

VULNERABILIDADE DA ZONA COSTEIRA DE PITITINGA/RN, BRASIL

vulnerability of coastal zone of Pititinga, Rio Grande do Norte, Brazil

Eduardo Queiroz de Lima *

Ricardo Farias do Amaral **

Resumo

Este trabalho apresenta estudo sobre a Vulnerabilidade Natural e Ambiental da região costeira de Pititinga, município de Rio do Fogo/RN. Para análise da vulnerabilidade foram considerados os aspectos do meio físico incluindo geologia, geomorfologia e pedologia, o meio biótico representado pelo tema vegetação e o meio antrópico pelo uso e ocupação do solo. O procedimento metodológico para gerar os mapas envolveu visitas a campo, fotointerpretação e análise espacial em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para gerar o mapa de vulnerabilidade natural foram cruzados os mapas do meio físico (híbrido dos mapas de geologia, pedologia e geomorfologia) com o de vegetação, enquanto que o de vulnerabilidade ambiental consistiu no cruzamento do mapa de vulnerabilidade natural com o de uso e ocupação do solo. O mapa de vulnerabilidade natural demonstrou um predomínio de ambientes com vulnerabilidade baixa (29,6%) e média (42,4%), destacando dunas frontais e móveis como as áreas de maior vulnerabilidade. Tal resultado mostra a possibilidade de utilização e ocupação de até 72% do território, através de planejamento e ordenamento das atividades. O mapa de vulnerabilidade ambiental demonstrou uma preponderância de áreas com vulnerabilidade muito baixa (29,2%) e baixa (53,8%), indicando que a área de estudo foi pouco modificada pelo homem.

Palavras-chave: Zona costeira, Vulnerabilidade Natural, Vulnerabilidade Ambiental, Mapeamento, Pititinga.

Abstract

This paper presents a study on the environmental and natural vulnerability of the coastal region of Pititinga, Rio do Fogo/RN. For the analysis of vulnerability were considered aspects of the physical environment including geology, geomorphology and pedology themes, the biological environment was represented by vegetation theme and the anthropic environment was performed with the addition of the land use and occupation theme. The methodological procedure to generate maps involved field visits, photo-interpretation and spatial analysis in an environment of Geographic Information System (GIS). To generate the map of natural vulnerability were crossed the physical environment maps (a hybrid of the maps of geology, pedology and geomorphology) and the vegetation map, while the environmental vulnerability map were constructed by crossing the maps of natural vulnerability and land and occupation. The natural vulnerability map pointed to a predominance of environments with low (29.6%) and average (42.4%) vulnerability, highlighting the foredunes and mobile dunes areas as the greatest vulnerability. This result shows the possibility to use and occupy 72% of the territory, through planning and ordering of the activities. The environmental vulnerability map showed a preponderance of areas with very low (29.2%) and low (53.8%) vulnerability, which allows inferring that the studied area was relatively little modified by human action.

Key words: Coastal Zone, Natural Vulnerability, Environmental Vulnerability, Mapping, Pititinga.

Resumen

Este trabajo presenta un estudio sobre la vulnerabilidad natural y ambiental de la región costera de Pititinga, Rio do Fogo/RN. Para el análisis de vulnerabilidad se consideraron los aspectos del medio físico incluyendo geología, geomorfología y pedología, el medio biótico fue representado por el tema vegetación y lo medio antrópico fue realizada con el tema uso y ocupación del suelo. El procedimiento metodológico para generar los mapas ha involucrado visitas de campo, foto-interpretación y análisis espacial en ambiente de Sistema de Informaciones Geográficas (SIG). Para generar el mapa de vulnerabilidad natural, se cruzaron los mapas del medio físico (un híbrido de los mapas de geología, pedología y geomorfología) con el mapa de vegetación, mientras la vulnerabilidad ambiental consistió en el cruzamiento de los mapas de vulnerabilidad natural y de uso y ocupación del suelo. El mapa de vulnerabilidad natural señaló un predominio de los ambientes con baja (29,6%) y media (42,4%) vulnerabilidad, destacando las dunas frontales y móviles con mayor vulnerabilidad. Este resultado muestra la posibilidad de uso y ocupación de hasta 72% del territorio, través de un planteamiento y ordenamiento de las actividades. El mapa de vulnerabilidad ambiental reveló una preponderancia de áreas con vulnerabilidad muy bajas (29,2%) y bajas (53,8%), dejándonos inferir que la área de estudio fue relativamente poco modificada por la acción humana.

Palabras clave: Zona costera, Vulnerabilidad Natural, Vulnerabilidad Ambiental, Cartografía, Pititinga.

(*) Mestre. pelo Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Campus Universitário, Cx. Postal: 1596, CEP.: 59078-970, Natal (RN), Brasil. Tel: (+55 84) 215 3831 - eduqlima@yahoo.com.br

(**) Prof. Dr. do Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Campus Universitário, Cx. Postal: 1596, CEP.: 59078-970, Natal (RN), Brasil. Tel: (+55 84) 215 3831 - ric@ufrnet.br

INTRODUÇÃO

O litoral oriental do Rio Grande do Norte é conhecido por suas belezas naturais, que atraem pessoas de todo o mundo em função do turismo. É a diversidade de unidades geomorfológicas que confere beleza a este litoral, o qual encanta a todos com suas praias arenosas, dunas, falésias, lagoas costeiras, estuários, de modo que não faltam opções de lazer associadas a estes ambientes.

Com os turistas cria-se uma demanda por atividades recreativas e novas áreas passam a ser ocupadas, o que produz forte especulação imobiliária. Este é um quadro estabelecido e notório em toda a porção do litoral oriental do estado.

Nos últimos anos, grandes empresas e consórcios passaram a ocupar este litoral com o planejamento e construção de grandes resorts, dos quais muitos já estão em processo de licenciamento ambiental. Por vezes, estes projetos não levam em conta o aproveitamento e a preservação dos recursos naturais, que são destruídos ou mutilados definitivamente. Por outro lado, quando a pressão sobre o meio ambiente não ocorre por conta destes Grandes Empreendimentos, o recorte do litoral entre Genipabu e Touros é marcado por um turismo predominantemente de veranistas, com poucas atividades planejadas, o que também tem levado a degradação ambiental.

