

APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO LITORAL SUL DO RIO GRANDE DO NORTE – NE DO BRASIL

Frederico Fonseca Galvão de Oliveira
Universidade Estadual de Goiás - UEG
fred1@superig.com.br

Juércio Tavares de Mattos
Universidade Estadual Paulista - UNESP
jjttmm@hotmail.com

EIXO TEMÁTICO: RISCOS, SOCIEDADE E FENÔMENOS DA NATUREZA

RESUMO

Este trabalho objetiva identificar analiticamente os impactos ambientais negativos e determinar, a partir de modelos empíricos, em escala de 1:25.000, os graus de vulnerabilidade ambiental existentes no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, NE do Brasil. Os resultados dos impactos foram obtidos mediante a proposição de metodologias de geoprocessamento específicas para cada impacto. A distribuição das diferentes classes de vulnerabilidade ambiental foi determinada a partir de modelamentos por álgebra de mapas. Os impactos ambientais analisados configuram-se nos campos de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes florestais de Mata Atlântica. Quanto às dunas, o mapeamento indicou que 48,24% da área têm uma magnitude de impacto classificada como muito fraca. Contudo, o que preocupa é que os locais onde a magnitude do impacto é muito forte são exatamente as áreas com maior vulnerabilidade ambiental. Atualmente o maior avanço da carcinicultura ocorre em áreas que não são de manguezais, mas em sistemas ambientais associados. As faixas de praia podem se diferenciar quanto ao seu comprometimento ambiental, pois a capacidade de suporte aos impactos desses ambientes varia em função de suas características geoambientais. Apesar de os fragmentos florestais de Mata Atlântica apresentarem predominância de áreas muito irregulares, muito pequenas, com proporção de borda de 54,34%, má distribuição de sua densidade e circundados por cana-de-açúcar e áreas campestres, eles ainda são responsáveis pelo controle geossistêmico e ecológico da área. Quanto à vulnerabilidade ambiental, verificou-se de que mais de 80% da área é classificada como de baixa e moderada vulnerabilidade. Isso mostra que, de acordo com os resultados alcançados, a maioria da área pode estar em equilíbrio. Contudo, as áreas com grau de vulnerabilidade muito alta são áreas de dunas ativas, indicando que devem ser prioritariamente protegidas.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Impacto Ambiental. Vulnerabilidade Ambiental. Geotecnologias.

ABSTRACT

This study aims to identify analytically the negative environmental impacts and determine, based on empirical models, on a scale of 1:25,000, the existing degree of environmental vulnerability in the south coast of Rio Grande do Norte, NE of Brazil. The results of the impacts were obtained by the proposition of geoprocessing methodologies specific to each impact. The distribution of different classes of environmental vulnerability were determined from models for map algebra. The environmental impacts analyzed, are configured in the fields of dunes, mangroves, beach strips and areas of Mata Atlantica. Referring to the dunes, the mapping indicated that 48.24% of the area has a magnitude of impact rated as very small. However, the problem is that the locations where the magnitude of impact is very strong are the areas with greater environmental vulnerability. Currently the largest improvement in shrimp farming occurs in areas that are not mangrove, but in associated environmental systems. The beach strips may differ as to its environmental commitment, because the ability to support the impacts of these environments varies with geo-environmental characteristics. Although the present Mata Atlantica forest fragments shows predominance of very irregular areas, very small, with proportion of edge of 54.34%, bad distribution of density

and surrounded by sugar cane fields and grassland, they are still responsible for controlling geosystems and ecological area. Referring to the environmental vulnerability, we have concluded that more than 80% of the area is classified as low-and moderate vulnerability. This shows that, according to results achieved, most of the area is in balance. However, areas with very high degree of vulnerability are areas of active dunes, indicating that priority should be protected.

Word-Keys: Environment. Environmental Impacts. Environmental Vulnerability. Geotechnology.

JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

Nas últimas décadas, as discussões e estudos em torno da questão ambiental vêm ganhando força, face ao avanço dos problemas ambientais decorrentes de ações do Estado e da sociedade, os quais em sua grande maioria, consideram os geossistemas somente como fontes inesgotáveis de recursos naturais e de beleza cênica, ignorando seu aspecto geodinâmico e ecológico.

No Brasil, as políticas públicas de desenvolvimento ocorridas principalmente a partir da década de 70, geraram o avanço das atividades humanas sobre áreas até então pouco exploradas, como as fronteiras agrícolas do Cerrado e da Amazônia. Paralelamente, as cidades passaram a conformar um crescimento desordenado e sem planejamento, com fortes pressões sobre os biomas circunvizinhos, como a Mata Atlântica, aliado ao fato de que as áreas rurais avançaram sobre áreas florestais, provocando uma série de impactos negativos ao meio ambiente.

