



Avaliação do estuário do Capibaribe (Recife/Pernambuco, Brasil) acerca da degradação ambiental nos manguezais em ambientes urbanos

José Gustavo da Silva Melo^{1*}, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva²

¹Mestre em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (*Autor correspondente: josegustavo_melo@hotmail.com)

²Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Professora do Instituto Federal do Maranhão, Brasil.

Histórico do Artigo: Artigo submetido no 9 Encontro das Águas e cedido para publicação pelos autores.

RESUMO

O presente estudo tem o objetivo de realizar análise dos parâmetros de vegetação dos manguezais. Para tanto, leva em consideração a cobertura vegetal e uso e ocupação do solo, no estuário do rio Capibaribe. Para isso, foram processadas imagens do satélite Landsat-5, trabalhadas em modelos que utilizam a ferramenta Model Maker do software ERDAS Imagine 9.3. O layout final dos mapas foi realizado através do aplicativo ArcGis 9.3, enquanto as imagens foram trabalhadas aplicando-se o modelo recomendado pelo SEBAL. Para avaliar o comportamento espaço-temporal da vegetação, foram analisadas imagens de satélite Landsat 5, dos anos de 1989, 2000 e 2011, utilizando a Classificação não Supervisionada. O resultado do mapeamento permitiu observar a redução da vegetação de mangue, que em 1989 abrangia uma área de 725 ha, retraindo-se para 313 ha em 2000 e declinando para 186 ha em 2011. No tocante à área urbana e solo exposto, houve um aumento de 495,4 ha para 686,5 ha, entre 1989 e 2000, continuando a expandir-se em 2011, quando atingiu 754,3 ha. Logo, os índices aplicados nas imagens obtidas da área identificaram o crescimento de áreas com solo exposto/área urbana, conclui-se assim, que há grandes diferenças nas variáveis degradantes das zonas estuarinas, com predominância do ecossistema manguezal.

Palavras-Chaves: Ambientes Urbanos; Ecossistema; Índice de Vegetação; Degradação; SEBAL.

Evaluation of the Capibaribe estuary (Recife / Pernambuco, Brazil) on the environmental degradation of mangroves in urban environments

ABSTRACT

The present study has the objective of analyzing the vegetation parameters of the mangroves. Therefore, it takes into account the vegetation cover and the use and occupation of the soil, in the estuary of the Capibaribe river. For this, images of the Landsat-5 satellite, processed in models that use the Model Maker tool of ERDAS Imagine 9.3 software, were processed. The final layout of the maps was done through the application ArcGis 9.3, while the images were worked applying the model recommended by SEBAL. To evaluate the spatial-temporal behavior of vegetation, Landsat 5 satellite images from the years 1989, 2000 and 2011 were analyzed, using the Unsupervised Classification. The result of the mapping allowed to observe the reduction of mangrove vegetation, which in 1989 covered an area of 725 ha, retracting to 313 ha in 2000 and declining to 186 ha in 2011. Regarding the urban area and exposed soil, there was a increased from 495.4 ha to 686.5 ha between 1989 and 2000, continuing to expand in 2011, when it reached 754.3 ha. Therefore, the indices applied in the images obtained from the area identified the growth of areas with exposed soil / urban area, it is concluded that there are large differences in the degrading variables of the estuarine zones, with predominance of the mangrove ecosystem.

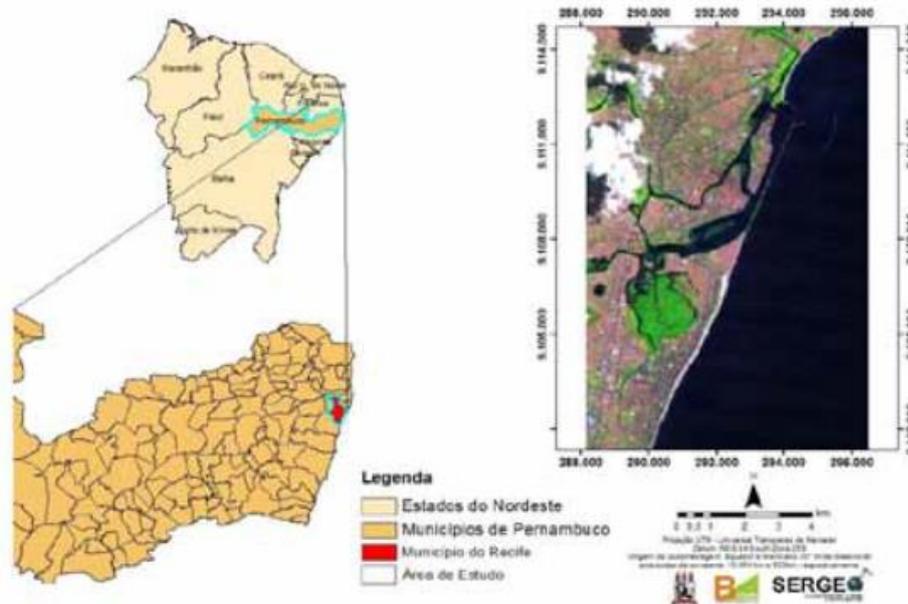
Keywords: Urban Environments; Ecosystem; Vegetation Index; Degradation; SEBAL.

