

USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO ACARAÚ/CEARÁ

Maria Valdirene Araújo¹
George Satander Sá Freire²
Valdir do Amaral Vaz Manso¹

Universidade Federal de Pernambuco¹
Departamento de Geologia
Pós-Graduação em Geociências
mmvvaall@hotmail.com
Universidade Federal do Ceará²
Departamento de Geologia

RESUMO - A Bacia do Acaraú está localizada a oeste da capital cearense e compreende uma área de 14.500Km² sendo considerada a segunda maior bacia hidrográfica do Ceará. A área da pesquisa compreendeu a área estuarina do rio Acaraú com 80Km². A pesquisa teve como objetivos analisar as condições ambientais, o processo de uso e ocupação e os impactos ambientais, bem como levar uma conscientização à população residente na área e de conservar os recursos da natureza de maneira sustentável de forma a garantir para as gerações futuras. Como metodologia foram utilizadas bibliografias pertinentes à área, fotografias e imagens de satélites multitemporais com boa resolução como as imagens do *Quickbird*. As atividades de geoprocessamento envolveram o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e a integração de dados em estrutura de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Os resultados obtidos constaram na análise ambiental integrada gerando uma proposta de zoneamento ambiental.

ABSTRACT - The Acaraú basin is located in west of capital of Ceará and covers 14.500km². It has been considered the second largest hydrographic basin of Ceará. The study area is represented by Acaraú river mangrove, reaching 80km². The scope of this study is to analyse the impact caused by use and occupation of this area, to conscience resident population, and to preserve natural resources to future generations. In methods was used literature, photography and satellite images with good resolution, like Quickbird images. The geoprocessing activities was comprised of digital processing of remote sensing images and arrangement of data in structure of SIG (System of Geographical Information). The results consisted in integrated environmental analysis generating a proposal of environmental zoning.

1 INTRODUÇÃO

A área de estuário é um ambiente de muita fragilidade e vulnerabilidade devido à pressão antrópica, causando diversos desequilíbrios na sua dinâmica natural. 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.

O manguezal é considerado um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais. A vegetação de mangue está sujeita ao

regime das marés, dominada por espécies vegetais típicas, às quais se associam a outros componentes vegetais e animais. O ecossistema manguezal está associado às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro de águas de rios com a do mar, ou diretamente expostos à linha da costa. (GERCO/PE, 2003).

Para Almeida (2002) a educação ambiental estabeleceu a necessidade de novos métodos pedagógicos e de administração do saber, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, a gestão participativa e a administração coletiva dos processos ecológicos e produtivos, que assegurem oferta sustentável de recursos naturais e de satisfação para a sociedade.

A Bacia do rio Acaraú está localizada a oeste da capital cearense (Fortaleza) e compreende uma área equivalente a 14.500 Km² e banha cerca de vinte e cinco municípios cearenses, sendo considerada a segunda maior bacia hidrográfica do Ceará. O rio Acaraú nasce na Serra das Matas, possui drenagem aberta ao mar, atravessa trechos do sertão centro – norte e dos tabuleiros litorâneos e abriga grandes reservatórios como o Açude Paulo Sarasate (Araras), Ayres de Sousa e o Acaraú-Mirim, garantindo a perenidade do rio, pois a alimentação de seu leito depende do regime pluviométrico que ocorre de maneira irregular, tanto no tempo como no espaço, chove muito num curto período de tempo. A área da pesquisa compreende a região do Estuário do rio Acaraú (Figura 01), correspondendo uma área de 80Km², abrange o município de Acaraú e parte do município de Cruz (oeste).

Este trabalho teve como objetivo analisar de forma integrada os atributos geoambientais do estuário do rio Acaraú, enfocando os impactos ambientais, bem como, a delimitação da área, identificação e caracterização das unidades naturais (Geossistemas e Geofácies), analisar o processo de uso e ocupação do solo, o seu processo de degradação e fazer o zoneamento da área, dando enfoque na educação ambiental para as populações que vivem nesse meio.

