



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE HUMANIDADES
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA

RAFAEL DANTAS DE MORAIS

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE
NA PARAÍBA: SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTAS DE COLETA E
ANÁLISES**

CAMPINA GRANDE

2014

RAFAEL DANTAS DE MORAIS

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE
NA PARAÍBA: SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTAS DE COLETA E
ANÁLISES**

Trabalho de Conclusão de Curso,
categoria monografia, apresentado à
Universidade Federal de Campina
Grande para obtenção de Graduação
em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Janaína Barbosa da Silva

CAMPINA GRANDE

2014

À minha FAMÍLIA com inestimada
gratidão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, fonte inesgotável de fé, amor, paciência, oportunidades, por resguardar meu caminho e me proporcionar o ensejo de conhecer lugares e pessoas das quais levo comigo boas lembranças e ensinamentos.

À Minha mãe Elizabete, que um dia segurou em minha mão para me ensinar a escrever, agora obterá formação superior em Pedagogia em mesma solenidade na qual irei obter grau em Geografia, por todo o companheirismo, amor e dedicação.

Ao meu pai, Márcio, por todo amor, “jeito carinhoso de ser”, por me guiar como um GPS de precisão, pela confiança, dedicação, ensinamentos e servir como fortaleza.

Às minhas irmãs, Márcia e Marina, pelo amor, companheirismo e cumplicidade.

À minha preciosa avó, dona “Chaguinha”, pelo amor, apoio, confiança e abraço revigorante.

Ao meu avô, “Seu Mário” (*in memoriam*) e demais familiares, pelo incentivo e carinho imprescindíveis na construção da minha história de vida.

À minha querida amiga, orientadora e exemplo de profissional, Professora Dra. Janaína Barbosa, pela confiança, dedicação, carinho e ensinamentos inestimáveis para minha formação pessoal e acadêmica.

À minha namorada, Gisele Lins, pela amizade, apoio, carinho, companheirismo e confiança neste último ano, 4 meses e 10 dias.

Ao meu cunhado, Fernando, pelo apoio e ensinamentos.

Aos amigos de Fortaleza, CE: Felipe U., Felipe A., Ramom P., Eduardo F., Valter N., Emmanuel M., Deborah S., e os demais que sempre estarão comigo mesmo que à detecção remota.

Aos amigos de Alfenas, MG: Gustavo M., Onofre, Jessé, às “Meninas Gerais”, aos “companheiros do Alves”, Marília e Caroline pelos momentos inesquecíveis e apoio no início da minha formação.

Aos amigos de Campina Grande, PB: Victor H., Jean L., Antônio C., Kleiton W., Felipe M., Lásaro A. Marcone A., Bismarck F., e todos aqueles que estiveram presentes na minha caminhada acadêmica ou dia a dia nesta cidade agradabilíssima, por todo carinho, apoio e confiança.

Aos professores do curso de Geografia, pelos ensinamentos e atenção fundamentais para minha formação, e aos funcionários da Unidade Acadêmica pelos serviços prestados a mim e a todos alunos do curso.

Aos integrantes do Grupo de pesquisa CAGEOS pela convivência diária e repleta de ensinamentos.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil pelo financiamento do projeto e concessão da bolsa PIBIC;

Às colegas Elânia A. e Francileine N. por todo apoio e contribuição nas atividades de campo deste trabalho.

Ao laboratório CADIGEOS pela disponibilização dos *softwares* empregados nesta pesquisa.

COM TODA GRATIDÃO AGRADEÇO

“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?”

Fernando Pessoa

RESUMO

O ecossistema manguezal, por se constituir berçário de espécies, pode ser caracterizado como base da cadeia alimentar das áreas costeiras. Sua importância vai além da riqueza natural, pois a preservação destas áreas garante atividades de pesca e coleta de moluscos e crustáceos, possibilitando tanto o sustento das populações locais quanto o desenvolvimento do setor alimentício. Diante disto, é fundamental a implantação de ações de preservação e monitoramento destes ambientes, onde o Sensoriamento Remoto destaca-se como ferramenta capaz de efetuar análises adequadas. Esta pesquisa objetivou identificar e mapear a vegetação de mangue presente nos estuários da Paraíba com a utilização de imagens do sensor TM dos satélites da série Landsat. Para tanto, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: a) tratamento digital de imagens de satélite; b) organização e quantificação das informações; c) trabalho de campo e; d) validação do mapeamento. Identificou-se 18 estuários no Estado e redução entre 1985 a 2011 em 13,5% do mangue. A maior redução da vegetação ocorreu para no período de 1994 a 2001. Contabilizou-se os maiores valores de supressão da vegetação no Litoral Sul que abriga 18% do mangue no Estado; Dezesete áreas estuarinas apresentaram perda de vegetação de mangue, sendo a maior redução identificada no Paraíba, com 670 hectares. O único estuário que registrou acréscimo foi o do Cuiá, próximo a 9%. As principais causas de supressão da vegetação identificadas *in loco* foram: o crescimento urbano, deposição de resíduos sólidos e efluentes, além da degradação proveniente da prática de atividades de lazer. Assim, em quase totalidade dos estuários há supressão da vegetação no entanto, esta está em diminuição.

Palavras chave: Estuários, Manguezal, Monitoramento Ambiental, Gramame.

ABSTRACT

The mangrove ecosystem is characterized as nursery species base of the food chain in coastal areas and indicator of environmental change. The flora and fauna are adapted the characteristics of estuarine and brackish environments. Its importance goes beyond natural wealth, because the preservation of these areas protects the fishing and collecting shellfish, promoting both the livelihoods of local populations as the development of the food sector. Given her importance is fundamental the implementation of conservation actions and environmental monitoring. Thus the Remote Sensing stands out as a the science able to perform appropriate analysis. This research aimed to identify and map the vegetation present in the mangrove estuaries of Paraíba in about four different decades with the use of images from the Landsat series satellites. To this end, the following methodological procedures were performed: a) Digital Processing of Satellite Images; b) organization and Quantification of Information; c) Fieldwork and d) Validation of Mapping. We identified 18 estuaries in the State; Reduction between 1985 to 2011 by 13.5% of the mangrove, the largest reduction in vegetation occurred for the period 1994-2001; assessed that there is the higher suppression of vegetation that houses the South Coast 18% of the mangroves in the State; Seventeen estuarine areas showed loss of mangrove vegetation, with the greatest reduction in Paraíba identified with 670 hectares. Only the estuary Gramame had increased, this 9%; Major causes of removal of vegetation identified in situ were: urban growth, solid waste disposal and wastewater, besides the degradation from the practice of leisure activities.

Key words: Estuaries, Mangroves, Environmental Monitoring, Gramame.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE GRÁFICOS	13
LISTA DE EQUAÇÕES	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
1 INTRODUÇÃO	16
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ECOSSITEMA MANGUEZAL	17
2.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL DO MANGUEZAL	20
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO E A CAPTURA DE INFORMAÇÕES	21
2.4 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1 TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE	30
3.1.1 Pré-Processamento de Imagens	30
3.1.1.1 Aquisição de Imagens	30
3.1.1.2 Empilhamento	31
3.1.1.3 Correção Geométrica	31
3.1.1.4 Recorte das Áreas de Estudo	31
3.1.2 Processamento de Imagens	32
3.1.2.1 Calibração Radiométrica	32
3.1.2.2 Computo da Reflectância	33
3.1.2.3 Classificação Supervisionada	34
3.1.3 Vetorização e Quantificação da Vegetação de Mangue	34
3.2 ORGANIZAÇÃO QUANTITATIVA DAS INFORMAÇÕES	34
3.3 TRABALHO DE CAMPO	36
3.4 VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 QUANTIFICAÇÃO DOS AMBIENTES ESTUARINOS DA PARAÍBA.....	37
4.2 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE NA ESCALA ESTADUAL	40
4.3 ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE NA ESCALA SECCIONAL	43

4.4 ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE POR ESCALA ESTUARINA	44
4.5 POSSÍVEIS CAUSAS DA SUPRESSÃO ESPACIAL DO MANGUE PARA CADA ÁREA ESTUARINA	46
4.6 VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO	55
5 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Distribuição espacial do ecossistema manguezal no mundo	18
FIGURA 2 Espectro eletromagnético.....	22
FIGURA 3 Esquema explicativo para resolução radiométrica	24
FIGURA 4 Captação de informações com o Sensoriamento Remoto.....	25
FIGURA 5 Interação da radiação solar com a folha: Radiação Incidente (I), Energia Absorvida (A), Energia Refletida (R) e Energia Transmitida (T).....	27
FIGURA 6 Distribuição das áreas estuarinas na Paraíba	29
FIGURA 7 Imagem do Landsat 7, visualização da área de estudo	31
FIGURA 8 Estuários Identificados.....	38
FIGURA 9 Mosaico de imagens da realização do trabalho de campo	39
FIGURA 10 Análise espaço temporal da vegetação de mangue na Paraíba	42
FIGURA 11 Degradação ambiental no Litoral Sul paraibano: (a) Comércio nas margens da foz do estuário de Jacarapé; (b & c) deposição de resíduos sólidos e despejo de efluentes sobre a vegetação de mangue em Gramame e Pitimbú, respectivamente e (d) ponte sobre o mangue do rio Goiana - margem paraibana	44
FIGURA 12 Barcos utilizados para pesca e coleta de mariscos no estuário de Camurupim	47
FIGURA 13 Vegetação de mangue do estuário do rio Paraíba (1985) – Disposição dos viveiros de camarão e áreas de crescimento urbano observado em 2010/2011.	48
FIGURA 14 Comércio nas margens (A) e cerceamento de área no entorno do estuário (B)	49
FIGURA 15 Proximidade entre o estuário de Jacarapé e o Centro de Convenções de João Pessoa	49
FIGURA 16 Comparação da vegetação no estuário do rio Cuiá de 1985 a 2010/2011	50
FIGURA 17 Mosaico de figuras do Estuário do rio Cuiá	47
FIGURA 18 A e B Crescimento da vegetação de mangue sobre áreas de apicum	47
FIGURA 19 A e B Mosaico de imagens da vegetação de mangue no estuário do rio Gurujá	48
FIGURA 20 Comparação da vegetação no estuário do rio Pitimbu de 1985 a 2010/2011	50
FIGURA 21 Área urbana adentrando a vegetação de mangue do estuário do rio Goiana	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Distribuição espacial do ecossistema manguezal no mundo.....	24
TABELA 2 Descrição das bandas e faixas espectrais correspondentes ao TM e ETM+, coeficientes de calibração mínimo (a) e máximo (b) e irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($ESUN_{\lambda}$)	33
TABELA 3 Modelo de distribuição de frequência dos hectares de vegetação de mangue nos total nos estuários paraibanos, por secção e estuários	35
TABELA 4 Distribuição espacial do ecossistema manguezal no mundo.....	40
TABELA 5 Distribuição da frequência atual em hectares da vegetação de mangue no Estado por secção	43
TABELA 6 Dinâmica da supressão e expansão da vegetação de mangue por estuário na Paraíba	45
TABELA 7 Dinâmica da supressão e expansão da vegetação de mangue por estuário na Paraíba	41

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Dinâmica da vegetação de mangue no Estado da Paraíba	36
GRÁFICO 2 Amplitude do comportamento quantitativo da vegetação de mangue no estuário do rio Cuiá	46
GRÁFICO 3 Dinâmica da vegetação de mangue no Estado da Paraíba	36

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 Calibração radiométrica	28
EQUAÇÃO 2 Cômputo da reflectância	29
EQUAÇÃO 3 Quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol	29
EQUAÇÃO 4 Ângulo de elevação do Sol.....	30
EQUAÇÃO 5 Frequência relativa	30
EQUAÇÃO 6 Frequência percentual	31
EQUAÇÃO 7 Exatidão total	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	Micrôn
π	Valos aproximado de 3,141592
O ₂	Dois átomos de oxigênio
θ_1	Exatidão total
κ	Índice <i>Kappa</i>
APP	Área de Preservação Permanente
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
Bits	<i>Binary Digit</i>
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
dr	Quadrado da razão entre a distância Terra-Sol
DSA	Dia Sequencial do Ano
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESUN λ	<i>Elevation of the Sun</i>
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
<i>fa</i>	Frequência Absoluta
<i>fp</i>	Frequência Percentual
<i>fr</i>	Frequência Relativa
GPS	Global Positioning System
ICRAF	Índice de Conteúdo Relativo da Água
IDNAC	Índice de Diferença Normalizada para Áreas Construídas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Territorial Urbano
IRAV	Índice de Resistência à Atmosfera no Visível
IVDN	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
IUDN	Índice de Umidade por Diferença Normalizada
IVP	Índice de Vegetação Triangular
IVR	Índice de Vegetação Realçado
IVT	Índice de Vegetação Triangular
IVAS	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
IVLA	Índice de Vegetação Livre de Aerosol
IVRA	Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MAXVER	Máxima Verossimilhança
ND	Número Digital
NIV	Novo Índice de Vegetação
NOAA	<i>National Oceanic Atmospheric Administration</i>
PAN	<i>Panchromatic</i>
PIBIC	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica
REM	Radiação Eletromagnética
RS	Razão Simples
RSR	Razão Simples Reduzida
SR	Sensoriamento Remoto
TM	<i>Thematic Mapper</i>
VET	Valor Econômico Total

1 INTRODUÇÃO

A presente investigação originou-se do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (CNPq/PIBIC/UFCG) entre os anos 2012/2013, posteriormente aprofundada e transformada em trabalho monográfico de conclusão do curso de Geografia do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande.

Esta pesquisa trata do mapeamento do ecossistema manguezal no Estado da Paraíba utilizando Sensoriamento Remoto com base na quantificação da vegetação de mangue em períodos cronologicamente distintos. A importância da escolha temática consiste no reconhecimento do ecossistema citado como sendo de grande importância econômico-ambiental. Ressalta-se que o mangue tem sido alvo de degradação antrópica ao qual estão susceptíveis. Deste modo, diagnosticar a área coberta pela vegetação de mangue no período de 1985 a 2011 assume relevância no que tange a necessidade de entender a dinâmica espaço-temporal do mangue para compreender os fatores propulsores de alterações ambientais ou garantidores de preservação.

A pesquisa apesar de analisar, em sua maioria, dados quantitativos, buscou a análise qualitativa dos dados com a finalidade de entender cada um dos ambientes estuarinos separadamente; a atual situação quantitativa da sua vegetação de mangue; e quais as condicionantes dos estuários degradados e preservados.

A utilização do Sensoriamento Remoto como ferramenta de captura de informações da porção superficial da Terra foi adaptada de Silva (2012), a qual mapeou e analisou espaço-temporalmente a vegetação de mangue do estado de Pernambuco. Tal metodologia surge como opção para diagnóstico, monitoramento e promoção de análises espaciais em escala consideravelmente abrangente para ser efetivada *in loco* devido a onerosidade da observação presencial, além de possibilitar avaliação de objeto de estudo em escala temporal pretérita.

A verificação realizada, alicerçada em inovações geotecnológicas e a captação de informações sem o contato direto e constante com o objeto de estudo, aumenta o leque de possibilidades de análise espacial e reforça a aproximação entre pesquisador e o elemento em estudo.

Nesta perspectiva, a presente pesquisa objetiva avaliar espaço-temporalmente a vegetação de mangue nos estuários do Estado da Paraíba com a utilização do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como ferramentas de coleta e análise.