1. Introdução

A cidade do Recife situa-se no litoral oriental da América do Sul, na costa do Nordeste brasileiro. A área de estudo é o estuário do rio Capibaribe, que está localizada entre as coordenadas, 8°2'56"S e 8°5'47"S e 34°52'31"W e 34°53'38"W (Figura 1). As áreas estuarinas são apontadas como os ambientes naturais mais impactados na faixa intertropical, principalmente aqueles que apresentam manguezais. São ambientes protegidos de ondas e tempestades, apresentam a base da cadeia alimentar que sustenta as áreas costeiras e funcionam como filtro para essas águas e berçário para peixes e invertebrados (LINNEWEBER; LACERDA, 2002; MANSON et al., 2004).

Os problemas ambientais, no caso da cidade do Recife, que mais se manifestam são a retirada do bioma natural no percurso do rio Capibaribe e das vegetações litorâneas, ocasionando alterações climáticas e aumento da temperatura nas áreas mais urbanizadas e a extinção de algumas espécies de fauna e flora do ecossistema. Diante disso, esta pesquisa visa a fornecer informações para políticas de manejo, monitoramento e conservação integrada, para os manguezais, em ambientes urbanos, Figura 1, visto que o manguezal representa uma superfície verde inserida numa das áreas metropolitanas do Nordeste brasileiro.

Figura 1 - Localização da área de estudo, estuário do rio Capibaribe



Consequentemente, características da sua foz, confluência da Baía do Pina com a Baía Portuária (região do Porto do Recife), também foram abordados, por contribuir com tensores para este estuário, que fica localizado inteiramente na zona urbana da cidade do Recife (Figura 1) e possui uma extensão de aproximadamente 15 km a contar da foz (TRAVASSOS, 1991; TRAVASSOS; MACEDO; KOENING, 1991; NETO, 2008).

2. Material e Métodos

O procedimento metodológico empregado na elaboração do estudo, para a construção dos índices de vegetação, foi orientado pelo processamento das imagens do satélite Landsat – 5, que foram gerados por modelos usando a ferramenta Model Maker, do software ERDAS Imagine 9.3. Tais imagens foram trabalhadas aplicando-se o modelo recomendado pelo SEBAL, conforme descrito em trabalhos como os de Melo (2014); Silva et al. (2012); Oliveira et al. (2011); Silva et al. (2011). Finalmente, processaram-se a montagem dos mapas, realizada através do software ArcGis 9.3.

3. Resultados e Discussão

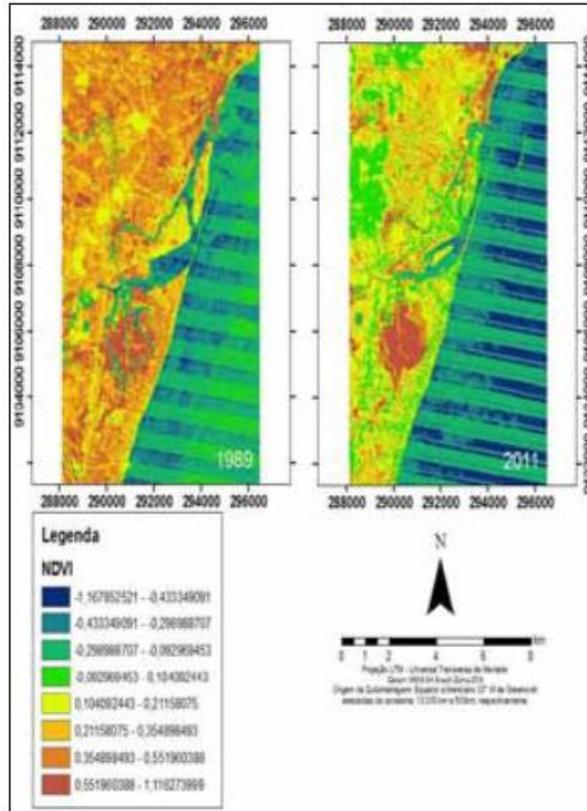
3.1 Interpretação dos resultados apresentados pelo NDVI