A análise pretendida tornou-se possível com as aplicações de geotecnologias, que possibilita a interpretação e processamento das imagens através do sistema SIG (Sistema de Informações Geográficas). Conforme Crosta (1993) o objetivo do processamento de imagens é o de remover as barreiras, inerente ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações a partir de imagens digitais. Nesse contexto, o processamento digital deve ser encarado como um estágio preparatório da atividade de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

1.1 Descrição da Área em Estudo

1.1.1 Localização e Acesso

A área pesquisada corresponde à região estuarina do rio Acaraú, situado no município homônimo, abrange, aproximadamente, 80Km² compreendendo a áreas de manguezais, campo de dunas, planície de maré e faixa praial, com presença de ocupação antrópica cada vez mais crescente (Figura 1). Está limitada pelas coordenadas geográficas UTM na zona 24S correspondendo a:

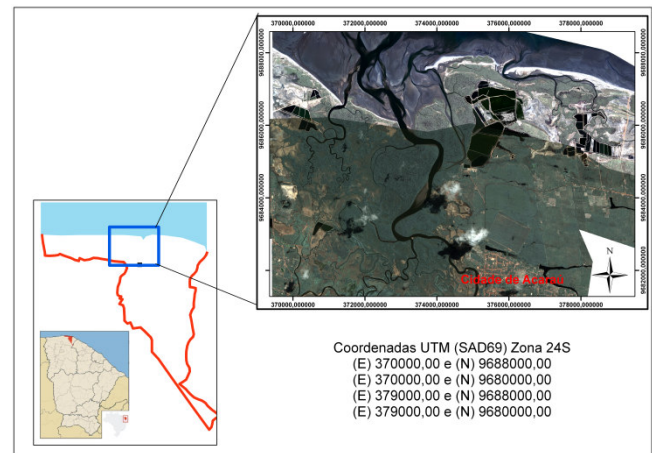


Figura 1 – Mapa de localização da área – Região estuarina do rio Acaraú (Imagem de satélite *Quickbird*, 2003).

2 METODOLOGIA

Procedimentos técnicos e metodológicos

Produtos cartográficos e orbitais utilizados

- Imagens *Quickbird* de composição RGB 321, com o processamento das imagens por meio do Software GIS 9.0 – são imagens de resolução espacial de 0.6m.
- Carta da SUDENE de 1972, Escala de 1:100.000.
- Carta da Conservação e da Biodiversidade de Acaraú na Escala de 1:150.000 – utilizadas para sua confecção Imagens do Satélite ETM – LANDSAT 7, WRS 216.64, 217.63, 217.64, 218.63 e 218.64, datadas de Junho de 1999 e Julho de 2000.
- Carta do Diagnóstico Geoambiental de Acaraú na Escala de 1:150.000 – utilizadas para sua confecção Imagens do Satélite ETM – LANDSAT 7, WRS 216.64, 217.63, 217.64, 218.63 e 218.64, datadas de Junho de 1999 e Julho de 2000.
- Carta do Uso e Ocupação de Acaraú na Escala de 1:150.000 – utilizadas para sua confecção Imagens do Satélite ETM – LANDSAT 7, WRS 216.64, 217.63, 217.64, 218.63 e 218.64, datadas de Junho de 1999 e Julho de 2000.

2.1 Trabalho de campo

Após a análise dos dados bibliográficos e geocartográfico foi elaborado o Mapa Base e posteriormente realizaram-se trabalhos de campo para reconhecimento da área pesquisada, observando-se a cobertura vegetal (ecossistema manguezal), solos e os principais tipos de uso e ocupação. (Figura 2).

