema de informação geográfica (SIG).

Processamento Digital das Imagens

O processamento digital das imagens foi realizado utilizando o programa PCI Geomatics V. 9.1 [20] e seguiu as seguintes etapas:

a) correção atmosférica:

Para se eliminar o efeito atmosférico foram examinados os níveis de cinza presentes nas imagens. Os valores dos efeitos atmosféricos da análise dos níveis digitais em cada banda de cada imagem foram subtraídos, usando a função ARICONST (*Constant Arithmetic*), disponível no módulo *GeomaticaFocus*.

b) realce

Em todas as imagens utilizadas aplicou-se o realce *Adaptive* por manipulação de histograma, empregando o módulo *Geomatica Focus*. Os realces foram então aplicados nas diferentes bandas, através da função *Edit LUT* também disponível no programa.

c) correção geométrica

Utilizou-se a correção geométrica por modelos polinomiais, a partir de GCPs (*Ground Control Points* – Pontos de Controle de Terreno) obtidos em uma imagem LANDSAT-7/ETM+ (órbita/ponto: 214/65 com data de passagem de 04/08/2001), disponibilizada pela Global Land Cover Facility (GLCF) [21], já ortorretificada, a fim de minimizar os erros da

correção geométrica. Para este procedimento, foi usado o módulo *Ortho Engine*, com acurácia média de aproximadamente 2/3 de *pixel*.

d) recorte da imagem

Todas as imagens tiveram que passar por recorte, utilizando a função *Current View* do módulo *Geomatica Focus*, onde as áreas recortadas foram selecionadas visualmente a partir do estabelecimento de coordenadas geográficas limites da área de estudo.

e) mosaico

Apenas as imagens CCD precisaram ser mosaicadas, uma vez que a área de estudo, com este sensor, é coberta por duas cenas: órbita/ponto 146/108 e 146/109.

O mosaico foi realizado no módulo *Ortho Engine* utilizando a função *Mosaic*. A fim de obter um mosaico com resposta espectral e radiométrica o mais homogêneas possível, foi realizada a normalização e o balanceamento de cores nas imagens que formaram o mosaico, utilizando as funções *Normalization* e *Color Balance*, disponíveis no módulo *Ortho Engine*.

f) classificação

Em todas as imagens foram testadas as classificações supervisionadas e não supervisionadas e as classes de interesse definidas foram mangue, água, área urbana, viveiro, apicum e tabuleiro costeiro.

Na classe mangue considerou-se apenas a vegetação de mangue, enquanto que na classe água foram contemplados o mar, rios e estuários. Como as imagens foram obtidas em diferentes condições de maré, as planícies lamosas quando expostas nas imagens obtidas em condição de maré baixa foram classificadas como água, a fim de manter o mesmo padrão das imagens obtidas em condição de maré alta. Na classe área urbana considerou-se apenas cidades de tamanho expressivo e próximas às áreas de manguezal. A linha de praia foi agregada a essa classe em função da similaridade da assinatura espectral e por não interferir na análise deste trabalho. Os viveiros foram classificados agrupados enquanto que a classe apicum contemplou a área de salgado transicional entre o ecossistema manguezal e o ecossistema terrestre. Finalmente, a classe tabuleiro costeiro agregou todas as demais áreas não contempladas com classe específica, como por exemplo plantações, mata atlântica, mancha urbana, situadas em áreas de terra firme.

Na classificação não supervisionada a imagem foi classificada automaticamente em 16 classes e, posteriormente, essas classes foram agrupadas manualmente em função das classes de interesse. Os algoritmos de classificação utilizados foram: *K-Means*, *Fuzzy K-Means* e *IsoData*.

Para a classificação supervisionada, foram obtidas amostras de 13 classes (água do mar, água do rio, apicum, área urbana, banco de lama, mangue, mata densa, mata pouco densa, nuvem, plantações, solo exposto, sombra de nuvem e viveiro) a fim de distinguir ao máximo as classes de interesse das demais classes, principalmente no tocante ao mangue e à mata densa, uma vez que no litoral norte de Pernambuco a presença de fragmentos de mata atlântica é alta e sua resposta espectral é bastante semelhante à resposta da vegetação de mangue. Esta dificuldade em distinguir espectralmente mangue e mata atlântica também foi encontrada em outros trabalhos realizados na mesma região [22].

Após a classificação supervisionada, as 13 classes foram agrupadas nas classes de interesse e testaram-se os algoritmos *Maximum Likelihood Classification*, *Parallelepiped Classification* e *Minimum Distance Classification*.

g) filtro

Foram testados os filtros do tipo "passa baixa" (3x3 pixel), que filtram apenas as informações de baixa frequência, como ruídos ou mudanças no nível de cinza graduais. Para dados de imagens ópticas o módulo *Geomatica Focus* utiliza três tipos de filtro "passa baixa": *Average Filter*, *Median Filter* e *Mode Filter*.

Elaboração dos Mapas e Manipulação Espacial de Dados

Para elaboração dos mapas e manipulação espacial de dados foi utilizado o programa ArcGIS V. 9.0 [23]. Inicialmente, as imagens raster classificadas e filtradas pelo programa PCI Geomatics V. 9.1 foram convertidas em polígonos, gerando um arquivo do tipo shapefile, reconhecido pelo ArcGIS V. 9.0.

Os polígonos foram classificados em mangue, água, área urbana, viveiro, apicum e tabuleiro costeiro e posteriormente editados manualmente por classificação visual direta, que contou em alguns casos, com o auxílio do mapa de uso e ocupação do solo do Diagnóstico Sócio Ambiental do Litoral Norte de Pernambuco [17]. A área de cada polígono foi calculada utilizando a função *Calculate Area* do *Table Operation* e somada à sua respectiva classe, obtendo-se dessa forma a área em km² de cada classe.

Para análise da evolução temporal os *layers* referentes aos anos de 1973 e 2005 foram inseridos no mesmo arquivo, procedendo-se a união das classes iguais, utilizando a função *Union/Geoprocessing Wizard*. A análise temporal avaliou a evolução das áreas de mangue e viveiro através de análise booleana, atribuindo valor 1 para a presença da classe no ano respectivo e valor 0 para a ausência da mesma. Cruzando essas informações, foi possível quantificar as áreas de aumento (0 em 1973 e 1 em 2005), diminuição (1 em 1973 e 0 em 2005) e, ainda, as que se mantiveram estáveis (1 em 1973 e 1 em 2005). Utilizando o mesmo método, foi possível avaliar a conversão das áreas de mangue em viveiro, cruzando as informações das áreas que eram mangue em 1973 e viveiros em 2005.

Após os cálculos das áreas e as análises temporais, procedeu-se a elaboração do layout do mapa, inserindo as legendas, norte e grade de coordenadas. Além do mapa de evolução temporal (1973/2005), foram gerados mapas para cada ano estudado (1973, 1988, 1999, 2001 e 2005).

3. Resultados e discussão

Mapas temáticos, quantificando as áreas ocupadas por vegetação de mangue, viveiros de aqüicultura e o erro areal foram gerados, na escala de 1:1000, para cada ano estudado (Fig. 2 à Fig. 6), possibilitando além da análise da evolução temporal dessas áreas, a determinação da real contribuição da aqüicultura na supressão das áreas de mangue do litoral norte de Pernambuco.

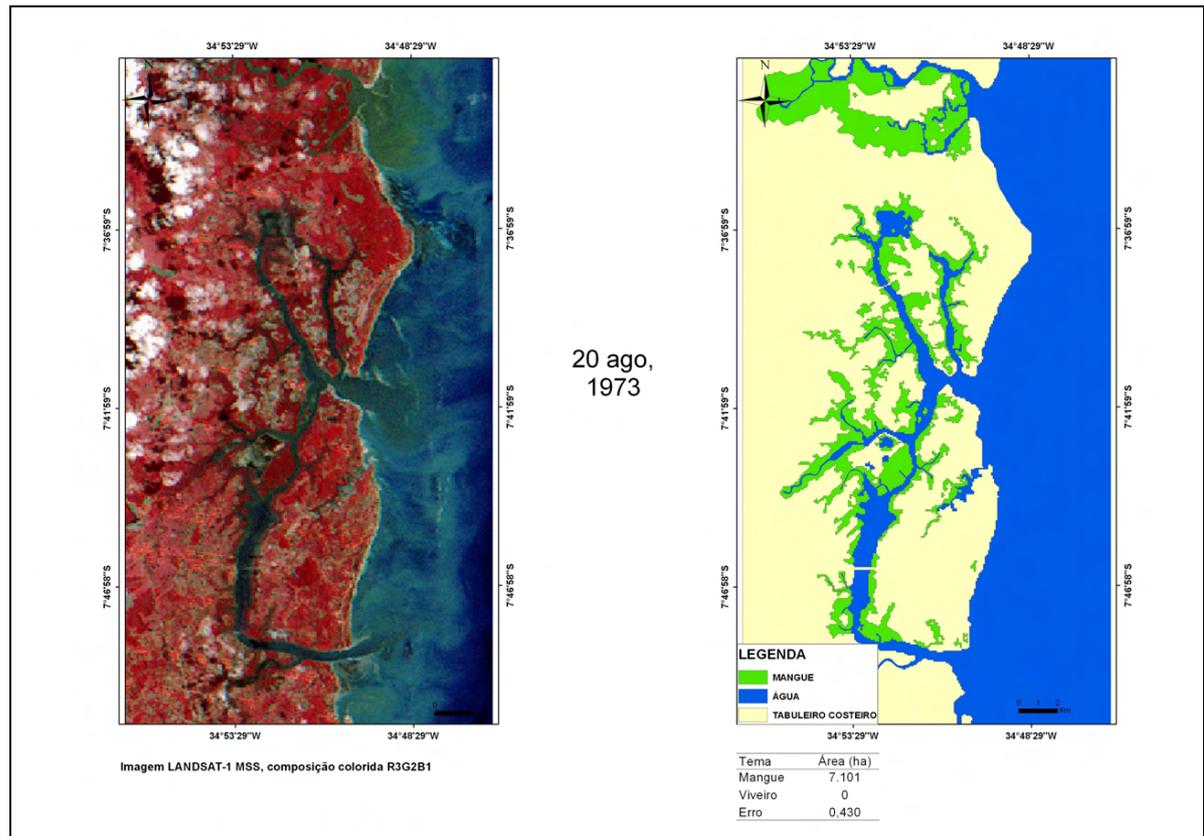


Fig. 2. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1973.

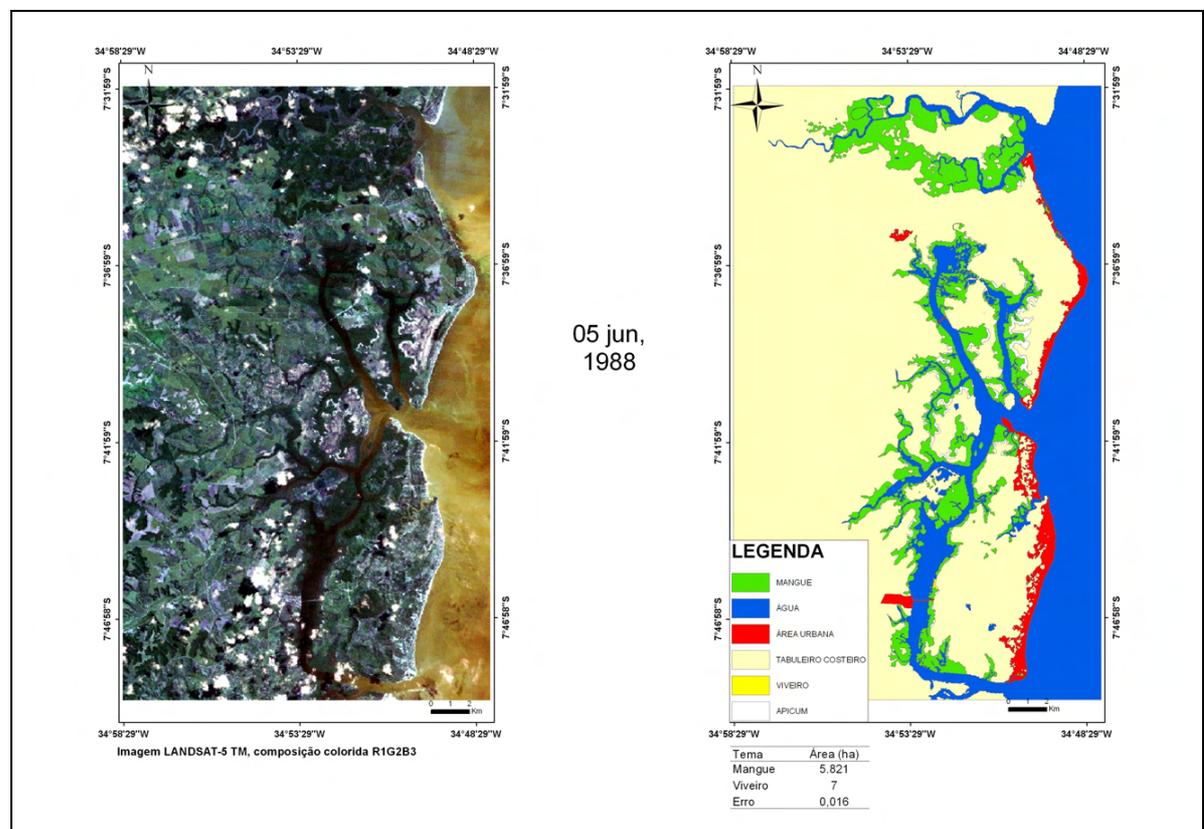


Fig. 3. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1988.