Não há neste litoral grandes atividades agrícolas como a da cana-de-açúcar (que ocorre notoriamente no litoral oriental potiguar entre Natal e a Paraíba), nem atividade pecuária de destaque. Não há grandes aglomerações humanas (grandes cidades), mas sim, pequenas comunidades de pescadores ou pequenas cidades, economicamente pobres e com infraestrutura urbana modesta.

Além do exposto, na porção do litoral oriental entre as praias de Genipabu e Touros há uma escassez de estudos e pesquisas voltados para a compreensão do ambiente costeiro, o que dificulta o seu zoneamento e a adoção de medidas mitigadoras mais eficazes em face de eventuais problemas de caráter físico. No entanto, o zoneamento, o planejamento e a gestão da zona costeira e áreas contíguas é de suma relevância quando se pretende a execução de uma política racional de uso e ocupação do solo.

A área de estudo localiza-se no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, na zona costeira do município de Rio do Fogo, englobando a praia de Pititinga e seu entorno (Figura). Esta área limita-se a oeste com a BR-101, a norte com o Rio Punaú, a leste com o Oceano Atlântico e a sul se encerra no limite com o município de Maxaranguape, porém este último limite, da área de estudo, foi estendido para incluir a Ponta do Coconho (em Maxaranguape), fundamental para o entendimento da dinâmica da erosão costeira. Toda a área de estudo está inserida entre as coordenadas 9401671/9408377 e 235069/242920.

A vila de Pititinga caracteriza-se por ser uma vila de pescadores, pequena, com turismo incipiente, e que é marcada pelo seu grave problema relacionado à erosão costeira. A erosão aí processada é visualmente impactante, visto que muitas casas estão totalmente destruídas e outras fortemente ameaçadas.

Diante desse cenário, tornou-se imperativo realizar um trabalho que ao mesmo tempo em que produza informações e conhecimento sobre uma área localizada nesta porção do litoral, seja um instrumento útil para subsidiar planejamentos, zoneamentos e a gestão de uso e ocupação do solo em regiões costeiras visadas ou exploradas por atividades turísticas. Desta forma, este trabalho tem por objetivo analisar a zona costeira de Pititinga, investigando seu meio natural (vegetação, solos, geomorfologia e geologia) e humano (por meio das diferentes formas de uso e ocupação do solo) de modo que se possa estabelecer o grau de vulnerabilidade natural e ambiental da área de estudo, a qual está representada por meio de mapas de vulnerabilidade.

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

O tipo climático representativo da região que inclui o município de Rio do Fogo, segundo a classificação de Köppen é o AS' – clima tropical com chuvas. Este tipo é caracterizado por duas



estações bem definidas, sendo seco no verão e chuvoso no outono e inverno (março a julho), estendendo-se da região do litoral do Rio Grande do Norte até a Bahia (ANDRADE 1967).

Nunes (2006) e Walle (2006), ao descrever o litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, explica que durante todo o ano a temperatura se mantém constante, com uma pequena oscilação de 6°C a 10°C acima ou abaixo da média normal, que é de 26°C. Nunes (2006) acrescenta que o clima nesta porção do litoral potiguar é controlado pela Massa Tropical Atlântica (Ta) que determina um regime de ventos predominante correspondente aos alísios de sudeste, e uma precipitação pluviométrica em torno de 1.200 milímetros por ano.

Com relação à hidrografia, o litoral oriental do Rio Grande do Norte é recortado, de norte para sul, pelas bacias hidrográficas dos rios Boqueirão, Punaú, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Doce, Potengi, Pirangi, Trairi, Jacu, Catu, Curimataú e Guaju, as quais detêm comportamento geométrico semelhante: todos escoam aproximadamente paralelos em direção às suas desembocaduras, no litoral. Na zona costeira, a norte da cidade de Natal, ocorrem as Faixas Litorâneas Leste de escoamento difuso, encaixadas em terreno dunar (RIO GRANDE DO NORTE, 2011).

O rio Punaú que marca o limite norte a área de estudo, conforme o Mapa Geopolítico das Bacias Hidrográficas (Rio Grande do Norte 2010), está inserido na Bacia do rio Punaú, que cobre uma superfície de 447,9 km², equivalente a cerca de 0,8% do território estadual, sendo formada pelos rios Punaú, das Piranhas, do Saco, Carro Quebrado, Tatu, das Curicacas e Córrego do Arrepiado. Tal rio apresenta orientação oeste-leste desaguando no litoral oriental no Oceano Atlântico e seu padrão da drenagem é do tipo dendrítico. Além, deste rio área de estudo é influenciada pelas Faixas Leste de Escoamento Difuso (CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005; CENPRO-CONSULTORIA, ENGENHARIA & PROJETOS LTDA, 2007).

A vegetação litorânea ou região justamarítima é expressão de uma íntima dependência da natureza do substrato e da fisiografia. Rizzini (1997) ao descrever o ambiente costeiro trata sobre o processo de formação das praias, das dunas móveis e das dunas posteriores (sentido oceano-continente), as quais segundo ele estão fixadas pela vegetação, formando grandes planícies arenosas com vegetação arbóreo-arbustiva.

As seguintes coberturas vegetais podem ser identificadas no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte: Mata Atlântica (mata de dunas litorâneas ralas e abertas; mata subcaducifolia densa a rala de tabuleiros; mata de dunas litorâneas densas e mata ciliar), e ecossistemas associados (manguezal e tabuleiro litorâneo) (RIO GRANDE DO NORTE, 1994).

Pedologicamente, o Rio Grande do Norte apresenta sua variedade de classe de solos como consequência da diversidade litológica, da variação no relevo e no regime de umidade do solo. As principais manchas de solos encontradas no litoral do Rio Grande do Norte são: Latossolo Vermelho Amarelo, estende-se por quase todo o litoral do Rio Grande do Norte; Neossolos (Areias Quartzosas, Regossolos, Solos Aluviais, Solos Litólicos), ocupam também quase todo o litoral e a margem dos principais rios, são solos não hidromórficos e arenosos; e os Solos de Mangue, presentes nas desembocaduras dos rios (CRUZ, 2007).