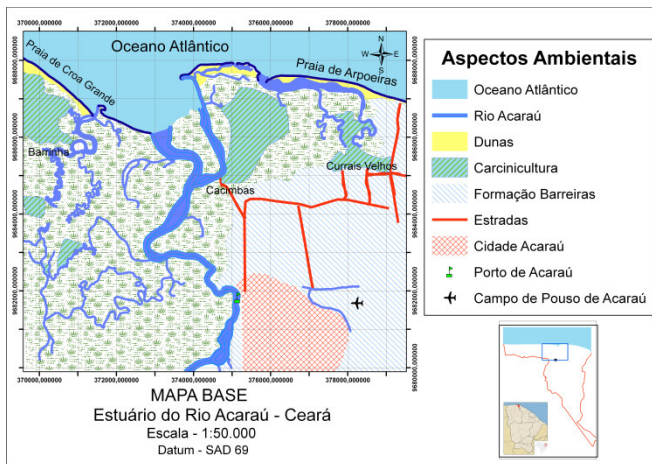


Figura 2 – Mapa Base da Área Estuarina do Rio Acaraú.

2.2 Sistemática operacional e softwares

Feito a análise dos dados bibliográfico e geocartográfico realizou-se uma primeira viagem de campo para reconhecimento da área pesquisada, quando foram observadas as condições ambientais como: a cobertura vegetal (ecossistema manguezal), os solos e os principais tipos de uso e ocupação.

A identificação e a caracterização das unidades geoambientais da área em estudo, resultaram da análise integrada dos levantamentos temáticos, que foram avaliados e atualizados sobre as imagens do satélite *Quickbird* (2003) de composição RGB com resolução espacial de 0.60m, sendo possível à geração de novas informações obtidas pela interpretação das imagens utilizando recursos do SIG (Sistema de Informações Geográficas) e do trabalho de campo.

Posteriormente, esses dados foram reproduzidos no software GIS 9.0, onde iniciou-se a elaboração dos mapas, extraindo das imagens de satélites as informações espaciais: recursos hídricos superficiais, rede viária, área urbana, cobertura vegetal, uso da terra, solos e geomorfologia. Foram elaborados o Mapa Base e os Mapas Temáticos, que foram sobrepostos para então obtermos o Mapa de Zoneamento ambiental, utilizando técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens, tendo como fonte de dados a Carta do Diagnóstico Geoambiental e de Uso e Ocupação do Município de Acaraú na Escala de 1:150.000. (Figura 3).

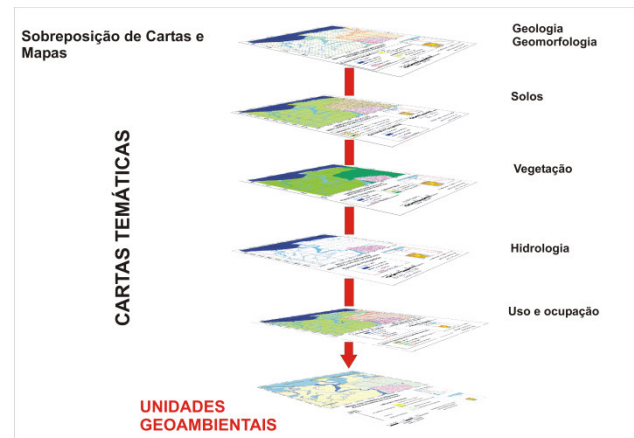


Figura 3 – Exemplo de sobreposição de mapas. Adaptado de Silva, (2000).

2.3 Sensoriamento remoto

O Sensoriamento Remoto, através de fotos aéreas e imagens de satélite, e Sistema de Posicionamento Global (GPS) incorporado aos SIG, são ferramentas indispensáveis a obtenção e processamento de dados ambientais em escalas adequadas aos usuários dos ecossistemas costeiros.