Assim, diante do objeto analisado e da metodologia empregada surgem alguns questionamentos os quais a pesquisa tem finalidade de elucidar:

- A. Quantos e quais estuários foram identificados com o emprego de imagens de satélites no estado da Paraíba?
- B. Qual a área ocupada pela vegetação de mangue na Paraíba?
- C. . Como ocorreu a dinâmica espaço temporal da distribuição de vegetação de mangue na Paraíba?
- D. Quais os principais fatores que possivelmente contribuíram para dinâmica espacial do mangue ao longo dos períodos analisados?
- E. Qual o panorama geral da vegetação de mangue na Paraíba?
- F. A realização de mapeamento utilizando imagens de satélite requer a captura de informações à distância. Informações pertinentes as análises espaço temporais da vegetação de mangue tem confiabilidade?
- G. O Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como ferramentas de coleta e análise de dados fomentou a realização da pesquisa?

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

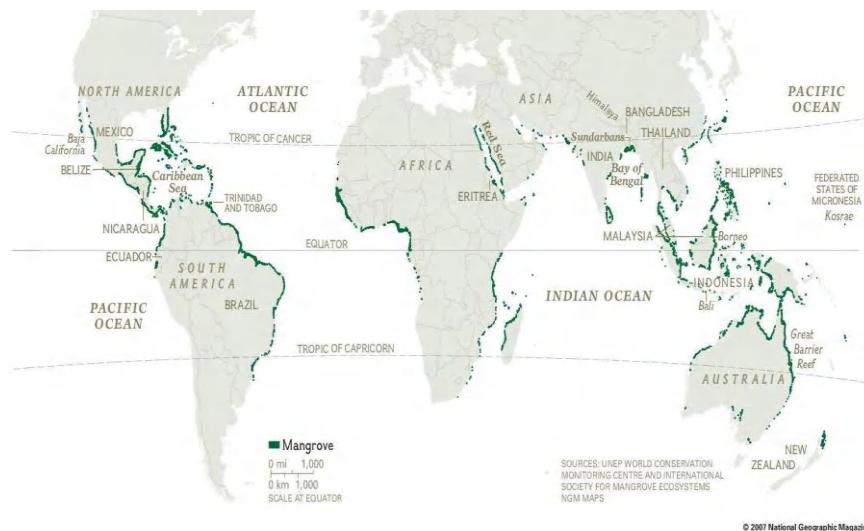
2.1 ECOSSISTEMA MANGUEZAL

Inserido entre a interface terra e mar, o ecossistema manguezal promove apoio genético, estrutural e ambiental importantes para o desenvolvimento de diversos grupos de organismos aquáticos e terrestres, contribuindo para a composição da diversidade florística e faunística do ambiente (KATHIRESAN & QASIM, 2005).

Quanto a sua distribuição espacial, Spalding et al. (1997) destacam que os manguezais se dispersam quase que em sua totalidade na porção contida entre as latitudes 30° Norte e Sul do globo terrestre (Figura 1). Conforme Duke (1992), 41,4% da vegetação de mangue do continente asiático encontra-se no Sul e Sudeste, 27,1% nas Américas, 15,4% na África Ocidental, 10,4% no Sul da Ásia e Oceania e 5,7% na África Oriental e Oriente Médio.

Os ambientes naturais propícios para incidência do ecossistema manguezal são os estuários que, segundo Pritchard (1967), se configuram como um sistema costeiro semifechado e que tem uma ligação com o mar aberto. Fairbridge (1980) complementa afirmando que também é necessário que um rio desague no oceano para formação de áreas estuarinas.

Figura 1 Distribuição espacial do ecossistema manguezal no mundo.



Fonte: National Geographic Magazine, 2007.

Inseridos em ambientes estuarinos estão os manguezais, que são compostos por duas feições: o apicum e o mangue. A primeira possui relevo mais elevado em relação ao mangue, caracterizando-o como uma área mais “enxuta”, banhada somente por marés de maior amplitude. Os apicuns são também denominados de planícies hipersalinas, desprovidas de vegetação vascular (MANSON, et al. 2003). O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) destaca tal feição como áreas intermediárias, denominadas também de salgado ou marismas tropicais situadas em regiões com frequentes inundações pelas marés e solos cuja salinidade varia entre 100 (cem) e 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), ppm criando ambiente propício para presença de vegetação herbácea específica e adaptada às condições de salinidade. No que se refere à composição pedológica dos solos do manguezal, Firme (2003) destaca o elevado teor de sais solúveis como o sódio, cloreto e sulfato caracterizando um solo altamente salino.

A segunda feição, o mangue é composta por um tipo de vegetação arbóreo-arbustiva que se desenvolve ao longo da zona de influência das marés e nos solos lamosos, se caracterizando como um berçário natural de extensa fauna e flora, composta majoritariamente de peixes e moluscos, bem como vegetação peculiar e adaptada à morfologia local (SCHAEFFER-NOVELLI, 2003).

Os manguezais apresentam sensibilidade a discretas mudanças ambientais. Devido a isto são considerados como indicadores potenciais ou ecossistemas de alerta na detecção

de mudanças em escalas locais e regionais ou até mesmo no monitoramento do nível do mar. (GALVANI; LIMA, 2010; MAIA et al. 2006; RICHERI, 2006)

De acordo com Coelho e Santos (1989), estes ambientes se destacam como berçário natural de espécies e local apropriado para acasalamento, reprodução e desova de vários organismos de importância econômica e alimentar. Cunha-Lignon *et al.*, (2011) assinalam que este ecossistema pode exercer funções de proteção contra inundações e tempestades, controle de erosão, e danos provenientes da incidência de ondas marinhas.

Reconhecida a importância do ecossistema o ordenamento jurídico em escala internacional e nacional, prevê pluralidade de suas bases legais com o fim de fomentar sua preservação. Em escala global tem-se: Na Índia, o Governo Federal criou o Comitê de Manguezais vinculado ao seu Ministério do Meio Ambiente, o qual desde 1976 busca com base em dispositivos legais, promover ações que viabilizem a conservação e a preservação deste ecossistema (KUMAR, 2000). Nos Estados Unidos da América, a Flórida possui 555 mil hectares de manguezais e mais de 80% são expressamente protegidos para fins de preservação e ou conservação (FISHER, 1998). Na Austrália, onde a maior parte de sua delimitação territorial é circundada pela vegetação de mangue, a gestão de áreas estuarinas é resguardada desde 1994 por ampla gama de bases legais como a institucionalização de parques e outras formas de reservas. No estado de Queensland toda vegetação de mangue está completamente protegida pela Lei de Proteção a Pesca de 1994 (GOVERNO AUSTRALIANO, 2008).

No contexto brasileiro tem-se algumas disposições legais, como o Artigo 255 da Constituição Federal de 1988 enfatizando que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. O mesmo impõe ao poder público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) classifica os manguezais como Área de Preservação Permanente (APP), o que resguarda legalmente toda vegetação presente no manguezal, arbórea ou não.

A Lei dos Crimes Ambientais nº 9.605/1988 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Quanto ao corpo literário jurídico as disposições resguardam o ecossistema manguezal, todavia, é necessário efetivar monitoramento (fiscalização) constante destas áreas.

2.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL DO MANGUEZAL

Os manguezais são caracterizados como ambientes naturais da faixa intertropical impactados com maior intensidade (LINNEWEBER & LACERDA, 2002). Métodos e técnicas diversas são aplicados aos estudos do ecossistema manguezal em diferentes escalas e com objetivos distintos. Realizar pesquisas e monitoramentos deste ambiente se faz necessário para melhor preservá-lo.

O meio acadêmico-científico tem realizado trabalhos que quantificam seu valor econômico, estudos voltados a fitossociologia para entender a sua estruturação e análises espaço-temporais objetivando compreender as perdas ou o crescimento da vegetação. São exemplos: identificação do perfil de comunidades residentes em áreas estuarinas a partir do conhecimento dos atores locais bem como percepção dos moradores com relação à degradação do ambiente (SILVA, 2006); Quantificação do Valor Econômico Total (VET) e análise por meio de avaliação de mercado, da matéria prima e alimentar das florestas de mangue (HOBERG, 2011); Demarcação de parcelas, medição de Diâmetro a Altura do Peito (DAP), análises de salinidade da água, granulometria, carbonato e matéria orgânica dos sedimentos do ecossistema (CALEGÁRIO, 2012); entre outros.

Para os estudos de monitoramento e análise ambiental em qualquer escala entende-se que será o objetivo da pesquisa que definirá a metodologia a ser utilizada. Com o avanço tecnológico, os sensores remotos, característico por possibilitar a captura de informação a distância tem-se destacado como opções bastante usuais para estes fins. Atualmente diversas metodologias pautadas no uso das imagens para análises espaciais.

Dentre estudos que utilizam em sua metodologia o emprego de sensores remotos pode-se destacar: Valiela et al. (2001) com monitoramento espaço temporal em escala global destacou os mangues como os ambientes tropicais mais ameaçados do mundo; Lacerda & Marins (2002), com uso imagens do satélite Landsat 5 sensor TM, identificaram alterações na distribuição dos manguezais como um dos fatores o represamento de rios; Silva (2012), utilizando imagens dos sensores TM e ETM+ da série Landsat ao analisar o temporalmente o ecossistema manguezal do estado de Pernambuco identificou o aumento da superfície com vegetação de mangue em 910,4 hectares entre 1980 e 2010. Os exemplos supracitados alcançam relevância em escalas macro e micro contribuindo para o entendimento do ecossistema manguezal, de sua dinâmica interna, monitoramento e preservação.

Deste modo, o crescente uso destas tecnologias destinadas à coleta de informações apegam-se as características peculiares que o SR apresenta. São algumas delas: a possibilidade

de capturar informações em escala temporal, atributo essencial para entendimento da dinâmica dos alvos analisados; possibilidade de analisar os alvos em grande escala, o que garante economia de tempo e capital empregado na pesquisa e captura de informações em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Tais características permitem até mesmo efetuar distinção entre espécies na própria vegetação devido às diferentes respostas espectrais (resposta espectral de cada planta/folha resultante da radiação eletromagnética com o alvo, é influenciada pelos pigmentos foliares: clorofila *a* e *b*, β -Caroteno, espalhamento no mesófilo esponjoso e conteúdo de água foliar) (COLWELL, 1974; JENSEN, 2009).

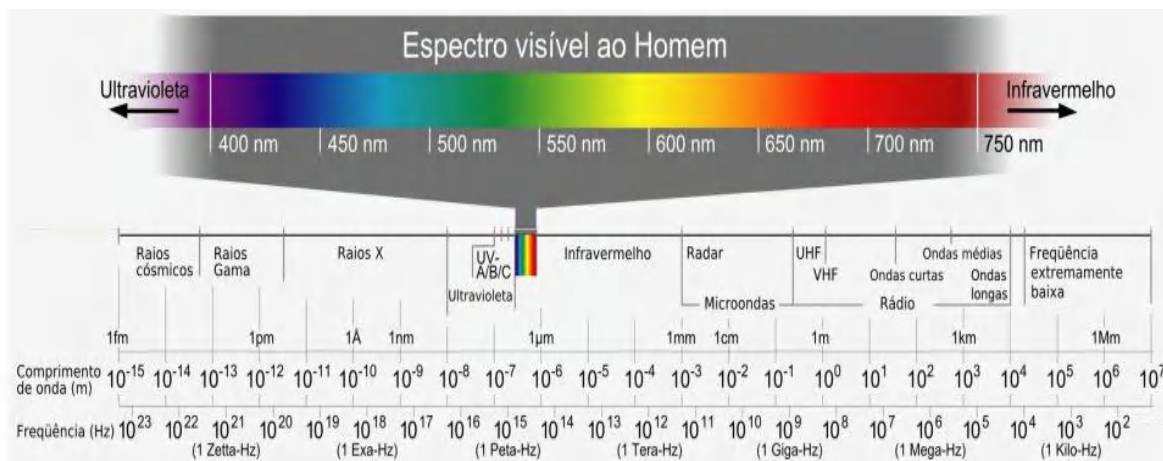
Esta possibilidade de identificar a heterogeneidade da vegetação é fundamental para o estudo vegetacional e distinção entre espécies. Lucena et al., (2011) avaliaram a estrutura anatômica de espécies da vegetação de mangue e sua relação com a refletância, absortância e transmitância da REM. Silva (2012) identificou diferentes espécies da vegetação de mangue no Estado de Pernambuco por meio de análises de imagens obtidas por sensores hiperespectrais.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO E A CAPTURA DE INFORMAÇÕES

O Sensoriamento Remoto da superfície terrestre tem como principal fonte de energia o Sol que produz radiação devido às interações que ocorrem em seu núcleo. Esta radiação se propaga na forma de ondas ou partículas em todas as direções. Tal propagação de energia ocorre por meio de eletromagnetismo comumente denominada de Radiação Eletromagnética (REM). Ao tocar a superfície terrestre a REM interage com a matéria e apresenta respostas diversas, as quais variam conforme a composição de cada alvo e a transparência da atmosfera no momento da captura da informação (ZEILIK; SMITH, 1987; NOVO, 2010).

O conjunto de ondas eletromagnéticas que compõem o campo da REM de determinado objeto é chamado de espectro eletromagnético (Figura 2). Este representa todo o conjunto de ondas eletromagnéticas arranjadas segundo seu comprimento de onda ou frequência (YOUNG, 2009).

Figura 2 Espectro eletromagnético.



Fonte Sociedade Brasileira de Física, 2014.

Devido às diferentes respostas (frequência) da radiação ao interagir com o alvo é possível distingui-los. No entanto, é necessário destacar que os corpos com temperatura abaixo de 0° Kelvin ou -273° Celsius não emitem radiação, portanto, não interagem com a radiação proveniente de outras fontes (NUSSENZVEIG, 1996).

A matéria que forma a superfície terrestre tem composição distinta e isto permite a distinção entre alvos. Ao interagir com o alvo a energia pode ser absorvida, transmitida, emitida ou refletida. No entanto, a porção de radiação captada pelos sensores orbitais é a informação desta interação que é a refletida (JENSEN, 2009).

A captura de informação e o modo como ela é apresentada ocorre de modo diverso, a depender da tecnologia inerente aos satélites e sensores. Caso o sensor emita sua própria radiação ele destaca-se como ativo. Se o mesmo depender de radiação proveniente de outras fontes para imagear ele é definido como passivo. O modo como a informação é apresentada também difere conforme a tecnologia empregada quanto aos sensores. Se não imageadores estes não fornecem imagem bidimensional do terreno, logo não geram imagens e seu produto final são informações em forma de dados numéricos, onde o altímetro e o batímetro são exemplos comuns. Atualmente o SR da superfície terrestre tem destinado maior atenção aos instrumentos imageadores onde os produtos finais são imagens, onde estas são geradas considerando as resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica (NOVO, 2010).

Segundo Jensen (2009) a resolução temporal consiste no período que o sensor leva para visitar o mesmo ponto na superfície. A espacial equivale à menor feição passível de imageamento pelo sensor. A espectral é a medida da largura das faixas ou bandas espectrais que o sensor distingue. A radiométrica refere-se à capacidade do instrumento em distinguir variações no nível de energia captada em níveis de cinza. As características de cada

satélite/sensor quanto às resoluções supracitadas tem relação direta com o objetivo e o tipo de pesquisa que se pretende realizar.

Caso haja necessidade de imagear o alvo em escala temporal de horas ou intervalo de um dia a resolução temporal deve garantir tal geração, a exemplo tem-se o sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) do satélite *National Oceanic Atmospheric* (NOAA) com passagem diária é utilizado no monitoramento de queimadas, atividade fotossintética, previsão meteorológica, acompanhamento de fenômenos como tempestades e furacões, bem como mapeamento de secas e inundações (NOAA, 2014).

No que se refere à resolução espacial, se o objetivo requer o imageamento com escalas de detalhamento como exemplo para análise de construções de áreas residenciais a resolução espacial deve ser alta (centímetros ou poucos metros) neste caso o sensor utilizado pode ser o *Panchromatic* (PAN) do satélite IKONOS com resolução espacial de 1 metro (EMBRAPA, 2014), frequentemente utilizado para identificação e cálculo de áreas construídas realizadas por prefeituras municipais quando do Imposto Territorial Urbano (IPTU).