Na região costeira nordestina, onde a ocupação é secular intensifica-se, o desenvolvimento de atividades produtivas como a cana-de-açúcar, a carcinicultura, a pecuária, o turismo e as cidades, ocupando extensas faixas de terra sobre tabuleiros costeiros, dunas, mangues e restingas o que agravou ainda mais o quadro de degradação ambiental na região. No litoral sul potiguar, área objeto deste trabalho, essas atividades promovem a ocupação mais intensa nas faixas de praia, nos campos de dunas, nos manguezais e nos remanescentes florestais de Mata Atlântica, indicando assim, que devem ser melhor compreendidos.

OBJETIVOS

Considerando as problemáticas abordadas, este trabalho objetiva identificar analiticamente os impactos ambientais negativos presentes e determinar, a partir de modelos empíricos, a vulnerabilidade ambiental existente no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, NE do Brasil, considerando a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica-SIG. Os resultados foram obtidos por meio do uso do geoprocessamento, a partir de mapeamentos temáticos sobre campos de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes de Mata Atlântica, considerando também a aplicação de técnicas computacionais de álgebra de mapas, que possibilitaram modelagens cartográficas da distribuição das diferentes classes de vulnerabilidade ambiental na área de estudo. O tratamento dado aqui aos “impactos” irá considerar estes como efeitos negativos ao meio

ambiente, podendo ser causado também por processos naturais, mas com ênfase nos fatores antrópicos.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi fundamentado, quanto aos seus pressupostos metodológicos gerais, a partir das idéias sistêmicas, os considerando como um complexo de elementos em interação (BERTALANFFY, 1976) de energia e matéria, interligadas a relações homem-natureza em uma estrutura bem definida e ordenada. As etapas do trabalho foram definidas pelo referencial geossistêmico que, segundo Monteiro (2000), visa à integração das variáveis naturais e antrópicas (ETAPA ANÁLISE), fundindo recursos, usos e problemas configurados (ETAPA INTEGRAÇÃO) em unidades homogêneas, assumindo um papel primordial na estrutura espacial (ETAPA SÍNTESE) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (ETAPA APLICAÇÃO) em um diagnóstico.

Os níveis de abordagem geossistêmicos tratados aqui, englobam as etapas sequenciais e inter-relacionadas para os procedimentos metodológicos, considerando as etapas posteriores de análise; integração; síntese e aplicação, conforme roteiro apresentado a seguir.



Figura 1 - Roteiro dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

- Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Dunas

A metodologia empregada nessa etapa do trabalho consistiu em mensurar, a partir de interpretações objetivas, baseadas em trabalhos de campo e de mapeamento, a magnitude dos impactos

ambientais negativos que ocorrem sobre as formações dunares na área de estudo. A valoração da magnitude foi determinada a partir da ponderação de atributos, considerando um arbitramento ou estabelecimento de pesos instituídos hierarquicamente e definidos aqui como parâmetros. Os parâmetros foram separados em cinco níveis hierárquicos, considerando a intensidade do impacto e com valoração ascendente de 1 a 5, ou seja, quanto maior a magnitude do impacto ambiental, maior o valor do parâmetro. Os cinco parâmetros são distribuídos da seguinte forma: muito fraco (1) < fraco (2) < moderado (3) < forte (4) < muito forte (5).

- Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Manguezais

A análise dos impactos ambientais nos manguezais inseridos na área de estudo tomou como referência os trabalhos de Lignon et al. (2009); Lignon (2005); Pires (2010); Silva; Souza (2006); Crepani; Medeiros (2004) e Meireles (2010). Este levantamento visou perceber, a partir de mapeamentos multitemporais e trabalhos de campo, a evolução dos impactos negativos ocorridos nos trechos de manguezais do complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guaráiras e estuário associado ao rio Curimataú, entre os períodos de 1992/1993 e 2010. Para tanto, foram utilizadas duas séries históricas de imagens no sensor TM do satélite Landsat 5 em escala de 1:30.000 e datadas de 02/07/1992 (estuário de Nísia-Papeba-Guaráiras), 22/08/1993 (estuário do Curimataú) e 06/09/2010 (dois estuários).

- Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Faixas de Praia

A proposta deste item é realizar um diagnóstico das faixas de praia inseridas na área de estudo, objetivando levantar, a partir de técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo, como estão suas condições ambientais, principalmente quanto aos seus atuais graus de ocupação antrópica. Neste trabalho a faixa de praia foi definida como a zona inserida e que abrange a faixa do prisma praial emerso, incluindo aí a face de praia (*foreshore* ou estirâncio) e o pós-praia (*backshore*). A partir de visitas de campo com vistas ao reconhecimento e entendimento da distinção das diversas morfologias da área classificada como faixa de praia e das dinâmicas que a condicionam, foram estabelecidos três graus cumulativos de ocupação ou intervenção, baseados no trabalho de Araújo et al. (2007) e de acordo com os seguintes critérios: Ausência de ocupação na pós-praia; Ocupação da pós-praia e Ocupação concomitante da pós-praia e da praia.

- Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Remanescentes de Mata Atlântica

O levantamento dos impactos ambientais nos remanescentes de Mata Atlântica inseridos na área de estudo, objetivou identificar, mapear e analisar individualmente cada fragmento e o todo, considerando seus graus de fragmentação, medidos a partir dos seguintes indicadores qualitativos: Número de fragmentos; Tamanho; Forma; Densidade; Proporção de borda e Relação de vizinhança. Os fragmentos mapeados neste trabalho abrangem especificamente as fisionomias vegetais originais classificadas como Florestas Estacionais Semidecíduais e Áreas de Tensão Ecológica (Contato). A delimitação geométrica dada a cada fragmento foi feita considerando sua continuidade florestal, sem barreiras antrópicas associadas às variadas formas de uso do solo como estradas, pastos ou cidades. Seus limites foram estabelecidos pelas conectividades florestais existentes no próprio fragmento, independentemente de sua dimensão. Dessa forma, cada fragmento mapeado é floristicamente contínuo, independentemente de sua dimensão, perímetro, forma ou relevância ecológica.

Sua operacionalização foi baseada nos trabalhos de Kleinn et al. apud Metzger (2003) para o grau de fragmentação/número de fragmentos (NF), Meunier (1998) para a forma dos fragmentos e Trindade et al. (2004; 2005; 2007) que, descrevem as metodologias detalhadamente.

- Metodologia Utilizada na Elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade Ambiental

A determinação da vulnerabilidade ambiental da área de estudo foi possível com a colaboração dos métodos propostos por Ross (1994), Crepani et al. (1996, 2001), Tagliani (2003) e Grigio (2003), adaptando suas técnicas à realidade geoambiental a qual a área de estudo está submetida e à sua escala de análise.

Sua base conceitual considerou a estabilidade de unidade de paisagem desenvolvida no conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977) e de operacionalização de Crepani et al. (1996, 2001), que expõem que a análise morfodinâmica das unidades de paisagem natural feita a partir dos princípios da Ecodinâmica, estabelece diferentes categorias morfodinâmicas resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese. Nesta análise, quando predomina a morfogênese, prevalecem os meios Fortemente Instáveis (valor 3.0), modificadores das formas de relevo. Nas situações em equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese predominam os *Intergrades* (valor 2.0) e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos com categoria Estável (valor 1.0).

A modelagem obedeceu a uma parametrização paralela e sequencial de quatro etapas de álgebra de mapas. A primeira consistiu no cruzamento dos temas de Geologia com Pedologia, resultando no Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar. A segunda etapa consistiu no cruzamento dos temas Geomorfologia e Declividade, resultando no Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica. A terceira etapa consistiu no cruzamento desses dois mapas de vulnerabilidade com o tema Intensidade Pluviométrica, gerando um terceiro mapa, denominado Mapa de Vulnerabilidade

Geodinâmica, correlacionando-o, finalmente, com o tema Cobertura e Uso da Terra/Vegetação, gerando, o tema Vulnerabilidade Ambiental, distribuído hierarquicamente em cinco classes ou graus de vulnerabilidade. Nas quatro etapas de álgebra de mapas foram determinados pesos de importância para cada tema, através de uma média ponderada, indicando a maior importância de um tema em relação aos demais. Dessa forma, a ponderação realizada para cada tema e as suas posteriores correlações permitiu estabelecer a vulnerabilidade ambiental a partir de equações estabelecidas.

A nomenclatura das classes de vulnerabilidade ambiental foi designada da seguinte forma:

Tabela 1 – Classes e Graus na determinação da vulnerabilidade utilizados no trabalho.