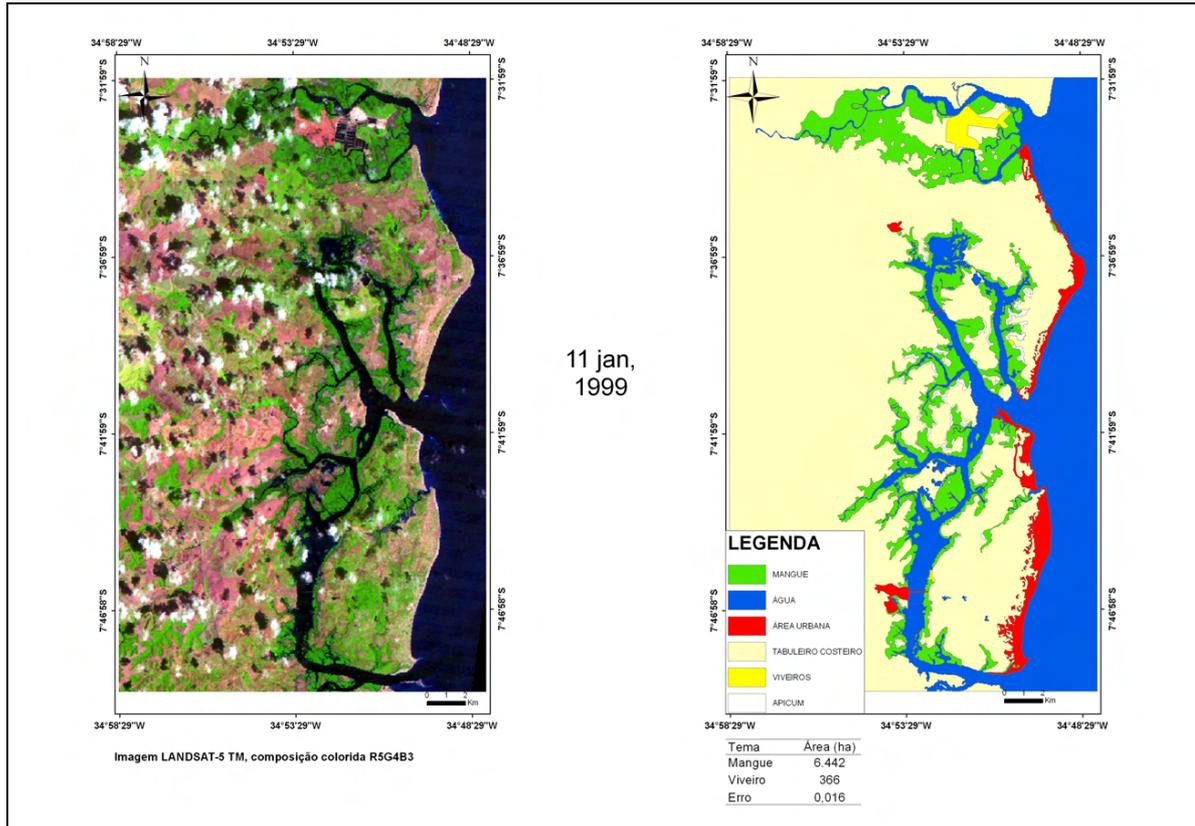


Fig. 4. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1999.

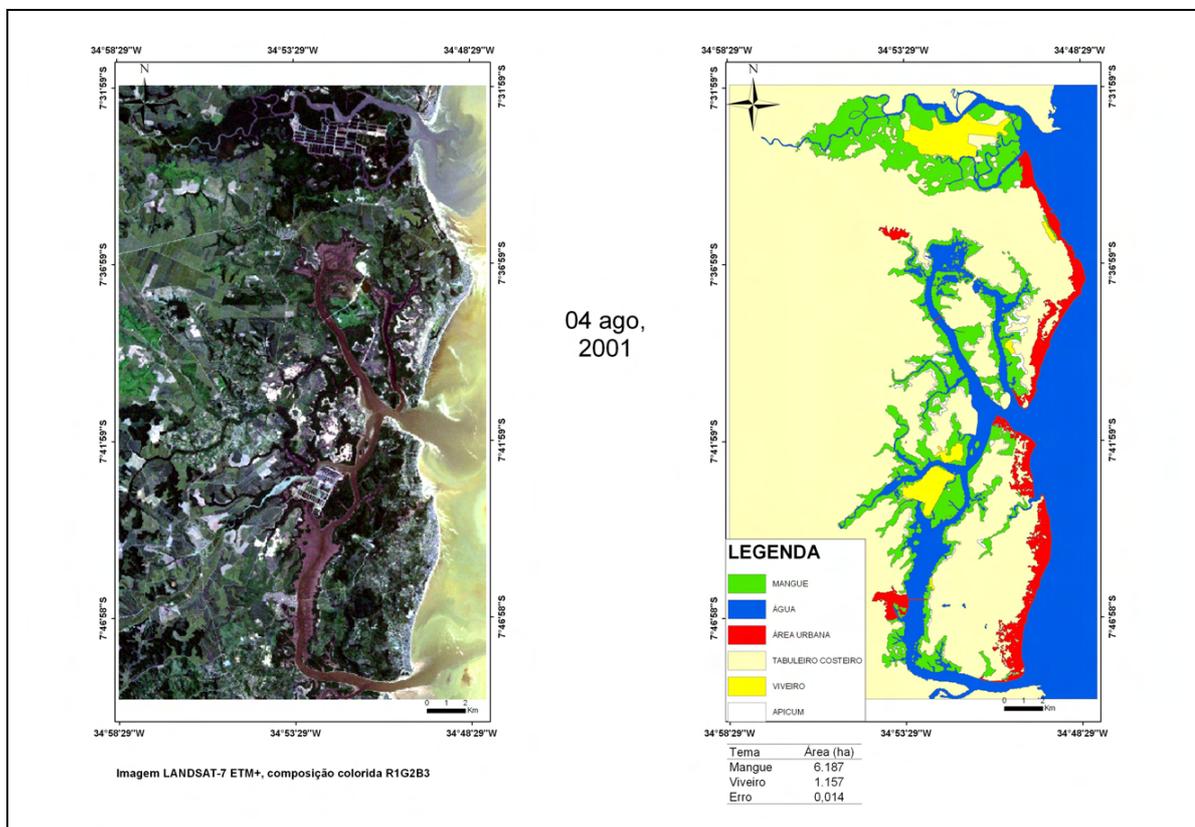


Fig. 5. Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2001.

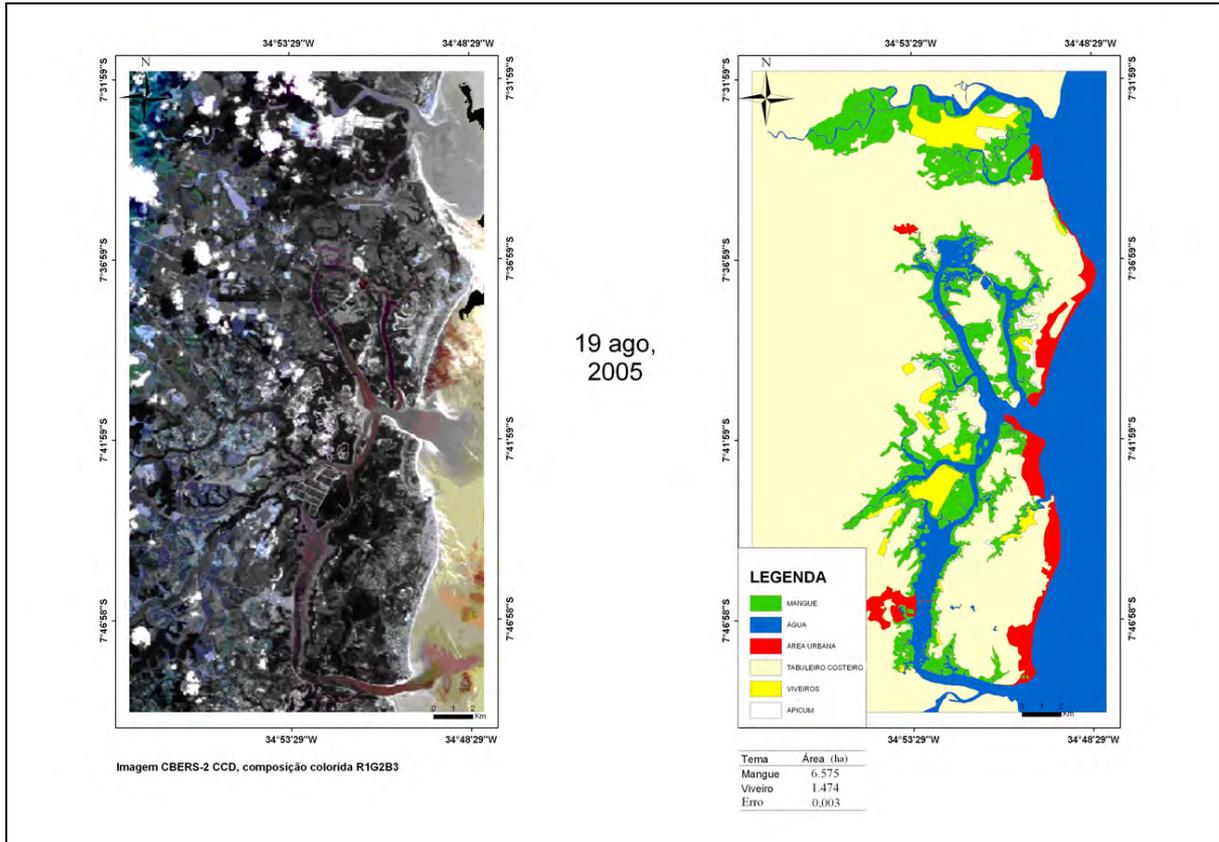


Fig. 6. Mapeamento dos mangues e viveiros de aquicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2005.

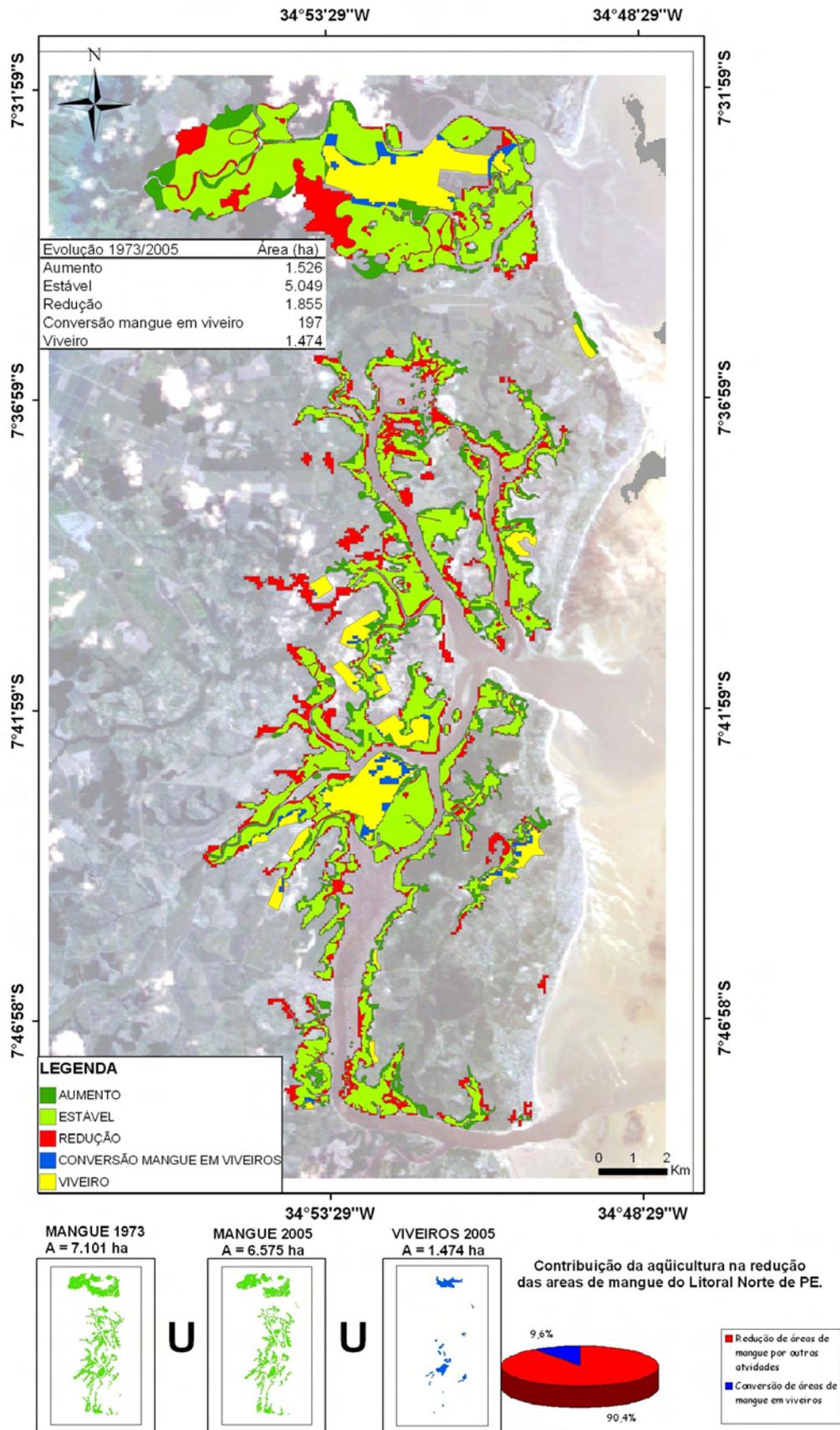


Fig. 7. Evolução temporal das áreas de mangue e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, entre os anos de 1973 e 2005.