No entanto, é necessário destacar que quanto maior a resolução menor o espaço imageado. O sensor PAN, apesar da elevada resolução espacial imageia apenas 13 km². Caso o alvo abranja escala espacial extensa a resolução alta apenas dificultaria o processo, pois seria necessário recorrer a muitas imagens de alta resolução. Como em escalas mais abrangentes o detalhamento minucioso não é relevante, é viável utilizar satélites com baixa resolução espacial e maior cobertura de área como o sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 que possui resolução espacial de 30 m e cobertura de 185 km² (ENGESAT, 2014).

Na questão espectral é indispensável ter ciência do tipo de informação a ser capturada para selecionar o sensor, pois diante da informação que se busca o sensor terá que apresentar sensibilidade à mesma. O sensor TM acoplado no Landsat 5 apresentou como inovação tecnológica, frente aos outros sensores da série, a capacidade de coletar informação termal. Caso o estudo se proponha estimar a temperatura é necessário a escolha de sensores receptores que imageiam nesta faixa espectral. A frequência espectral dos sensores é dividida em bandas. O sensor TM, por exemplo, possui sete bandas (Tabela 1) e estas possibilitam captação de informações distintas.

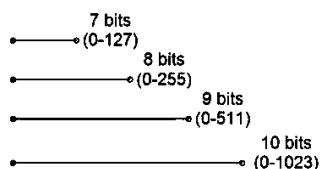
Tabela 1 Características espectrais do sensor TM/Landsat 5.

Banda	Intervalo (μm)	Principais Aplicações das Bandas do Sensor TM
1	0,45 – 0,52	Distingue solo/vegetação e diferenciação entre vegetação.
2	0,52 – 0,60	Diferencia vigor da vegetação. Maior sensibilidade à reflectância no verde.
3	0,63 – 69	Diferencia espécies de plantas. Discrimina solo exposto de vegetação.
4	0,76 – 0,90	Avalia biomassa da cobertura vegetal. Mapeamento de corpos de água.
5	1,55 – 1,75	Detecta umidade da cobertura vegetal.
6	10,40 – 12,50	Capta informação de temperatura entre os alvos superficiais.
7	2,08 – 2,35	Útil para identificação de áreas sujeitas a alterações hidrotermais.

Fonte Novo (2010).

Quanto a resolução radiométrica dos sensores, esta trata das informações correspondentes aos níveis de cinza que uma imagem pode conter. Quanto maior a capacidade do sensor de distinguir diferentes intensidades de sinal maior sua resolução radiométrica, que é medida em bits (Figura 3). Um sensor com resolução de 7 bits tem capacidade de distinguir até 128 níveis de cinza (0-127) enquanto um com 10 bits terá 1024 (0-1023) níveis (NOVO, 2010). Deste modo, quanto maior a resolução radiométrica (número de bits) melhor a qualidade da imagem, pois haverá maior número de informações (MENESES, 2012).

Figura 3 Esquema explicativo para resolução radiométrica.



Fonte Adaptado de Jensen (2009).

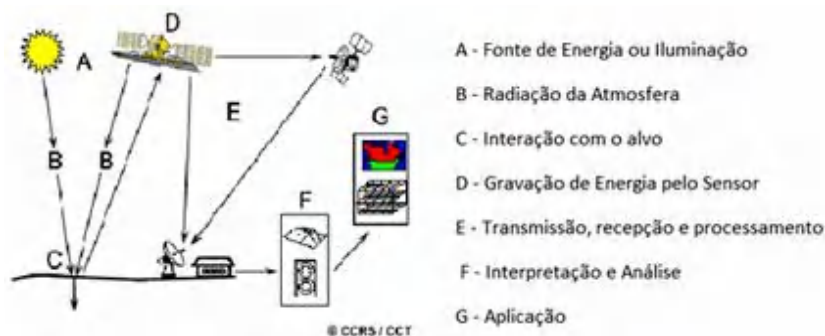
Assim, o Sensoriamento Remoto apresenta uma pluralidade de definições que variam conforme o objetivo para o qual é empregado, ou seja, no sentido mais **geral/amplo**, quanto às **relações físicas**, a **tecnologia**, os **procedimentos metodológicos** e finalmente suas **aplicações**.

No sentido mais **geral/amplo**, pode ser definido como a ciência que promove a aquisição de informações sobre um objeto sem que haja contato direto com o mesmo (ELACHI, 1987; LILLESAND; KIEFER, 2000).

Florenzano (2002) destaca em sua definição a **relação física** de como a energia é capturada. Para ele o SR é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados

que possibilita a obtenção de informações da superfície terrestre por meio da captação do registro da energia refletida ou emitida pela superfície gerando ou não imagens (Figura 4).

Figura 4 Captação de informações com o Sensoriamento Remoto.



Fonte CCRS/CCT, 2013.

Novo (2010) enfatiza a **tecnologia** de utilização conjunta de equipamentos e o acoplamento a bordo de plataformas, bem como a **aplicação** desta no exame de eventos, fenômenos e processos que sucedem na superfície da Terra.

Já Sabins (1987), em sua definição, abrange tanto a **tecnologia** da plataforma a qual o sensor é acoplado, como os **procedimentos metodológicos** da ciência e a **relação física** de como a informação é adquirida. Para o mesmo o SR é uma ciência da aquisição, processamento e interpretação de imagens e dados relacionados, adquiridos de aeronaves e satélites que registram a interação entre matéria e energia eletromagnética.

Para o Centro Canadense de Sensoriamento Remoto (2010) o SR configura-se no sentido mais **amplo** como uma ciência capaz de promover a aquisição de informações da superfície terrestre sem que seja necessário o contato direto com ela e, esta captura de informações ocorre pelo registro de energia refletida ou emitida (**relação física**), processamento das informações e análise (Procedimentos metodológicos) e por fim das **aplicações** nos diferentes estudos. A partir das definições supracitadas compreende-se que há concordância quanto à funcionalidade e forma de atuação do SR. Todavia, sua adjetivação (ciência, técnica e arte) varia de acordo com a forma de uso, e o grau de envolvimento do pesquisador.

A origem do Sensoriamento Remoto está vinculada ao surgimento da fotografia aérea e sua evolução e relaciona-se diretamente com o progresso tecnológico dos meios de captação destas informações à distância. Neste contexto, o SR se divide em dois momentos: de 1860 a 1890 abalizado na utilização de fotografias aéreas e de 1960 a atualidade,

caracterizado pela pluralidade de satélites e sensores (FLORENZANO, 2007; NOVO, 2010).

A utilidade do SR teve como veículo propulsor o avanço bélico e a necessidade de nações envolvidas em conflitos promoverem reconhecimento do território. Relata-se que a primeira fotografia foi captada de um balão durante a guerra civil americana.

Com a massificação de conflitos na primeira Guerra Mundial e a evolução tecnológica o uso do SR foi intensificado. Nesta época, além da tecnologia de captura, informações em faixas do espectro em diversas bandas como na região do visível e do infravermelho para detecção, verificou-se também a utilização de aeronaves como plataformas aéreas para acoplamento de sensores (JENSEN, 2009).

Deste modo, o avanço tecnológico motivado inicialmente pela situação de guerras foi fundamental para o progresso das tecnologias empregadas no Sensoriamento Remoto. Os refinamentos tecnológicos propiciaram o aumento das possibilidades de análises e diversos objetos foram contemplados como possíveis de serem estudados com o SR. A exemplo têm-se a vegetação que apesar de apresentar respostas espectrais semelhantes são amplamente estudadas a partir desta tecnologia.

O sensoriamento remoto da vegetação segundo Jensen (2009), assume grande importância, pois 70% da superfície terrestre são recobertas por vegetação a qual é uma das responsáveis pela liberação de gás oxigênio (O₂) e fundamental para equilíbrio e promoção da vida no planeta.

A interação entre a REM e qualquer alvo sobre a superfície terrestre, caso não haja barreiras artificiais ou naturais, como as nuvens, será captada pelo sensor remoto. A composição da matéria da superfície imprime para cada alvo uma “assinatura espectral”, e diante disto é possível identificar alvos diversos.

No caso da vegetação é na folha, principal órgão fotossintetizante, onde ocorre a interação com a energia proveniente do Sol. De toda radiação solar que chega a planta aproximadamente 50% de sua porção é absorvida pelos pigmentos da folha e utilizada para o processo fotossintético. Outra porção da energia é transmitida através das camadas da folha e finalmente, o restante é refletido (Figura 5). É neste cômputo das quantidades de energia e seus destinos que se podem diferenciar espécies entre si. Ainda, destaca-se que além deste processo de interação entre a energia e a vegetação, existem fatores que podem alterar as quantidades de absorção e reflexão da luz solar, são estes: a densidade da cobertura vegetal, distribuição horizontal, vertical e os ângulos das folhas, idade da planta, estresse hídrico,

tipo, forma e espessura das folhas, nutrientes presentes e conteúdo de água (MOREIRA, 2005).

Figura 5 Interação entre a radiação solar e a folha: radiação incidente (I), energia absorvida (A), energia refletida (R) e energia transmitida (T).



Fonte Adaptado de Moreira (2005).

De acordo com Ponzoni e Shimabakuro (2007) a comparação entre as respostas de cada planta é pautada pela premissa metodológica de que é necessário de promover análises de imagens capturadas pelo mesmo sensor, ou por sensores distintos que capturem a informação em faixas espectrais idênticas como é o caso do Landsat 5 e 7 e suas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Ainda, a identificação de objetos distintos pelo uso do SR é bastante eficaz quando a importância da pesquisa objetiva analisar características espaciais, formas dos objetos, bem como distribuição na Terra.

Quando o interesse consiste em analisar questões peculiares e é necessário introduzir parâmetros biofísicos da vegetação ou da área na qual ela está compreendida, é necessário empregar o uso de Índices de Vegetação (IV). Estes consistem na modelagem dos parâmetros físicos envolvidos com o objetivo de maximizar a resposta da planta aos fatores biofísicos que a envolvem; bem como normalizar efeitos externos e possibilitar posterior acoplamento de parâmetros mensuráveis como biomassa (RUNNING et al., 1994; HUETE & JUSTICE, 1999).

São exemplos de IVs: a Razão Simples (RS); o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN); Índice de Umidade por Diferença Normalizada (IUDN); Índice de Vegetação Perpendicular (IVP); Índice de Conteúdo Relativo de Água Foliar (ICRAF); Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS); Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (IVRA); Índice de Vegetação Realçado (IVR); Novo Índice de Vegetação (NIV); Índice de Vegetação Livre de Aerossol (IVLA); Índice de Vegetação Triangular (IVT); Razão Simples

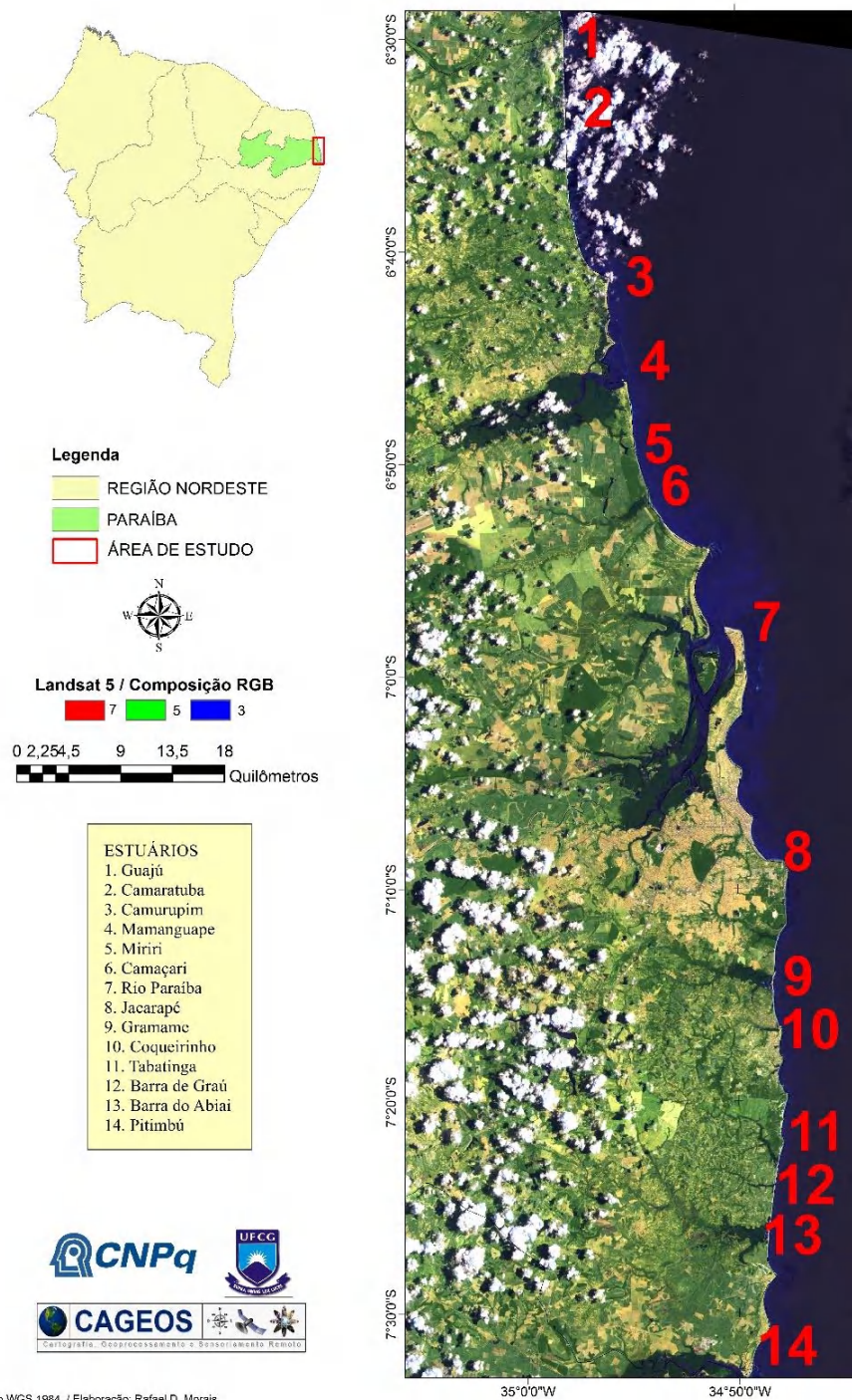
Reduzida (RSR); Índice Resistente à Atmosfera no Visível (IRAV) e; Índice de Diferença Normalizada para Áreas Construídas (NDBI) (JENSEN, 2009).

Diante dos fatores peculiares de cada tipo de vegetação e de cada espécie, bem como características de maturação, idade e outras características podem ser identificados (distinguidas) nas análises dos IVs. Nesta perspectiva, o SR cumpre função importante em estudos referentes à vegetação já que possibilita análise em diferentes escalas.

2.4 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A porção litorânea da Paraíba faz limite ao norte com o município de Mataraca (coordenadas 6°29'58" S e 34°58'14" W), e ao sul no município de Pitimbú (coordenadas 7°32'47" S e 34°49'37" W) (Figura 6). De acordo com Maracajá et al., (2010) a faixa litorânea do Estado possui 138km de extensão e extensa vegetação de mangue presente em todos os quatorze ambientes estuarinos (1 Guajú; 2 Camaratuba; 3 Camurupim; 4 Mamanguape; 5 Miriri; 6 Camaçari; 7 Rio Paraíba; 8 Jacarapé; 9 Gramame; 10 Coqueirinho; 11 Tabatinga; 12 Barra de Graú; 13 Barra do Abiai e 14 Pitimbú). Delimitada por onze municípios litorâneos. Apenas Bayeux não é banhada pelo Oceano.