A composição colorida das imagens é resultado da aplicação do índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI), nos anos de 1989 e 2011, (Figuras 2). Esta coloração varia do Vermelho, em áreas onde a cobertura vegetal é relativamente densa (Mangue) ao alaranjado, quando são semidensas. As áreas com baixa cobertura vegetal (esparsas/exótica) estão destacadas pela cor laranja claro. Já a cor amarela caracteriza a área urbana e o solo exposto que, como mencionado no capítulo Métodos e Técnicas, foi fundida em uma única classe.

No tocante às regiões mais escuras (variações de Azul e verde) na imagem, correspondem a corpos d'água e/ou sombra de nuvens, devido à similaridade espectral entre estes alvos, além da alta umidade presente em zonas costeiras. Ao compararmos 1989 ao ano de 2011, (Figura 2), percebemos o expressivo aumento das áreas com baixos valores de NDVI, que pode estar relacionado à urbanização desordenada, causada pela construção e reforma de vias de acesso terrestre (ruas, estradas, avenidas), bem como, pela ocupação dos espaços públicos, por famílias desprovidas de residências, entre outros fatores. Cabe salientar que estas mesmas áreas outrora eram tomadas por vegetação nativa, ou seja, mangue, pois é a vegetação típica da zona estuarina do rio Capibaribe.

As áreas de floresta possuem valores de NDVI em torno de 0.5 a 0.8, enquanto nas savanas, estes valores diminuem, ficando entre 0,6 a 0,4 (negativo). São característicos de áreas com baixa cobertura vegetal, e assemelham-se aos valores encontrados nos corpos hídricos e nuvens (Figuras 2).

Figura 2 - Classificação dos valores de Mangue, área urbana e solo exposto e corpos hídricos, na zona estuarina do Capibaribe



Logo, entende-se claramente a ampliação do número de polígonos que caracterizam áreas de desmatamento, principalmente no entorno daquelas áreas. Esta redução da cobertura vegetal estar relacionada à modificação provocada pela implantação e/ou revitalização de empreendimentos comerciais, melhorias na mobilidade urbana, além da desestruturação das áreas vegetadas. Estes fatores acarretam redução dos valores observados no índice de vegetação, para o recorte considerado.

3.2 Indicação da vitalidade ambiental, como reflexo da degradação no manguezal

O índice de área foliar (IAF) é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições químicas, físicas e biológicas do solo. Sendo assim, o conhecimento desse índice é útil para estudos fisiológicos e ecológicos, por estabelecer um importante indicador da vitalidade das árvores, refletindo-se nas taxas de assimilação e transpiração copa, nas trocas gasosas e no balanço hídrico, para os períodos (1989 e 2011) analisados (Figura 3).

Tomando-se como exemplo as áreas florestadas por mangue, observa-se que suas temperaturas serão inferiores às das áreas vizinhas com outro tipo de cobertura – como espécies paisagísticas, por exemplo, uma