A partir dos dados obtidos, verifica-se que a extensão e distribuição da floresta de mangue variaram bastante ao longo das últimas três décadas no litoral norte do Estado de Pernambuco, com diferentes fases caracterizadas tanto pelo incremento quanto pela redução de área, enquanto que a expansão da aqüicultura apresentou um crescimento exponencial, sendo este, mais acentuado nos anos recentes (Fig. 7).

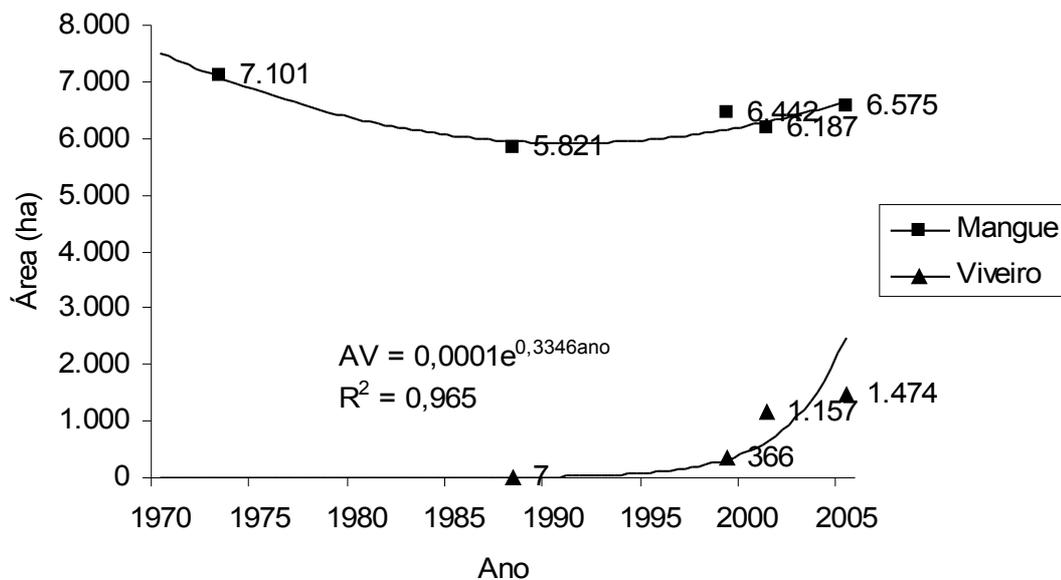


Fig. 8. Evolução temporal da superfície de mangue e viveiro no litoral norte de Pernambuco, no período de 1973 a 2005.

A evolução temporal das áreas de mangue no Estado pode ser classificada, a partir desses dados, em quatro fases distintas, em relação ao incremento ou redução de área total e suas possíveis causas principais:

Fase 1 (1973 a 1988) – caracterizada pela redução de 1.280ha de área de mangue, atribuída à grande expansão urbano-agrícola da região, que além de ter os efluentes domésticos, agrícolas e industriais direcionados aos estuários, foi realizada em alguns locais sob áreas de mangue e alagados [17,24,25,26].

Fase 2 (1988 a 1999) – caracterizada pelo incremento de 621ha de área de mangue, atribuído aos longos períodos de seca e ao elevado grau de represamento dos rios na região [11], que contribuem para que o fluxo de água doce diminuísse, permitindo uma maior entrada de água salina no estuário, favorecendo, conseqüentemente, a expansão dos manguezais no interior do estuário;

Fase 3 (1999 a 2001) – caracterizada pela redução de 255ha de área de mangue, atribuída à rápida ocupação do litoral por atividades como turismo, aqüicultura e a própria expansão urbana. Em relação à aqüicultura, a inadequada aplicação das leis de proteção ao ambiente aliada à inexistência de uma legislação específica de regulamentação para implantação de fazendas aqüícolas, contribuíram para este cenário;

Fase 4 (2001 a 2005) – caracterizada pelo incremento de 388ha de área de mangue, atribuído à salinização generalizada dos estuários do nordeste, muito provavelmente, como indicativo de mudanças climáticas globais por um possível aumento do nível do mar, ou ainda, ao uso inadequado dos recursos hídricos, como construção de açudes e represas [28,29,30]. Vale

ressaltar, que nesta fase, a implantação da legislação específica que trata do licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira [27] e a pressão dos ambientalistas e das comunidades tradicionais contribuíram de forma significativa para uma maior conservação dos ecossistemas costeiros, em especial os manguezais.

Estas fases, com diferentes atores contribuindo para a alteração dos ecossistemas costeiros, mais especificamente dos manguezais, chamam atenção para as atividades antrópicas diretas e indiretas, realizadas distantes do litoral, e que também podem afetar a distribuição e extensão dos manguezais na zona costeira, da mesma forma como as intervenções antrópicas diretas, como por exemplo, a conversão de área de mangue em viveiro. É preciso estar atento que ambientes estuarinos degradados não mostram efeitos negativos restritos às áreas em questão, uma vez que esses estendem-se além de suas fronteiras, exportando esses efeitos e obtendo graves conseqüências nas atividades econômicas dependentes desse ecossistema [31].

No período entre 1973 e 2005 houve uma redução de 2.052ha de mangue no litoral norte de Pernambuco, com uma perda líquida em torno de 526ha, uma vez que no mesmo período houve um aumento de 1.526ha. Isso ocorre por se tratar de um ecossistema dinâmico, onde a extensão e a distribuição espacial da floresta de mangue podem ser alteradas em resposta às alterações do ambiente, muitas vezes imposta por fatores antrópicos.

Do total da área de mangue reduzida, 9,6% deve-se à conversão dessas áreas em viveiro para aqüicultura (Fig. 8), fato já descrito em outros trabalhos realizados na região nordeste do Brasil [32, 33].

Podemos afirmar que no litoral norte de Pernambuco a aqüicultura é responsável pela perda de 197ha da área de mangue, porém, valorar essa perda do ponto de vista social, econômico e ambiental é bastante complexo, uma vez que implica na valoração dos bens e serviços fornecidos por esse ecossistema, algo de difícil estimativa.

Apesar disso, há uma estimativa do valor médio global dos manguezais, em torno de US\$ 9.990/ha/ano [34] junto com uma produção por hectare entre 1 e 11,8t de peixes capturados por ano, em países em desenvolvimento [35]. Utilizando esses mesmos dados, podemos estimar para a área em estudo uma perda anual de US\$ 20.499.480,00 e especificamente para área convertida em viveiros, uma perda anual de US\$ 1.968.030,00 além dos peixes que deixarão de ser capturados, algo da ordem de 197 a 2.324,6 t. Por outro lado, se levarmos em consideração os empregos diretos gerados pela carcinicultura (1,89/ha) [18], na área convertida em viveiros, podemos estimar uma receita gerada anualmente da ordem de US\$ 3.283.950,60.

A perda de áreas de mangue para viveiros de aqüicultura faz com que a atividade seja considerada nos dias atuais uma das maiores ameaças às florestas de manguezal do mundo [36]. A lista dos problemas diretos e indiretos causados pelos viveiros de aqüicultura é grande e inclui perda imediata de mangues para construção de viveiros, alteração do fluxo natural de marés, aumento da taxa de sedimentação e da turbidez natural da água, liberação de lixos tóxicos, sobre exploração das espécies locais, acidificação do solo, redução da qualidade da água, eutrofização e alteração da cadeia alimentar natural [36]. A conversão de florestas de mangue em viveiros é uma ação irreversível, ao menos em termos práticos. Além do que, os produtos gerados a partir desta conversão não substituem os produtos da pesca, atividade essencial às comunidades tradicionais [37].

4. Em busca da sustentabilidade

Existem formas sustentáveis de aquicultura que não dependem da conversão de áreas de mangue. As áreas altas dos estuários são as mais indicadas para a construção dos viveiros, tanto do ponto de vista ambiental, quanto do ponto de vista econômico, uma vez que a vida útil dos viveiros construídos em área de mangue, de forma geral, não ultrapassa os 10 anos [7].

Outros tipos de cultivo alternativo aos viveiros escavados são também considerados sustentáveis. É o caso do cultivo de algumas espécies em gaiolas flutuantes, que oferece formas de exploração menos impactantes do ponto de vista da instalação, apesar da extensão do impacto nestes casos, depender diretamente de um adequado planejamento, que inclui além de um local apropriado para as fazendas de gaiolas, um limite na densidade de estocagem e a utilização de métodos eficientes de alimentação dos animais cultivados [38].

Operações de cultivo limitadas parecem não demonstrar impactos em outros recursos do mangue, mas modelos de manejo para prever os limites de sustentabilidade são geralmente raros para ecossistemas de manguezal [36]. Futuramente, no planejamento da aquicultura em áreas de mangue, o critério da otimização de produção vai ceder lugar, cada vez mais, aos critérios de gerenciamento ecológico. A tarefa dos planejadores será compatibilizar o ponto de vista das políticas econômica e social, com o das populações ribeirinhas e costeiras de baixa renda, que não podem prescindir da exploração indiscriminada dos recursos dos mangues. Os estudos básicos que forem realizados sobre as possibilidades do uso dos mangues terão um caráter decisivo para o desenvolvimento de conceitos, alternativas e perspectivas positivas de cultivos sustentáveis [39].

No Brasil, em função das instabilidades atuais que permeiam a atividade de carcinicultura, como perda da produção pela presença de enfermidades e pela degradação e esgotamento do meio ambiente, além de uma série de conflitos entre carcinicultores, ambientalistas e comunidades tradicionais, a atividade inicia atualmente um processo de busca pela sustentabilidade, para tentar conseguir se manter. Dentre alguns exemplos do que tem sido feito para tentar alcançar essa sustentabilidade, destacam-se:

- (i) A implantação de um programa de certificação do camarão marinho cultivado do Brasil, pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão, que tem o objetivo de certificar larviculturas, fábricas de ração, fazendas e indústrias de beneficiamento quanto ao cumprimento dos aspectos de gestão, sociais, ambientais, segurança do trabalho, bem estar social, e qualidade em seus processos produtivos [40];
- (ii) A conversão dos cultivos tradicionais em cultivos orgânicos, alcançando preços 30 a 40% mais elevados nas vendas na porteira das fazendas, auxiliando a sustentabilidade do setor, que vem crescendo ultimamente, com a implantação de diversos projetos orgânicos em diferentes países como Vietnã, Equador, EUA, Brasil, dentre outros [41];
- (iii) A redução nas densidades de estocagem, uma vez que as altas densidades se mostraram insustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental, pela elevação do tempo de cultivo e conseqüentemente dos custos de produção, em função do esgotamento do meio ambiente; e
- (iv) A realização do cultivo intensivo em sistema fechado, que prevê recirculação da água e troca zero com o meio ambiente. Esse sistema de cultivo é realizado em terras altas, diminuindo a pressão sobre os ecossistemas costeiros, utiliza áreas relativamente pequenas, necessita de elevada tecnologia de tratamento de efluentes e controle de enfermidades e a produção é razoavelmente maior, quando comparada com os cultivos extensivos e semi-intensivos [42].

5. Conclusões

Por haver uma limitação dos sensores utilizados em função das poucas bandas, principalmente na câmera CCD e MSS, com influência direta na resolução espectral, houve consequentemente uma dificuldade em diferenciar classes com respostas espectrais semelhantes (Manguezal e Mata Atlântica), e neste caso, o melhor resultado obtido foi com a classificação supervisionada. No caso das imagens MSS, ETM+ e CCD, o melhor algoritmo de classificação foi o *Maximum Likelihood Classification*, enquanto que para as imagens TM, o melhor algoritmo de classificação foi o *Minimum Distance Classification*.

Dentre os filtro “passa baixa” testados, obteve-se respostas diferentes para cada sensor utilizado: *Mode Filter* nas cenas MSS, CCD e ETM+ e *Median Filter* nas duas cenas TM.

Em relação à evolução das áreas de mangue no litoral norte do estado de Pernambuco, entre os anos de 1973 e 2005 houve uma redução de 2.052ha. Dos fatores de origem antrópica responsáveis por este cenário, destacam-se o desenvolvimento de atividades agrícolas no litoral, a expansão urbana desordenada, o turismo e a aqüicultura.

Em função do rápido crescimento da carcinicultura brasileira, associada ao histórico de conversão de áreas de manguezal em viveiros de cultivo, esta atividade vem sendo considerada como a grande responsável pela perda de áreas de mangue no Nordeste do Brasil nos últimos anos.

No litoral norte de Pernambuco, entretanto, este cenário não é real, uma vez que a contribuição da aqüicultura na conversão de áreas de mangue em viveiros de cultivo foi de 9,6% do total da área de mangue reduzida, ou seja, 197ha.