Figura 6 Distribuição das áreas estuarinas na Paraíba.



Fonte Adaptado de Maracajá et al., (2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Diante dos objetivos propostos a sequência metodológica foi seccionada em tratamento digital das imagens de satélite; organização quantitativa das informações; trabalho de campo e validação do mapeamento.

3.1 TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE

Com o objetivo de quantificar através de imagens de satélites a área ocupada pela vegetação de mangue na Paraíba, foi necessário realizar: a) pré-processamento ou tratamento digital das imagens de satélites; b) processamento digital das imagens; c) vetorização e quantificação da vegetação de mangue identificada no Estado.

Para o pré-processamento e processamento das imagens, foi utilizado o software Erdas 2010, para a vetorização e quantificação da vegetação de mangue foi empregado ArcGis 2011, ambos licenciados para Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tais procedimentos foram realizados em todas as imagens analisadas.

2.1.1 Pré-processamento de imagens

Consistiu na aquisição das imagens; empilhamento (sobreposição) das informações; registro da imagem e recorte da área de interesse.

3.1.1.1 Aquisição das imagens

As imagens foram adquiridas junto plataforma *on-line* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). As cenas utilizadas são provenientes dos satélites Landsat 5 e 7, captadas pelos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Thematic Mapper Plus* e *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) respectivamente.

As imagens utilizadas do sensor TM correspondem às datas de 05/02/1985; 28/05/1985; 05/05/1994; 08/10/2010 e 09/09/2011 respectivamente. Do sensor ETM+ a imagem utilizada foi capturada em 04/08/2001. A utilização de imagens de dois satélites distintos não comprometeu as análises visto que as bandas utilizadas para o tratamento digital são das mesmas faixas espectrais.

A escolha das imagens objetivou verificar a dinâmica espacial da vegetação de mangue em intervalo espaço temporal de aproximadamente dez anos. O uso de duas imagens

para a análise de cada época foi necessário devido à elevada presença de nuvens sobre a área de interesse.

3.1.1.2 Empilhamento

Consiste na sobreposição das bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) e de informações captadas pelos sensores para facilitar a interpretação dos alvos imageados.

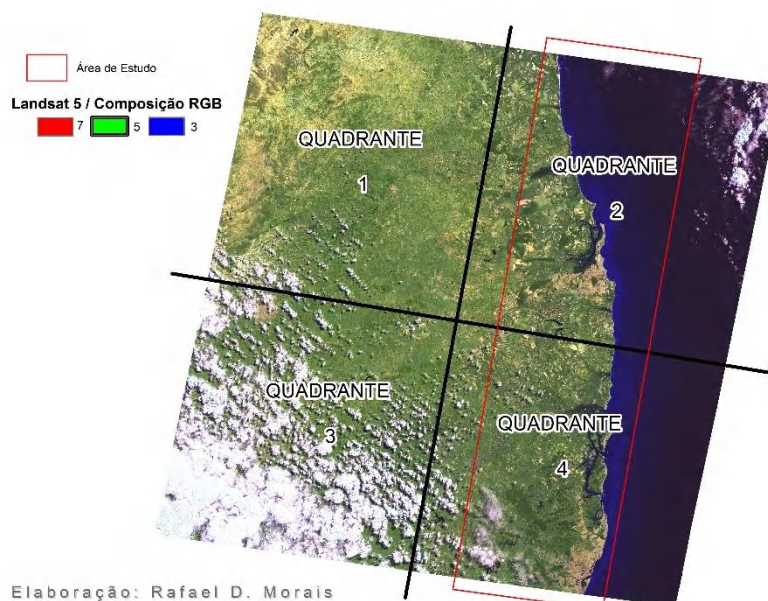
3.1.1.3 Correção Geométrica

A correção geométrica ou registro da imagem foi realizado pela ferramenta *AutoSync* do Erdas 2010 que utiliza pontos de controle pertinentes a um imagem de referência (18.07.1986) já registrada. A partir desta, efetua-se as correções pela função de transformação polinomial de segunda ordem como propõe Fedorov (2002).

3.1.1.4 Recorte das áreas de estudo

O recorte das áreas foi realizado devido à área de estudo apresentar dimensões menores a totalidade das imagens de satélite. As cenas captadas pelos Landsat 5 e 7 possuem cobertura espacial de 185 quilômetros (NOVO, 2010). No entanto, a área de estudo está contida apenas na porção litorânea em aproximadamente $\frac{1}{2}$ da totalidade da imagem original (Figura 7), esta foi dividida em quatro Quadrantes (Q) onde a área recortada compreende os Q 2 e 4.

Figura 7 Imagem do Landsat 7, visualização da área de estudo.



Fonte INPE, 2013.

Este procedimento foi necessário já que o algoritmo computacional do Erdas 2010 utilizado para o pré-processamento e processamento de imagens aplica interpolações aritméticas fundamentada nos vértices de uma camada vetorial, a qual trabalha os dados presentes em toda imagem tornando lento o processamento quando não se delimita determinada área de estudo (MENESES e ALMEIDA, 2012).

3.1.2 Processamento digital de imagens de satélite

Os satélites Landsat 5 e 7 capturam as informações conforme a REM recebida pelos sensores proveniente da interação com os alvos localizados na porção superficial da Terra. Tais informações são captadas por esses sensores com algumas distorções devido à dinâmica atmosférica, ao lançamento dos satélites, bem como a utilização dos mesmos ocasionam alterações na calibração dos equipamentos e conseqüentemente inserem erro na captura, assim para corrigir tais distorções realizam-se.

Para tornar possível a utilização das informações acerca da informação por meio de REM é necessário restaurar os valores de radiância medida pelos detectores e computar os valores de reflectância, levando em consideração valores atmosféricos a partir da calibração radiométrica e computo da reflectância respectivamente.

3.1.2.1 Calibração radiométrica

As imagens da série Landsat em forma bruta estão em níveis de cinza com ampla variedade de informações de acordo com sua resolução radiométrica. Logo, os dados iniciais capturados pelo sensor necessitam ser convertidos em radiância (valor da radiação) para fomentar a utilização das informações capturadas, pois os níveis de cinza não tem valor de energia inerente. Silva (2009) aponta que a calibração radiométrica configura-se como a conversão dos valores inerentes aos níveis de cinza de cada pixel da imagem em radiância espectral monocromática. Assim, para cada pixel de 30 x 30m é determinado um valor de radiação. Segundo Markham & Baker (1987) a calibração radiométrica pode ser obtida segundo a Equação 1.

Equação (1)

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

Onde, a_i e b_i são as radiâncias espectrais mínima e máxima $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ (Tabela 2); ND é a intensidade do pixel; e i corresponde as bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) do TM e ou ETM+.

Tabela 2 Descrição das bandas e faixas espectrais correspondentes ao TM e ETM+, coeficientes de calibração mínimo (a) e máximo (b) e irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($ESUN_{\lambda}$).

Bandas	Faixa espectral (μm)	Coeficiente de Calibração ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)						$ESUN_{\lambda}$ ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)	$W_{\lambda i}$
		De 01/03/1984 até 04/05/2003		De 05/05/2003 até 01/04/2007		Após 02/04/2007			
		a	b	a	b	a	b		
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1.52	152.10	-1.52	193.00	-1.52	169.00	1957	0.293
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2.84	296.81	-2.84	365.00	-2.84	333.00	1826	0.274
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1.17	204.30	-1.17	264.00	-1.17	264.00	1554	0.233
4 (IV-próx.)	0,76 – 0,90	-1.51	206.20	-1.51	221.00	-1.51	221.0	1036	0.155
5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0.37	27.19	-0.37	30.20	-0.37	30.2	215.0	0.032
6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1.2378	15.303	1.2378	15.303	1.2378	15.303	-	-
7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0.15	14.38	-0.15	16.50	-0.15	16.50	80,67	0.012

Fonte Silva, 2009.

3.1.2.2 Cômputo da reflectância

A estimativa da reflectância consiste na subtração da radiação total que interage com a superfície terrestre (radiação incidente) pela energia que é absorvida e transmitida. De acordo com Silva (2009) o cômputo da reflectância monocromática de cada banda, determinada como a razão entre o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo de radiação solar incidente que é obtida segundo a Equação 2 (Bastiaanssen *et al.*, 1998; Allen *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2005).

Equação (2)

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

Onde, $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, (Tabela 1), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), que de acordo com Iqbal (1983), é dada pela Equação 3:

Equação (3)

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(DSA \cdot 2\pi / 365)$$

Onde, DSA é o dia sequencial do ano e o argumento da função *cos seno* está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1,00 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

A última variável da equação de reflectância é o cosseno do ângulo zenital, porém, vale salientar que quando a declividade da área é mínima ou até mesmo nula o cosseno ângulo de incidência da radiação solar é obtido a partir do ângulo de elevação do Sol pela Equação 4.

Equação (4)

$$\cos z = \cos(90 - E)$$

Em que E é o ângulo de elevação do sol, que é obtido do metadado de cada imagem.

3.1.2.3 Classificação supervisionada

O método utilizado foi o da Máxima Verossimilhança (MAXVER) que de acordo com Dalmolin et al. (1999) é bastante utilizado para realizar a classificação de dados multiespectrais de SR e tem apresentado bons resultados na distinção das classes distintas da superfície da Terra. Este realiza a média das classes pré-selecionadas na imagem a partir dos pontos de controle selecionados e cria parâmetros de separação de informações de acordo com a mais semelhança de valores dos alvos homogeneizando-os conforme os valores aproximados (LILESAND & KIEFER, 1994).

A classificação supervisionada consistiu inicialmente na criação de assinatura espectral que distinguiu na imagem de satélite dez classes de uso de e ocupação: água, nuvem, sombra, vegetação rala, vegetação densa, vegetação de mangue, pasto, agricultura, solo exposto, área urbana. Utilizou-se apenas a classe vegetação de mangue desprezando as demais.

3.1.3 Vetorização e quantificação da vegetação de mangue

Após extração e separação da classe vegetação de mangue foi realizada a vetorização manual e sua quantificação em hectares.

3.2 ORGANIZAÇÃO QUANTITATIVA DAS INFORMAÇÕES

Com a finalidade de avaliar se houve variação quantitativa da vegetação de mangue para os estuários analisados, após a quantificação das informações referentes a mangue, por

meio de estatística descritiva obteve-se a frequência relativa (fr) da vegetação presente em todo Estado, dada por:

Equação (5)

$$fr = \frac{fa}{n}$$

Onde fa corresponde a frequência absoluta e n é o valor total de mangue em hectares por estuário.

Em seguida foi necessário separar as informações quantificadas em frequência relativa de forma individual para cada um dos estuários e efetuar o cômputo da frequência percentual (fp) dos valores por estuários obtidos pela Equação 6.

Equação (6)

$$fp = fr \times 100$$

Diante dos valores obtidos foi possível realizar a distribuição de frequência absoluta em hectares da vegetação de mangue na Paraíba, bem como as frequências absolutas, relativa e percentual da área coberta pelos mangues de cada estuário avaliado conforme as respectivas datas (Tabela 3).

Tabela 3 Modelo de distribuição de frequência dos hectares de vegetação de mangue nos total nos estuários paraibanos, por secção e estuários.

Escalas de Análise	fa	fr	fp (%)
Estadual	X	$fa(X)/Total$	$fr(X)/Total$
Seccional	Y	$fa(Y)/Total$	$fr(Y)/Total$
Estuarina	Z	$fa(Z)/Total$	$fr(Z)/Total$

Onde a distribuição de frequência permitiu a quantificação da vegetação para cada ano analisado. As análises foram realizadas em escala estadual (todo o litoral paraibano); seccional (litoral norte, região metropolitana e litoral sul) e estuarina (cada estuário identificado).

Para identificar o aumento ou a supressão do mangue buscou-se quantificar esta, para cada imagem de cada um dos estuários e depois confrontar os resultados para os períodos analisados. Deste modo, espaço-temporalmente foi possível identificar a dinâmica

absoluta da vegetação (relação da vegetação do estuário com o total identificado na Paraíba) e relativo (dinâmica interna da vegetação em cada estuário).

3.3 TRABALHO DE CAMPO

Após o processamento das imagens e a identificação de supressão ou aumento da vegetação de mangue no período de análise buscou-se identificar os fatores que contribuíram para tal situação. Esta etapa configurou-se como o Trabalho de Campo, este foi realizado em todos os estuários do estado da Paraíba. Seguindo do estuário mais ao sul, próximo da divisa com Pernambuco (estuário do Rio Goiana - porção paraibana) em direção ao estuário mais ao norte (estuário do Rio Guajú) que fica próximo à divisa com o Rio Grande do Norte.

O trabalho de campo teve duração de 3 dias (seis, sete e oito de maio de 2013), onde todos os estuários identificados e mapeados previamente através das imagens de satélite foram visitados. Durante o trabalho de campo foi possível identificar possíveis fatores que contribuíram para a dinâmica de cada estuário para os anos analisados. Para registro fotográfico utilizou-se uma câmera digital Sony *Cyber-Shot* DSC-W610 e a coleta de coordenadas geográficas utilizou-se receptor de sinal GPS (*Global Position System*) (Garmin 72h).

3.4 VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO

Para validação do mapeamento utilizou-se o uso da equação de exatidão total (Equação 7) a qual apresenta-se como método viável de validação do estudo realizado.

Equação (7)

$$\frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n}$$

Dada pela divisão do somatório dos valores atribuídos aos pontos coletados ($\frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n}$) e o total de pontos selecionados (n).

Nesta perspectiva, o estuário do rio Gramame foi selecionado como área de validação do mapeamento e com auxílio de receptor de GPS foram coletados 150 coordenadas espaciais (pontos). A partir desta coleta, foi organizada uma matriz de confusão onde para cada ponto selecionado cujo mapeamento foi validado em campo atribuiu-se o valor 1 e para os pontos não confirmados foi imputado valor 0.