O tratamento das imagens orbitais foi executado através do software GIS 9.0, onde foram realizados os procedimentos de análise e interpretação das assinaturas espectrais predominantes e a seleção das composições coloridas das bandas, para a geração de imagens com caráter multispectral. Do conjunto de imagens coloridas, foram interpretadas aquelas que proporcionaram melhor distinção das unidades de paisagem, levando em consideração a morfologia costeira e o manguezal. Devido a resolução das imagens *Quickbird* pôde-se elaborar mapas com escalas pequenas (1:50.000) com uma maior riqueza de detalhes.

Com a aplicação de técnicas de realces e transformações de imagens, consegue-se obter melhorias significativas na qualidade visual dos produtos de sensoriamento remoto, permitindo a utilização dos mesmos no desenvolvimento de vários temas como, por exemplo, a reinterpretação dos mapas e delimitação das unidades geoambientais. A aplicação de contraste, composições coloridas e correlação de bandas foram executadas em diferentes etapas da confecção dos mapas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise Ambiental

A planície litorânea (composta pela faixa de praia e campo de dunas), e a planície fluviomarinha e a planície fluvial, são componentes que estão constantemente em

evolução, mantendo a dinâmica natural do ambiente. No litoral identificamos o processo hidrodinâmico no qual interfere na morfologia do ambiente praial, bem como na faixa de praia e na antepraia, onde na área em estudo destaca a área estuarina do rio Acaraú, local expressivo de depósitos sedimentares, atuando em conjunto com as condições físicas inerentes a esses ambientes.

A avaliação geoambiental de uma área tem como subsídios essenciais os levantamentos multidisciplinares que envolvem os aspectos relacionados a: geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos, solos e vegetação. Esses temas, quando tratados sob o ponto de vista dos seus interrelacionamentos, permitem uma visão integrada da área e constituem fontes de informações fundamentais para o planejamento territorial. (BRANDÃO, 1998).

A análise ambiental foi realizada levando-se em consideração as unidades temáticas estudadas, com o propósito de agrupá-las segundo as especificidades quanto às condições mútuas entre os fatores geoecológicos (geologia, geomorfologia, clima e hidrologia) e os fatores de exploração antrópica (solos e vegetação).

O resultado se deu da correlação, análise e síntese dos atributos ambientais estudados, onde foi possível compartimentar e mapear a região estuarina do rio Acaraú, em acordo com as características genéticas e do comportamento morfodinâmico, revelando as potencialidades e limitações de uso dos recursos naturais de cada área.

A paisagem faz parte de um sistema que conforme Pentead (1980) é um conjunto de objetos ou atributos e das suas relações, organizados para executar uma função particular. Ainda segundo o mesmo autor os Geossistemas são como formações naturais que experimentam o impacto dos ambientes: social, econômico e técnico. Esse conceito é o conceito mais amplo de geossistema. O geossistema deve assim ser discretamente isolado do seu conjunto maior para ser delimitado e definido como um conjunto unitário complexo.

De acordo com Bertrand, (1972) os geossistemas podem ser classificados em três unidades inferiores: geossistema, geofácia e geótopo. O geossistema é um conjunto complexo e principalmente dinâmico. O geofácies é de estrutura menor e atua no interior do geossistema. O geótopo é uma unidade ainda menor localizada no interior das geofácies. No Quadro 1 estão representados as unidades naturais (geossistemas e geofácies) e a ecodinâmica da região estuarina do rio Acaraú.

Segundo Pessoa (2003) o conceito ecológico do estudo do sistema permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio, portanto, a dinâmica das

geofácies é abrangente nos níveis das unidades geossistêmicas. O inter-relacionamento é feito nos níveis climatológico/meteorológico, vegetação, solo e nos processos de troca de energia da pedogênese, da transformação das rochas e na geomorfologia.

Quadro 1 – Unidades Naturais da área estuarina do rio Acaraú.