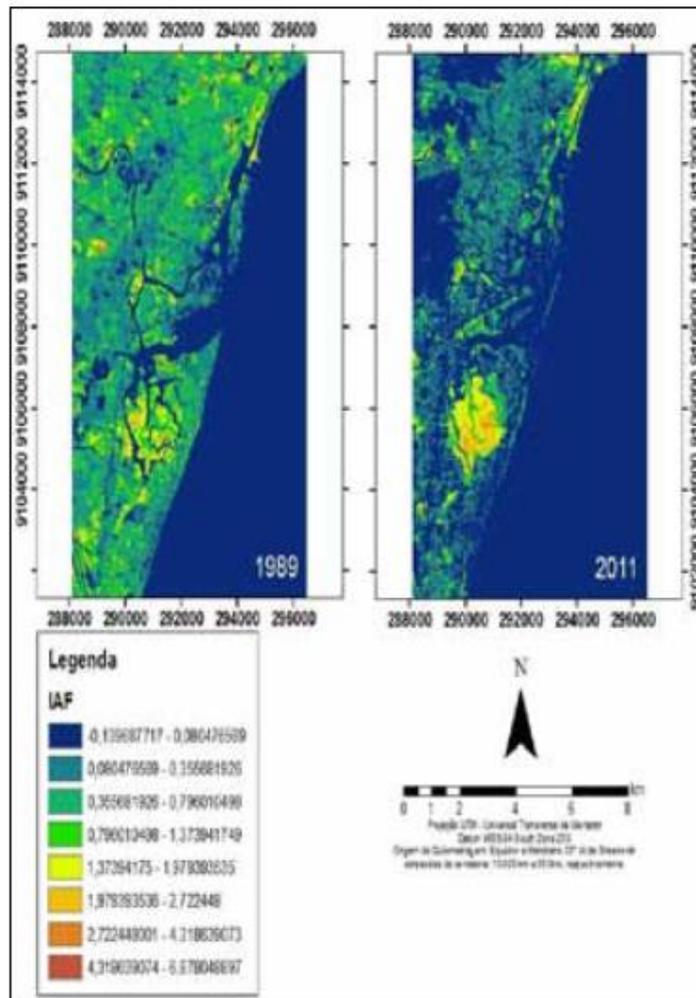
vez que as copas, os troncos e os galhos das árvores de mangue atuam como barreira à radiação solar direta, diminuindo a disponibilidade de energia para aquecer o ar (Figura 3).

Em razão da dependência da fotossíntese pela área foliar, a produtividade de determinadas culturas será maior quanto mais próximo for do IAF máximo potencial e quanto mais tempo permanecerem ativas, retardando a senescência. Deve-se lembrar que os valores da classe “vegetação” vão do vermelho para o laranja claro (denso “mangue”, semidensa e esparsa/exótica), a da área urbana e solo exposto vão do amarelo para o azul petróleo, enquanto os corpos hídricos e/ou nuvens estão representados em azul escuro (Figura 3).

No tocante ao aspecto meteorológico, é necessária a limitação das formas de exploração desse ecossistema, pois a conversão de florestas de mangues em áreas degradadas expõe a superfície à radiação solar direta, alterando o balanço radiativo. Sabe-se que os efeitos da degradação do manguezal influenciam diretamente no microclima da região. Deste modo, ao analisarmos temporalmente os dados do IAF da área visualiza-se o aumento da classe “áreas urbanas” e solo exposto, apesar de ser sabido que as áreas de mangue têm um alto poder de regeneração, tendo o IAF ao longo dos anos exibindo uma diminuição (Figura 3). Isso se explica pelo maior uso dessas áreas para empreendimentos comerciais, especulação imobiliária, como consequência do crescimento urbano, da revalorização dos centros urbanos, bem como, da falta de áreas destinadas à moradia.

No ano de 1989, o IAF apresentou redução especialmente em se tratando das áreas onde predomina vegetação de mangue. Entretanto, houve um aumento das áreas de mangue, especificamente na área mais próxima ao bairro do Pina, no ano de 2011 (Figura 3). Isso pode ser explicado da seguinte forma: o aumento da faixa correspondente ao mangue aumentou entre outras razões, pela própria dinâmica de crescimento da vegetação característica de florestas de mangue que tende a apresentar maior resiliência em comparação com outros ecossistemas.

Figura 3 - Avaliação da resposta ecofisiológica das plantas, através do IAF, para a zona estuarina do Capibaribe



Esse aumento nem sempre se reflete na mesma proporção, num acréscimo do índice de área foliar, logo, o IAF apresenta-se relacionado à frondosidade do dossel vegetal, pois se leva em consideração, o tamanho, o número e o estágio fenológico da vegetação. Ou seja, uma área pode apresentar aumento da cobertura vegetal, mas, não se refletir numa ampliação proporcional, no que diz respeito à estrutura da vegetação. A redução nos valores do IAF, apresentado no ano de 1989, aliado aos resultados do mapeamento das classes avaliadas: “vegetação densa” (Mangue), “semidensa”, “esparsa/exótica”, “área urbana” e “solo exposto”, “corpos hídricos” e/ou “nuvens”, demonstram que há grandes diferenças nas variáveis meteorológicas em áreas natural, além da degradação do manguezal, na área investigada, figura 3. Dessa maneira, a capacidade de interceptação

luminosa é abreviada, resultando num decréscimo do aporte de carbono, com a magnitude do efeito dependendo da extensão do tecido removido, do grau de desfolha das plantas vizinhas e da capacidade fotossintética das folhas remanescentes.