Com relação ao relevo o litoral potiguar exibe grande variedade de formas, as principais são: Planície Costeira; Planícies Fluviais e Tabuleiros Costeiros (CRUZ, 2007). Nunes (1987) em estudos situados entre a foz do rio Maxaranguape, no município de Maxaranguape/RN, e a Ponta do Calcanhar em Touros/RN, subdivide geomorfologicamente esta região em: superfície de aplainamento, formas litorâneas (englobando dunas, planície de deflação, falésias, recifes, estuários e estirâncio) e vales fluviais e lacustres. Cunha et al. (1990), elencou as seguintes Unidades Geomorfológicas no setor costeiro Maxaranguape-Touros/RN: planície de deflação, dunas móveis, dunas fixas (cordões e corredores interdunares), superfície de aplainamento, vales (vertentes, planície de inundação e terraços), lagoas e falésias.

Barreto et al. (2004) realizaram um mapeamento geológico e geomorfológico do litoral do Rio Grande do Norte, e no setor que vai de Natal a oeste de Touros, eles identificaram os depósitos de terraço marinho, dunas ativas (barcanas, cristas barcanoides e parabólicas), dunas inativas



com morfologia nítida, dunas inativas com morfologia tênue, lençol de areia, depósitos aluviais e geologia pré-quadernária.

Para Nogueira (2008) as unidades cenozóicas, que compõem a Bacia Potiguar, são representadas pela Formação Barreiras, Rochas Supra-Barreiras, Beachrocks, Depósitos de Dunas Fixas e Móveis, Depósitos Praiais Atuais e Depósitos Aluvionares.

VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL

Cutter (1996) apresenta 18 definições de diferentes autores desenvolvidas entre 1980 e 1995 sobre vulnerabilidade, e através delas pode se perceber a existência de diversos conceitos (reflexo de diferentes modos de considerar a vulnerabilidade) e a evolução destes no tempo, tornando-se cada vez mais complexos. Conforme a autora, muitas das discrepâncias acerca da ideia de vulnerabilidade devem-se a diferentes orientações epistemológicas (ecologia política, ecologia humana, ciência física e análise espacial) e as conseqüentes práticas metodológicas, como também a escolha do perigo em questão e as regiões consideradas para exame (países desenvolvidos e em desenvolvimento). Esta diversidade de conceitos resultou em três diferentes abordagens e três diferentes categorizações:

- Vulnerabilidade como exposição ao risco/perigo: foca na probabilidade de exposição (risco tecnológico/biofísico); Categorizada como: Vulnerabilidade como condição pré-existente (aqui pode ser incluída a Vulnerabilidade Natural);
- Vulnerabilidade como resposta social: tratando da probabilidade de conseqüências adversas (vulnerabilidade social); categorizada como Vulnerabilidade como resposta moderada (tempered response);
- Vulnerabilidade dos lugares: uma combinação das duas anteriores; categorizado como Vulnerabilidade do perigo dos lugares (hazard of place – aqui pode ser englobada a ideia de Vulnerabilidade Ambiental, quando se entende que esta passa por uma perspectiva integradora de vulnerabilidade como condição pré-existente e como resposta social.

A Vulnerabilidade como condição pré-existente examina a origem (ou o potencial de exposição ou risco) dos perigos tecnológicos ou biofísicos, detendo-se na distribuição de algumas situações de perigo, na ocupação humana de zonas perigosas (zonas costeiras, zonas sísmicas) e no grau de perda associado com a ocorrência de um evento particular (enchentes, furacões, terremotos). A Vulnerabilidade como resposta social foca os estudos sobre respostas de enfrentamento incluindo resistência social aos perigos. Nesta categoria a natureza das condições e eventos perigosos é, numa visão mais detalhada, tomada como um constructo social sem uma condição biofísica. A Vulnerabilidade do perigo dos lugares combina elemento dos dois citados acima, mas é mais focado em aspectos geográficos.

Conforme Cutter (1996), a ideia de vulnerabilidade perpassa por um potencial de perda, destacando perdas individuais e coletivas e aquelas que resultam da interação da sociedade com as condições biofísicas, que, por sua vez, afetam a resiliência do ambiente a responder aos perigos ou desastres, como também, influenciam na adaptação da sociedade a tais mudanças de condições.

Nas últimas décadas, os estudiosos passaram a incorporar uma perspectiva mais holística e complexa, para entender a intricada rede de relações sócio-física-humana, assim, outros temas passaram a ser levados em conta nos estudos relativos a desastres, tais como: de origem tecnológica (desastres químicos, acidentes nucleares, contaminação industrial) e aqueles eminentemente sociais (fome, pobreza e violência). Deste modo, eventos e desastres naturais tornaram-se reconhecidos como elementos importantes para a análise da vulnerabilidade de populações específicas. É a partir da década de 1980, que o conceito de vulnerabilidade aparece permitindo uma análise mais complexa, incluindo fatores biofísicos, sociais e tecnológicos de um evento, para conseqüências ambientais,

sociais e individuais, tão bem quanto para decisões, escolhas e ajustamentos individuais, coletivos e governamentais. Nos anos 1990, o interesse em populações vítimas de catástrofes naturais cresceu, não somente observando a percepção da população, mas todo o drama por elas enfrentado. Neste contexto, a vulnerabilidade ganha destaque em estudos científicos, quando considera os perigos naturais, sociais e tecnológicos. Já na última década a preocupação situou-se além do simples foco sobre eventos específicos, espacialmente localizados, em uma abordagem caso a caso, para envolver causas estruturais dos fenômenos e suas consequências, ganhando um enfoque regional e global (HOGAN; MARANDOLA, 2005; GRIGIO, 2008).

Neste trabalho não se pretende avaliar nem definir conceitos e também, não almeja debater etimologicamente o conceito de Vulnerabilidade Natural e Ambiental. Contudo, é necessária a adoção de conceitos que embasem teoricamente a pesquisa desenvolvida. Deste modo, assumiu-se, conforme o conceito elaborado por Kawakubo et al. (2005), que a Vulnerabilidade Natural é produzida através da fragilidade potencial das características físicas do ambiente tais como a declividade e o tipo de solo, e os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente. Enquanto que a Vulnerabilidade Ambiental, conforme Tagliani (2003) significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, tendo em vista que o termo susceptibilidade traz embutido a idéia de passividade, por denotar uma propensão em adquirir ou não impressões, mudanças, deformações ou atributos diferentes dos que já possuía.