Classe de Vulnerabilidade	Graus de Vulnerabilidade
Muito Baixa	1,0 – 1,3
Baixa	1,4 – 1,7
Moderada	1,8 – 2,2
Alta	2,3 – 2,6
Muito Alta	2,7 – 3,0

Fonte: O autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Discussão dos Impactos Ambientais Identificados em Dunas

Nesse levantamento os quatro campos de dunas inseridos na área perfazem um total de 185,61km² ou 18.561 ha, ou seja, 17,33% do total da área de estudo. (Figura 2). Desses, 89,54km² (8.954 ha) ou 48,24% da área de dunas possuem magnitudes de impactos ambientais classificadas como muito fraca. 48,82km² (4.882 ha) ou 26,30% da área possuem magnitude classificada como fraca. O parâmetro moderado possui 10,83km² (1.083 ha) ou 5,83% da área. Já o parâmetro de magnitude de impacto forte perfaz 4,74 km² (474 ha) ou 2,55% da área total de dunas. A magnitude muito forte totaliza 31,68 km² (3.168 ha) ou 17,08% da área total de dunas. (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo quantitativo do total de área ocupada pelas diferentes magnitudes dos impactos ambientais nas dunas inseridas na área de estudo.

Valor	Magnitude					Total
	Muito Fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte	

Área Total (km ²)	89,54	48,82	10,83	4,74	31,68	185,61
Área Total (hectare)	8.954	4.882	1.083	474	3.168	18.561
% da área total de duna	48,24	26,3	5,83	2,55	17,08	100

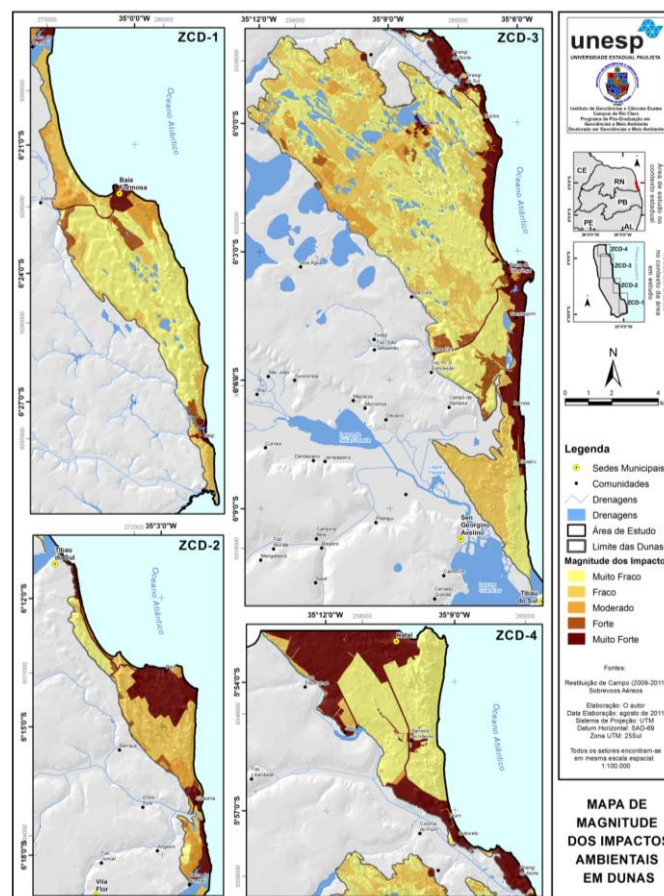


Figura 2 – Mapa de magnitude dos impactos ambientais nas dunas da área de estudo.

- Discussão dos Impactos Ambientais Identificados em Manguezais

Os impactos ambientais nos manguezais inseridos na área de estudo são gerados basicamente pelas atividades de carcinicultura marinha que avançam sobre as áreas de florestas e planícies de maré, onde se localizam os apicuns e planícies salgadas, e, também, pelas conseqüências secundárias de suas atividades, como a poluição hídrica gerada pelos efluentes das despensas dos viveiros.

Considerando uma análise da evolução da ocupação nos dois estuários, percebe-se uma diferença entre eles no que se refere aos seus totais de áreas ocupadas, pois no estuário de Canguaretama ainda há o predomínio de mangues em detrimento às áreas de carcinicultura. Contudo, quando analisamos o estuário de Nísia-Papeba-Guaráiras para os dois períodos, percebemos a inversão da ocupação nos dias atuais, ou seja, nesse estuário existem, atualmente, mais áreas de viveiros que

áreas de mangues. Isso é grave, pois a dinâmica natural do estuário pode ser comprometida com a sobreexploração da carcinicultura sobre os ambientes, afetando a capacidade de suporte dos impactos que o estuário possui.

