

Utilização de Análise Multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do estuário do Rio Formoso/PE

Rosangela Maria de Melo¹
Ivan Dornelas Falcone de Melo²
Cristiana Coutinho Duarte¹
Eden Cavalcanti de Albuquerque Junior¹

¹Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP
Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental - ITEP
Av. Prof Luiz Freire, 700, Cidade Universitária - Recife - PE, Brasil
rmdemelo@gmail.com, eden@itep.br, crisdat@gmail.com

²Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro
SCEN - Av. 14 Norte - Trecho 2, Bloco G, CEP: 70.818-900, Brasília - DF
ivan.melo@florestal.gov.br

ABSTRACT - Human activities in estuarine areas, when deployed inappropriately, can change sediment circulation and deposition patterns in estuaries and adjacent environments, creating environmental impacts that in some cases it becomes irreversible. In Pernambuco it is possible to notice some similar factors associated with disordered coast urbanization, where agricultural, fishing and tourism practices can be observed, being developed without control, causing natural resources degradation. Environmental Vulnerability maps provide important information for territorial planning and environmental management, indicating areas more or less appropriate to installation of new enterprises and human activities. This paper proposes to use GIS-based Analytic Hierarchy Process methodology (AHP) to evaluate environmental vulnerability levels from Rio Formoso estuary, PE, Brazil. The results showed that the region has high degree of natural and environmental vulnerability, corresponding to 78% and 46%, respectively. Among the elements that belong to this area, they have the mangrove ecosystem, which is responsible for maintenance of the existing estuarine dynamics and for several factors accommodation which together contribute to the region balance. Each mapped unit, thus providing the tools for environmental planning with a map of natural vulnerability and environmental generated enabled the understanding of the different degrees of vulnerability of systemical view to facilitate the balance establishment strategy over the actions to be taken in the order a sustainable development.

Palavras-chave: estuarine areas, environmental impacts, geographic information systems, áreas estuarinas, impactos ambientais, Sistema de Informações Geográficas

1. Introdução

Zonas costeiras são áreas afetadas constantemente por fatores antropogênicos decorrentes de uma expansão urbana desordenada, e também, por fatores naturais morfodinâmicos como direção e intensidade de ventos e correntes marinhas, altura de ondas e variações do nível de maré. Tais interferências podem modificar bruscamente as feições morfológicas locais e, dependendo de sua amplitude, podem levar a modificações irreversíveis a uma região (SANTOS, 2002).

O manguezal que normalmente é encontrado nas desembocaduras dos rios sofre muito com a atividade do homem que o explora de forma predatória, diminuindo assim seus recursos naturais e trazendo sérios riscos para a conservação desse ecossistema de significativa riqueza natural, Miranda et al. (2002).

De acordo com Oliveira et al. (2009), o mapeamento da vulnerabilidade ambiental de uma região visa mostrar como um sistema composto por diferentes variáveis se inter-relacionam entre si e com outros sistemas, ou seja, refere-se à susceptibilidade do ambiente a pressões antrópicas. Para tanto, geotecnologias como geoprocessamento associadas ao sensoriamento remoto, possibilitam a descrição e análise integrada das variáveis do sistema e suas interações através da interpretação e vetorização de imagens de satélite. Os mapas de vulnerabilidade natural, entretanto, procuram apresentar a intensidade, e a sua distribuição na

área do município, da susceptibilidade do ambiente, considerando fatores como geomorfologia, geologia e solos, e a estabilidade desses em relação à morfogênese e a pedogênese (GRIGIO, 2003).

A estrutura lógica de análise e integração denominada AHP - (*do inglês: Analytic Hierarchy Process*) ou Processo Analítico Hierárquico, é uma das técnicas utilizadas para realizar mapeamento de vulnerabilidade de uma região, a qual utiliza uma análise unificada do ambiente, abordando a área como um sistema composto por múltiplas variáveis que se inter-relacionam (ZHONG, et al. 2005; LUDWING e IANNUZZI, 2006; XIONG et al. 2008).