A proposta deste trabalho é representar graficamente a Vulnerabilidade Natural e Ambiental por meio dos respectivos mapas, cujo primeiro, conforme Grigio (2003), envolve a elaboração e o cruzamento de mapas de geologia, de unidades geomorfológicas, de pedologia e de vegetação, enquanto que o segundo é o resultado do cruzamento do mapa de Vulnerabilidade Natural com um mapa de uso e ocupação do solo. Tais cruzamentos basearam-se na classificação ecodinâmica de Tricart (1977), a qual distingue três tipos de meios morfodinâmicos a partir da intensidade dos processos atuais. Com base nessa classificação, há os meios estáveis, meios intergrades, e os fortemente instáveis, ou como considerou Grigio (2003), há meios estáveis, intermediários e instáveis.

Os meios estáveis apresentam lenta evolução, tendendo a uma situação de clímax, pois ocorrem em regiões de fraca atividade geodinâmica interna e sob baixa intensidade dos processos mecânicos da geodinâmica externa. Há nestes meios, predominância da pedogênese sobre a morfogênese. Nos meios intermediários há um equilíbrio maior entre pedogênese e a morfogênese, de modo que o balanço entre as duas pode favorecer tanto a pedogênese quanto a morfogênese conforme o caso, mas sempre de modo sutil. Já os meios instáveis há forte predominância da morfogênese sobre a pedogênese (TRICART, 1977).

Assim, nota-se que a vulnerabilidade será maior quanto maior for a instabilidade do meio, ou seja, quanto maior for a morfogênese sobre a pedogênese, de modo que um ambiente vulnerável é também instável.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi desenvolvido com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, visitas a campo e consulta à bibliografia disponível. Para a confecção dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental num Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram utilizados os seguintes dados e ferramentas:

- Fotografias aéreas digitais adquiridas em 2006 (escala aproximada de 1:8.000, retificadas e georeferenciadas);
- Imagens orbitais do satélite QUICKBIRD, sensor QB02, bandas multiespectrais, de resolução espacial de 2,4 m, adquiridas em 14 de abril de 2006 e 18 de setembro de 2006.



- Cartas planimétricas na escala 1:1.000;
- Mapas temáticos (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso e ocupação do solo) gerados na escala 1:30.000;
- Dados de campo fruto da checagem e avaliação dos mapas temáticos, sob o ponto de vista dos recursos naturais;
- Software ArcGis 9.2 para a conversão das cartas temáticas vetoriais em forma de representação raster através da execução de operações algébricas, para organização e estruturação das informações e dados georreferenciados, com a criação de um banco de dados espacial para que estas informações possam ser consultadas, visualizadas, atualizadas e manipuladas.
- Planilha eletrônica Excel do pacote Office 2007, para cálculos de áreas das classes de vulnerabilidade mapeadas.

A Vulnerabilidade Natural e Ambiental da área de estudo está representada por mapas de vulnerabilidade natural e ambiental, os quais são produtos do cruzamento de mapas de geologia, de unidades geomorfológicas, de pedologia e de vegetação, como também, do mapa de uso e ocupação do solo. Neste cruzamento os atributos são valorados e se dá com base na classificação da estabilidade dos ambientes e de seus elementos, o que está definido qualitativamente e quantitativamente conforme a Tabela 1. A integração dos dados temáticos é feita segundo um modelo utilizado por Grigio (2003), onde o grau de vulnerabilidade estipulado a cada classe (unidade) de cada tema (Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Cobertura Vegetal e Uso e Ocupação do Solo) foi distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0 com intervalo de 0,5.

A relação pedogênese/morfogênese foi utilizada para atribuir valores de vulnerabilidade as classes (unidades) dos temas pedologia, geomorfologia e geologia, todavia, no caso da vegetação o critério estabelecido foi a densidade da cobertura vegetal: valores próximos a estabilidade (1) para ambientes com densa cobertura vegetal – exemplos: Floresta Tropical Densa, Floresta Tropical Aberta; valores intermediários (2) para ambientes que tem como exemplo a Savana Florestada e a Savana Arborizada; e por último, valores próximos a vulnerabilidade (3) com baixa densidade de cobertura vegetal, tais como a Savana Parque e a Savana Gramíneo Lenhosa. Já no caso do mapa de uso e ocupação do solo, o critério utilizado pautou-se no grau e no tipo de antropização encontrados na área de estudo.

Tabela 1 - Valores de estabilidade de unidades de paisagem - Tricard (1977).

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Neste trabalho realizou-se uma modificação na metodologia apresentada por Grigio (2003), como proposta para simplificação do cruzamento dos mapas. Observou-se que os mapas de geomorfologia, geologia e pedologia da área de estudo poderiam ser integrados em apenas um mapa devido forte correlação entre as unidades geológicas e classes de solo com as unidades geomorfológicas. Utilizou-se o mapa geomorfológico, por ser o mais complexo dos três, com maior compartimentação da área de estudo em diferentes unidades, e este mapa passou a ser chamado de “Mapa do Meio Físico”. Para obtenção dos pesos das unidades do Mapa do Meio Físico, foi feita uma média aritmética ponderada das somas dos pesos de cada classe e unidade relacionadas, dividindo pelo peso do Mapa do Meio Físico (peso 4).

O cruzamento dos mapas foi realizado após a conversão dos mapas em formato vetorial para mapas em formato raster. Para tal cruzamento utilizou-se o módulo Spatial Analyst (Raster calculador) do software ArcGis 9.2, que possibilita operações algébricas entre mapas em formato raster. O produto destas operações entre os mapas de vegetação e do meio físico resultou no Mapa de Vulnerabilidade Natural. Com tal produto, calculou-se a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe. O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade natural (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) através de um conceito relativo, ou lógica difusa (Fuzzy Logic). Este mesmo procedimento foi adotado para o cruzamento entre o mapa de Vulnerabilidade Natural como mapa de Uso e Ocupação do Solo, e de modo idêntico houve a distribuição da vulnerabilidade ambiental em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta).