3.3 *Explicação dos parâmetros de vegetação em áreas urbanas*

Os índices de vegetação foram essenciais na quantificação e qualificação das áreas do mosaico de paisagem apresentadas pelo estuário. Porém, o agrupamento das classes área urbana e solo exposto mostrou-se como obstáculo para a determinação da extensão do crescimento urbano, mesmo este podendo ser observado nas imagens, devido à composição da paisagem urbana que impossibilitou a divisão das referidas classes.

Desta forma, foi possível identificar que a área pesquisada apresentou diminuição, com relação à área total ocupada por vegetação densa, entre os anos de 1989 e 2011. O mesmo ocorreu com a vegetação semidensa, diferentemente da vegetação esparsa ou exótica que, após retração no ano de 1991, iniciou sua expansão entre este ano e o de 2000, continuando com esse processo em 2011. Assim, a vegetação de mangue nos últimos 12 anos passou por esta ação contínua e progressiva de destruição do composto florístico.

Segundo Lacerda et al. (2006), em estudos realizados nos manguezais nordestinos, a grande amplitude das marés e o suave gradiente de altitude das bacias costeiras dos rios tornam seus estuários muito sensíveis a variações do nível do mar e a mudanças no fluxo fluvial, geralmente aumentando a intrusão salina no continente.

Silva et al. (2009), ao avaliar a evolução espaço-temporal com a utilização de imagens de satélites para analisar a presença de vegetação e do solo exposto na Microrregião de Itamaracá, observaram uma diminuição na área total ocupada pelo manguezal. Para isso, eles usaram o sensoriamento remoto e os índices de vegetação: NDVI, IAF e o SAVI, que permitiram aos autores à assimilação das principais feições encontradas na área de estudo, como: solo exposto, vegetação e carcinicultura. Tais resultados corroboram os apresentados neste estudo o que certifica a eficácia dos procedimentos metodológicos empregados.

Ao realizar análise temporal da vegetação de mangue no estuário de Barra das Jangadas, Silva et al. (2009) verificaram durante o período estudado (1974 a 2008) que a área ocupada por vegetação correspondeu a uma expansão de 34,27 %, em sua distribuição, mas como o acelerado aumento dos processos de urbanização e industrialização, principalmente entre os anos de 1997 e 2008, esta sofreu redução do manguezal acarretando desequilíbrio no ecossistema da área pesquisada.

Brandão et al. (2009) estudando o complexo estuarino dos rios Beberibe e Capibaribe, entre as cidades do Recife e de Olinda, destacam que a área foi alvo de extensos aterros e obras viárias, principalmente na década de 1970 com a destruição da cobertura vegetal, que se recompôs entre os anos de 1974 e 2002, passando de 18.257,2 m² para 46.526,7 m² após a conclusão das obras de infraestrutura e diminuição dos impulsores negativos. No período estudado de 1989 a 2011, de acordo com as imagens analisadas, foi possível identificar o aumento expressivo da área urbana e do solo exposto nos bairros que configuram o centro do Recife.

Silva et al. (2009) ao analisarem o estuário e Barra das Jangadas, Jaboatão dos Guararapes – PE, por meio de checklist e fotografias aéreas, identificaram pontos de pressão antrópica decorrentes principalmente da expansão urbana e pressão imobiliária nos últimos 33 anos. Segundo Noriega (2010), o elevado índice de densidade populacional ao longo dos sistemas estuarinos, representa um importante fator que pode influenciar a qualidade do corpo hídrico receptor, porque a maioria dos resíduos líquidos domésticos são despejados diretamente nos rios sem qualquer tratamento.

Outros trabalhos em manguezais pernambucanos confirmam o adensamento da vegetação de mangue nos estuários. Dentre esses, Barbosa (2010) observou que o bosque de mangue do Pina apresentou uma capacidade de recomposição natural, mesmo após a redução evidenciada no ano de 1991. Além disso, a autora

afirma que, apesar do adensamento da vegetação, os mangues submetidos à grande incidência de tensores podem não alcançar o seu máximo desenvolvimento estrutural e que o aumento da recomposição natural dos indivíduos não significa, necessariamente, que estão sob condições adequadas de conservação. Por fim, Silva (2012) avaliou a vegetação de mangue, em onze zonas estuarinas de Pernambuco, que são: os estuários de Goiana, Canal de Santa Cruz, Timbó, Ipojuca, Maracaípe, rio Formoso e o de Barra das Jangadas. Estes estuários apresentaram adensamento da vegetação, o que diverge do presente estudo, no tocante à área investigada, que exibiu retração.