Este trabalho teve como objetivo propor metodologia baseada no processo de decisão hierárquica (AHP) para identificar os níveis de vulnerabilidade natural e ambiental a que está sujeita a zona estuarina do Rio Formoso em Pernambuco.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

Distante a 92 km da capital do estado de Pernambuco, Recife, a zona estuarina do Rio Formoso está localizada no município de Rio Formoso, na região fisiográfica da Mata meridional de Pernambuco ($8^{\circ} 39' 45''$ Lat. S e $35^{\circ} 09' 15''$ Log.W), tendo como limite os municípios de Sirinhaém (Norte), Tamandaré (Sul), Gameleira (Oeste) e o Oceano Atlântico (Leste), Figura 1.

Além de estar inserida na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, a zona estuarina do Rio Formoso abrange parte dos municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros, totalizando aproximadamente $44,2\text{km}^2$, dos quais 71,4% estão em área continental e os 28,6% restantes em área marítima.

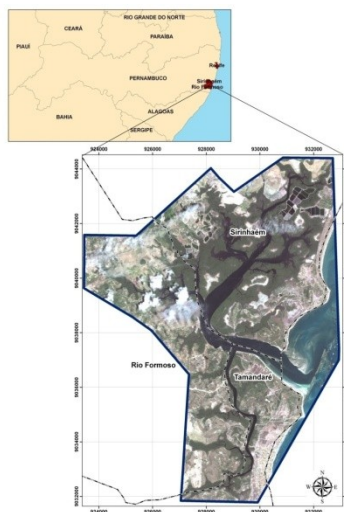


Figura 1: Localização da área de estudo.

2.2. Construção dos mapas de vulnerabilidade

Para elaboração do diagnóstico ambiental da área em estudo, foi proposta uma metodologia composta de sete etapas (Figura 2). Esse procedimento metodológico foi igualmente utilizado por Tagliani (2003) para construção de diagnósticos ambientais.

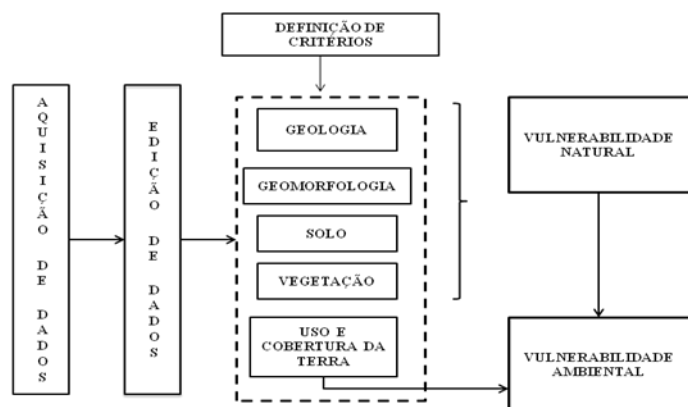


Figura 2. Diagrama da metodologia adaptado de GRIGIO (2003)

1. Aquisição de dados;
2. Edição de dados (entrada dos dados);
3. Definição dos critérios;
4. Mapeamentos temáticos;
5. Geração de mapa de vulnerabilidade natural;
6. Avaliação do uso e ocupação da área;
7. Geração de mapa de vulnerabilidade ambiental.

O processo de decisão AHP, implementado no software Arcview® GIS, foi utilizado para obtenção do grau de relevância e dos pesos de cada critério analisado, de acordo com a estruturação da hierarquia de decisão, construção da matriz de comparação pareada, priorização das alternativas e definição das classes de vulnerabilidade, sendo esses elementos decisivos para a construção dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental.

2.2.1 Definição dos critérios e elaboração dos mapas temáticos

Os autores Crepani et al. (2001), Tagliani (2003), Grigio (2003), Souto e Amaro (2005) subsidiaram na decisão dos critérios a serem utilizados para a determinação da vulnerabilidade ambiental na zona estuarina em estudo.

Desta forma utilizados os seguintes temas: Geologia, Geomorfologia, solo, vegetação e uso e ocupação do solo. Para cada um desses critérios (temas), os seus subcritérios (subtemas) foram reclassificados para os graus de vulnerabilidade alta (3), média (2) e baixa (1). Utilizando um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), essa reclassificação transformou os dados temáticos de vetor para raster, no qual cada pixel possuirá um dos valores da classificação descrita acima.