UNIDAD ES	NATURAIS	Características naturais	Ecodinâmica
Planície litorânea da área estuarina do rio Acaraú	- Planície fluviomarinha - Campo de dunas móveis - Campo de dunas semifixas e fixas	Linha de costa com dunas sob intensa ação eólica. Planície fluviomarinha com solos Gleissolos e vegetação do complexo litorâneo.	Ambientes instáveis e fortemente instáveis com vulnerabilidade alta. Ocupação de áreas de manguezais por atividades econômicas e ocupação de dunas por casas de veraneio e equipamentos de infra-estrutura.
Glacis pré-litorâneos	- Tabuleiros arenosos - Tabuleiros areno-argilosos	Superfície predominantemente plana, com declividade suave em direção ao mar, presença de lagoas com vegetação de tabuleiros modificados pelas intervenções antrópicas.	Ambiente estável com baixa vulnerabilidade. Favorável a expansão urbana e plantação de culturas diversificadas.

Fonte: Adaptado de (SOUZA, 2000).

3.2 Uso e Ocupação da Área

Quanto ao uso e ocupação da terra, a maioria dos proprietários rurais é de pequenos proprietários, que possuem pequena parte das terras. Cabe salientar que nos últimos anos um pequeno setor dos latifundiários ligados à produção de coco, bem como a produção de cultivos diversificados, está utilizando técnicas mais inovadoras, porém sem nenhuma preocupação com o uso do solo. (Figura 4).

A agricultura comercial está representada pelo cultivo de coco, do beneficiamento da castanha de caju e cultivos de fruticulturas diversificadas. A cultura de fruticulturas diversificadas destina-se a abastecer o mercado externo e local. Na agricultura de subsistência em sua grande parte, ainda se conservam as influências nativas, como as roças de milho, mandioca, abóbora, melancia, feijão e macaxeira, geralmente para seu

consumo, com baixos rendimentos, e pouca entrada no circuito de comercialização.

A expansão urbana retrata a ocupação desordenada em áreas de risco, como nas planícies fluviomarinhas e fluviais, em áreas de dunas, o que ocasiona o desequilíbrio ambiental.

A atividade comercial de maior importância é a carcinicultura, hoje um dos setores mais prósperos do município, sendo representada pela cultura de camarão e peixes em viveiros. O cultivo do camarão tem provocado impactos e prejuízos, como poluição das águas, pois os viveiros jogam seus dejetos nos canais de marés que posteriormente são lançados ao mar, e o desmatamento dos manguezais. A pesca industrializada de peixes e lagosta também tem gerado vários danos ao meio, devido à forma predatória como vem sendo executada.

A atividade pesqueira é feita de maneira artesanal, sendo comum, o emprego de embarcações movidas a remo e a vela, e o uso de caçoira, tarrafa, linha de mão e canoa sendo que os artefatos de pesca, os tipos de embarcações utilizadas e forma, de armazenamento do pescado, são os fatores determinantes que confirmam a prática da pesca artesanal no litoral.