4. Conclusão

Os problemas da zona estuarina do Capibaribe estão relacionados às perturbações antrópicas, causadas pelos os processos de degradação socioambiental do espaço urbano do Recife.

Pôde mensurar, através das imagens, que a degradação, até o ano de 2000, adentrou o interior do manguezal no estuário. Por fim, o mapeamento resultante das análises, das imagens destacadas no estudo, entre 1989 e 2011, evidenciam que a degradação socioambiental na zona estuarina do Capibaribe está causando uma desestruturação espacial.

5. Agradecimentos

Os Autores desta pesquisa agradecem ao Grupo de Estudos em Meio ambiente e Biogeografia (BIOMA), que forneceu o laboratório, para a aquisição dos dados da área de estudo e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), por permitir o uso da licença do ArcGis 9.3.

6. Referências

BARBOSA, F. G. **Estrutura e análise espaço temporal da vegetação do manguezal do Pina, Recife-PE: subsídios para manejo, monitoramento e conservação.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. UFPE. Recife. 91p. 2010.

BRANDÃO, I. M.; GUIMARÃES, A. S.; TRAVASSOS, P. E. P. Ecologia de paisagem: uma análise multi-temporal dos manguezais urbanos do Complexo de Salgadinho, Olinda/PE. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, p. 4569-4576. 2009.

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

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

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** n.57, p.653-666. 2003.

MELO, J. G. da S. **Registro das dinâmicas espaciais dos manguezais no baixo curso do Capibaribe.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAC. Pós-graduação em Desenvolvimento

Urbano. v. Único. 126 p. Recife. 2014.

MORAES, A. C. R. **Meio ambiente e ciências humanas**. HUCITEC. 3. ed. São Paulo. 2002.

NETO, J. J. S. **Avaliação das condições ambientais do Estuário do Rio Capibaribe baseada no estudo da distribuição sazonal do fósforo**. Monografia. (Bacharelado em Ciências Biológicas/modalidade Ciências Ambientais) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 50p. 2008.

NORIEGA, C. E. D. **Estado trófico e balanço biogeoquímico dos nutrientes não conservativos (N e P), na região Metropolitana do Recife - Brasil**. Tese (Doutorado), Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

OLIVEIRA, T. H.; OLIVEIRA, J. S. S.; MACHADO, C. C. C. RODRIGUES, G. T. A.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M. Avaliação espaço-temporal do Índice de área foliar e impacto das atividades antrópicas na Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea, Recife – PE. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, 15, Curitiba - PR, INPE p.2105, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

SILVA, E.R.A.C.; MELO, J.G.; GALVÍNCIO, J.D. Identificação das Áreas Susceptíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca – PE através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Brasil, v. 3, p. 629-649. 2011.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco**. Tese de doutorado, 188p. Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPE. 2012.

SILVA, C.A.V.; SILVA, H. A.; OLIVEIRA, T. H. y GALVINCIO, J. D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, Natal, Brasil, INPE, p. 3079-3085. 25-30 abril. 2009.

SILVA, E. R. A. C.; VIDAL, C. V. S.; SILVA, C. A. V.; GALVÍNCIO, J. D. Elaboração de mapa de uso e ocupação do solo do entorno do porto de Suape através de imagens dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS 2B. In: **Anais do Colóquio de Tecnologia e Geociências**, 3. UFPE, 2009.

SILVA, J. S; OLIVEIRA, T.H.; TORRES, M.F.A. **Análise Temporal da Vegetação de Mangue no Estuário Conjunto dos Rios Pirapama e Jaboatão – PE: Através da Utilização de Imagens de Satélite e Fotografias Aéreas**. Departamento de Ciências Geográficas. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 6 p. 2009.

TRAVASSOS, P. E. P. F.; MACEDO, S.J.; KOENING, M.L. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife- PE- Brasil). **Trabalhos Oceanográficos**, Recife, v.22, p. 9-38, 1991/93.

TRAVASSOS, P. E. P. F. **Hidrologia e Biomassa primária do fitoplankton no estuário do Rio Capibaribe, Recife, Pernambuco**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 288p. 1991.