2.3 Construção da matriz pareada (AHP)

A partir da escolha dos critérios destacados nos itens anteriores e da definição da vulnerabilidade de cada subcritério, seguiu-se para o estágio que consistiu em determinar a influência mútua entre os critérios compostos pelos temas ou Planos de Informação (PI): uso e cobertura da terra e vegetação, solos, geologia e geomorfologia.

Na seqüência foram construídas duas matrizes de comparação pareadas, uma para a determinação da vulnerabilidade natural e ambiental. A partir desta comparação pareada foram definidos os critérios de importância relativa entre os fatores, conforme a escala pré-definida de 1 a 9 (Tabela 1), onde o valor 1 equivale ao mínimo e 9 ao máximo de importância de um fator sobre o outro.

De acordo com Silva (2007), a técnica AHP baseia-se numa matriz quadrada de $n \times n$, de comparação entre os n critérios, onde as linhas e as colunas correspondem aos critérios, sendo o resultado igual à importância relativa do critério da linha face ao critério da coluna. Neste contexto, os valores de entrada nas matrizes foram obtidos com base na comparação dois-a-dois dos fatores que influenciaram na vulnerabilidade ambiental da área.

Após a construção da matriz pareada pode-se observar se os valores de relevância atribuídos por especialistas aos fatores em análise foram consistentes. A consistência dessa atribuição é avaliada pelo cálculo da Razão de Consistência (RC), a qual é obtida da divisão entre o Índice de Consistência (CI) e o Índice de Consistência Aleatória (RI). $RC < 0,10$ indica que o grau de coerência é satisfatório (SAATY, 1991).

Tabela 1: Escala de valores de comparações do processo analítico hierárquico. Adaptado de Saaty (1991).

INTENSIDADE E IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	MESMA IMPORTÂNCIA	AS DUAS ATIVIDADES CONTRIBUEM IGUALMENTE PARA O OBJETIVO
3	IMPORTÂNCIA PEQUENA DE UMA SOBRE A OUTRA	A EXPERIÊNCIA E O JULGAMENTO FAVORECEM LEVEMENTE UM ATIVIDADE EM RELAÇÃO A OUTRA
5	IMPORTÂNCIA GRANDE DE UMA SOBRE A OUTRA	A EXPERIÊNCIA E O JULGAMENTO FAVORECEM FORTEMENTE UMA ATIVIDADE EM RELAÇÃO A OUTRA
7	IMPORTÂNCIA FORTE DE UMA SOBRE A OUTRA	A EVIDENCIA FAVORECE UMA ATIVIDADE EM RELAÇÃO A OUTRA SUA DOMINAÇÃO DE IMPORTÂNCIA É DEMONSTRADA NA PRÁTICA
9	IMPORTÂNCIA ABSOLUTA	A EVIDENCIA FAVORECE UMA ATIVIDADE EM RELAÇÃO A OUTRA COM MAIS ALTO GRAU DE CERTEZA
2, 4, 6 e 8	VALORES INTERMEDIÁRIOS ENTRE VALORES ADJACENTES	QUANDO SE PROCURA UMA CONDIÇÃO DE COMPROMISSO ENTRE DUAS DEFINIÇÕES

Apresentaremos como é calculado a Razão de Consistência para a determinação da vulnerabilidade natural utilizando a matriz pareada. Inicialmente aplicaremos para a vulnerabilidade natural, porém o mesmo aplica-se para a vulnerabilidade ambiental.

Para obtenção da RC, foi necessário, anteriormente, calcular os parâmetros soma, normalização, média, λ_{max} , IC, IR. O cálculo desses dados foi detalhado nos itens abaixo:

(a) Soma corresponde a adição dos valores em cada coluna da matriz. Para encontrar a matriz normalizada dividiram-se cada valor da matriz através da soma da coluna, o valor resultante é a matriz normalizada. Por exemplo, divide-se 1 (x_1, y_1) / 2,7 = 0,37, onde (x_1, y_1) corresponde a linha 1 e coluna 1 da matriz.