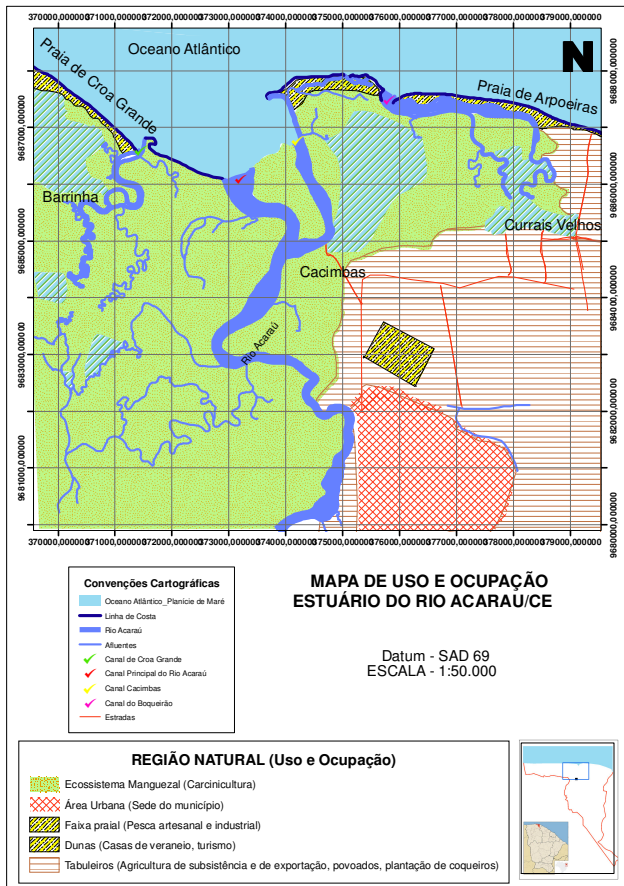


Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação da área.

3.3 Unidades Geoambientais para a Área Estuarina do rio Acaraú

Os sistemas naturais e socioeconômicos fazem da área estuarina do rio Acaraú um espaço importante para a população. Em contrapartida, a ocupação e uso dos sistemas naturais (ecossistemas) são capazes de comprometer os sistemas por si mesmo bastante sensíveis.

Para este estudo foram caracterizadas as seguintes unidades naturais. (Figura 5).

- Ambiente de planície fluviomarina.
- Ambiente da planície costeira (campo de dunas e praia);
- Ambiente dos tabuleiros litorâneos;

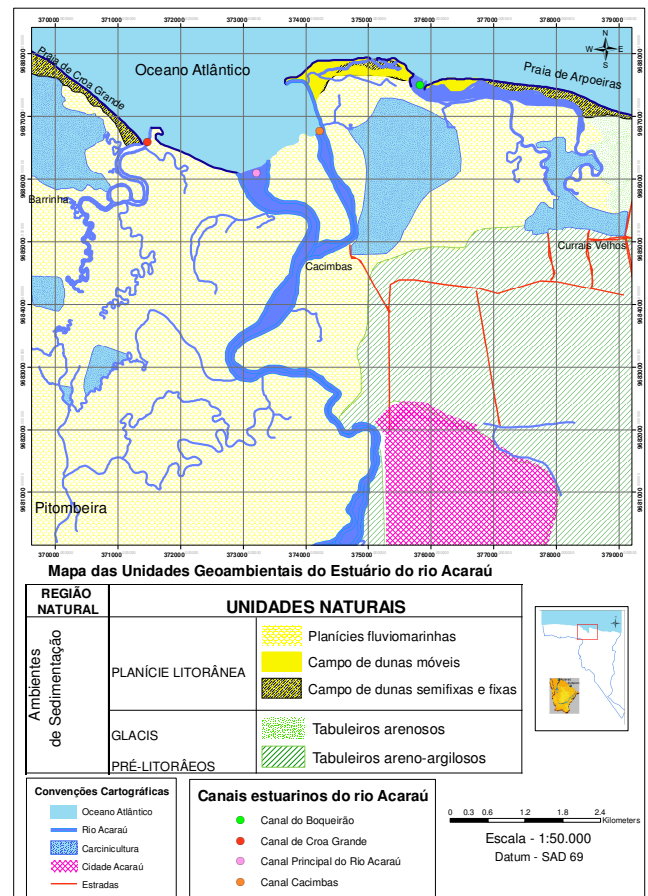


Figura 5 – Mapa das Unidades Ambientais

4 CONCLUSÕES

A análise ambiental integrada constituiu na conclusão dos estudos realizados na área estuarina do rio Acaraú, sendo identificada com ênfase a descaracterização do manguezal, bem como, sugestões

para diminuir a degradação ambiental da área. Foram analisados os aspectos físicos como a geologia, a geomorfologia, o clima, a vegetação e os recursos hídricos de maneira integradora para se entender a dinâmica natural do ambiente sob a influência da ação antrópica, no qual nesta área a ação do homem se faz presente de forma degradadora e em alguns pontos existem áreas irreversíveis quanto a sua recuperação, como por exemplo, as áreas de manguezais destruídas para a construção dos viveiros de camarões.