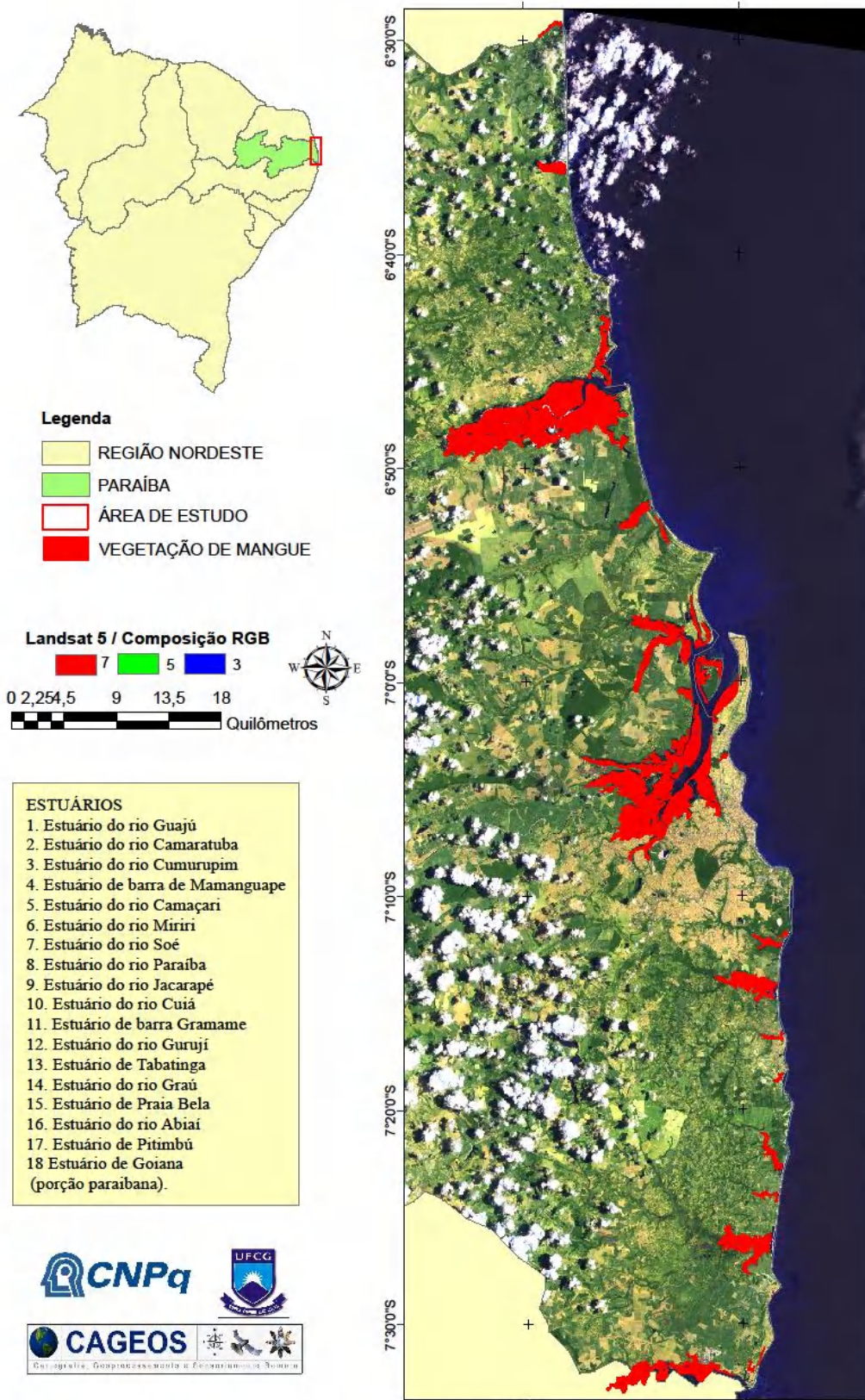
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 QUANTIFICAÇÃO DOS AMBIENTES ESTUARINOS DA PARAÍBA

Ao analisar as imagens de satélites após o processamento a localização das áreas estuarinas obteve-se a mesma quantificação de Maracajá et al, (2010), ou seja 14 estuários.

Após a realização do Trabalho de Campo foram identificados mais 5 estuários além dos anteriormente verificados. São eles: Soé, Cuiá, Gurují, Praia Bela e Goiana (porção paraibana). Ressalta-se que o Estuário de Coqueirinho foi subtraído das análises por apresentar *in loco* quantidade de vegetação muito reduzida, menor que 900m² (1 pixel das imagens Landsat 5 e 7). Deste modo, para a faixa litorânea da Paraíba identificou-se 18 áreas estuarinas com presença de mangue (Figura 8).

Figura 8 Estuários identificados no Estado da Paraíba com imagens de 2011.



Fonte Imagem Landsat 5-INPE,

O trabalho de campo realizado em toda a costa paraibana (Figura 9) e a coleta de pontos de GPS foi imprescindível para identificação de outras mais cinco áreas estuarinas e comprovação das informações adquiridas por sensores remotos.

Figura 9 Mosaico de imagens da realização do trabalho de campo nos estuários do Estado da Paraíba.



Fonte ARAÚJO, LIMA, MORAIS E SILVA.

4.2 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE NA ESCALA ESTADUAL

O intervalo de aproximadamente 10 anos entre cada imagem analisada das áreas pesquisadas, permitiu por meio da quantificação da vegetação de mangue, realizar análise da distribuição no espaço e no tempo para as quatro datas distintas onde foi identificado em análise geral perda da vegetação (Tabela 4 e Gráfico 1).

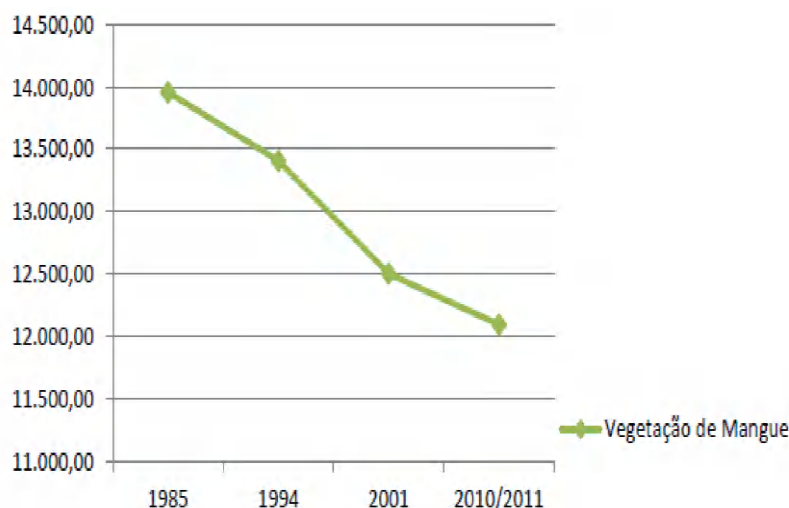
Há redução da vegetação de mangue nos períodos analisados, a maior redução da vegetação, 6,50%, foi observada no período de 1994 a 2001. Seguidas de 3,90% de 1985 a 1994, e 3,10% para o intervalo entre 2001 a 2011.

Tabela 4 Análise espaço temporal da vegetação de mangue no Estado da Paraíba.

Data das Imagens	1985	1994	2001	2010/2011	Saldo da Vegetação
Quantidade (ha)	13.960	13.410	12.500	12.090	-1.860
Perda (%)	-----	-3,90	-6,50	-3,10	-13,50

Fonte: Dados da Pesquisa

Gráfico 1 Dinâmica da vegetação de mangue no Estado da Paraíba – Frequência absoluta da vegetação.



Fonte Dados da Pesquisa

Tal redução, apesar de constante, apresentou linha de tendência de supressão da vegetação em diminuição, constatando que apesar de cenário de subtração do mangue, esta já teve maior intensidade.

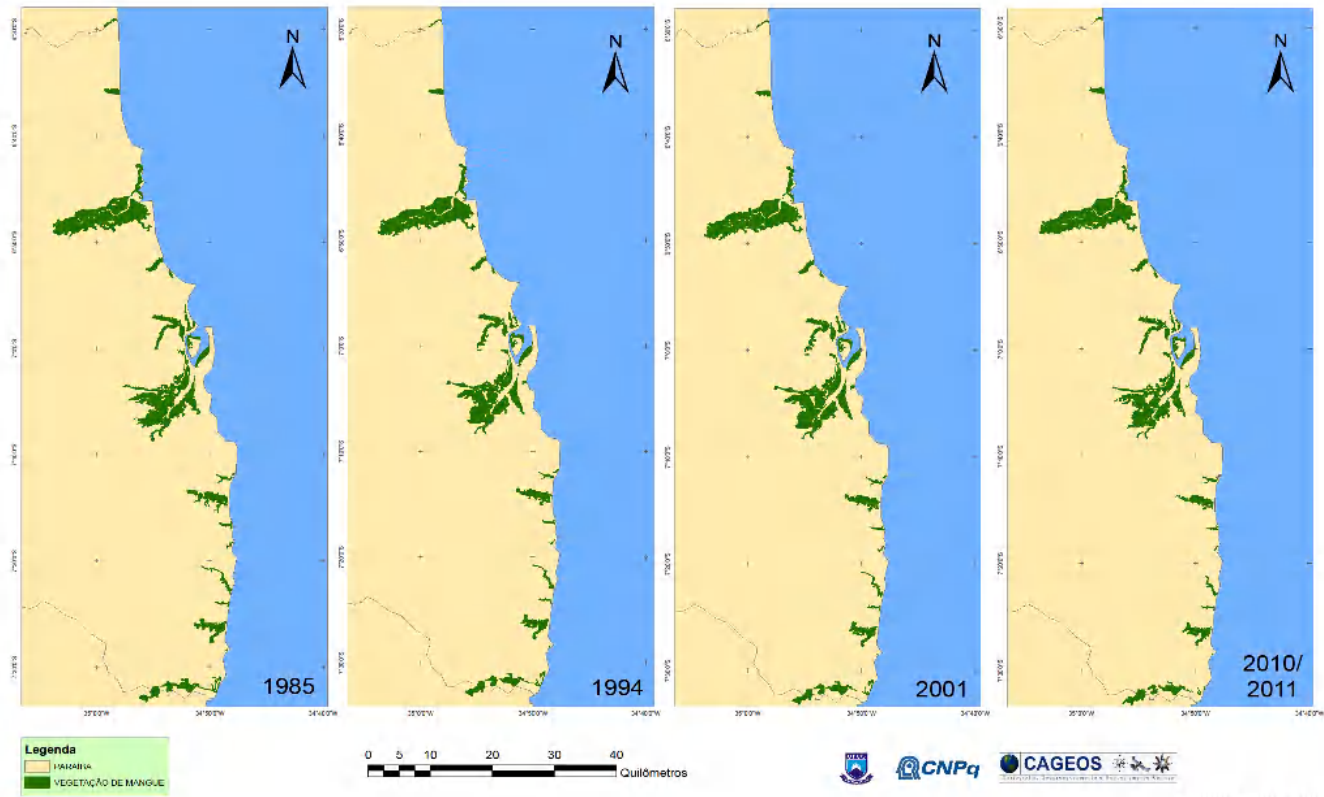
Na Paraíba a supressão da vegetação tem na urbanização desordenada e na carcinocultura seus maiores tensores (BLASCO et al., 2001). Monteiro et al, (2004); Bernini

et al., (2012) e; Okpiliya (2013) também identificaram dinâmica de supressão da vegetação de mangue em estuários distribuídos pelo Globo fatores outros de supressão como o extrativismo vegetal e animal.

A dinâmica espaço temporal da vegetação de mangue no Estado (Figura 10) para o ano de 1985 quando compara as imagens recentes evidencia a presença do mangue mais adentro do continente. Na maioria dos estuários o adentramento da vegetação se reduz com o passar dos anos, principalmente para as décadas 2010/2011 Os dados das análises espaço temporal mostram os bosques de mangue analisados seguindo um processo de regeneração natural, o que não expressa um equilíbrio do ecossistema manguezal, pois, o aumento da vegetação não significa manutenção de condições qualitativas de fauna e flora.

Figura 10 Análise espaço temporal da vegetação de mangue na Paraíba.

Figura 10 Análise espaço temporal da vegetação no estado da Paraíba.



Diante da escala cartográfica de trabalho estendida para todos os estuários, a análise visual dos estuários no mapa é dificultada. Deste modo, a informação gerada pelo mapeamento é que subsidiou as análises quantitativas. Todavia, em análises mais pontuais, como avaliar os estuários de modo isolado, permite visualização mais clara da dinâmica espaço temporal da perda ou aumento da cobertura de mangue. Ainda, considerando a importância de que a informação ambiental possui para promoção da tomada de decisão perante os pesquisadores e sociedade em geral, o produto final do mapeamento foi elaborado em extensão *shapefile* é passível de utilização posterior, bem como disponibilização *online*¹, podendo ser analisado em escalas mais reduzidas.

4.3 ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE NA SECCIONAL

A distribuição da vegetação de mangue concentra-se majoritariamente nas secções Norte e Metropolitana, acumulando aproximadamente 82% de toda vegetação do Estado (Tabela 5). Destaca-se que na secção Norte estão compreendidos 6 estuários, na Região Metropolitana 02 e na Sul 10 áreas. Apesar da maior parte as áreas estuarinas se concentra na secção Sul, é nas demais secções que encontram-se as maiores áreas de mangue.

Tabela 5 Distribuição da frequência atual em hectares da vegetação de mangue no Estado por secção.

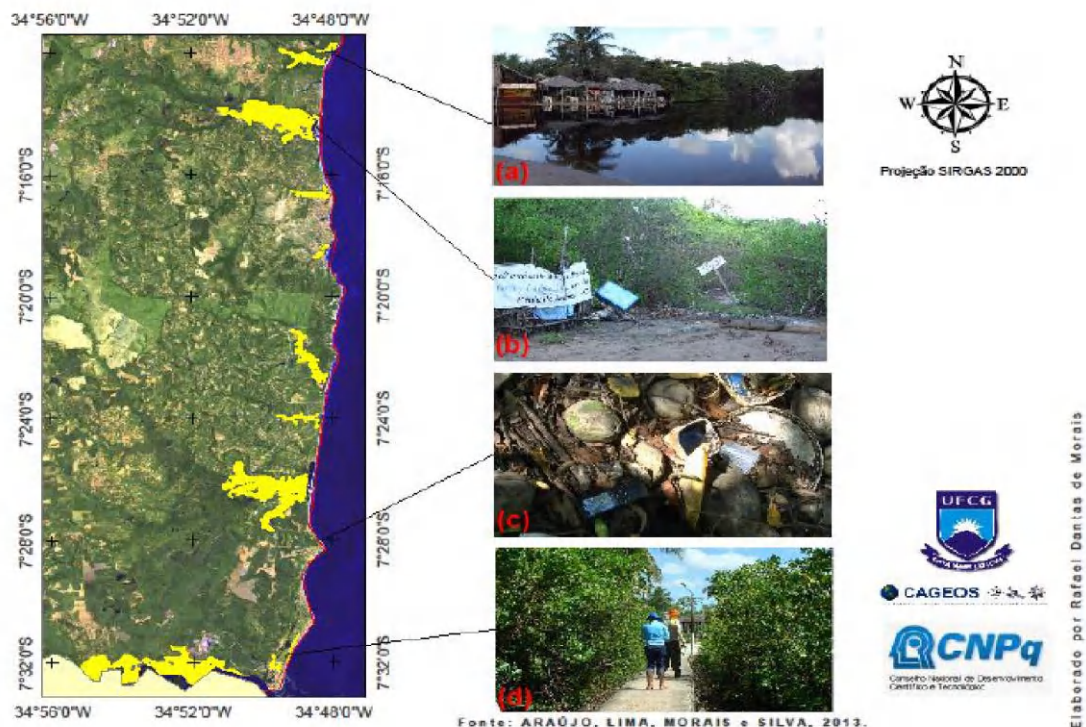
Porção Litorânea	<i>fa</i>	<i>fr</i>	<i>fp (%)</i>
Litoral Norte	5.060,8 ha	0,41849	41,8%
Região Metropolitana	4.857,9 ha	0,40171	40,2%
Litoral Sul	2.174,1 ha	0,17978	18%
Total	12.092 ha	1	100%

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na análise relativa, a secção Litoral Sul foi a que apresentou-se como a mais impactada no Estado, com supressão de 24% de sua vegetação de 1985 a 2010/2011, seguida pela Região Metropolitana com redução de 12% e o Litoral Norte com 9,5%. A secção Sul destacou-se como o ambiente que apresentou maior diversidade de impactos identificados *in loco* como: quantidade de deposição de resíduos, despejo de efluentes, interferência urbana e empreendimentos comerciais (Figura 11).

¹ A base de dados elaborada com informações do mapeamento da vegetação de mangue no estado da Paraíba se encontra disponível para download no sitio: <https://www.facebook.com/groups/1469760066572684/> devendo atender as normas de citação de acordo com as normas CNPq.

Figura 11 Degradação ambiental dos estuários no Litoral Sul paraibano. (a) Comércio nas margens da foz do estuário de Jacarapé; (b & c) Deposição de resíduos sólidos e despejo de efluentes sobre a vegetação de mangue em Gramame e Pitimbú respectivamente e (d) ponte sobre o mangue do Rio Goiana - margem paraibana.



Morais (2009) destaca que a presença de lixo nesta secção se espalha de forma difusa e especialmente nas proximidades a desembocaduras dos rios Aratu, Jacarapé, Camurupim e Gramame, onde se instalam barracas precárias para comercialização de comidas e bebidas, isto atrai considerável quantia de frequentadores que intensificam a degradação do ambiente e acúmulo de lixo.