Embora, nos últimos anos, vários viveiros tenham sido construídos especificamente para o cultivo de camarão marinho, e efetivamente contribuído na conversão de áreas de mangue, é importante ressaltar que desse valor total uma pequena parcela está associada a antigos viveiros de peixes, que atualmente são utilizados para o cultivo de camarão. Neste caso, evidentemente, não é possível afirmar que a carcinicultura tenha sido a responsável isoladamente pela supressão do manguezal.

Nesse contexto, ao contrário do que se pensava, a aqüicultura não pode ser responsabilizada, pelo menos no litoral norte de Pernambuco, como a principal atividade econômica responsável pela diminuição da superfície de manguezal.

Agradecimentos

Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPG-RPAq/UFRPE).

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Laboratório de Ecologia Marinha da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LEMAR/UFRPE).

Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido da Universidade Federal do Pará (LAIT/UFPA).

Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE).

Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH)

Referências

- [1.] Diegues AC. Comunidades Litorâneas e os Manguezais do Brasil. In: Segundo Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. São Paulo, 1990. p. 1-21.
- [2.] Stevenson NJ. Disused shrimp ponds: options for redevelopment of mangroves. *Coastal Management*. 1997; 25:425–35.
- [3.] Primavera JH. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean & Coastal Management*. 2006. 49:531-545.
- [4.] Saenger PE, Hegerl EJ, Davie JDS. Global status of mangrove ecosystems. Commission on Ecology Papers Number 3, Switzerland: IUCN, 1983. 3 (Suppl. 3):1-88.
- [5.] Spalding M, Blasco F, Field C. World mangrove atlas. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems, 1997 (178pp).
- [6.] Valiela I, Bowen JL, York JK. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience* 2001; 51(10):807–15.
- [7.] Wolanski E, Spagnol S, Thomas S, Moore K, Alongi DM, Trott L, Davidson A. Modelling and visualizing the fate of shrimp pond effluent in a mangrove-fringed tidal creek. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 2000; 50:85–97.
- [8.] McLeod I, Pantus F, Preston N. The use of a geographical information system for land-based aquaculture planning. *Aquaculture Research* 2002. 33:241-250
- [9.] Kjerfve B, Lacerda LD. Mangroves of Brazil. In: Lacerda LD, editor. Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions. Part I -Mangrove Ecosystem Technical Report No. 2. ITTO/ISME, Okinawa, 1993 (272 pp).
- [10.] Schaeffer-Novelli Y. Manguezais brasileiros: região sudeste-sul. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste: Síntese dos Conhecimentos. São Paulo, 1989. p. 78.
- [11.] Lacerda LD, Maia LP, Monteiro LHU, Souza GM, Bezerra LJC, Menezes MOT. Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais. *Ciência hoje* 2006; 39 (229): 24-29.
- [12.] Vannucci M. Os manguezais e nós, 2º ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002 (244 pp).
- [13.] Rocha IP, Rodrigues J, Amorim L. A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da ABCC* 2004; 6 (1):30-36.
- [14.] Guimaraes AS. Carcinicultura Marinha Brasileira: Sustentabilidade, Reflexões Históricas e Situação Atual. Monografia de Especialização (Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2005 (86pp).
- [15.] Cavalcanti LB, Santana MF, Luna JAC. 2004. Atividades de aquíicultura no estado de Pernambuco. In: OCEANOGRAFIA UM CENÁRIO TROPICAL. Recife, 2004. p 749-761.
- [16.] Vallet F, Espinhara da Silva J. Piscicultura extensiva em estuários del nordeste del Brasil. In: Actas del Simposio sobre Acuicultura en America Latina. Montevideo. FAO Fisheries Reports 1974; 59 (1).
- http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/AC866S/AC866S00.htm
- [17.] CPRH. Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco. Recife, 2003 (214pp).
- [18.] Costa E, Sampaio Y. Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão marinho cultivado no Brasil. Recife: UFPE/ABCC, 2003 (19pp.)
- [19.] Secretaria de Recursos Hídricos/SRH. Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Goiana e dos grupos de bacias de pequenos rios litorâneos gl-1 e gl-6. Recife, 2001 (125pp).
- [20.] PCI GEOMATICS. 2004. Geomatica: User Manual. PCI geomatics, Version 9.1, Canada.
- [21.] Global Land Cover Facility <<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>>

- [22.] Lino, MAS. Levantamento das áreas de manguezais do Município de Paulista/PE, através de sensoriamento remoto. Monografia de Especialização (Gestão Ambiental) – Faculdade Frassinetti do Recife, Recife. 2005 (33pp).
- [23.] ESRI. 2001. Using ArcView GIS, New York, 350 pp.
- [24.] INCRA. Relação de projetos de assentamentos do INCRA em Pernambuco. 2000.
- [25.] FUNTEPE. Demonstrativos das áreas de assentamento, por esfera de governo, em Pernambuco. 1995.
- [26.] FUNTEPE. Relação das áreas de assentamento do FUNTEPE, por município. 2000.
- [27.] CONAMA. Resolução nº 312, de 10 de outubro de 2002. Diário Oficial da União 18 de outubro de 2002.
- [28.] Lacerda LD, Marins RV. River damming and changes in mangrove distribution. ISME/Glomis Electronic Journal 2002 ; 2 (1):1-4. <<http://www.glomis.com/ej/pdf/ej03.pdf>>
- [29.] Marins RV, Dias FJS. Alteração na hidroquímica do Estuário do Rio Jaguaribe: descarga ou retenção de sedimentos. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém, 2003. p 480-482.
- [30.] Marins RV, Lacerda LD, Abreu IM, Dias FJS. Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe. Ciência Hoje 2003; 33 (197):666-670.
- [31.] Dantas FAC. A importância dos estuários. In: Segundo Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Recife, 1981. p 197-205.
- [32.] Monteiro, LHU. Estudo das áreas de mangues entre os estados Piauí e Pernambuco com um enfoque para o estado do Ceará nos anos de 1978 e 1999/2004 utilizando sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas e Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, 2005 (120pp).
- [33.] Crepani E, Medeiros JS. Carcinicultura em apicum no litoral do Piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003. p 1541-1548.
- [34.] Constanza R, d'Arge R, Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Naeem S, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin R, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 1997; 387:253-260.
- [35.] Rönnbäck P. Mangroves and Seafood Production: the Ecological Economics of Sustainability. PhD thesis Dept. of Systems Ecology, Stockholms Univ., Stockholm, 2001.
- [36.] Alongi, DM. Present state and future of the world's mangrove forests. Environmental Conservation 2002; 29 (3):331–349.
- [37.] Ong, JE. Mangroves and mariculture. Ambio 1982; 11:252-257.
- [38.] Gan, BK. A Working Plan for the Matang Mangrove Forest Reserve Perak. Perak, Malaysia: State Government of Perak Darul Ridzuan, 1995 (214 pp).
- [39.] Mastaller, M. Resumo da literatura sobre conceitos do uso de áreas do mangue com referência especial para a aqüicultura artesanal. Brasília: IBAMA, 1994 (79pp).
- [40.] Carvalho, RAPLF. Critérios Técnicos Para a Certificação da ABCC. In: Segundo Seminário Internacional Sobre a Indústria do Camarão Cultivado, Natal, 2005. p 61-62.
- [41.] Panorama da Aqüicultura. Aqüicultura Orgânica: um caminho sem volta. Panorama da Aqüicultura 2004; 14 (81):61-65.
- [42.] Menasveta P. Improved Shrimp Growout Systems for Disease Prevention and Environmental Sustainability in Asia. Reviews in Fisheries Science 2002; 10 (3-4):391-402.

REFERÊNCIAS

- ABCC. **Censo da carcinicultura nacional 2004.** Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/TABELAS%20CENSO%20SITE.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2005.
- ALMEIDA, I. C. S. **Delimitação de parques aquícolas para o cultivo da “ostra nativa” *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828) no litoral norte do Estado de Pernambuco – Brasil.** 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.
- ALONGI, D. M. Present state and future of the world’s mangrove forests. *Environmental Conservation*, v. 39, n. 3, p. 331-349, abr. 2002.
- BARBIER, E. & COX, M. Does Economic Development Lead to Mangrove Loss? A Cross-Country Analysis. *Contemporary Economic Policy*, v. 21, issue 4, p. 418-432. 2003.
- BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de set, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 22 set. 2005.
- BRASIL. Lei Estadual nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986. Define como área de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco. 1986. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/frme-index-secao.asp?idsecao=36>>. Acesso em: 22 set. 2005.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: 22 set. 2005.
- BRASIL. Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. 1988. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/pem/legislacao/lei7661_88.htm>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- BRASIL. Decreto nº 750 de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica. 1993. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/750-93.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- BRASIL. Lei Estadual nº 11.206/95, de 31 de março de 1995. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Pernambuco. 1995. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/frme-index-secao.asp?idsecao=36>>. Acesso em: 30 nov. 2005.
- BRASIL. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. 1998. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/9605-98.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- BRYANT, D.; BURKE, L.; MCMANUS, J. W.; SPALDING, M. Reefs at risk. A map-based indicator of potential threats to the World’s coral reefs. New York: WRI, 1998. 56 p. Disponível em: <<http://pdf.wri.org/reefs.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2006.

CAMARGO, L. P.; PELLERIN, J.; PANITZ, C. M. N. Caracterização e classificação do manguezal do rio Ratoões, através das técnicas de sensoriamento remoto e do sistema geográfico de informações (SIG). Ilha de Santa Catarina, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 1521-1530.

CANEPARO, S. C. Análise da dinâmica espacial e dos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica em áreas de manguezais de Paranaguá-Paraná, através de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 561-566.

CARVALHO, M. S. B. S.; SOUZA, M. J. N.; FILHO, M. R. F.; SOARES, A. M. L. Caracterização do uso e ocupação do estuário e entorno do rio Pirangi (CE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1525-1532.

CAVALCANTI, L. B.; SANTANA, M. F. A. & LUNA, J. A. C. Atividades de aqüicultura no estado de Pernambuco. In: OCEANOGRAFIA UM CENÁRIO TROPICAL. Recife. Bagaço, 2004, p.749-761.

CHAVEZ, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, p. 450-479, 1988.

CHUA, T. Sustainable aquaculture and integrated coastal management. In BARDACH, J. E. (ed.), **Sustainable aquaculture**. New York: John Wiley and Sons, 1997. p.177-99.

COELHO JÚNIOR, C. Impactos da carcinocultura sobre os estuários e o ecossistema manguezal. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL - PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES DA CARCINOCULTURA ESTUARINA NO ESTADO DE PERNAMBUCO, 2000. Recife: Bagaço, 2000, p.58-73.

COELHO, P. A.; TORRES, M. F. A. Áreas estuarinas de Pernambuco. *Trabalhos Oceanográficos*, Recife, v. 17, p. 67-80, 1982.

CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de maio de 2002.

CONAMA. Resolução nº 312, de 10 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de outubro de 2002.

CONAMA. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 de março de 2006.

CPRH. Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco. Recife, 2003, 214p.

CRACKNELL, A.P. Remote Sensing Techniques in Estuaries and Coastal Zones – An Update. *International Journal of Remote Sensing*, v. 19, n. 3, p. 485-496. 1999.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Carcinocultura em apicum no litoral do Piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1541-1548.

CUNHA-LIGNON, M. Dinâmica do manguezal no sistema Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo-Brasil. 2001. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Oceanografia Biológica) – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2001.

DAHDOUH-GUEBAS, F. The use of remote sensing and gis in the sustainable management of tropical coastal ecosystems. *Environment, Development and Sustainable*. n. 4, p. 93-112, jul. 2002.

DANTAS, F. A. C. A importância dos estuários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 2., 1981, Recife. **Anais...** Recife: Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco, 1981. p. 197-205.

DGI/INPE. **O satélite LANDSAT.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm>>. Acesso em: 2 abr. 2005.

DIEGUES, A. C. Alternativas de desenvolvimento em ecossistemas estuarinos. In: SEMINÁRIO ALTERNATIVAS DE DESENVOLVIMENTO: PESCA, COLETA, E CULTIVO, 1976, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Economia e Planejamento. 1976. v. 1, p. 229-238.

DIEGUES, A. C. Comunidades Litorâneas e os Manguezais do Brasil. In: SIMPÓSIO ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, 2, 1990. **Anais...** ACIESP, 1990. p. 1-21

DIEHL, F. P. Legislação sobre aquíicultura estuarina. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL - PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES DA CARCINOCULTURA ESTUARINA NO ESTADO DE PERNAMBUCO, 2000. Recife: Bagaço, 2000, p.123-129.

DOTÉ SÁ, T. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental en la Carcinicultura de la Área de Entorno del Estero del Bajo Jaguaribe, Ceará - Brasil.** 2003. 205f. Tese (Doutorado em Planificação Territorial e Desenvolvimento Regional) - Universidade de Barcelona, Barcelona-Espanha. 2005.

EMBRAPA. **Principais satélites utilizados em agricultura e meio ambiente-LANDSAT.** Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/texto/princ.html>>. Acesso em: 2 abr. 2005.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FOELL, J.; HARRISON, E.; STIRRAT, R. L. Participatory Approaches to Natural Resource Management: The case of coastal zone management in the puttalam district. Participatory mechanisms for sustainable development of coastal ecosystems, Brighton-UK, 1999.