Para produzir o mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo, aplicou-se o método de ponderação de fatores, o qual possibilita a compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator. Assim, o “Meio Físico” recebeu peso 0,4; a “Vegetação” recebeu peso 0,1 e o “Uso e Ocupação” recebeu peso 0,5. Estes pesos de compensação indicam a importância de qualquer fator em relação aos demais (COSTA et al., 2006). A atribuição destes valores foi dada de forma a tentar equilibrar a importância dos fatores naturais com os antrópicos, onde cada um apresenta peso 0,5, o que pode ser observado ao somar os pesos do mapa do meio físico e com o de vegetação

RESULTADOS

Vulnerabilidade Natural

Os mapas de zoneamento como o de Vulnerabilidade Natural e Ambiental são instrumentos importantes para auxiliar órgãos governamentais e privados nas tomadas de decisões referentes ao ordenamento do território. Com estes instrumentos é possível verificar quais zonas ou áreas apresentam-se mais ou menos adequadas para um determinado tipo de uso e ocupação, ou que áreas são mais interessantes no ponto de vista da preservação e da conservação da natureza. Para a construção de tais mapas, é necessário um mapeamento temático que dê subsídios e informações que sirvam de base para uma decisão.

O mapa de Vulnerabilidade Natural (figura 1) apresenta diferentes níveis de intensidade de vulnerabilidade natural e a distribuição espacial destes níveis na área de estudo considerando apenas aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de cobertura vegetal em sua análise, isto é, este mapa permite observar o comportamento da vulnerabilidade do ambiente natural sem levar em conta a interferência antrópica instalada.

Assumindo como ponto de partida para a análise da vulnerabilidade natural as unidades geomorfológicas, nota-se que no mapa supracitado as áreas de lagoas temporárias e permanente apresentaram “vulnerabilidade alta”. A planície fluvial do rio Punaú também se enquadrou na categoria “vulnerabilidade alta” (quando margeia a superfície de deflação recoberta por vegetação contando savana-restinga e as áreas recobertas por vegetação aquática lacustre temporária), mas também, na categoria “vulnerabilidade média e baixa” (quando margeia a superfície de deflação recoberta por restinga herbácea e arbustiva) e “vulnerabilidade muito alta” (quando margeia as dunas móveis, frontais e o estirâncio), sendo que seu afluente está inserido na categoria “vulnerabilidade média”.

As dunas fixas, compostas de neossolos quartzarênicos e vegetação de restinga arbustiva mais densa, enquadraram-se na categoria “vulnerabilidade média”, enquanto que as dunas móveis e frontais, com neossolos quartzarênicos desnudo ou recoberto por vegetação de restinga herbácea rala, enquadraram-se na categoria “vulnerabilidade muito alta”. As áreas de superfície de deflação apresentaram “vulnerabilidade baixa” e “vulnerabilidade média”. Nas regiões em que ocorre vegetação antrópica, de restinga herbácea e onde se assenta a comunidade de Pititinga, a superfície



de deflação apresentou vulnerabilidade média, nas demais áreas, com vegetação contato savana/restinga, verifica-se uma vulnerabilidade baixa.

A praia variou entre vulnerabilidade média e muito alta, ficando quase imperceptível, pois corresponde a uma faixa muito estreita que não ficou bem destacada no produto imagem “Mapa de Vulnerabilidade Natural”.

Percebe-se neste mapa que a área de vulnerabilidade baixa e média são as que ocupam maior dimensão (556 ha e 796 ha, respectivamente), enquanto que a “vulnerabilidade muito alta” corresponde à menor extensão mapeada (72 ha), revelando que há uma maior dimensão de áreas de equilíbrio e menos e menores superfícies que denotam vulnerabilidade extrema (ver tabela 2).

Tabela 2 - Área e porcentagem de área ocupada pelas classes de Vulnerabilidade Natural e Ambiental.

ESCALA DE VULNERABILIDADE	VULNERABILIDADE NATURAL		VULNERABILIDADE AMBIENTAL	
	(HA)	(%)	(HA)	(%)
Muito baixa	0	0,0	548	29,2
Baixa	556	29,6	1010	53,8
Média	796	42,4	236	12,6
Alta	454	24,2	75	4,0
Muito Alta	72	3,8	8	0,4
<i>TOTAL</i>	<i>1.878</i>	<i>100</i>	<i>1.878</i>	<i>100</i>

A categoria dunas móveis representaram áreas de vulnerabilidade muito alta. Esta vulnerabilidade muito alta, pode se justificar ao considerar que as dunas móveis são áreas que funcionam como recarga de aquífero livre e com alto dinamismo. As dunas fixas apresentaram uma vulnerabilidade média que pode ser compreendida quando se considera que elas, apesar de funcionarem como área de recarga do aquífero livre, têm sua dinâmica restringida em decorrência de sua fixação por uma vegetação arbustiva, o que rebaixa sua vulnerabilidade quando comparada com as dunas móveis.

Com o mapa de vulnerabilidade natural, ficam claras quais seriam as zonas mais indicadas a um determinado tipo de uso e ocupação do solo e quais aquelas menos indicadas. Deste modo, tem-se que as zonas de superfície de deflação (vulnerabilidade baixa e média) são áreas que sofreriam ou implicariam em menos transtornos referentes a possíveis impactos decorrentes de um uso e ocupação, sendo na área de estudo a zona mais adequada para o desenvolvimento de atividades como a agricultura e até de pequenos núcleos urbanos nas áreas mais distantes das dunas fixas, dunas móveis e da praia, porém, deve-se destacar a relação da unidade geomorfológica supracitada (superfície de deflação) com as dunas fixas, as quais devem ter sua vegetação conservada para que continuem constituindo uma área de dinâmica restrita e, consequentemente, de vulnerabilidade mais baixa.

Nota-se que nas dunas fixas a vegetação é um fator preponderante na determinação de seu grau de vulnerabilidade, deste modo, a retirada da cobertura vegetal, por qualquer razão, elevaria o grau de vulnerabilidade para alto ou muito alto, isto é, grau semelhante ao das dunas móveis. Neste trabalho a classe geomorfológica referente à lagoa costeira permanente apresenta vulnerabilidade alta, em função de sua fragilidade e importância ambiental. Cunha et al. (1990) chamam atenção para o uso e ocupação de lagoas costeiras, tendo em vista que, são facilmente impactadas por usos irracionais, de modo que, a ocupação deve prever a preservação das áreas de recarga de aquífero (dunas) e afloramento do lençol freático (lagoas), tanto quanto de seu entorno, com o intuito de conservar a qualidade da água e evitar seu assoreamento.

As lagoas temporárias (vulnerabilidade alta) também requerem um cuidado especial frente ao uso e ocupação do solo, tendo em vista que são áreas topograficamente rebaixadas e por isto, periodicamente inundadas por afloramento do lençol freático. A comunidade de Pititinga sofre ano após ano com o alagamento destas lagoas no período chuvoso, este fenômeno cíclico, afeta e pre-

judica o acesso rodoviário à comunidade e o deslocamento interno desta, além de envolver casas e terrenos deixando-os ilhados.