4.4 ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUE POR ESTUARINA

Para a análise na Escala Estuarina, o cômputo dos dados absolutos e relativos dos hectares de mangue (Tabela 6) possibilita avaliar a dinâmica da vegetação em cada um dos 18 estuários estudados.

Tabela 6 Dinâmica da supressão e expansão da vegetação de mangue por estuário na Paraíba.

Porção Litorânea	Estuários					Saldo da Veg.
		1985	1994	2001	2010/2011	
Litoral Norte	Guajú	61,1ha	-22,9ha	-3,4ha	-11,4ha	-37,7ha
		-----	-37,4%	-5,6%	-18,6%	-61,1%
	Camaratuba	189,3ha	-25,3ha	-1,6ha	-2,9ha	-29,8ha
		-----	-10,6%	-3,6%	-2,2%	-16,4%
	Camurupim	304,8ha	-19,8	+3,9ha	-68,9%	-84,8ha
		-----	-6,5	+1,6%	-23%	-27,6%
	Mamanguape	4.805,3ha	-187,5ha	-127,5ha	-43,3ha	-358,3ha
		-----	-3,9%	-2,7%	-0,9%	-7,5%
Região Metropolitana	Miriri	198,9ha	-12,2ha	-10,7ha	+3,3ha	19,6ha
		-----	-6,1%	-5,4%	+1,6%	-9,9%
	Camaçari	32,8ha	-9,8ha	+2,5ha	+6,5ha	-0,8ha
		-----	-29,9%	+7,6%	+19,9%	-2,4%
	Soé	849,1ha	+2,9ha	-5,1ha	-41,2ha	-89,3ha
		-----	+0,3%	-5,4%	-5,2%	-10,3%
	Paraíba	4.656ha	+102,2ha	-515,3ha	-144,7ha	-660ha
		-----	+2,2%	-11,1%	-3,1%	-14,2%
Litoral Sul	Jacarapé	15,5ha	+0,3ha	-0,4ha	-2,9ha	-2,8ha
		-----	+2,3ha	-3,2%	-17%	-17,9%
	Cuiá	80,8ha	-5,8ha	+3ha	+4,4ha	+7,2ha
		-----	-7,2%	+3,6%	+12,3	+8,7%
	Gramame	746,2ha	149ha	112,8ha	31,2ha	-293ha
		-----	-20%	-15,1%	-4,2%	-39,3%
	Guruji	72,9ha	-19,2ha	10,9ha	-0,5ha	-30,6ha
		-----	-36,4%	-4,9%	-0,7%	-42%
	Tabatinga	25,9ha	13,7ha	+0,2ha	-3,6ha	-17,1ha
		-----	-52,7%	+0,6%	-13,7%	-65,8%
Litoral Sul	Graú	185,7ha	-27,5ha	-25,9ha	-27,9ha	-81,3ha
		-----	-14,8%	-13,9%	-15,1%	-43,8%
	Praia Bela	43,1ha	+0,1ha	-3ha	-5,5ha	-8,4ha
		-----	+0,2%	-7%	-12,5%	-19,7%
	Abiaí	657,4ha	-78,3ha	-25,1ha	-40,7ha	-144,1
		-----	-11,9%	-3,8%	-6,2%	-21,9%
	Pitimbu	2,12ha	-0,12ha	-1,53ha	-0,29ha	-1,94ha
		-----	-5,3%	-67,4%	-12,8%	-85,5%
Goiana (PB)	1027,4ha	-83,3ha	-23,3ha	-7,3ha	-113,8ha	
	-----	-8,1%	-2,6%	-0,4%	-11,1%	

Fonte Dados da Pesquisa.

No período mais recente (2001 a 2011) a vegetação de mangue quantificada assim como no ano de 1985 se concentra de maneira majoritária em apenas dois estuários: Mamanguape com 4.447,4 ha e o do rio Paraíba com 4.098,13 ha, juntos contabilizam 70,6% da área total e, devido a esta disposição os impactos incididos sobre estes refletem de maneira significativa na escala Estadual (Tabela 6).

Dos 18 estuários observados, o único que mostrou aumento no saldo de vegetação para o período analisado foi o estuário do rio Cuiá acrescido em 8,7% ou 7,2 hectares (Tabela 6). Silva (2012) ao analisar as áreas de mangue de Pernambuco para os últimos 22 anos contabilizou aumento de 910ha para o Estado. Isto mostra que dentre os demais, o estuário do rio Cuiá destaca-se por apresentar menor intensidade de degradação.

De acordo com observação referente a toda extensão litorânea da Paraíba, os estuários que mais contribuíram para o quadro de supressão de mangue no Estado foram: Rio Paraíba com 660ha e Barra de Mamanguape com 358,3ha. Em análise relativa, os estuários que sofreram maior supressão de 1985 a 2010/2011 foram: Pitimbú em 85,5% e Tabatinga em 65,8% (Tabela 6).

4.5 POSSÍVEIS CAUSAS DA SUPRESSÃO ESPACIAL DO MANGUE PARA CADA ÁREA ESTUARINA

Dentre as possíveis causas de supressão do mangue, destacam-se: expansão urbana, desmatamento, deposição de resíduos sólidos e efluentes, construção de viveiros de camarão e destinação de áreas para prática agropecuária.

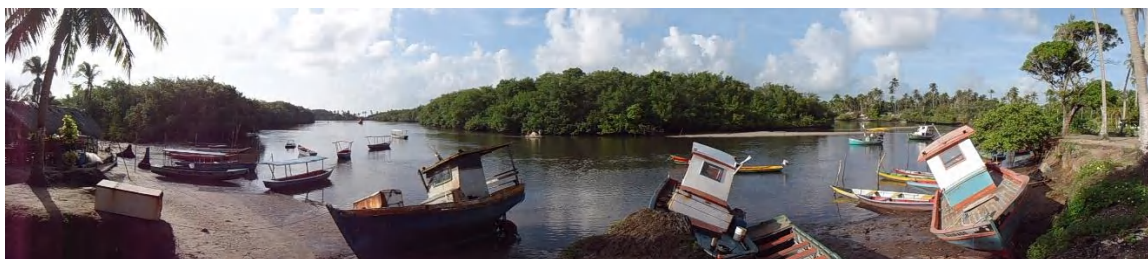
O estuário do rio Guaju localizado na divisa estadual com o Rio Grande do Norte, apresentou dinâmica de preservação distinta entre as margens. Apesar de em 1985 ter perdido cerca de 70% de sua área, o lado paraibano encontra-se preservado e isento de resíduos sólidos contrário a situação da margem potiguar. O acesso a margem paraibana é o acesso restrito pela empresa Cristal Mineração Ltda. Que desenvolve trabalhos de preservação e pesquisas junto a Universidade Federal da Paraíba, enquanto a margem potiguar é de livre acesso recebendo muitos turistas nos finais de semana.

Na análise temporal identificou-se para o Camaratuba uma redução de 16,4%, onde diversas atividades relacionadas ao lazer foram identificadas *in loco* como deposição de resíduos (sacolas plásticas, garrafas de bebidas, latas de refrigerantes e cervejas, sacos de alimentos industrializados e etc.) e trilhas na área interna nas áreas de vegetação, ambas entendida como fatores de pressão e contribuição para a supressão na margem esquerda.

Contudo, na margem direita não foi identificado a mesma condição, onde o acesso difícil pode ser o fator principal nos finais de semana não favorecendo o acesso de uma maneira geral.

Os estuários de Camurupim e Mamanguape apresentaram redução 27,9% e 7,5% em sua vegetação respectivamente. Em Camurupim identificou-se intensa atividade de pesca e coleta de mariscos (Figura 12) e construções de casas em suas margens, que contribuem para a supressão, apesar de haver mobilização dos moradores quanto à preservação. Paludo & Klonowski (1999) apontam que a exploração extrativista do mangue em Mamanguape é bastante intensa e a madeira extraída é utilizada para lenha, carvão, construção de casas e embarcações, estacas para plantio de inhame e utilização da casca das árvores para extração do tanino.

Figura 12 Barcos utilizados para pesca e coleta de mariscos (estuário de Camurupim, João Pessoa, Paraíba).



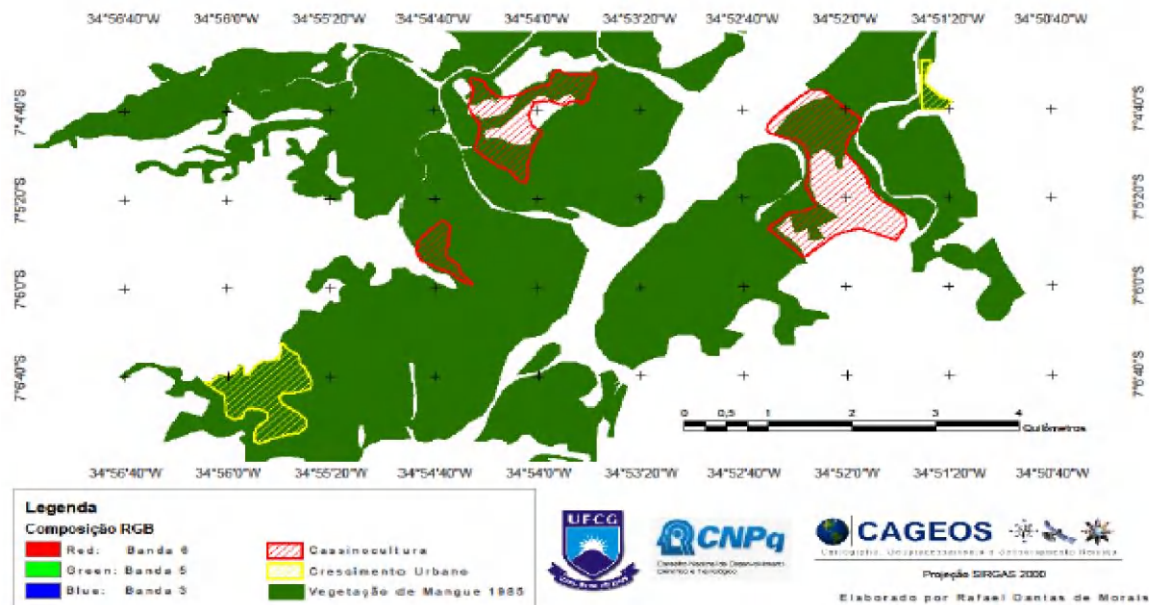
Fonte Araújo, Lima, Morais e Silva, 2013.

Para o estuário de Mamanguape, a institucionalização como Área de Proteção Ambiental pelo Decreto Federal 924 de 10/09/1993 e a criação do Projeto Peixe-Boi do Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem garantido a preservação da área. A análise das imagens indicam redução da intensidade de subtração do mangue.

Os estuários do Miriri e Camaçari apresentaram redução de 9,9% e 2,4% quando comparadas as imagens de 1985 e 1994, e aumentos de 1,6% e 19,9% para 2011. O difícil acesso e a ausência de construções antrópicas, caracteriza a área como bastante preservada, apesar dos valores de supressão.

As áreas estuarinas do Soé e Paraíba estão inseridas na Região Metropolitana caracterizada por intensa atividade antrópica (urbanização e carcinocultura). No Paraíba a construção de viveiros em áreas de mangue (Figura 13) suprimiu em 647,2ha ou 34% no período de 1985 a 2011.

Figura 13 Vegetação de mangue do estuário do rio Paraíba (1985) – Disposição dos viveiros de camarão e áreas de crescimento urbano observado em 2010/2011.



Fonte Base de dados da pesquisa

Conforme Kathiresan (2003), a influência antrópica tem ocasionado a destruição do habitat e a presença humana, destaca-se como uma das principais causas que levam a supressão de manguezais. Pedrosa (1999) destaca que a urbanização, bem como abertura de vias próximo ao mangue provoca impactos ambientais negativos, pois nos locais em que estas construções interceptaram o curso natural dos rios há comprometimento e subtração da vegetação de mangue. Macedo (1986) enfatiza que urbanizar significa retilinearizar rios, ganhar terras adequadas à construção de novos prédios e ruas, aterrar, cortar, cobrir, desmatar vegetação local e drenar os manguezais. Para Pizzol (2006) os manguezais, ao longo da costa e principalmente na zona urbana, devem ser preservados e protegidos para que sua biodiversidade garanta a produção de alimentos e a conservação das paisagens naturais para fomentar o desenvolvimento de atividades turísticas.

O estuário de Jacarapé apresentou redução de 17,9% do mangue. Diferente de grande parte dos estuários que apresentaram recuperação da vegetação identificados na imagem de 2011, neste constatou-se aumento da supressão. A expansão urbana no entorno do mangue e atividades de comércio de bares se dão de maneira intensa principalmente na margem direita (Figura 14, A) e, adentrando a vegetação de mangue. Destacou-se também o cercamento de grande área de restinga próxima ao mangue (Figura 14, B) que segundo os moradores locais tem a finalidade de delimitar a área onde possivelmente haverá construção de empreendimentos voltados ao turismo de alto padrão. Moraes (2009) aponta grande área

desmatada para utilização de material para elevação do trecho da rodovia que corta o rio Jacarapé.

Figura 14 Comércio nas margens (A) e Cerceamento de área no entorno do estuário (B).



Fonte Araújo, Lima, Morais E Silva, 2013.

Outro aspecto observado foi a proximidade do estuário da construção do futuro Centro de Convenções de João Pessoa (Figura 15). De acordo com a comunidade local desde início das obras voltadas ao Complexo a fauna tem diminuído, enquanto os resíduos sólidos têm aumentado, podendo se configurar como uma das possíveis causas que acometem a vegetação de mangue devido a disposição de materiais utilizados na construção, bem como aumento do acrescido fluxo de visitantes.

Esta área de mangue de acordo com o Decreto N.º 23.836 é um Parque Estadual Mata de Jacarapé desde fevereiro de 2002, contudo, apesar desta qualificação a vegetação apresenta contínua diminuição.

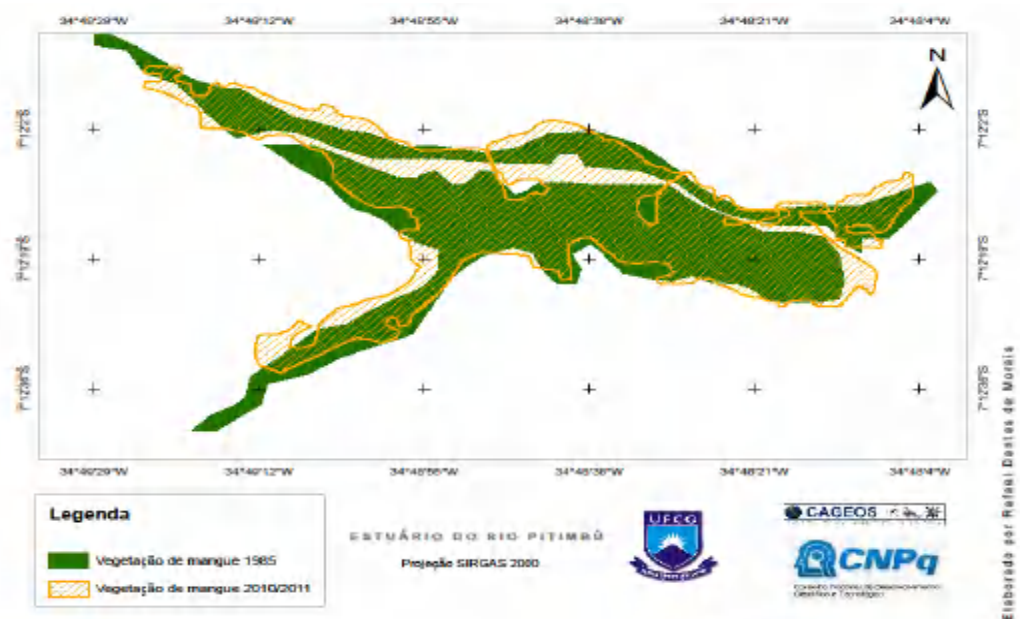
Figura 15 Proximidade entre o Estuário de Jacarapé e o Centro de Convenções de João Pessoa.