Tabela 3 – Resumo quantitativo das ocupações de mangues e viveiros de carcinicultura nos estuários de Canguaretama e Nísia-Papeba-Guaráíras.

Área Total ¹ (km ²)	Mangu e em 1992/3 (km ²)	Mangu e em 2010 (km ²)	Diferença	Diferença	Viveiro s em 1992/3 (km ²)	Viveiro s em 2010 (km ²)	Diferença	Diferença	
			de mangue entre 1992/3 e 2010 em %	de mangue entre 1992/3 e 2010 em km ²			de viveiros entre 1992/3 e 2010 em %	de viveiros entre 1992/3 e 2010 em km ²	
Estuário de Canguaretama									
71,95	45,19	43,95	-2,74	-1,24	4,55	10,32	126,81	5,77	
Estuário de Nísia-Papeba-Guaráíras									
52,32	15,02	13,26	-11,71	-1,76	7,7	17,49	127,14	9,79	
Dois estuários									
124,3	60,21	57,21	-4,98	3	12,25	27,81	127,02	15,56	

¹ A área total do estuário considera a unidade geomorfológica relacionada as planícies de maré associadas a cada estuário. Foi delimitada a partir de curvas de nível. Assim, podem-se incluir os mangues, viveiros, apicuns, salgados, drenagens e outras áreas.

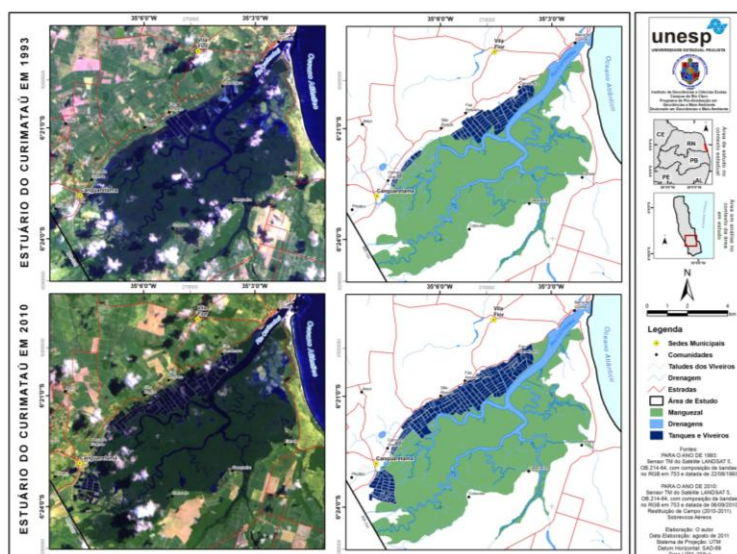


Figura 3 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço da carcinicultura no estuário do rio Curimataú.

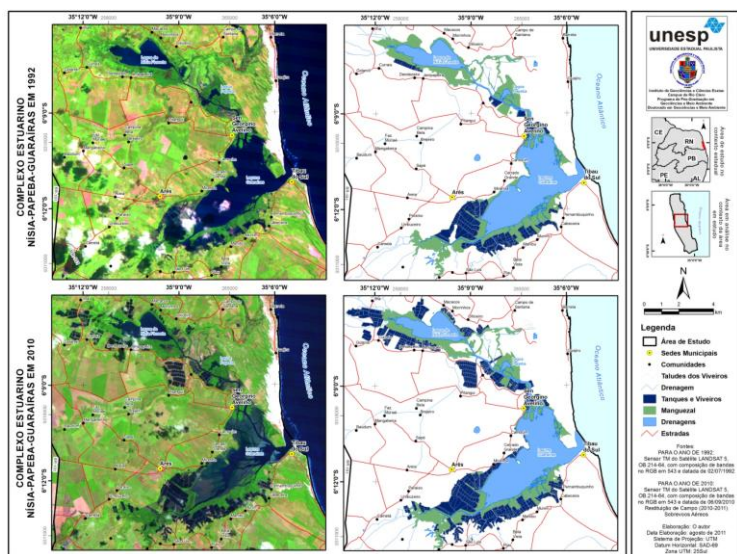


Figura 4 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço da carcinicultura no complexo estuarino Nísia-Papeba-Guarairás.