FONSECA, L.M.G.; LOPES, E.S.S.; YAMAGUCHI, F.Y.; VINHAS, L. **Processamento Digital de Imagens.** Apostila digital do INPE. 2000. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 20 abr. 2004.

FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem LANDSAT. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 127-136. 2003.

FRANZINELLI, E. Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Pará, Brazil. In : M. T. Prost, (Ed.) *Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire*. Paris: ORSTOM, Paris, 1992. p. 203-230.

FREIRE, G. S. S.; OLIVEIRA, A. M. E. Mangroves of northeastern Brazil. Pp. 14-15. In: Lacerda, L. D. & Field, C. D. (Eds). *Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions*. Okinawa: International Tropical Timber Organization/International Society for Mangrove Ecosystems (ITTO/ISME). 1993. 28p.

FROIDEFOND, J. M.; SORIANO-SIERRA, E. J. Sensoriamento remoto sobre ecossistemas de manguezal da ilha de Santa Catarina, Brasil. I: Adequação técnica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996. Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 157-163.

FUNTEPE. Demonstrativos das áreas de assentamento, por esfera de governo, em Pernambuco. Out. 1995

FUNTEPE. Relação das áreas de assentamento do FUNTEPE, por município, 2000.

GERARDI, D. F. M.; CARVALHO, M. A utilização de imagens orbitais para a conservação e gestão ambiental da zona costeira. In: SOUZA, R. B. **Oceanografia por satélites**. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. cap.17, p.259-274.

Global Land Cover Facility <<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>>.

GONÇALVES, F. D. **Utilização de dados de Sensores Remotos para o Mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo na Baía de Guajará, Belém-PA**. 2005. 162f. Dissertação (Mestrado em Ciências área de Geologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 2005.

GOWDA, H. H.; GANESHA RAJ, K.; PADMAVATHY, A. S.; MANIKIAN, B. Multidate satellite data for study of dynamic of coastal landforms of Uttara Kannada, South India. *International Journal of Remote Sensing*, v. 16, n. 25, p. 39–53. 1995.

GREEN, E. P.; CLARK, C. D.; MUMBY, P. J.; EDWARDS, A. J. & ELLIS, A. C. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *Internacional Journal of Remote Sensing*, v. 19, n. 5, 1998. p. 935-956.

GUIMARÃES, A. S. **Carcinicultura Marinha Brasileira: Sustentabilidade, Reflexões Históricas e Situação Atual**. 2005. 86p. Monografia de Especialização (Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco-Brasil. 2005.

HERZ, R.; JASKOW, A. Remote sensing of mangrove áreas on the Brazilian coast. In: SYMPOSIUM ON COASTAL AND OCEAN MANAGEMENT, 4., Baltimore. **Anais...** Baltimore, 1985. p. 1382-1389.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. São Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1991. 227 p.

IBAMA. Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Estado de Pernambuco. 1998.
IBGE. Censo Demográfico (Pernambuco). Rio de Janeiro, 1972. Recenseamento Geral do Brasil – 1970, Série Regional, v.I, t. X.

IBGE. Censo Demográfico: dados distritais (Pernambuco). Rio de Janeiro, 1982. Recenseamento Geral do Brasil – 1980, v.I, t. 3, n.10.

IBGE. Censo Demográfico (Pernambuco). Rio de Janeiro, 1991. Recenseamento Geral do Brasil – 1991, n 14.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em:
< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31&uf=26>>. Acesso em: 5 dez. 2006.

INCRA. Relação de projetos de assentamentos do INCRA em Pernambuco. Maio 2000.

INPE. **CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite)**. Disponível em:
<<http://www.cbears.inpe.br/pt/programas>>. Acesso em: 2 abr. 2005.

JENSEN, J.R. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective second edition. Series in Geographic Information Science, New Jersey, Prentice Hall, p. 318, 1996.

KAMPEL, M.; AMARAL, S.; SOARES, M. L. G. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 979-986.

KJERFVE, B; LACERDA, L. D. Mangroves of Brazil. In: LACERDA, L. D (Ed.): Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions. Part I -Mangrove Ecosystem Technical Report 2. Okinawa: ITTO/ISME, 1993. p. 245-272.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M. E.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T. M.; and MOCHEL, F. R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In MUDDY COASTS OF THE WORLD: PROCESSES, DEPOSITS AND FUNCTIONS. 2002. Amsterdam (T. R. Healy, Y. Wang, & J-A. Healy, ed.). Elsevier, N.Y., p. 479-532. 2002.

LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; BEZERRA, L. J. C.; MENEZES, M. O. T. Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais. *Ciência hoje*, v. 39, n. 229, p. 24-29, ago. 2006.

LIMA, T. & QUINAMO, T. Características Sócio-econômicas. In: GERENCIAMENTO PARTICIPATIVO DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS. Editores: Henrique Monteiro de Barros, Silvio José de Macedo, Enide Eskinazi Leça e Tânia Lima. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. p.181-225

LINO, M. A. S. Levantamento das áreas de manguezais do Município de Paulista/PE, através de sensoriamento remoto. 2005. 33f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Faculdade Frassinetti do Recife, Recife, 2005.

LUCAS, R. M.; MITCHELL, A. L. & SAATCHI, S. Remote Sensing of Mangrove Dynamics: The Importance of Baseline dataset. 2004.

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, No 003, 46-48.

MACHADO, H. M.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; ZULLO Jr., J. Estudo da variação de parâmetros atmosféricos necessários para correção atmosférica de imagens de satélite. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2537-2539

MADRUCCI, V. **Avaliação dos produtos integrados TM-LANDSAT, RADARSAT e gamaespectrométricos na caracterização tectônica e mapeamento geológico de área mineralizada em ouro na região de Alta Floresta-MT.** 1999. 179f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.

MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC. Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado: seguimento de mercado. MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC: Brasília, 2001, 276p.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. 2002. **Princípios de oceanografia física de estuários.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 414p.

MMA. Estatística da Pesca 2003, Brasil: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília 2004.

MOBERG, F & RONNBACK, P. Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean & Coastal Management*, v. 46, p. 27-46. 2003.

MONTEIRO, L. H. U. Estudo das áreas de mangues entre os estados Piauí e Pernambuco com um enfoque para o estado do Ceará nos anos de 1978 e 1999/2004 utilizando sensoriamento remoto. 2005. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas e Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, 2005.

MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; MAIA, L. P.; SILVA, L. F. F.; LACERDA, L. D. **Evolução das áreas de manguezal do litoral nordeste brasileiro entre 1978 e 2004.** Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/download/Evolu%E7%E3o%20da%20%E1reas%20de%20Manguezal.pdf>>. Acesso: 28 set. 2006.

NBR 6023. 2002. Disponível em: <http://www.univap.br/cultura/abnt.htm>. Acesso: 28 set. 2006.

- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blüch, 1992. 308 p.
- ONG, J. E. Mangroves and mariculture. *Ambio*, v. 11, p. 252-257, 1982.
- ONG, J. E. The ecology of mangrove conservation and management. *Hydrobiologia*, n. 295, p. 343–351, 1995.
- PAIVA, M. P. **Recursos Pesqueiros e Estuarinos do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 1997.
- PCI GEOMATICS. **Geomatica OrthoEngine: User Manual**, version 9.1. Canadá: PCI Geomatics, 2003.
- PCI GEOMATICS. **Geomatica: User Manual**, version 9.1. Canadá: PCI Geomatics, 2004.
- PRIMAVERA, J.H. A critical review on shrimp pond culture in the Phillipines. *Reviews in Fisheries Sciences*, v. 1, n. 2, 1993. p. 151-201.
- PRIMAVERA, J. H. Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research*, v. 28, p. 815–827. 1997.
- PRIMAVERA, J. H. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean & Coastal Management*. v. 49, p. 531-545. 2006.
- RANGEL, M. E. S.; KUX, H. J. H.; SANTOS, J. R.; FEITOSA, A. C. Sensoriamento Remoto e GIS na Análise de Modificações da Paisagem em Manguezais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 1721-1733.
- REBELO-MOCHEL, F. Mangroves on São Luís Island, Maranhão Brazil. In: KJERFVE, B. et al. (Ed.) *Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa*, Paris: UNESCO, 1997. p. 145-154.
- RICHARDS, J. A. *Remote sensing digital image analysis, an introduction*. New South Wales. Springer-Verlag, p. 340. 1993.
- ROCHA, I. P. Desafios da Carcinicultura Brasileira. In: *Simpósio Brasileiro Sobre Cultivo de Camarão*, 6, 2004. Natal. **Resumo das Palestras...**Natal, p.27. 2005.
- ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha, uma nova realidade para o fortalecimento do setor primário do nordeste brasileiro. *Revista da ABCC*, Recife, ano 2, n. 3, p. 32-36, dez. 2000.
- ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J. As estatísticas da carcinicultura brasileira em 2001. *Revista da ABCC*, Recife, ano 4, n. 1, p. 39-42, abr. 2002.
- ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J. A carcinicultura brasileira em 2002. *Revista da ABCC*, Recife, ano 5, n. 1, p. 30-45, mar. 2003.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J. & AMORIM, L. A carcinicultura brasileira em 2003. Revista da ABCC, Recife, ano 6, n. 1, p. 30-36, mar. 2004.

ROCHA, I. P. & RODRIGUES, J. O Agronegócio do Camarão Cultivado em 2003. ABCC: Recife, 19p. 2004.

ROGÉRIO, A. P. C. ; AMARO, V. E.; VITAL, H. Caracterização do uso e ocupação do solo da região estuarina de Areia Branca/RN, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto multitemporais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3277-3284.

RONNBACK, P. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics*, v. 29, p. 235-52. 1999.

SAENGER, P. E.; HEGERL, E. J.; DAVIE, J. D. S. Global status of mangrove ecosystems. *Commission on Ecology papers*, n.3, Switzerland: IUCN, 1983:3 (Suppl. 3). 1-88.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Ecologia dos manguezais. In: ESTUÁRIOS – SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO, 1984, Recife. **Relatório...** Recife: UFRPE, 1984. p. 55-57.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico. USP. São Paulo*, v. 3 p. 1-16. 1989.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais brasileiros: região sudeste-sul. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS DA COSTA SUL E SUDESTE: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS. 1989. São Paulo: ACIESP, 1989. p.78.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CITRON-MOLERO, G.; ADAIMA, R.R. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries*, v. 13, p. 204-218. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar.** São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 63 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CITRÓN-MOLERO, G. Brazilian mangroves: a historical ecology. *Jornal Ciência e Cultura*, v.51, p. 274-286. 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Avaliação e Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. 1999 Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/workshop/costa/mangue/relatorio>> Acesso em: 22 dez. 2004.

Secretaria de Recursos Hídricos/SRH. Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Goiana e dos grupos de bacias de pequenos rios litorâneos gl-1 e gl-6. Recife. 2001. 125p.

SILVA, D. R. V.; AMARO, V. E.; SOUZA, F. E. S.; SOUTO, M. V. S.; ARAÚJO, A. B.; SOUZA, A. S.; LIMA, F. B.; MELO, B. S.; FERREIRA, A. T. S.; ROGÉRIO, A. P. C. Uso de imagens IKONOS de alta resolução como base para o mapeamento temático em escala 1:10.000 do sistema estuarino Apodi-Mossoró e seus entornos no litoral setentrional do Rio

Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3395-3401.

SOUZA, C. F.; AMARO, V. E.; CASTRO, A. F. Sistema de Informação Geográfica para o monitoramento ambiental de regiões costeiras e estuarinas do Estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2383-2388.

SOUZA-FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 4, p. 427-435. 2005

SOUZA-FILHO, P. W. M. & PARADELLA, W.R., W.R. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. *Wetlands Ecology and Management*, v. 10, n. 2, p. 123-132. 2002.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 75, n. 3, p. 341-356. 2003.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; MARTINS, E. S. F.; COSTA, F. R. Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian. *Ocean & Coastal Management*, v. 49, p. 462-475. 2006

SPALDING, M.; BLASCO, F.; FIELD, C. **World mangrove atlas**. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems. 1997. 178 p.

SPERB, R. M. A conceptual framework for integrated coastal zone management in the state of Santa Catarina – Brazil. Delft – The Netherlands, 1996.

SPERB, R. M.; ASMUS, M. L. O papel dos sistemas de informação ambiental no gerenciamento costeiro integrado de recursos costeiros. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 11., 1998, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande: p. 92-94. 1998.

SWAMINATHAN, M. S. Human influence and evolution of demography in the coastal zone. In: INTERREGIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE COMAR, 1991, Paris. **Proceedings...** Paris: UNESCO, 1991. p. 17-37.

THEVAND, A.; GOND, V. Uso do sensoriamento remoto óptico para a compreensão da dinâmica dos manguezais no contexto amazônico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3387-3394.

TOUTIN, T. Multi-source data fusion with an integrated and unified geometric modelling. *EARSeL Journal –Advances in Remote Sensing*, v. 4, n. 2, p. 118-129, 1995.

TWILLEY, R. R.; SNEDAKER, S. C.; YA*NEZ-ARANCIBIA, A.; MEDINA, E. Biodiversity and ecosystem functioning: ecosystem analysis. Mangrove systems. In:

HEYWOOD VH, editor. Global biodiversity assessment, UNEP. Cambridge:Cambridge University Press, 1995. p. 387–92.

UNCED. Protection of the oceans, all kinds of seas, including semi-enclosed seas, and coastal areas. **Agenda 21**. Adopted in Rio de Janeiro, June 14, 1992.