Fonte Adaptado do Google Earth, 2014.

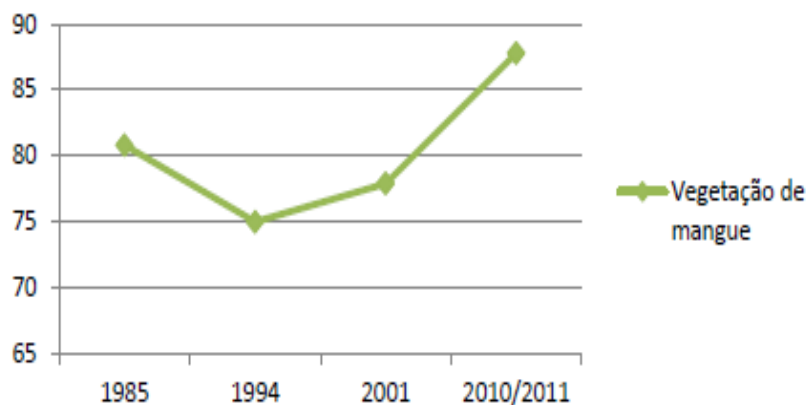
Na área estuarina do rio Cuiá entre 1985 e 1994 houve perda de 5,8 ha. Entre 1994 a 2001, depois identificou-se aumento de 3,6% e de 12,3% para o período de 2001 e 2010/2011 respectivamente. Este foi o único estuário a apresentar aumento e expansão do mangue (Figura 16 e Gráfico 2). Não foram identificados vestígios antrópicos na área de mangue, apesar de algumas rodovias estaduais estarem em pontos marginais à vegetação.

Figura 16 Comparação da vegetação no estuário do rio Cuiá de 1985 a 2010/2011.



Fonte Dados da Pesquisa

Gráfico 2 Amplitude do comportamento quantitativo da vegetação de mangue no estuário do rio Cuiá.



Fonte Dados da Pesquisa

A situação de conservação do mangue e crescimento da vegetação pode ser justificado devido ao difícil acesso ao estuário que, apesar de localizar-se próximo ao estuário de Jacarapé, sua via mais fácil se dá pela faixa de praia a aproximadamente 2 km.

Deste modo, o cenário atual da vegetação de mangue no estuário do rio Cuiá é de preservação natural do ambiente (Figura 17).

Figura 17 Mosaico de figuras do Estuário do rio Cuiá.



Fonte Morais, 2014.

O estuário do rio Gramame para o período analisado apresentou diminuição de 39,3% no geral 20%, entre 1985 e 1994; 15%, entre 1994 a 2001 e 4,2%, entre 2001 a 2010/2011. Mesmo em situação de supressão percebeu-se tendência da perda de vegetação aproximando-se a intensidade zero ou possível expansão. O estudo de campo identificou áreas de crescimento relativo da vegetação tanto no entorno, quanto sobre as áreas da feição apicum (Figura 18 A e B).

Figura 18 A e B Crescimento da vegetação de mangue sobre áreas de apicum.



Fonte Google Earth, 2014.

A redução total do mangue em Gurují foi de 42%, de 1985 a 2010/2011. De 1985 a 1994 houve redução de 36,4%, seguido por 4,9% e 0,7%. Esta área estuarina está em grande parte inserida no meio urbano do distrito de Jacumã município do Conde que além da pressão urbana identificou-se deposição de resíduos sólidos e intensa atividade de lazer como contribuintes a supressão da vegetação.

Mesmo inserido neste panorama de degradação, o porte de algumas espécies se destaca (Figura 19 A e B) quando comparada com a vegetação observada nos demais estuários. No estuário foi identificado maior porte de espécies no estado, mostrando a que a vegetação de mangue se estabeleceu a bastante tempo no local.

Figura 19 A e B Mosaico de imagens da vegetação de mangue no estuário do rio Gurují.



Fonte Araújo, Lima E Silva, 2013.

O estuário de Tabatinga apresentou redução de mangue de 65,8%. Entre 1985 a 1994 a supressão foi de 52,7%, de 1994 a 2001 um pequeno aumento de 0,6% e, de 2001 a 2010/2011 voltou a apresentar perda significativa de 13,7%. As causas da supressão são o crescimento do setor imobiliário, construção de bares, rede de hotéis e pousadas sobre as áreas estuarinas ou no seu entorno. Silva et al (2009), ao analisarem o estuário de Jaboatão/Pirapama, identificaram pontos de pressão antrópica originados, sobretudo, pelo crescimento urbano e expansão imobiliária nos últimos 33 anos. O fácil acesso para lazer dos banhistas é fator de contribuição ao acúmulo dos resíduos sólidos encontrados nas margens.

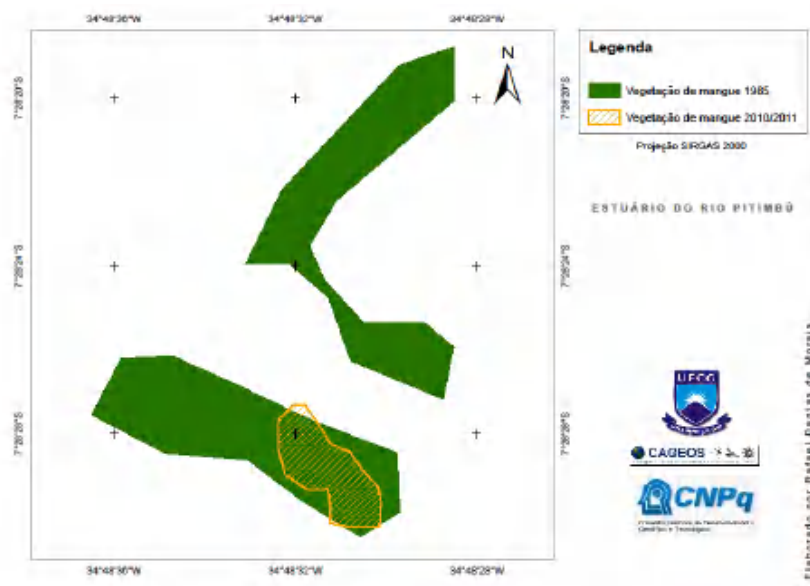
Barra de Graú, como é conhecida a região da foz do rio de mesmo nome, apresentou diminuição de mangue em 43,8% ao longo de todo o período analisado. A perda de vegetação foi paritária variando de 13,9% a 15,1%. A possível pressão sobre a vegetação foi identificado devido ao estabelecimento de algumas residências nas proximidades de sua Foz, enquanto a norte a pressão exercida é relacionada à agropecuária.

Dentre todos os estuários do Estado, com relação ao excesso de resíduos sólidos depositados sobre galhos, folhas e raízes, o de Praia Bela, cujo rio é o Mucatu, se destacou. De 1985 a 1994 foi verificada expansão do mangue de apenas 0,2%. No período de 1994 a 2001, houve subtração de 7% e de 2001 a 2010/2011 a redução foi de 12,5%, contabilizando para todo o período perda de 19,7%. Contrário à tendência geral verificada nas áreas analisadas, onde maioria dos estuários apresenta maior intensidade de supressão nos primeiros períodos analisados, este estuário mostra aumento na perda da vegetação em períodos mais recentes. A grande quantidade de resíduos observados no mangue se dispersa tanto pelas margens do mangue, quanto sobre a própria vegetação o que acaba recobrando o solo e levando a morte espécies da fauna e flora derivada da intensa exploração turística e de empreendimentos comerciais inseridos nas proximidades da foz do rio Mucatu, além de sua dispersão pelo rio e levado para o mar quando da maré vazante.

A vegetação de mangue no estuário do rio Abiaí apresentou redução de 11,9%, no intervalo de 1985 a 1994, redução de 3,8%, de 1994 a 2001, e perda de 6,2%, de 2001 a 2010/2011. A redução total de vegetação de mangue nos períodos analisados contabiliza 21,9%. O fácil acesso a foz contribui a degradação da vegetação. Nas margens das porções norte, sul e oeste o desenvolvimento da agropecuária exercer pressão sobre a vegetação a partir do carreamento de sedimentos nos períodos em que o solo está desnudo.

O estuário do rio Pitimbú foi o que apresentou maior redução relativa do mangue com perda de 85,5%, as informações coletadas em campo destacam a poluição e o crescimento urbano como fatores de supressão. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o município de Pitimbú possui forte intensidade de ocupação nas margens do rio Aterro o qual sofreu processo de canalização em grande parte de sua extensão. Conforme Fernandes (2012) destacam-se como motivos da degradação dos manguezais o desmatamento, aterramento, deposição de lixo, efluentes domésticos, efluentes industriais, dragagens, represamentos e pesca predatória fatores estes identificados em Pitimbú.

Figura 20 Comparação da vegetação no estuário do rio Pitimbu de 1985 a 2010/2011.



Fonte Dados da Pesquisa

O rio Goiana é o limite hidrográfico de referência de divisa entre os estados de Pernambuco e Paraíba. Neste ambiente foi identificada redução na vegetação de mangue em 11,1% para o período total analisado. De 1985 a 1994 a supressão foi de 8,1%, de 1994 a 2001 de 2,6% e 0,4% para o último período. Silva (2012) ao mapear todo estuário tanto nas margens paraibana e pernambucana identificou crescimento da vegetação de mangue em 19,3%. Todavia, a vegetação de mangue do Estuário se encontra majoritariamente em Pernambuco, onde as áreas de maior crescimento identificadas no mapeamento estão localizadas. Entre os fatores observados como possíveis pela redução do mangue na margem paraibana destaca-se o crescimento urbano no limite do mangue (Figura 21).

Figura 21 Área urbana adentrando a vegetação de mangue do estuário do rio Goiana.



Fonte Araújo, Lima e Silva.

Corroborando com os resultados apresentados, Bird (1985) destaca que as florestas de mangue são ambientes afetados pelos processos de crescimento da população humana, modernização e desenvolvimento econômico o que contribui para o cenário de perda rápida da vegetação. Khan & Kumar (2009) identificaram o desenvolvimento ao longo da costa Oeste do Golfo Pérsico fator de grande perturbação ao ambiente costeiro e ecossistema manguezal local em 40 anos monitorados e, diante das degradações e mudanças ambientais observadas foi sugerido efetivar um planejamento e intensificar os cuidados para promover a preservação da vegetação de mangue remanescente com o objetivo de resguardar a fauna, a flora e a qualidade de vida humana.

Kaujalgi (2010) recomenda que nos ambientes cobertos por vegetação de mangue que apresentaram supressão devido o processo de crescimento urbano deve haver a conservação do restante da vegetação, bem como a busca pela restauração dos manguezais. Logo, apesar do crescimento urbano causar degradação na vegetação de mangue, ações de preservação e recuperação destas áreas deve ser implantadas tanto para conservação do ecossistema quanto a manutenção do ambiente saudável e apropriado para habitação.

4.6 VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO

Optou-se pela aplicação da equação de exatidão total. Para tanto, após identificação espacial dos 150 pontos de coordenadas coletadas e corroborar com as informações provenientes das imagens de satélite, 139 foram confirmados como vegetação de mangue, 11 como outros alvos (7 pontos: outro tipo de vegetação; 3 pontos: solo exposto; 1 ponto: construção alvenaria).

Logo, o mapeamento efetuado de forma remota mostrou-se 92,7% válido e condizente com a real situação de campo. Espírito-Santo et al. (2005) validaram o mapeamento de área com incidência de floresta tropical em 84,5%, com índice de exatidão global e em 85,15% com o uso de estatística *Kappa*, o que aponta similaridade de resultados entre as metodologias de validação. Mello et al. (2009), para o mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais identificaram precisão de 84,84% e 85,15% respectivamente. Silva (2012), por meio do índice *Kappa* constatou acurácia de 100% no mapeamento do ecossistema manguezal em Pernambuco.

Antunes, (2005), Lobão et al. (2005) e Soares et al. (2009), em suas pesquisas, após mapeamento das respectivas áreas de estudo utilizando imagens de satélite, aplicaram a

estatística K e evidenciaram a concordância significativa do mapeamento realizado com a situação real estabelecida.

Todavia, para aplicação de índice *Kappa* é fundamental que o mapeamento identifique certa pluralidade de classes distintas (vegetação, solo exposto, agropecuária, água, e outras). Nesta pesquisa, como o mapeamento realizado distinguiu apenas uma classe de interesse: vegetação de mangue, a aplicação de estatística K foi inviabilizada para validação do mapa.

5 CONCLUSÕES

O estado da Paraíba possui 18 estuários distintos identificados através de imagens do satélite Landsat 5. São eles: Guajú; Camaratuba; Camurupim; Mamanguape Camaçari; Miriri; Soé; Paraíba; Jacarapé; Cuiá; Barra de Gramame; Gurujú; Tabatinga; Graú; Praia Bela; Abiaí; Pitimbú e; Goiana (porção paraibana).

Foram contabilizados 12.093 hectares de vegetação de mangue. O Litoral Norte contém 5.060ha, a Região Metropolitana 4.858ha e o Litoral Sul 2.174ha. De acordo com a divisão do litoral estabelecida para esta pesquisa em três seções (Litoral Norte, Região Metropolitana e Litoral Sul), verificou-se que: Atualmente, no Litoral Norte, estão contidos 41,8% da vegetação de mangue de toda Paraíba; na Região Metropolitana 40,2% e; no Litoral Sul 18%.

O Litoral Norte apresentou perda de 530,8ha de mangue. A Região Metropolitana 647,2ha e o Litoral Sul 686,14. Este último apresentou maior subtração na vegetação mesmo se configurando como a área que possui o menor quantitativo de mangue no Estado.

Com relação aos 18 estuários observados, a vegetação de mangue concentra-se majoritariamente nos estuários do rio Mamanguape e Paraíba os quais equivalem a aproximadamente 70,6% do mangue no Estado. A redução da vegetação foi identificada em todos os estuários, exceto no rio Cuiá, o qual apresentou crescimento de 7,2%.

As análises realizadas apontam que o estuário com maior perda absoluta de mangue foi o Mamanguape, no entanto, a perda relativa foi maior no estuário de Pitimbú (redução em 85% para o período). Assim, apesar da perda absoluta de mangue mostrar em que local a supressão da vegetação de mangue é mais significativa em escala Estadual, são os estuários com maior perda percentual relativa, os quais apresentam maior risco extinção de seus ecossistemas.

Com base no trabalho de campo em todos os estuários, os fatores observados que contribuem na diminuição do mangue são: I) expansão urbana sobre a área de mangue ou em suas proximidades; II) viveiros para criação de camarão; III) Deposição de resíduos sólidos e efluentes e; IV) Degradação ambiental devido ao estabelecimento de atividades lazer (bares e resíduos sólidos).

As dificuldades de acesso as áreas estuarinas foi o principal fator identificado para a preservação da vegetação nos estuários que apresentaram aumento ou menor redução ao longo do período estudado e o Decreto nº 924 que transformou o estuário de Mamanguape em Área de Proteção Ambiental.

Na maioria dos estuários identificou-se processo de reestruturação da vegetação, o que não significa que o ecossistema manguezal presente, ou esteja apresentando condições ideais de conservação da fauna e flora.