- Discussão dos Impactos Ambientais Identificados em Faixas de Praia

A ocupação das praias na área de estudo é descontínua, com áreas consolidadas e outras em expansão, condicionando uma situação distinta quanto à preservação e conservação dos seus ambientes. As mensurações feitas para avaliar os graus de ocupação nas faixas de praia da área de estudo indicam que todo o segmento praial, englobando os sete setores, possui 86.127,53 metros (86,13 km) de extensão. Como resultado do mapeamento, percebe-se que quase metade do litoral sul potiguar, não apresenta ocupação no ambiente praial, o que equivale a 58,53% da área do segmento

total ou 50.406,43 metros (50,4 km). Contudo, os 41,47% (35.721,1m) restantes do litoral, apresentam algum tipo de ocupação que se distribui da seguinte forma: 27,83% ou 23.970,87 metros (23,97 km) são de áreas somente com ocupação da pós-praia e 13,64% ou 11.750,24 metros (11,75 km) são de segmentos praias que são ocupados concomitantemente na praia e pós-praia. (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo quantitativo dos graus de ocupação encontrados nas faixas de praia inseridas na área de estudo.

	Extensão (m)	% da Extensão do Litoral	Ausência	Ausência	Ocupação	Ocupação	Ocupação	Ocupação
			de de Ocupação na Pós- Praia (m)	de de Ocupação na Pós- Praia (%)	da Pós- Praia (m)	da Pós- Praia (%)	Concomitante da Pós-Praia e Praia (m)	Concomitante da Pós-Praia e Praia (%)
Setor 1	13.611,9 3	15,80	12.012,0 8	88,25	925,91	6,80	673,94	4,95
Setor 2	10.722,1 0	12,45	8.609,99	80,30	993,72	9,27	1.118,39	10,43
Setor 3	8.587,29	9,97	5.282,16	61,51	3.257,5 6	37,93	47,57	0,55
Setor 4	10.574,4 7	12,28	6.917,43	65,42	232,75	2,20	3.424,29	32,38
Setor 5	13.777,4 6	16,00	5.058,81	36,72	7.805,2 8	56,65	913,37	6,63
Setor 6	12.486,8 3	14,50	2.012,69	16,12	6.637,8 8	53,16	3.836,26	30,72
Setor 7	16.367,4 6	19,00	10.513,2 8	64,23	4.117,7 6	25,16	1.736,42	10,61
Total	86.127,5 3	100,00	50.406,4 3	58,53	23.970, 87	27,83	11.750,24	13,64

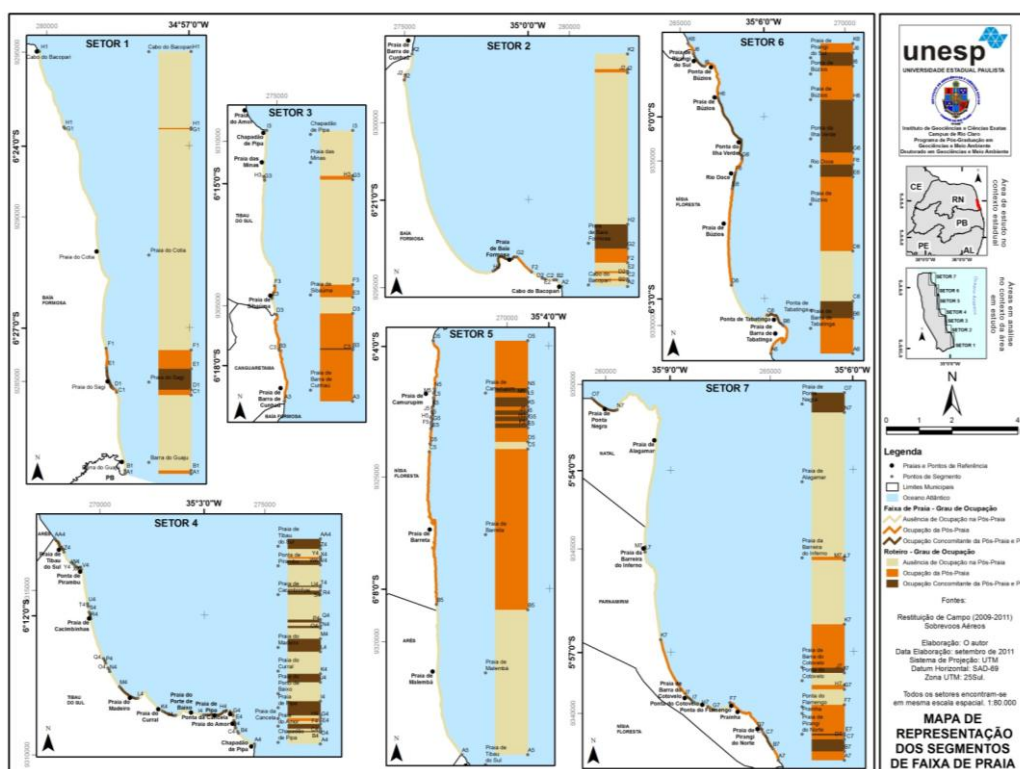


Figura 5 – Mapa de representação dos segmentos de faixa de praia para os sete setores analisados.