(b) Média dos valores de cada linha da matriz normalizada. Para encontrar a média os elementos de cada linha foram somados e dividindo-se o resultado pela quantidade de coluna existente na matriz. O valor médio representa a pontuação (peso) a ser atribuída aos critérios.

(c) O autovalor (λ_{max}) da matriz com quatro linhas é expresso por $\lambda_{max} = (2,7 \cdot M1) + (2,64 \cdot M2) + (5,11 \cdot M3) + (22 \cdot M4)$. Assim, para o exemplo acima, $\lambda_{max} = (2,7 \cdot 0,34) + (2,64 \cdot 0,36) + (5,11 \cdot 0,24) + (22 \cdot 0,05) = 4,1699$.

(d) O índice de consistência (IC) é expresso por $(\lambda_{max} - n) / (n-1)$, IC = $(4,1699 - 4) / 3 = 0,0566$.

(e) A razão de consistência (RC) é dada pela equação por IC / IR, onde IR é o índice randômico. Para n = 4, RI = 0,90. Portanto o CI = $0,0566/0,90 = 0,0629$

Desta forma, todos os dados para a determinação da vulnerabilidade natural foram obtidos e consolidados na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de determinação da vulnerabilidade ambiental baseado em Hossain et al. (2007).

	Valores				Decimal				Normalização				Média	λ_{max}	IC	IR	RC
	G	UG	S	V	G	UG	S	V	G	UG	S	V					
G	1	1	2	5	1,00	1,00	2,0	5,0	0,3	0,38	0,3	0,2	0,34	4,169	0,0566	0,9	0,0629
UG	1	1	2	7	1,00	1,00	2,0	7,0	0,3	0,38	0,3	0,3	0,36				
S	1/2	1/2	1	9	0,5	0,5	1,0	9,0	0,1	0,19	0,2	0,4	0,24				
V	1/5	1/7	1/9	1	0,2	0,14	0,1	1	0,0	0,05	0,0	0,0	0,05				
Soma					2,7	2,64	5,1	22									

G=geologia,UG= unidade geoambiental,S =solo,V= vegetação.

Na elaboração da vulnerabilidade ambiental foi relacionado os dados obtidos do resultado da vulnerabilidade natural com o critério uso da terra. A partir dos dados da matriz pareada para vulnerabilidade natural os mesmos foram utilizados para construção de uma nova matriz pareada para a vulnerabilidade ambiental na qual foi aplicada a mesma metodologia de cálculo. Os valores atribuídos a nova matriz estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Determinação da vulnerabilidade ambiental. Adaptado de Hossain et al.(2007).

	Valores		Decimal		Normalização		Média	λ_{max}	IC	IR	RC
	VN	Uso	VN	Uso	VN	Uso					
VN	1	1/2	1.00	0.2	0,1667	0,1667	0,1667	2	0	0	0
Uso	5	1	5.00	1.00	0,8333	0,8333	0,8333				
Soma			6,0	1,2							

VN=Vulnerabilidade Natural, Uso = Uso da terra

Após o processamento dos dados foram encontrados neste estudo os valores da razão de consistência ($RC = CI/RI$), para a vulnerabilidade natural e ambiental de 0,06 e 0,00, respectivamente

3. Resultados e Discussão

3.1. Vulnerabilidade natural

A vulnerabilidade natural da região estuarina do Rio Formoso foi estimada pela combinação dos aspectos geológicos, geomorfológicos, solo e vegetação. Por se tratar de uma área de planície costeira em sua maioria, o que evidencia a grande fragilidade natural dessa área, confirmada pela intensa ação dos processos costeiros na região, a área estudada apresentou níveis de vulnerabilidade natural média (22%) e alta (78%) (Figura 3).

As áreas com vulnerabilidade natural alta estão localizadas sobre sedimentos turfáceos de ambiente fluvio-lacustre (62,81%) e sedimentos eluvionares e coluvionares (10,04%). As unidades geomorfológicas de planície marinha e fluvio-marinha, e as superfícies remobilizadas contribuíram para essa alta vulnerabilidade com 57,76% e 28,83%, respectivamente. Com relação à vegetação, destacaram-se a presença de mangue e vegetação arbustiva arbórea, as quais contribuíram para a alta vulnerabilidade natural da região com 35,98% e 1,14%, respectivamente. Para o critério solo, destacou-se a presença de neossolos quartzarênicos, os quais contribuíram com 23,65% para a vulnerabilidade natural alta.