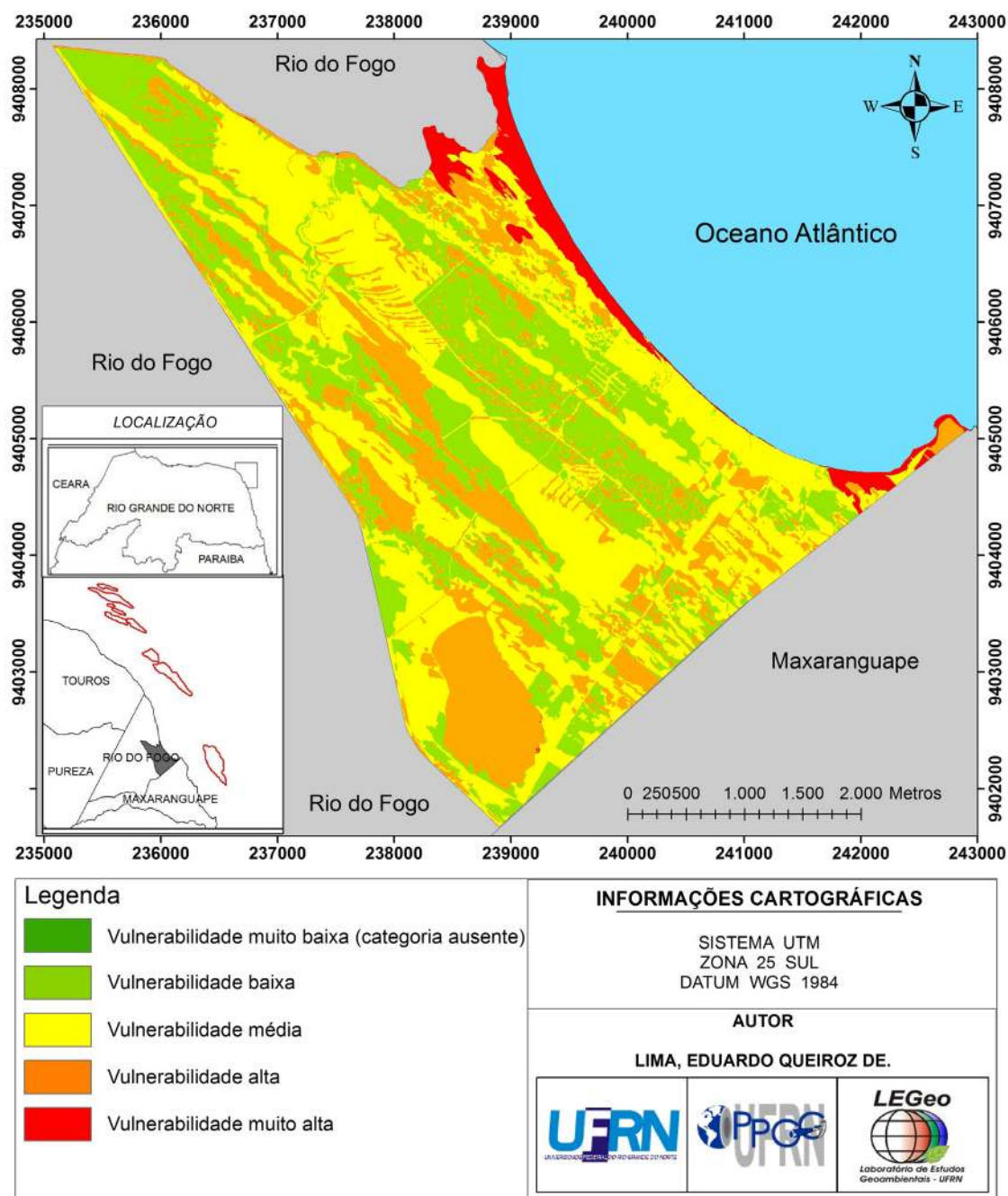


Figura 1 – Mapa de Vulnerabilidade Natural da Zona Costeira de Pititinga e seu entorno.

No caso das dunas móveis, corrobora-se com o exposto por Cunha et al. (1990) que considera tais dunas como áreas de preservação onde não deve ocorrer qualquer tipo de uso ou pelo menos um uso brando, racional ou controlado.

As dunas frontais da área de estudo constituem um compartimento que apresentou vulnerabilidade muito alta. Sendo assim, necessita de atenção especial tendo em vista que tal unidade geomorfológica desempenha um papel importante servindo como uma barreira que impede ou dificulta a atuação ou o impacto das ressacas do mar e das ondas na maré de sizígia, favorecendo a proteção e estabilização da costa (AREJANO, 1999; HESP, 2002; AMARAL, 2008). Desta forma, sua preservação deve evitar usos que a desconfigurem como, por exemplo, passeios de buggys e

quadriciclos, principalmente, sobre suas cristas, mas também devem evitar a instalação de qualquer tipo de ocupação que comprometa a saúde de tal compartimento geomorfológico.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL

A vulnerabilidade ambiental é a soma da vulnerabilidade natural com o fator uso e ocupação do solo, o qual na área de Pititinga foi repartido poucas classes em função da baixa complexidade de usos e formas de ocupação na área em questão.

Em relação ao mapa de Vulnerabilidade Natural, é possível verificar algumas modificações (ver tabela 2). Nota-se que surgiram áreas de vulnerabilidade muito baixa, que ocorreu um aumento das áreas de vulnerabilidade baixa, diminuição das áreas de vulnerabilidade média e considerável diminuição das áreas de vulnerabilidade alta e muito alta.

Houve, em termos gerais, uma amenização no que diz respeito à vulnerabilidade. No mapa de vulnerabilidade natural há um predomínio da vulnerabilidade média, com a baixa se equivalendo em termos de área ocupada à alta e muito alta. Já o mapa de vulnerabilidade natural mostra uma maior tendência à estabilidade, com 83% da área de estudo apresentando vulnerabilidade muito baixa e baixa.

Esta tendência à estabilidade é acarretada pela adição do mapa de uso e ocupação do solo, já que este apresenta um pequeno número de compartimentações da área de estudo em diferentes unidades, sendo a maior delas a “área de vegetação natural” (de menor peso atribuído).