- Discussão dos Impactos Ambientais Identificados em Remanescentes de Mata Atlântica

A supressão de Florestas Estacionais Semidecíduais e Áreas de Tensão Ecológica de Mata Atlântica inseridas na área de estudo ocorreu, basicamente, para dar suporte ao estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar, das culturas permanentes, como frutíferas e da pecuária extensiva.

Quanto ao índice de número de fragmentos (NF), foram mapeados 515 (quinhentos e quinze), distribuídos em uma área total de 13.416,04 ha área que corresponde a 12,53% da área de estudo. Esta área corresponde também a 44,45% das áreas descritas como matas de Mata Atlântica no RN em Fundação SOS Mata Atlântica; INPE (2009). O menor fragmento encontrado mede 0,0259 ha. O maior corresponde à área denominada Mata Estrela (UC classificada como RPPN) no município de Baía Formosa, com 1.889,55 ha. A média dos tamanhos dos fragmentos florestais é de 26,05 ha.

Quanto às categorias de tamanho, 330 fragmentos são <10 ha, ou seja, pequenos. Isso equivale a 64,08% do total dos fragmentos mapeados. A soma de suas áreas corresponde a 992,38 ha ou 7,4% do total de área dos remanescentes. Quanto aos fragmentos de tamanho médio (10-100 ha), foram encontrados 157 polígonos (30,48% do total de fragmentos), os quais totalizam uma área de 5.138,89 ha ou 38,30% do total da área dos remanescentes. Foram classificados como grandes (>100 ha) 28 fragmentos. Isso equivale a 5,44% do total de fragmentos mapeados. Contudo, sua área total é de 7.284,77 ha. Essa área corresponde a 54,30% do total da área de todos os remanescentes encontrados na área de estudo.

Em relação à forma ou índice de fragmentação dos remanescentes encontrados, destaca-se o grande número de áreas de forma muito irregulares (índice $<0,4$), com 311 fragmentos, o que equivale a 60,39% do total dos fragmentos e 89,69% ou 108,25 km² da área total dos fragmentos. Como comparação, os fragmentos mapeados como de forma regulares (índice $>0,65$) abrangem somente 3,68% ou 4,94 km² da área de estudo, com um total de 64 fragmentos ou 12,43% do seu total. Os fragmentos de forma irregulares (índice 0,4 – 0,65) somam 140, o que equivale a 27,18% do total dos fragmentos e 15,63% ou 20,97 km² de sua área total. Por essas razões a proporção de borda nos fragmentos estudados é de 54,34% em relação à área total de remanescentes florestais na área em análise. A área total que influencia as bordas dos remanescentes (buffer de 100m adjacentes) totaliza 13.194,34 ha. Destes, 0,39% ou 51,40 ha são referentes à aquicultura intensiva (carcinicultura). 30,06% ou 3.965,79 ha são de áreas campestres, incluindo aí solos expostos e vegetações rasteiras. Corpos d'água continentais, como lagoas e rios compreendem 1,76% ou 232,14 ha. Corpos d'água costeiros como as águas estuarinas do complexo Nísia-Papeba-Guaraíras e Canguaretama compreendem 0,11% ou 15,23 ha. As áreas denominadas como de cultura permanente compreendem 7,37% ou 972,18 ha. Essas áreas incluem os coqueirais e demais árvores frutíferas. A cultura temporária é a grande influenciadora externa dos remanescentes, pois abrange 41,98% ou 5.539,18 ha da área. 6,71%, o que equivale a 885,06 ha, se referem a outras fisionomias vegetais que não se enquadram nesse levantamento, como Formações Pioneiras de restinga e manguezais. A pastagem/pecuária abrange 7,95% ou 1048,63 ha da área e as áreas urbanas (incluindo toda a infraestrutura), totalizam 3,67 ou 484,73 ha.