A faixa litorânea é uma área muito vulnerável a ação antrópica frente ao modelo de exploração predatória que, atualmente, se presencia.

O desmatamento do manguezal é um dos pontos mais críticos quanto à degradação e descaracterização da paisagem e da dinâmica desse ecossistema. A pressão antrópica está invadindo áreas de mangues, desmatando e utilizando a madeira do mangue para construir suas casas às margens do rio Acaraú, especialmente na área de sua desembocadura no Oceano Atlântico.

A implantação de empreendimentos de carcinicultura, causando o desmatamento do manguezal, do apicum e salgado, em contrapartida favorece o aumento de empregos.

Em relação ao aspecto socioeconômico da área, é possível destacar as seguintes atividades: Pescadores que ainda vão ao mar buscar seu alimento, a agricultura de subsistência e comercial, o extrativismo vegetal principalmente da carnaúba e a carcinicultura.

A disponibilização de informações físicas da área e o conhecimento dos processos dinâmicos que modelam a paisagem local, certamente servirão de subsídios para direcionar ações de preservação do uso e ocupação dos recursos naturais renováveis deste estuário, possibilitando a implantação de um desenvolvimento sustentável.

Ficou sugerida a criação de uma Área de Proteção Ambiental do Estuário do rio Acaraú, como forma de conscientizar a população quanto à preservação dos ecossistemas ali presentes, bem como, uma forma de mitigar os impactos causados pelo desmatamento, pela expansão urbana, pela pesca predatória, pela agropecuária e pela carcinicultura.

5 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J. R. **Ciências Ambientais**. Thex Editora. Rio de Janeiro. 2002. p22.
BERTRAND, G. **Paisagens e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. N° 13. Instituto de geografia – USP, São Paulo. 1972.
BRANDÃO, R.L. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE**. Texto explicativo. Carta geoambiental. Fortaleza: CPRM. 2003.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Editora da Unicamp. Campinas, SP: IG/Unicamp. 1993. 170p.

GERCO/PE. **O ecossistema manguezal**. Gerenciamento Costeiro de Pernambuco. CPRH. Recife. 2003.18p.

IBAMA. **Diagnóstico sobre a Carcinicultura no Ceará**. Gerência Executiva do Ceará. 2005. 240p.

IPECE – CEARÁ. **Anuário Estatístico do Ceará**. Fortaleza, 2007.

MELO, J. B. de. **O Licenciamento ambiental e as intervenções do Poder Público na Zona Costeira de Fortaleza/CE: considerações sobre o aterro hidráulico da Praia de Iracema**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Fortaleza, 2005. 223p.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3ª. ed.. IBGE. Rio de Janeiro, 1980.

PESSOA, E. F. V. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Catu-CE**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Fortaleza. 2003.

SEMACE. Site www.semace.ce.gov.br . Consultado em 29/01/07.

SOUZA, M.J.N. **Panorama da Degradação ambiental, desertificação e entraves ao desenvolvimento sustentável do Ceará**. In: Daniel R. de C. (org.). Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões. Fortaleza: ABC Editora, 2006. p. 33-35.

SOUZA, M.J.N. **Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**. In: Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: Editora FUCEME, 2000. 6 a 98p.

SOUZA, M.J.N. **Projeto Áridas. In: Recursos Naturais e meio ambiente – v.2**. FUNCEME, 1994. p. 143-162.

SOUZA, M.J.N. **Cobertura Vegetal e Antropismo no Estado do Ceará: uma abordagem utilizando imagens TM-LANDSAT**. Fortaleza. FUNCEME, 1993. 34p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE. 1977. 97p.