UTHOFF, D. From traditional use to total destruction-forms and extent of economic utilization in the Southeast Asian mangroves. *Natural resources and development*, Tübingen, v. 43/44, p. 58-94, 1996.

VALIELA I, BOWEN JL, YORK JK. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*. v. 51 (10), p. 807-815. 2001.

VALLET, F. & ESPINHARA DA SILVA, J. Piscicultura extensiva em estuários del nordeste del Brasil. In: ACTAS DEL SIMPOSIO SOBRE ACUICULTURA EN AMERICA LATINA. 1974. Montevideo, nov-dic. 1974. FAO Fisheries Reports, n. 59, v.1. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/AC866S/AC866S00.htm> Acesso em: 11 ago. 2005.

VANNUCCI, M. Os manguezais e nós. 2º edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 244 p.

VRIELING, A. & VAN DER SANDEN, J. Satellite remote sensing for monitoring coastline dynamics of the Canadian Beaufort sea coast. *Canada Center for Remote Sensing*, 31 p. 2000.

World Resources Institute. **World Resources 1996–97** (WRI, UNEP, UNDP, World Bank). Oxford: Oxford University Press, 1996. 365 p.

YANG, X.; DAMEN, M. C. J.; VAN ZUIDAM, R. A. Use of thematic mapper imagery with geographic information system for geomorphologic mapping in a large deltaic lowland environment. *International Journal of Remote Sensing*. v. 20, n. 6, p. 59-81. 1999.

APÊNDICES

Apêndice A: Técnicas de Processamento Digital de Imagens

Uma variedade de técnicas de processamento digital de imagens de sensores remotos tem sido aplicada em estudos de áreas de manguezal. A seguir, apresentamos uma breve descrição das principais técnicas utilizadas neste Trabalho.

Correção Atmosférica

O objetivo das técnicas de correção atmosférica é reduzir o efeito da interferência da atmosfera sobre os valores de nível de cinza registrados em cada cena (NOVO, 1992). Os constituintes atmosféricos (gases e aerossóis) afetam a resposta dos alvos que são registrados por sensores remotos. Essa interferência pode ser por absorção atmosférica, que subtrai valores de brilho (níveis de cinza) na imagem, ou ainda por espalhamento, que adiciona valores de brilho a imagem (SONG et al., 2001, *apud* MACHADO et al., 2003)

Nesta Dissertação, para se eliminar o efeito atmosférico, foram examinados os níveis de cinza presentes nas imagens. Assim, os valores dos efeitos atmosféricos da análise dos níveis digitais em cada banda foram subtraídos, utilizando o método de subtração do pixel escuro, de acordo com Chavez (1988). Tal procedimento foi aplicado usando a função ARICONST (*Constant Arithmetic*) disponível no módulo *GeomaticaFocus* do programa PCI Geomática V.9.1 (PCI GEOMATICS, 2004).

Correção Geométrica

As imagens geradas por sensores remotos possuem vários tipos de distorções geométricas que podem ser causadas por fatores relacionados com a curvatura da Terra, geometria de

imageamento, relevo ou variações de posicionamento durante o processo de aquisição dos dados (TOUTIN, 1995). O objetivo da correção geométrica é minimizar essas distorções e georeferenciar as imagens, utilizando uma projeção cartográfica adequada, assegurando a correspondência de que um ponto na imagem seja realmente a representação do mesmo ponto no terreno, conferindo ao produto precisão cartográfica (MADRUCCI, 1999). Assim, dois aspectos que justificam amplamente a realização da correção geométrica, estão relacionados com estudos multitemporais e com a integração digital de dados multisensores, onde a exatidão da correção geométrica é imprescindível para um bom resultado (GONÇALVES, 2005).

Os métodos mais comuns de correção geométrica são baseados em modelos matemáticos paramétricos e polinomiais. Os métodos de correção geométrica que utilizam modelos paramétricos, também chamados de ortorretificação, utilizam GCPs (*Ground Control Points*) e um modelo digital de elevação. Já os modelos polinomiais corrigem as distorções apenas nas proximidades dos GCPs e não consideram a elevação do terreno e as distorções introduzidas durante a aquisição da imagem, o que limita sua utilização às áreas pequenas e planas (TOUTIN, 1995).

O método usado para corrigir as imagens no presente trabalho foi a correção geométrica por modelos polinomiais, a partir de GCPs obtidos de uma imagem LANDSAT-7*, disponibilizada pelo projeto Global Land Cover Facility (GLCF), já ortorretificada, a fim de minimizar os erros da correção geométrica. Para isso, foi usado o módulo *Ortho Engine* do

* LANDSAT-7/ETM+ - órbita/ponto: 214/65 e data de passagem: 04/08/2001

programa PCI Geomática V.9.1 (PCI GEOMATICS, 2004), com acurácia média de aproximadamente 2/3 de *pixel*.

Realce

O realce melhora a capacidade de discriminação da imagem. A manipulação do contraste consiste na modificação da forma do histograma responsável pela distribuição dos níveis de cinza, em relação à frequência de ocorrência de *pixels* para cada valor digital entre 0 e 255 (NOVO, 1992).

Uma maneira de melhorar o contraste da imagem é aumentar a abrangência do seu intervalo dinâmico, o que pode ser feito empiricamente pela manipulação do seu histograma, com a ampliação dos valores de níveis de cinza representativos da cena para o intervalo total da escala de níveis de cinza (JENSEN, 1996).

Para as imagens desse Trabalho foram usados realces *Adaptive* por manipulação de histograma, empregando o módulo *Geomatica Focus* do programa PCI Geomática V.9.1 (PCI GEOMATICS, 2004). Os realces foram, então, aplicados nas diferentes bandas, através da função *Edit LUT* disponível no programa.

Mosaico

Nem sempre a área a ser estudada está inserida em uma única imagem. Algumas vezes, mais de uma imagem são necessárias para cobrir a área desejada. Isso varia de sensor para sensor, em função de sua faixa imageada, e, quando ocorre, é necessário fazer um mosaico de imagens.

“Mosaicar” é unir duas ou mais imagens por sobreposição de forma uniforme. Para que o mosaico se pareça realmente com uma imagem e não com uma colagem de imagens, é importante que estas estejam bem ajustadas entre si. É possível alcançar excelentes resultados ortorretificando as imagens e usando um modelo de matemática rigoroso, não só para assegurar melhores ajustes nas imagens individuais, mas para todas as imagens unidas como um todo (PCI GEOMATICS, 2003).

Neste Trabalho, apenas as imagens CCD foram mosaicadas, uma vez que a área de estudo, com este sensor, é coberta por duas cenas: órbita/ponto146/108 e 146/109. O mosaico foi realizado no módulo *Ortho Engine* utilizando a função *Mosaic* (PCI GEOMATICS, 2004).

Classificação

A classificação consiste em individualizar alvos na imagem, a partir de seu agrupamento por similaridade espectral. As técnicas de classificação são divididas em unidimensional, quando é aplicada apenas a um canal espectral, e multiespectral, quando a classificação é realizada em vários canais espectrais (NOVO, 1992).

As técnicas de classificação multiespectral podem ser divididas em três grandes conjuntos: técnicas de classificação supervisionada, técnicas de classificação não-supervisionada e classificação híbrida (NOVO, op. cit.). Neste Trabalho, testou-se apenas a técnica de classificação multiespectral supervisionada e a não supervisionada.

Na classificação supervisionada, o usuário define áreas de treinamento em função de seu conhecimento prévio sobre a região em estudo, que são representativas das principais unidades de

paisagem e que servirão para modelar a assinatura espectral dos diferentes usos e coberturas do solo. Este procedimento gera parâmetros estatísticos que vão servir como critério de decisão para determinar a que tema determinado *pixel* pertence, utilizando para isso algoritmos de classificação (FONSECA et al., 2000). Já na classificação não-supervisionada, o computador classifica a imagem utilizando um algoritmo, baseado no agrupamento de pixels que apresentam respostas espectrais semelhantes no espaço de atributos das bandas utilizadas (JENSEN, 1996).

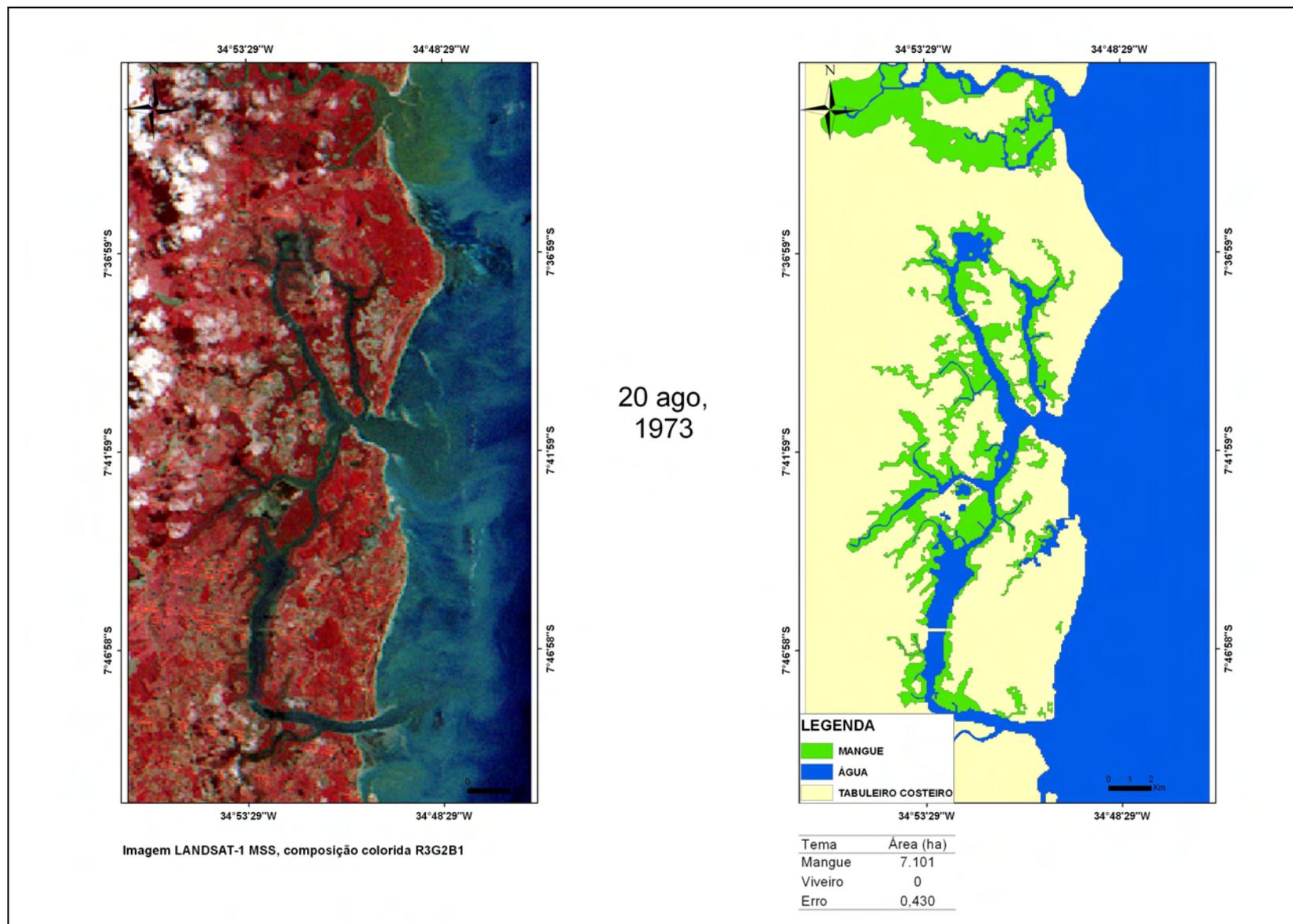
Nas imagens utilizadas o melhor resultado obtido foi com a classificação supervisionada. No caso das imagens MSS, ETM+ e CCD, o melhor algoritmo de classificação foi o *Maximum Likelihood Classification*, enquanto que para as imagens TM, o melhor algoritmo de classificação foi o *Minimum Distance Classification*.