As áreas com vulnerabilidade natural média estão localizadas sobre as formações cabo (5,16%) e barreiras (2,55%). As unidades geomorfológicas, planície aluviais, contribuíram para essa vulnerabilidade natural média com 11,89%. Com relação à vegetação, destacaram-se a presença da vegetação arbustiva e outros tipos (gramíneas, culturas recentes e pioneiras em geral), as quais contribuíram para a vulnerabilidade natural média da região com 11,7% e 36,81%, respectivamente. Para o critério solo, destacaram-se a presença de argissolos amarelos e solos indiscriminados de mangues, os quais contribuíram para a vulnerabilidade natural média encontrada na região com 25,54% e 34,89%, respectivamente.

3.2 Vulnerabilidade ambiental

Andersen e Gosk (1987) definiram vulnerabilidade ambiental como qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, na presença de atividades atuais ou futuras, poderão sofrer adversidades e comprometer, de forma completa ou parcial, o equilíbrio ecológico da região em análise.

A vulnerabilidade ambiental na região estuarina do Rio formoso foi estimada a partir do cruzamento dos dados da vulnerabilidade natural com o tema uso e ocupação da terra. Esses

valores apresentaram níveis de vulnerabilidade distribuídos entre as classes baixa (48%), média 6% e alta (46%) (Figura 4). Para essa análise foi considerado o grau de antropização do ambiente, e nesse cenário foi atribuído um peso maior em relação ao tema natural. Esse tema é bastante considerado nas análises ambientais, principalmente em regiões que existem atividades econômicas que causem perdas ambientais.

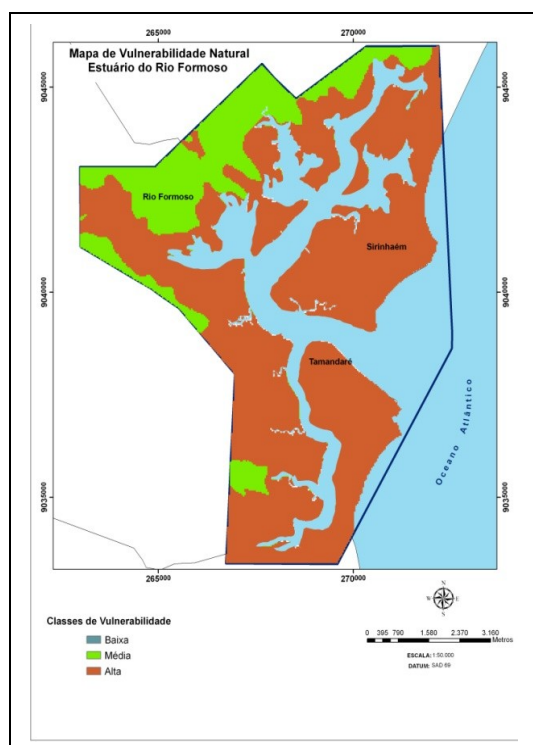


Figura 3: Mapa de Vulnerabilidade Natural

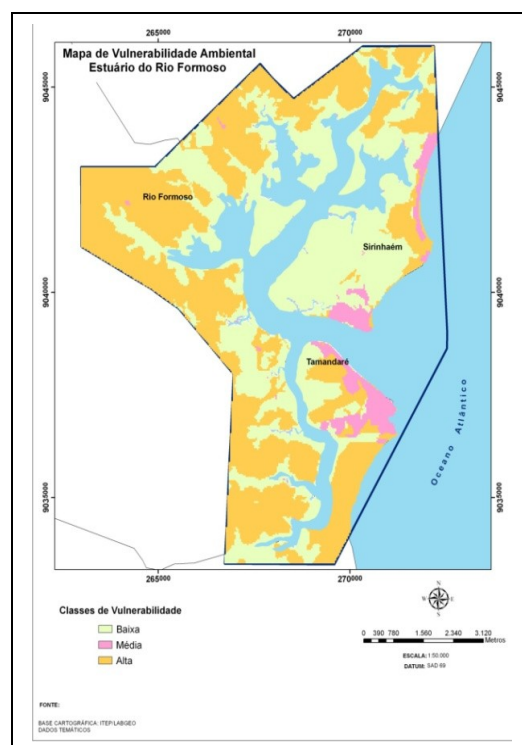


Figura 4: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental.