No mapa de vulnerabilidade ambiental (figura 2) é possível verificar que as áreas de lagoas temporárias e permanente apresentaram vulnerabilidade baixa, assim como, a planície fluvial do rio Punaú e os riachos que também se enquadraram na categoria “vulnerabilidade baixa” de modo predominante. Contudo, o rio Punaú apresenta vulnerabilidade média quando margeia as dunas frontais, dunas móveis e estirâncio enquanto que os riachos apresentam vulnerabilidade alta quando corta a área de vegetação antrópica (agricultura de côco-da-baía).

As dunas fixas, compostas de neossolos quartzarênicos e vegetação de restinga arbustiva mais densa, assumiram uma “vulnerabilidade baixa”, enquanto que as dunas móveis e frontais, com solo desnudo de neossolos quartzarênicos ou parcialmente recobertas por vegetação de restinga herbácea rala, enquadraram-se na categoria “vulnerabilidade média”.

As áreas de superfície de deflação apresentaram predominantemente “vulnerabilidade muito baixa” e “vulnerabilidade baixa”, mas também, “vulnerabilidade média e alta” nas regiões do mapa de uso e ocupação do solo que equivalem àquelas mapeadas como “vegetação antrópica” e “comunidade”, respectivamente.

A praia variou entre vulnerabilidade baixa, média e alta, com grande predomínio da média. A vulnerabilidade alta da praia se concentrou nas áreas onde ocorre a vila de Pititinga.

É importante destacar que nas áreas referentes à comunidade de Pititinga e vegetação antrópica as modificações foram mais marcantes. Na área ocupada pela comunidade de Pititinga que se desenvolve desde a BR-101 até a praia, local onde há sua maior concentração, observa-se que o grau de vulnerabilidade saiu de vulnerabilidade “baixa” e “média” a “alta”, reforçando e justificando o peso atribuído ao tema uso e ocupação no cruzamento dos mapas. Na área ocupada por vegetação antrópica tem-se uma elevação do grau de vulnerabilidade “baixa” e “média” para “média e alta”. Onde ocorrem as estradas não há variação entre as classes de vulnerabilidade.

As pequenas manchas de vulnerabilidades muito altas ocorrem em espaços que: houve o cruzamento de áreas com vegetação antrópica e sem cobertura vegetal com áreas de dunas fixas e lagoas temporárias e áreas da comunidade de Pititinga (no mapa de uso e ocupação do solo).

É notável a pressão que o homem e suas atividades exercem sobre as unidades ambientais da área. Contudo, pode-se dizer que em áreas com uso e ocupação do solo de baixa intensidade, diversidade e abrangência espacial pequena, como no caso de Pititinga (uma vila economicamente



pobre e com uma diversidade de atividades ainda incipiente), a resposta cartográfica é uma maior cobertura espacial de áreas que denotam estabilidade e uma menor cobertura de áreas que denotam instabilidade.

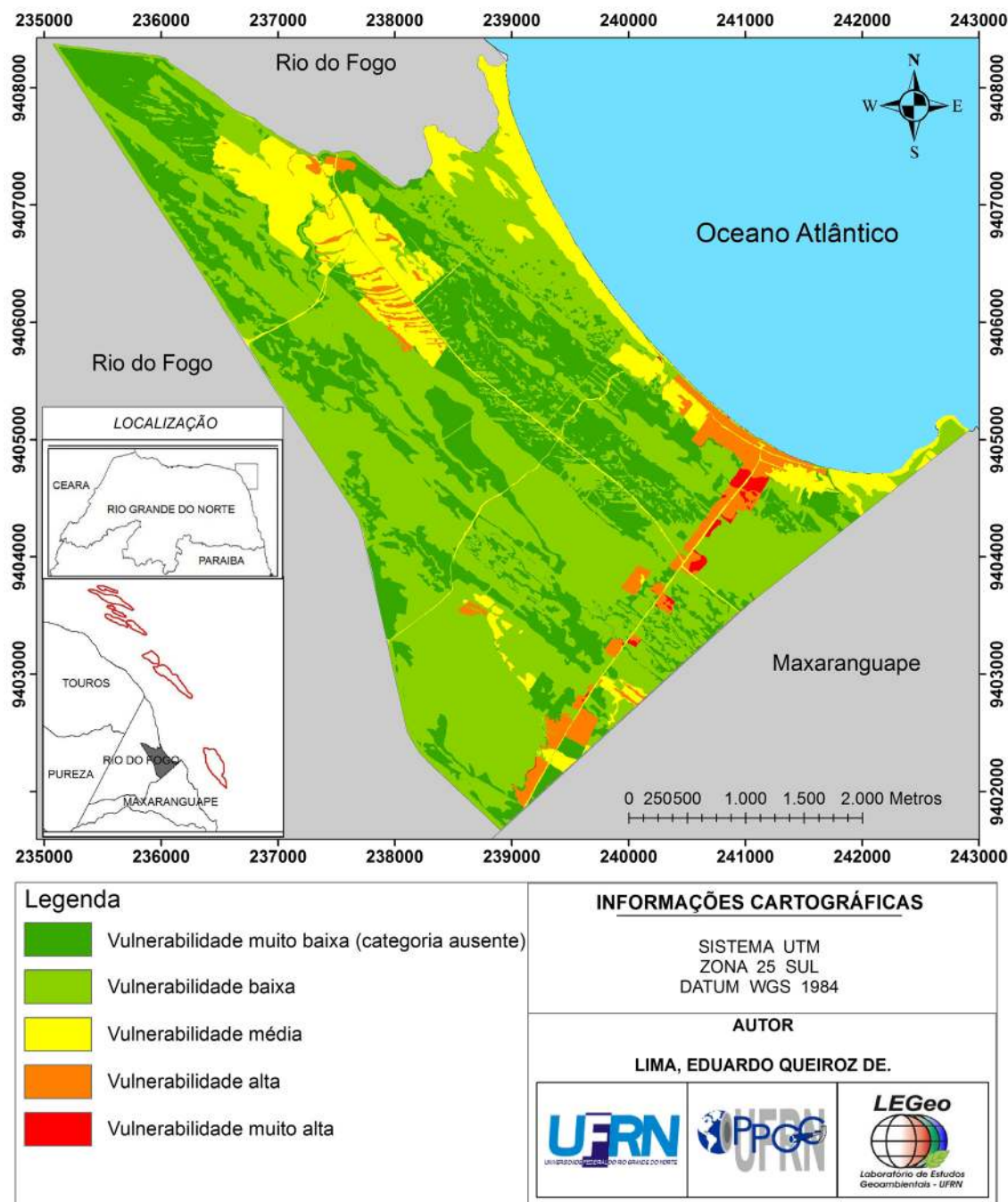


Figura 2 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da Zona Costeira de Pititinga e seu entorno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto em combinação com um Sistema de Informações Geográficas constitui ferramenta importante para a construção de modelos de representação espacial de fenômenos. Tais instrumentos permitem uma infinidade de manipulações que dependem da sofisticação e recursos dos sistemas, mas muito mais da criatividade e dos objetivos do pesquisador.