Filtro

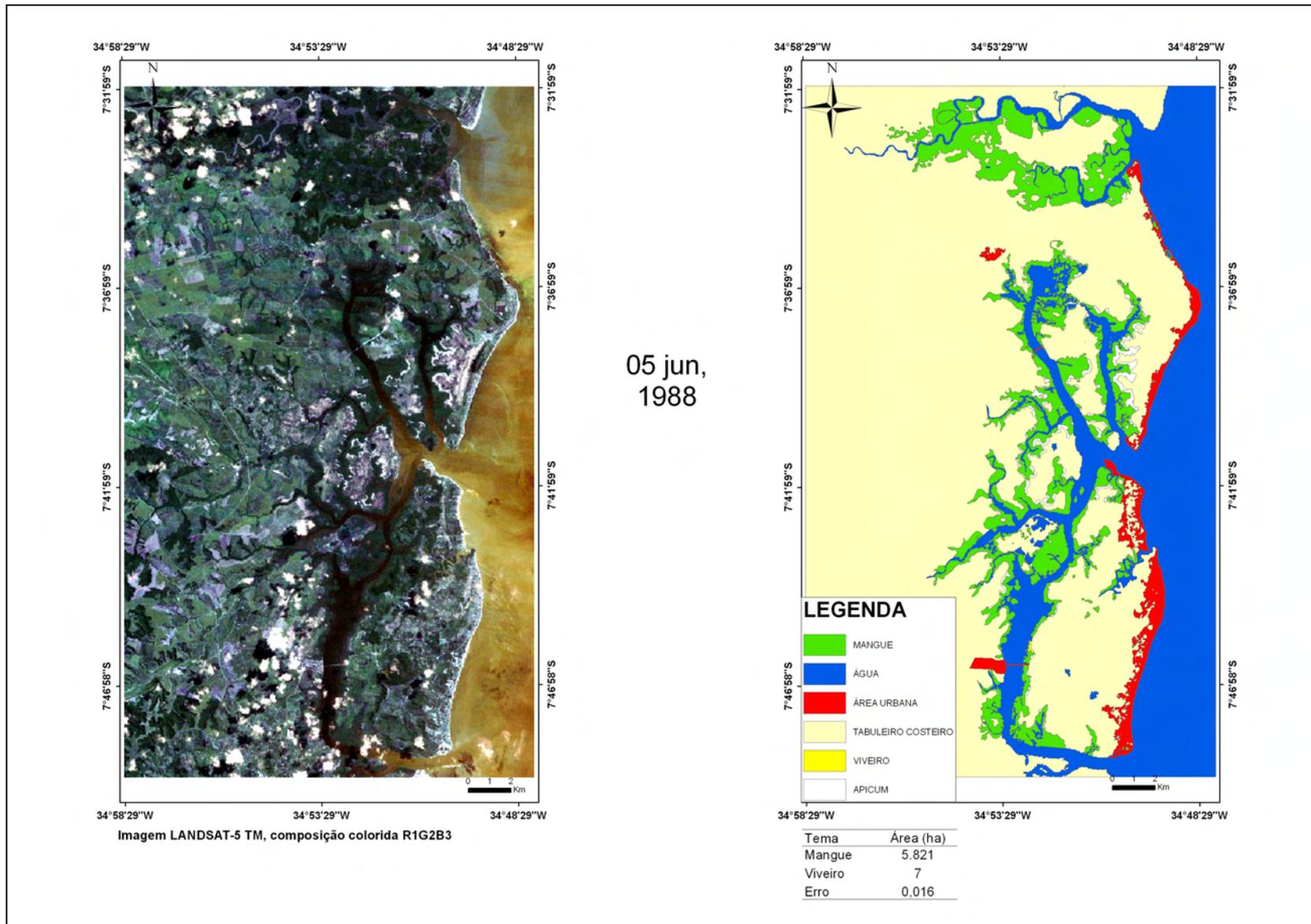
Consiste na transformação da imagem *pixel a pixel*, a qual não depende apenas do nível de cinza de um determinado *pixel*, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos, na imagem original (CREPANI & MEDEIROS, 2003).

O módulo *Geomatica Focus* do programa PCI Geomática V.9.1 (PCI GEOMATICS, 2004) apresenta dois tipos de filtro: *High Pass Filters* e *Low Pass Filters*. O primeiro filtra informações de alta frequência, como detalhes das feições de borda ou mudanças no nível de cinza abruptas, enquanto que o segundo, filtra informações de baixa frequência, como ruídos ou mudanças no nível de cinza graduais. Apenas o *Low Pass Filters* foi utilizado nesta Dissertação.

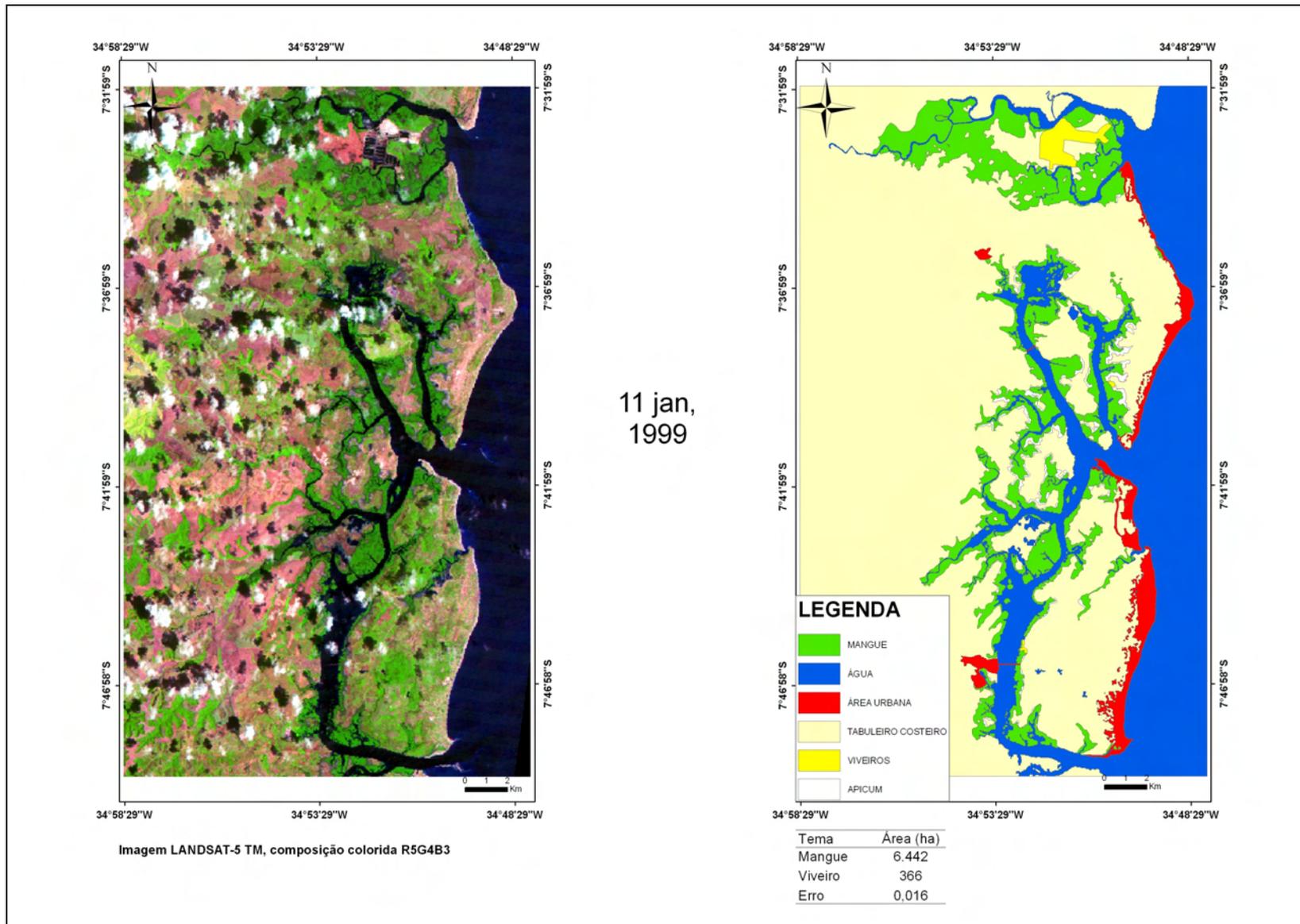
Apêndice B: Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1973.



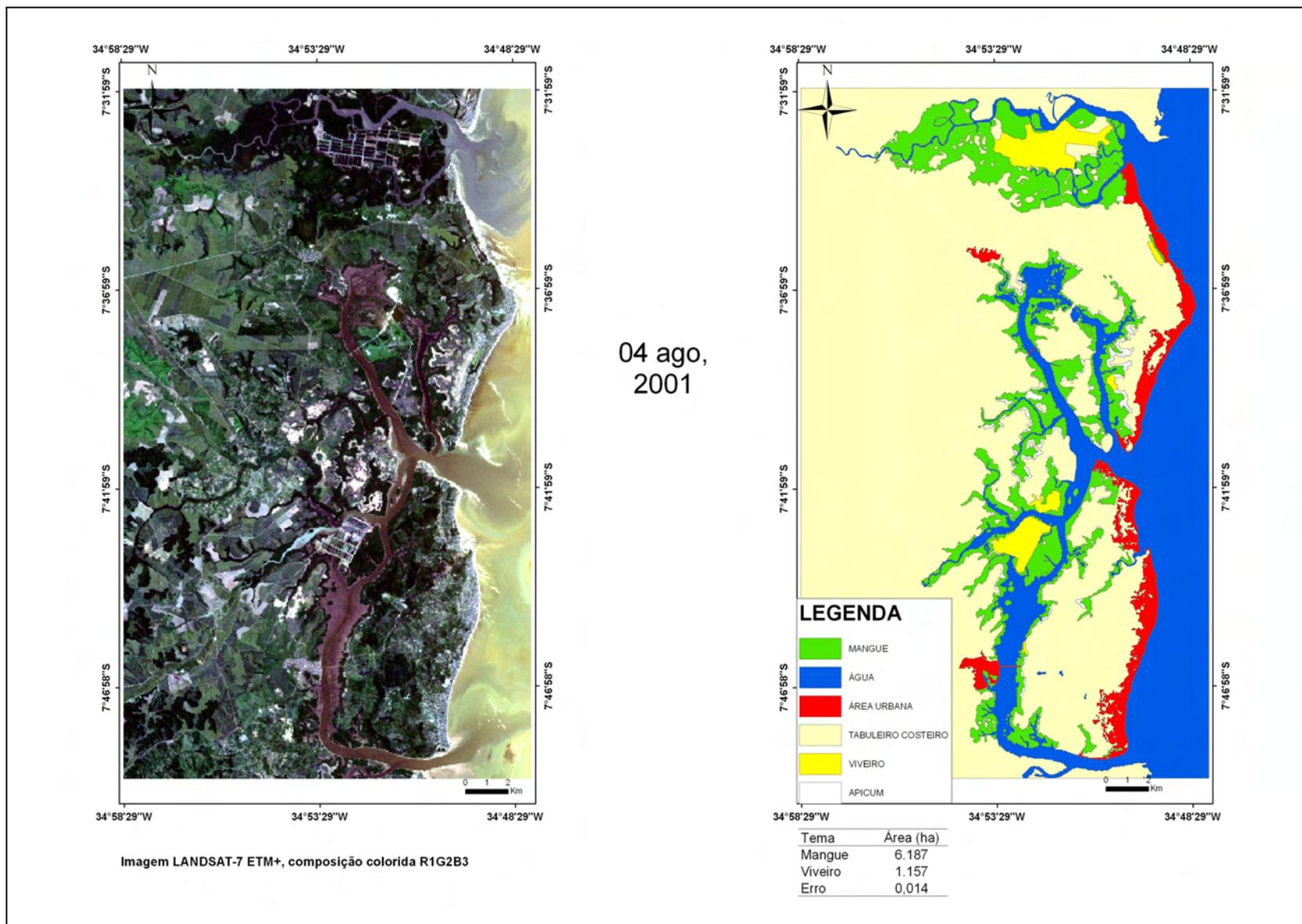
Apêndice C: Mapeamento dos mangues e viveiros de aquíicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1988.



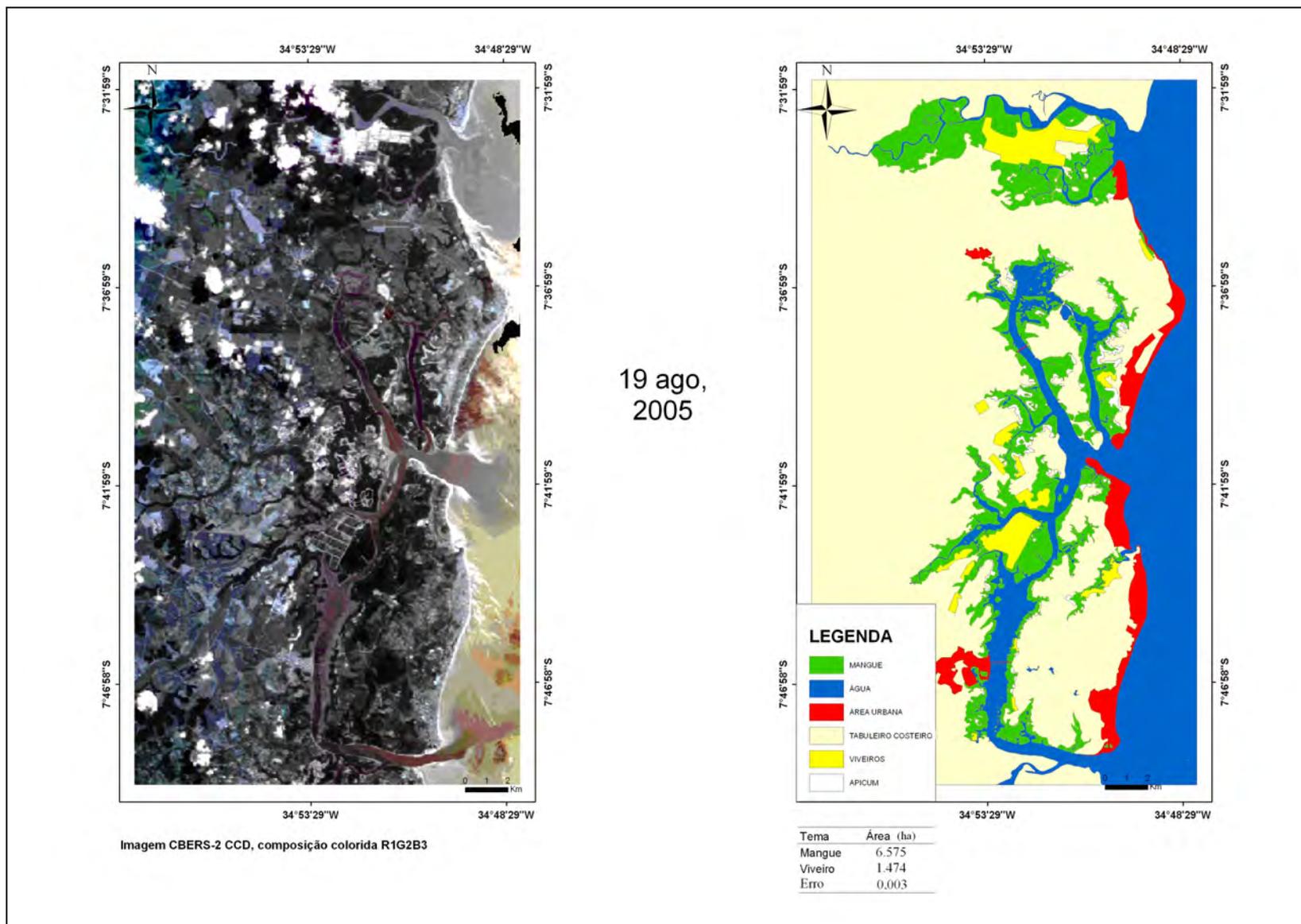
Apêndice D: Mapeamento dos mangues e viveiros de aquícultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 1999.