Quanto à eficiência do mapeamento com base em imagens foi comprovada a eficiência condizente com a realidade espacial da disposição da vegetação de mangue. Onde a inferência de exatidão total, identificou a eficiência em 92,7%. Salienta-se a captura de informações de maneira remota não significa a exclusão da necessidade de promover contato direto com o objeto ou parte dele, afinal, determinadas informações como acesso, deposição de resíduos sólidos sobre as copas, etc., são observado apenas em campo.

A escala de abrangência da área de estudo é consideravelmente extensa. A disponibilidade gratuita de imagens de satélites que recobrem todo o litoral paraibano (e da Terra no geral), geradas a partir de 1972 pelo programa Landsat e disponibilizadas *on line* possibilitou a realização deste.

Do contrário, os trabalhos seriam pontuais para cada estuário sendo bastante oneroso, demandaria tempo considerável e pessoal treinado para realização do levantamento quantitativo. Diante da necessidade de entender em escalas temporais a dinâmica de supressão ou aumento da vegetação, torna-se inviável também o estudo *in loco* nos estuários.

O Geoprocessamento, além de fundamental para as análises realizadas proporcionou a elaboração de base de dados georreferenciada. Tal produto auxilia em estudos posteriores que tenham os estuários Paraibanos como área de estudo

Diante do exposto, foi identificado que são diversos os fatores responsáveis pelo cenário de supressão da vegetação de mangue no Estado. No entanto, mais importante que reconhecer a dinâmica de supressão da vegetação neste importante ecossistema é intensificar

as ações de preservação. Para tanto, este documento deve servir como mais um instrumento que alicerça a promoção e preservação dos manguezais.

REFERÊNCIAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba – AESA. **Base de Dados dos anos 1994 a 2011**. Campina Grande-PB, 2010.

ALLEN, R., Bastiaanssen, W.G.M., Waters, R., Tasumi, M., Trezza, R. **Algorithms Surface Energy Balance For Land (SEBAL)**, Idaho Implementation – Advanced Training Manual And Users, V. 1.0, 97P. 2002.

ANTUNES, A. F. B.. **Determinação da acurácia temática de dados oriundos da classificação digital de objetos por meio de lógica fuzzy**. In: XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiania. Determinação da acurácia temática de dados oriundos da classificação digital de objetos por meio de lógica fuzzy. SJ dos Campos: INPE, 2005. p. 3451-3459.

BASTIAANSEN, W.G.M. **Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain – A Remote Sensing Approach Under Clear Skies in Mediterranean Climates**. Thesis Land Bouw Universiteit Wageningen, Netherlands, 1995.

BERNINI, E.; FERREIRA, R.; SILVA, F. C.; MAZUREC, A.; REZENDE, C. E.; NASCIMENTO, M. T.. Alterações na cobertura vegetal do manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul no período de 1976 a 2001. O ano correto de publicação é 2010, houve problemas na edição da revista.. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 2012.

BIRD, E. C.. **Man in the mangroves, the socio- economic situation of human settlements in Mangrove forests**. Pattaya, 1985.

BLASCO, F, SAENGER, P; JANODET, E.. **Mangroves as indicators of coastal change**. , Catena, School of Environment, Science and Engineering. Papers vol. 27, no. 3-4, pp. 167-178. 1996.

BLASCO, F.; AIZPURU, M.; GERS, C.. **Depletion of the mangroves of Continental Asia**. Kluwer Academic Publishers. Wetlands Ecology and Management 9: 245–256, 2001.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Gerenciamento Costeiro nos Estados**. 2010.

_____, BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto Radam Brasil**. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Projeto Radam Brasil. Levamento de Recursos Naturais. Vol. 32. Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. 780 pp. 1983.

_____, Senado Federal. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Disponível em < <http://www.senado.gov.br/>> Acesso em fevereiro de 2013.

_____, Diário Oficial da União. Decreto N.º 23.836 que institui e delimita o Parque Estadual Mata de Jacarapé desde fevereiro de 2002.

CANADÁ, **Centro Canadense de Sensoriamento Remoto**. 2010.

CANADÁ, **Centro Canadense de Sensoriamento Remoto**. CCRS/CCT. 2013.

CINTRÓN-MOLERO, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Ecology and management New World mangroves**. Pp. 233-258. In: U. Seeliger (ed.). Coastal plant communities of Latin America. San Diego, Academic Press, 1992.

COELHO, P. A. & SANTOS, M. C. F. Crustáceos decápodos e estomatópodos do estuário do rio Paripe, Itamaracá – PE. **In: Anais da Sociedade Nordestina de Zoologia**, v. 3, n. 3, Anais. Maceió, Soc. NE de Zoologia, 1989. 43 -62p.

COLWELL, J. E. 1974. **Vegetation canopy reflectance**. Remote Sens. Environ. 3: 175-183.

CUNHA-LIGNON, M.; COELHO JR., C.; ALMEIDA, R.; MENGHINI, R. P.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; DAHDOUH-GUEBAS, F.. Ecological processes and conservation of the mangrove ecosystem - a review of forests at the Cananéia region, São Paulo State, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI64, p. 1-5, 2011.

DALMOLIN, Q.; MULLER, S. I. M. G.; ARAKI, H.. Comparação entre os Métodos de Máxima Verossimilhança, Distância Mínima e o Método de Fisher para Reconhecimento de Padrões em Imagens Coloridas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba- Pr, v. 4, p. 37-48, 1999.

DANTAS, F.A. C. **A importância dos estuários**. In: Segundo Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Recife, 1981.

DUKE, N. C. **Mangrove floristics and biogeography**. Pages 63–100 in Robertson A. I., Alongi D. M., eds. Tropical Mangrove Ecosystems. American Geophysical Union. 1992.

ELACHI C.. **Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing**. XVII 413 pp. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley ISBN 0 471 84810 7. 1987.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dados de satélites**. 2014.

ENGESAT. **Satélites ou sensores comercialmente disponíveis na ENGESAT**. 2014. Disponível em <http://www.engesat.com.br/>.

ESPÍRITOSANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E.. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore, Viçosa-MG**, v. 29, n.2, p. 227-239, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Mangroves of Africa 1980-2005**. Forest Resources Assessment Programme Working. Paper 135. Rome-Italy, 2007.

FAIRBRIDGE, R.W.. **The estuary: its definition and geo-dinamic cycle**. In: Chemistry and Biochemistry of estuaries. E. Olausson & I. Cato. ed. Wiley, Chichester, pag 1 a 37. 1980.

FEDOROV, D. **Sistema semi-automático de registro e mosaico de Imagens**. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos – SP, 2002.

FIRME, L. P.. **Caracterização físico-química de solos de manque e avaliação de sua contaminação por esgoto doméstico via traçadores fecais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2003.

FISHER, K. **Man Let' em Grow the State of Florida Mangrove Laws**. The Florida Bar Journal. v. LXXII. n. 5. 1998.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Oficina de Textos. São Paulo: 2002.

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.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.. **Estudos Climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira**, Iguape, SP. Mercator (Fortaleza. Online), v. 9, p. 25-38, 2010.

GAN, BK. **A Working Plan for the Matang Mangrove Forest Reserve Perak**. Perak, Malaysia: State Government of Perak Darul Ridzuan, 1995.

GOVERNMENT OF AUSTRALIA. **Department of Agriculture**. 2008. Disponível em <<http://data.daff.gov.au/forestsaustralia/>> Em Janeiro de 2014.

GUEDES, L. S. **Monitoramento Geoambiental do Estuário do Rio Paraíba-PB por meio da Cartografia Temática Digital e da Integração de Dados Georeferenciados**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.

GUIMARAES, A. S. **Análise multitemporal da superfície de manguezal do litoral Norte de Pernambuco: a participação da aquicultura na Conversão de áreas de mangue em viveiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil, 2007.

HUETE A.R.; JUSTICE C. **Modis Vegetation Index (MOD 13) Algorithm Teoretical Basis Document**, Greenbelt: NASA Goddard pace Flight Center, <http://modarch.gsfc.nasa.gov/MODIS/LAND/#vegetation-indices>, 1999.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de dados**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em fevereiro de 2013.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens do Satélite LANDSAT 5**. Disponível em <<http://www.inpe.br>>. Acesso em setembro de 2012.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**, Toronto, Academic Press Canada, 390p., 1983.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres** (Tradução da Segunda Edição). Parêntese Editora, p.251-292. São José dos Campos, 2009.

KATHIRESAN, K.. How do mangrove forests induce sedimentation? *Revista de Biologia Tropical* 51, 355-360. 2003.

KATHIRESAN, K. QASIM, S.Z.. **Biodiversity of Mangrove Ecosystems**. Hindustan Publishing Corporation, New Delhi, 2005.

KHAN, M.A; KUMAR, A.. Impact of “urban development” on mangrove forests along the west coast of the Arabian Gulf. **e-Journal Earth Science India**. Vol.2 (III), July, pp. 159-173, 2009.

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.

KAUJALGI, S.G.. **Introducing Mangrove Mitigation to the Urban Development in Mumbai**. A thesis presented to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree Of Master in Landscape Architecture Blacksburg, VA, 2010.

KUMAR, R.. **Conservation and Management of Mangroves in India, With Special Reference to the State of Goa and the Middle Andaman Islands**. Divisional Officer in the Indian Service. Rangat, Andaman and Nicobar Islands, Índia, 2000.

LACERDA, L.D.; MARINS R.V.. River damming and changes in mangrove distribution. **ISME/Glomis Electronic Journal** ; 2 (1):1-4. 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.25-29, 2006.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Ed. John Wiley & Sons, New York, 1994.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. **Remote sensing and image interpretation**. New York:John Wiley & sons, 2000.

LINNEWEBER, V., DE LACERDA, L. D. **Mangrove Ecosystems: Function and Management**. Springer, Berlin. 2002.

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

LOBAO, J. S. B.; SILVA, A. de B.; ROCHA, W. de J. S. F.. **Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania-GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.

MAIA, L. P.; Lacerda, L.D.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M. E.. **Atlas dos Manguezais do Nordeste; Avaliação das Áreas de Manguezal dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.** Fortaleza: Superintendência Estadual do Meio Ambiente, 2006. v. 1. 125p.

MANSON, F. J., LONERAGAN, N. R., PHINN, S. R. **Spatial and temporal variation in distribution of mangroves in Moreton Bay, subtropical Australia: a comparison of pattern metrics and change detection analyses based on aerial photographs.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 653-666. 2003.

MARACAJÁ, F. A. R.; CUNHA, V. H. D.; SILVA, D. G.; SILVA, J. B. **Classificação Geomorfológica dos Estuários do Estado da Paraíba (Brasil) (Dados Preliminares).** In: VIII Sinageo, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário. Recife-PE. 2010.

MARKHAM, B. L., Barker, L. L.. **Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances.** *International Journal of Remote Sensing*. V.8, N.3, p. 517-523. 1987.

MELO, J. G. S.; OLIVEIRA, T. H.; SILVA, C. A. V.; TORRES, M. F. A.; GALVINCIO, J. D.; SILVA, H. A.. **Análise espaço temporal do manguezal do baixo curso do rio Capibaribe, Recife-PE: uma contribuição para o gerenciamento ambiental.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011. São José dos Campos - SP: INPE, 2011. v. Único. p. 6586-6593.

MELLO, J. M.; BRITO, A.; CARVALHO, L M T; ACERBI JÚNIOR, F. W.; SILVEIRA, E. M. O.. **Validação do mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009. p. 2831-2838.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** 1. ed. v. 1, Brasília: CNPq, 2012.

MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; MAIA, L. P.; LACERDA, L. D.. **Evolução das áreas de manguezal do litoral nordeste brasileiro entre 1978 e 2004.** *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, Recife, p. 36 - 42, 01 set. 2004.

MORAIS, L. M. F. A.. **Expansão Urbana e Qualidade Ambiental no Litoral de João Pessoa-PB.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB. 2009.

MOREIRA, M. A.. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 3ª edição. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

NOVO, E. M. L. de M.. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 4ed. São Paulo, 2010.

OKPILIYA, F. I.; EFFIONG, E. B.; IMOKE, E.; EJA, I.. Mangrove Forest Ecosystem Utilization And Depletion: Implication For Occupational Changes In Calabar South, Nigeria. *European Journal of Sustainable Development*, 2, 1, 149-162 ISSN: 2239-5938. 2013.

PALUDO, D.; KLONOWSKI, V. S.. **Barra de Mamanguape, PB - Estudo do impacto do uso da madeira de manguezal pela população extrativista e de possibilidades de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1999 (Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, nº 16).

PONXONI, F.J.; SHIMABAKURO Y.E.; **Sensoriamento Remoto das Vegetação**. São José dos Campos. 2007.

PEDROSA I. L.. **A gestão ambiental e o Polo Turístico Cabo Branco: uma abordagem sobre o desenvolvimento e meio ambiente**. Dissertação de Mestrado (Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.

PIZZOL, K. M. S. A.. Processo de estruturação no litoral norte da paraíba e as intervenções no meio ambiente: o caso de Lucena - PB. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 07, p. 80-89, 2006.

PRITCHARD, D. W.. In: G. H. Lauf. *Estuaries*. Washington, DC: [s.n.]Capítulo: **What is an estuary: physical viewpoint**, 3–5 p. vol. 83. 1967.

RICHERI S. M. M.. **Estudo de Impacto das Mudanças Climáticas Globais nos Mangues Tropicais. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos**. Instituto Mauá de Tecnologia, IMT. 2006.

RUNNING S. W.; JUSTICE C. O.; SOLOMONSON V.; HALL D.; BARKET J.; KAUFMAN Y.J.; STRAHLER A. H.; HUETE A.R.; MULLER J.P.; VANDERBILT V.; WAN Z.M.; TEILLET P.; and CARNEGGIE D. **Territorial Remote Sensing Science and Algoritms Planned for EOS/MODIS**, in: *Journal of Remote Sensing*.

RENNÓ C. D.. **Estatística: Aplicação ao Sensoriamento Remoto**. Aulas – SER – INPE. 2002. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/~camilo/estatistica/>>. Acesso em Maio de 2013.

SABINS, F.. **Remote sensing: principles and interpretation**. 2nd ed. New York: Freeman, 1987. SCHAEFFER-NOVELLI Y. **Manguezais brasileiros: regioa sudeste-sul**. In: *Simposio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste: Sintese dos Conhecimentos*. Sao Paulo, 1989.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; Soares, M. L. G.. **Magroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world**. In: Healy, T.J.; Yang, T.; Healy, J. A. (Org.). *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposites and Function.*: Elsevier Science B.V.v. , p. 245-262. 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.. **O papel ecológico e sócio-econômico dos manguezais**. In: Aberto Alves Campos, Andréia Quandt Monteiro, Cassiano Monteiro Neto, Marcus Polette.

(Org.). A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada.. 1 ed. Fortaleza: Aquasis, v. 1, p. 46-47. 2003.

SILVA, B. B., LOPES, G.M., Azevedo, P. V.. Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat5-TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo – SP, V.20, N. 2, p. 243-252. 2005.

SILVA, F. C. Editor Técnico. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizante**. 2ª edição revista e ampliada. Brasília: DF, 2009.

SILVA, J. B.. **Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil, 2012. 188p.

SOARES, M. C. E.; Campos, S.; Cavasini, R.; Granato, M.; Silva, M.G. . **Avaliação da Exatidão de Mapa de Uso do Solo Através do Índice Kappa**. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009, São José do Rio Preto. XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, **Figura do Espectro eletromagnético**. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/>, 2014.

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

VALIELA I, BOWEN JL, York JK. **Mangrove forests**: one of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*; 51 (10): 807–15. 2001.

YOUNG, H. D.. **Física III – Eletromagnetismo**. São Paulo. 2009.

ZEILIK; SMITH. **Introductory Astronomy & Astrophysics**. Herch Moysés Nussenzveig. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas. 3ªed. [S.l.]: Edgard Blücher, 1996. vol. 2. ISBN 85-212-0045-5.