Utilizando estes meios, foi possível identificar e delimitar de modo eficiente as classes de vulnerabilidade natural e ambiental da zona costeira de Pititinga. A identificação de tais classes assume

relevância quando permite a delimitação de um espaço ou uma área considerando seus níveis de vulnerabilidade, o que constitui instrumento importante no auxílio à gestão costeira, principalmente, em ambientes visados pela especulação imobiliária.

Na zona costeira de Pititinga não houve ambientes ou locais onde a vulnerabilidade natural fosse classificada como “muito baixa”, o que pode ser compreendido pela fragilidade natural do meio costeiro, o qual é composto por uma geologia e geomorfologia que facilmente sofre impactos significativos e modificações adversas diante uma alteração de qualquer natureza.

Além disso, 72% da área mapeada apresentou uma vulnerabilidade natural variando entre “baixa” e “média” o que expressa a viabilidade de utilização e ocupação de grande parte da área de estudo, porém, esta deve se processar com restrições estabelecidas por meio de projetos que pensam um uso e ocupação racional.

Por meio da concepção de Vulnerabilidade Ambiental averiguaram-se as alterações impostas pelo homem sobre os ecossistemas. No recorte espacial adotado por este trabalho, esta influência antrópica é destacada nos locais em que ocorrem aglomerações humanas ou atividades humanas.

Na área de estudo, o uso e ocupação observados (agricultura, comunidades, estradas e área de vegetação natural) são pouco complexos por si só, e com isto, os níveis mais elevados de vulnerabilidade ambiental ficaram concentrados em trechos já naturalmente frágeis ou na pequena comunidade de Pititinga.

Em outras áreas com atividades humanas mais complexas a resposta tende a ser uma maior alteração dos níveis de vulnerabilidade e de sua distribuição no espaço considerado, transformando de forma mais significativa o mapa de Vulnerabilidade Natural. De modo geral, pode-se dizer que na área de estudo há vulnerabilidade ambiental muito baixa a muito alta (predominando a vulnerabilidade baixa), merecendo maiores preocupações a comunidade de Pititinga, as áreas de agricultura e as dunas móveis.

Conclui-se que a metodologia empregada é representativa e permite uma análise espacial e ambiental rica para órgãos e organizações que são praticantes da gestão ambiental, possibilitando a indicações de áreas mais apropriadas para certas atividades, de modo que recaiam sobre a natureza os menores impactos possíveis.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMARAL, Ricardo Farias do (Coord.). **As dunas do Pólo Pitangui**. Natal, 2008, 59 p. Disponível em: <<http://www.rnbrasil.grupo-sanchez.com.br/images/rnbrasil/0008.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2011.
- ANDRADE, M. C. Condições naturais do nordeste. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, ano 26, n. 196, p. 3-29, jan./fev. 1967.
- AREJANO, Tadeu Braga. **Análise do regime de ventos e determinação do potencial de deriva de areia no extremo sul do litoral do Rio Grande do Sul, Brasil**. 1999. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K.; BEZERRA, F. H. R.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; GUANNINI, P. C. F. Geologia e Geomorfologia do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. **Geologia USP**, Série Científica, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-12, out. 2004.
- CENPRO-CONSULTORIA, ENGENHARIA & PROJETOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Projeto do Palm Tree Golf Resort**. Natal, 2007.
- COSTA, F.H.S.; PETTA, R.A.; LIMA, R.F.S.; MEDEIROS, C.N. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 58/2, p. 119-127, ago. 2006. Disponível em: <http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_58_2006/58_02_02.pdf> Acesso em: 22 fev. 2010.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Rio do Fogo, estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11p.

- CRUZ, J. B. (Org). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. 2007. Disponível em: <www.ibama.gov.br/cecav/download.php?id_download=292>. Acesso em: 18 out 2008.
- CUNHA, E. M. S.; SILVEIRA, I. M.; NOGUEIRA, A. M. B.; VILAÇA, J. G. Análise ambiental do setor costeiro Maxaranguape – Touros/RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA – CBG, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, p.770-782.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, Colúmbia, v. 20, n. 4, p.529-539, 1996.
- GRIGIO, Alfredo Marcelo. **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. 253 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.
- GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Evolução da paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros**. 2008. 216 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.
- HESP, Patrick. A gênese de cristas de praias e dunas frontais. **Mercator**, ano 01, n. 2, p.119-125, 2002. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/186/152>. Acesso em: 18 jul. 2011.
- HOGAN, J. D.; MARANDOLA JÚNIOR, E. Towards an Interdisciplinary Conceptualisation of Vulnerability. **Popul. Space Place**, v. 11, p.455-471, set. 2005.
- KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203-2210. Disponível em: <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/lid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2011.
- NOGUEIRA, F. C. C. **Estruturas Tectônicas Cenozóicas na Porção Leste da Bacia Potiguar - RN**. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 2006, 114p.
- NUNES, J. A. **Diagnóstico Ambiental da Região de Touros/RN**. 1987. Relatório de Graduação - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1987.
- RIO GRANDE DO NORTE. Instituto do Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte - IDEC. **Diagnóstico ambiental e sócio-econômico do litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 1, 1994.
- RIO GRANDE DO NORTE. **Geoplítico - Bacias Hidrográficas**, Natal, 2010, 1.500.000.
- TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. Técnica para avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003, p. 1657 - 1664.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.
- WALLE, Paul. **No Brasil, do Rio São Francisco ao Amazonas**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, p. 71-436, 2006.

Trabalho enviado em junho de 2013
Trabalho aceito em agosto de 2013