Foram identificadas mudanças na paisagem da região estuarina do Rio Formoso em virtude da participação do homem, que em alguns pontos dessa área já são irrecuperáveis. Devido a essa participação, foi comprovado que parte do manguezal foi suprimido para dar lugar à agricultura e ao plantio de cana-de-açúcar, à construção de tanques para a prática da carcinicultura. Além disso, também foram identificadas na região com solos expostos e áreas com ocupação urbana. A introdução dessas atividades influenciou na alta vulnerabilidade encontrada na região. A contribuição de cada subtema, dentro do estudo, se deu da seguinte maneira: agricultura (23,92%), cultivo da cana-de-açúcar (4%), área com solo exposto (4,21%), área de praia (0,86%), aquíicultura (2,54%) e área urbana (4,71%).

As áreas de baixa vulnerabilidade ambiental encontradas são decorrentes da menor pressão antrópica na região. Essa é delimitada pela presença de apicum e manguezal, que contribuíram para a vulnerabilidade ambiental baixa com 1,52% e 29,54%, respectivamente. Nessa região ainda foram encontrados coqueirais, corpos d'água, vegetação arbustiva arbórea, vegetação arbustiva e vegetação de restinga, as quais contribuíram para uma vulnerabilidade ambiental média de 3,88%, 13,69%, 0,98%, 1,44% e 8,66%, respectivamente.

Silva (2003), afirmou que o ecossistema manguezal do estuário Rio Formoso, de uma forma geral, é conservado. Essa afirmação reforça o índice de baixa vulnerabilidade ambiental encontrado para as regiões onde o manguezal está presente. Daí a importância da manutenção do ecossistema manguezal frente ao equilíbrio do sistema estuarino.

Na região estudada encontram-se áreas que vêm sendo desmatadas por conta da expansão territorial urbana. Sob essa perspectiva, Oliveira (1998), concluiu que o aterramento do mangue reduz a área de absorção das águas pluviais e das marés altas. Portanto, se há excesso

de água no estuário por efeito marinho ou das chuvas coincidentes com a maré alta, ocorre um transbordo nas áreas de mangues que foram aterradas e urbanizadas, dando origem aos alagamentos locais.

Nos limites do estuário também são encontradas práticas de aquíicultura, como a carcinicultura. Sobre essa temática, Nascimento (2007) afirmou que a aquíicultura passa por duas correntes: uma considera que esse empreendimento pode se desenvolver de forma sustentável e outra que comprova a destruição de manguezais através dessa. Sob esse assunto, Carvalho (2007) retratou uma abordagem com vários autores que apontam os riscos da prática da carcinicultura em áreas litorâneas. O autor enfatiza que apesar dessa atividade possuir uma elevada relevância econômica, a mesma deve respeitar a legislação ambiental e buscar técnicas de manejo sustentável.

As áreas de vulnerabilidade alta identificadas também correspondem a regiões que tiveram a vegetação suprimida para implantação de cana-de-açúcar ou novas culturas e áreas urbanas. Sob essa perspectiva, Gomes (2005) afirmou que as áreas com vulnerabilidade alta aos processos de perda do solo correspondem a regiões que sofreram fortes modificações em sua paisagem em virtude da atividade humana.

4. Conclusões

A região estuarina do Rio Formoso encontra-se sob baixa, média e alta vulnerabilidade ambiental. Apesar de 48% da área estudada apresentarem níveis de vulnerabilidade baixa, sobretudo influenciada pela sua região de mangue, é necessário que medidas sejam tomadas para buscar o equilíbrio e a sua estabilidade.