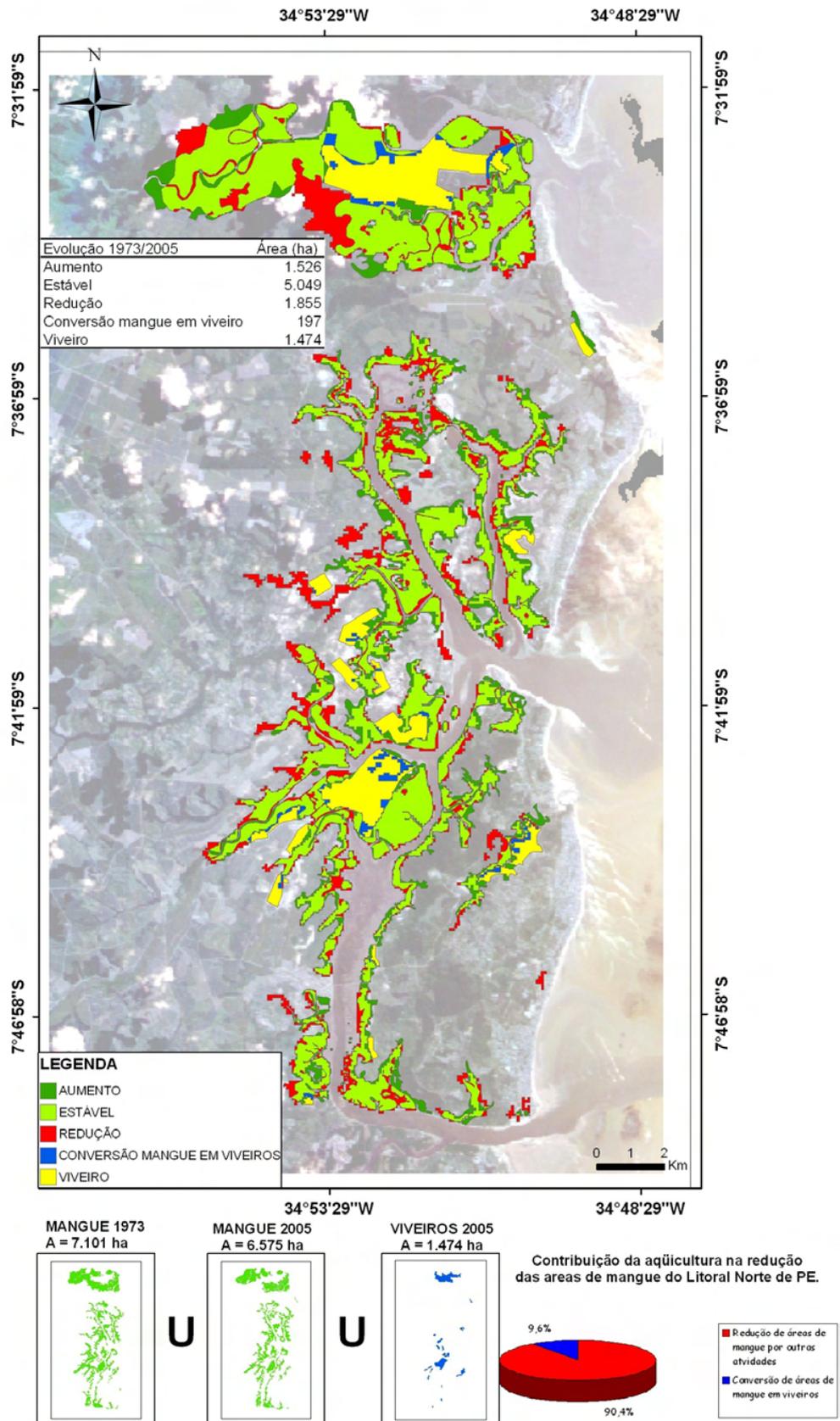
Apêndice E: Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2001.



Apêndice F: Mapeamento dos mangues e viveiros de aqüicultura do litoral norte de Pernambuco, no ano de 2005.



Apêndice G: Evolução temporal das áreas de mangue e viveiros de aquicultura do litoral norte de Pernambuco, entre os anos de 1973 e 2005.



ANEXOS

Anexo A: Normas de publicação da Revista Ocean & Coastal Management



OCEAN & COASTAL MANAGEMENT



Guide for Authors

Submission of papers Ocean & Coastal Management

Uses an online, electronic submission system. By accessing the website <http://ees.elsevier.com/ocma> you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. When submitting a manuscript to Elsevier Editorial System, authors need to provide an electronic version of their manuscript. For this purpose original source files, not PDF files, are preferred. The author should specify a category designation for the manuscript (full length article, review article, short communication, etc.) and choose a set of classifications from the prescribed list provided online. Authors may send queries concerning the submission process to the Author Support Department at AuthorSupport@elsevier.com. Once the submission files are uploaded, the system automatically generates an electronic (PDF) manuscript, which is then used for reviewing. All correspondence, including the Editor's decision and request for revisions, will be by e-mail.

All papers should be written in English and will be independently refereed. Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the Publisher.

Types of contributions

Research papers; Review articles; Book reviews; Reports of conferences and meetings; Commentaries; Letters to the Editors; Recent developments in ocean and coastal management; Capacity-building papers (see Chircop A., Introduction to capacity-building section. *Ocean and Coastal Management* 1998: 38:7-68 for more information on contributions related to capacity building).

Manuscript Preparation

General:

Preparation of Texts

We accept most word processing formats for accepted articles, but Word, WordPerfect or LaTeX is preferred. Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety. Save your files using the default extension of the program used. No changes to the accepted version are permissible without the explicit approval of the Editor. It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed 'graphically designed' equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (also see the Author Gateway's Quickguide: <http://authors.elsevier.com>). Do not import the figures into the text file, but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. Also see the section on Preparation of electronic illustrations.

LaTeX documents

If the LaTeX file is suitable, proofs will be produced without rekeying the text. The article should preferably be written using Elsevier's document class "elsart", or alternatively the standard document class "article". The Elsevier LaTeX package (including detailed instructions for LaTeX preparation) can be obtained from the Author Gateway's Quickguide: <http://www.elsevier.com/locate/latex>. It consists of the files: elsart.cls, guidelines for users of elsart, a template file for quick start and the instruction booklet "Preparing articles with LaTeX".

Paper Length: Generally the size of the manuscripts should not exceed 10,000 words, or about 20 printed pages, inclusive of all figures, tables, and appendices.

Abstract: An abstract of 50-100 words should be supplied.

Text: Follow this order when typing manuscripts: Title (10 words is the desired maximum length); Authors, Affiliations, Abstract, Keywords, Main text (*Introduction* to explain the background work, the practical applications and the nature and validation of the techniques described; *Conclusion* to indicate the significant contribution of the manuscript with its limitations, advantages and applications), Acknowledgements, Appendix, References, Figure Captions and Tables. Do not import the Figures of Tables into your text. The corresponding author should be identified with an asterisk and footnote. All other footnotes (except for table footnotes) should be identified by superscript Arabic numbers.

Units: The International System of Units (SI) should be used for all scientific and laboratory data; if it is necessary to quote other units, these should be added in parentheses.

Temperatures should be given in degree Celsius. The unit 'billion' (10⁹ in America, 10¹² in Europe) is ambiguous and must not be used.

References: All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. In the text refer to references by a number in square brackets on the line (e.g. Since Foster [1], and the full reference should be given in a numerical list at the end of the paper.

References should be given in the following form:

[1.] Foster S, Barr, B. You can bank on it: the marine sanctuary program branches out to new England with Stellwagen Bank designation. *Marine Sanctuary* 1993; 1 (1):9-11

[2.] Recchia C, Saint-Laurent C, Hackman A. A World Wildlife Fund's endangered spaces campaign; focus on marine protected areas. In: Shackell NL, Willison JHM, editors. *Proceedings of the Second International Conference on the Science and Management of Protected Areas*, Halifax, Canada, 1995. p 220-226

[3.] Beresford AKC, Dobson HW. *Lloyd's maritime atlas*, 17th ed. London: Lloyds's of London Press, 1993 (154 pp).

[4.] Westaway MT. The petroleum industry and the protection of the North Sea environment. In: Newman PJ, Agg AR. *Environmental protection of the North Sea*. Oxford: Heinemann Professional Publishing, 1988. p.456-480

[5.] DeGroot EG. Ecological profile of macrophytes and macroalgae with special reference to the Venice Lagoon, Report T855.00. Delft Hydraulics, 1992.

Illustrations: All illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Photographs, charts and diagrams are all to be referred to as "Figure(s)" and should be numbered consecutively in the order to which they are referred. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. All illustrations should be clearly marked on the back with the figure number and the author's name. All figures are to have a caption. Captions should be grouped together using a separate sheet.

Line drawings: Good quality printouts on white paper produced in black ink are required. All lettering, graph lines and points on graphs should be sufficiently large and bold to permit reproduction when the diagram has been reduced to a size suitable for inclusion in the journal. Dye-line prints or photocopies are not suitable for reproduction. Do not use any type of shading on computer-generated illustrations.

Colour: Submit colour illustrations as original photographs, high-quality computer prints or transparencies, close to the size expected in publication, or as 35 mm slides. Polaroid colour prints are *not* suitable. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted

article. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://authors.elsevier.com/artwork>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting colour figures to ?grey scale? (for the printed version should you not opt for colour in print) please submit in addition usable black and white prints corresponding to all the colour illustrations.

Tables: Tables should be numbered consecutively and given a suitable caption and each table typed on a separate sheet. Footnotes to table should be typed below the table and should be referred to by superscript lowercase letters. No vertical rules should be used. Tables should not duplicate results presented elsewhere in the manuscript, e.g. in graphs.

Supplementary data.

Elsevier now accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our Author Gateway at <http://authors.elsevier.com>.

Language Editing

Information on author-paid and pre-accept language editing services available to authors can be found at <http://authors.elsevier.com>, by clicking on "Guide to Publishing with Elsevier."

Proofs

Proofs will be sent to the author (the first named author if no corresponding author is identified of multi-authored papers) and should be returned within 48 hours of receipt, preferably by e-mail. Corrections should be restricted to typesetting errors; any other amendments made may be charged to the author. Any queries should be answered in full. Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are returned to us in one all-inclusive e-mail or fax. Subsequent additional corrections will not be possible, so please ensure that your first communication is complete. Should you choose to mail your corrections, please return them to: Log-in Department, Elsevier, Stover Court, Bampfylde Street, Exeter, Devon, EX1 2AH, UK.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail or, alternatively, 25 free paper offprints. Authors who pay for colour are entitled to 100 extra offprints free of charge. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional offprints and copies of the issue can be ordered at a specially

reduced rate using the order form sent to the corresponding author after the manuscript has been accepted. Orders for reprints, to be produced after publication of an article, will incur a 50% surcharge.

Copyright

All authors must sign the "Transfer of Copyright" agreement before the paper can be published. This transfer agreement enables Elsevier Inc. to protect the copyrighted material for the authors, but does not affect the author's proprietary rights. The copyright transfer covers the exclusive rights to reproduce and distribute the article, including reprints, photographic reproductions, microfilm, any other reproductions of similar nature and translations. It includes the right to adapt the article for use in conjunction with computer systems and programs, including reproduction or publication in machine-readable form and incorporation in retrieval systems. Authors are responsible for obtaining from the copyright holder permission to reproduce any material for which copyright exists.

Author Enquiries

For enquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit Elsevier's Author Gateway at <http://authors.elsevier.com>. The Author Gateway also provides the facility to track accepted articles and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed, as well as detailed artwork guidelines, copyright information, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, are provided when an article is accepted for publication.

Disponível em:

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/405889/authorinstructions

Acesso em: 31 out. 2006.

Não perder a essência de um bom ser humano jamais!
Gisele