A metodologia AHP utilizada para determinação da vulnerabilidade natural e ambiental mostrou-se eficiente no âmbito dos conceitos, das ferramentas e na aplicabilidade da técnica propriamente dita. Esse produto poderá ser utilizado com referência no gerenciamento ambiental da região de forma a permitir ações que busquem o equilíbrio e atitudes sustentáveis para a região.

Os mapeamentos realizados para este trabalho contribuirão para informações que auxiliarão na tomada de decisão por parte dos órgãos governamentais bem como da sociedade civil, na busca de alternativas sustentáveis de uso do solo, complementando a atividade turística do município e contribuindo para o direcionamento de ações que visam o desenvolvimento com responsabilidade ambiental dentro dessa região.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Unidade de Geoinformação do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) pelo apoio na infraestrutura necessária para elaboração de todos os mapas utilizados neste trabalho.

Referências

Andersen, L. J. e Gosk, J. **Applicability of vulnerability maps**. TNO Committee for Hydrological Research: Proceeding and Information. The Netherlands. 1987, v 38, p. 321-332.

Carvalho, E. V. T. **A carcinicultura na região do nordeste: ameaça ao ecossistema manguezal**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Enciclopédia Biosfera, Vol. 3, n. 4, 2007.

Crepani, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico e ao ordenamento territorial. Publicações. INPE**. 2001, 103p. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em 26 de Março de 2010.

Gomes, A. G. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim – PE.** 2005, 160p. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais.

Grigio, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré-Rn: Simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** 2003. 223p. Dissertação de Mestrado em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.

Hossain, S. M. et al; **Multi-criteria evaluation approach to GIS-based landsuitability classification for tilapia farming in Bangladesh.** *Aquaculture International*, n. 15, p. 425–443, 2007.

Ludwing, D. e Iannuzzi, T. **Habitat equivalency in urban estuaries: An analytical hierarchy process for planning ecological restoration.** *Urban Ecosystems*, Vol. 9, N. 4, pp. 265-290, 2006.

Miranda, L. B. et al. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 411p., 2002.

Nascimento, I. A; **Manguezal e carcinicultura: o conflito da ecocompatibilidade.** *Dialogos & Ciência*, n. 10, 2007.

Oliveira, F. L. et al. **Uso de geotecnologias aplicadas ao mapeamento da vulnerabilidade ambiental no município de Pacoti, Ceará, Brasil.** In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo, Uruguai, p.1-9.

Oliveira, N. **Problemas Geomorfólogo – Ambientales de las restingas y mangles em Pernambuco y Cuba.** 1998, 123p. Tese (Doctoramiento em Geografia Física) - Ministério de Ciências e Tecnologia e Meio Ambiente, Instituto de Geografia Tropical, La Habana.

Tagliani, C. R. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações.** In: Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 2003, INPE, p. 1657-1664.

Santos, M. M. F. **Impactos ambientais no estuário do Rio Formoso a partir da confluência dos rios Ariquindá/Formoso, Tamandaré (PE).** 2002, 115p. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco

Saaty, T. L. **Método de análise hierárquica.** Tradução e revisão técnica: Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: Ed. McGraw-hill, Makron, 1991. 367p.

Silva, D. M. R. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais.** Rio de Janeiro, 2007, 128p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Silva, M. H. **Fitoplâncton do estuário do Rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil):** biomassa, taxonomia e ecologia. Recife: UFPE, 2003. 124 p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado em oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. Disponível em: <http://www.passavante.pro.br/teses/dissertacao_marcos.pdf>. Acesso em: 30 out. 2009.

Souto, M. V. S. e Amaro, V. E. **Aplicação das técnicas de geoprocessamento para o mapeamento da vulnerabilidade natural para a região da ponta do tubarão, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, município de Macau.** In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO. p.2773-2778, 2005.

Xiong, Y. et al. **Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality - A case study of Hunan Province, China.** *Ecological Modeling*. Vol. 209, N. 2-4, p. 65-416, 2007.

Zhong, C. et al **Evaluation of eco-environmental stability based on GIS in Tibet, China.** *Journal of Natural Sciences*, Vol. 10, N. 4, p. 653-658, 2005.