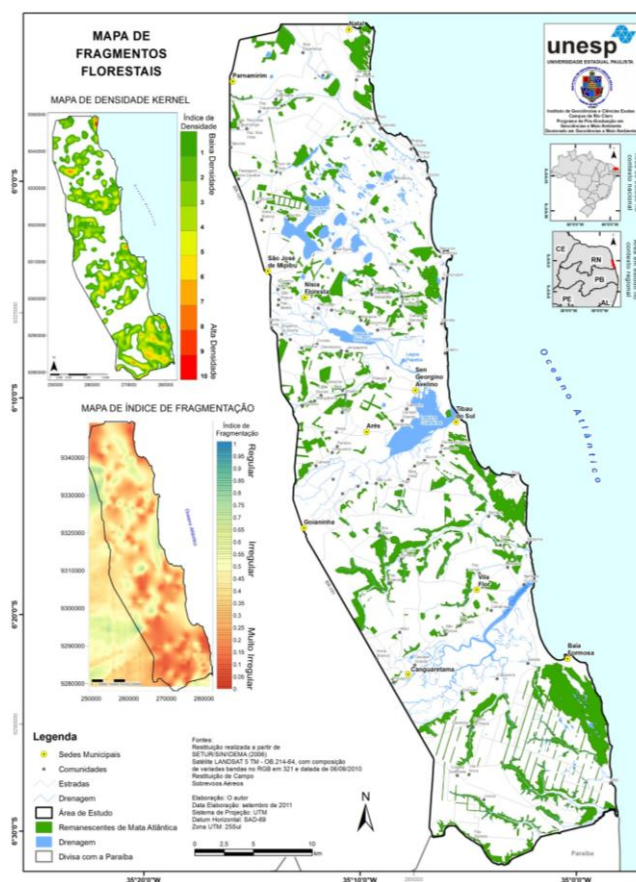


Figura 6 – Mapa dos fragmentos florestais mapeados na área de estudo com representação da Densidade Kernel e do Índice de Fragmentação.

- Discussão Sobre a Vulnerabilidade Ambiental

A integração das informações temáticas feitas a partir de cálculos algébricos entre diversos mapas temáticos possibilitou estabelecer os parâmetros para a criação do mapa final de Vulnerabilidade Ambiental da área de estudo, avaliando a ponderação de pesos que tentassem indicar de forma mais fiel possível, os graus de fragilidade dos ambientes analisados, considerando suas influências antrópicas, que podem distinguir ou influenciar a maior ou menor vulnerabilidade da área.

O estabelecimento do peso de 50% para o tema Uso e Cobertura da Terra/Vegetação e 50% para o Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, considerou o fato de que este é o resultado de diversos outros cruzamentos de temas relacionados aos fatores físicos da área, como geologia, geomorfologia, precipitação e pedologia, fatores estes, responsáveis pela morfoestruturação e morfoesculturação da área. Da mesma forma, em função de a área de estudo ser um palco de atividades sócio-econômicas centenárias, estabeleceu-se uma parametrização baseada na idéia de que essas atividades são capazes

de determinar sobremaneira a qualidade ambiental da área de estudo e conseqüentemente distinguir os graus de vulnerabilidade.

- *Grau de Vulnerabilidade Muito Alta:*

Apesar de ser a classe de maior vulnerabilidade ambiental, é a que possui menor área, perfazendo 11,3 km² ou 1,1% da área total (com exceção dos corpos d'água). Ficam localizadas na faixa costeira da área de estudo, concentrando-se nas áreas de contato entre a planície de maré e as dunas ativas das praias de Barreta, Camurupim e Búzios e em alguns trechos nas praias de Pirangi e Cotovelo.

- *Grau de Vulnerabilidade Alta:*

Totalizam 107,94 km² ou 10,54% da área de estudo. Em alguns casos, estão adjacentes ou associadas às áreas de muito alta vulnerabilidade, diferenciando destas por ter uma topografia menos acentuada, principalmente das que se localizam nas planícies de maré.

- *Grau de Vulnerabilidade Moderada:*

É maior área em extensão, perfazendo 525,57 km² o que equivale a um pouco mais da metade da área de estudo totalizando 51,3%. Morfologicamente está associada aos tabuleiros costeiros planos com dissecação menos intensa e a dunas protegidas em *blowout* nas praias de Malembá, Búzios e Barreira do Inferno. Também representas vales fluviais de fundo chato, como nos rios da bacia dos rios Guaju e Taborda.

- *Grau de Vulnerabilidade Baixa:*

Segunda área em extensão com 351,8 km² ou 34,34%. As áreas compreendidas no grau de vulnerabilidade baixa têm por característica possuírem feições vegetais associadas a vegetações de Floresta Estacional Semidecidual, Formações Pioneiras com mangues e restingas e áreas de contato.

- *Grau de Vulnerabilidade Muito Baixa:*

Suas características assemelham-se com as de grau de vulnerabilidade baixa, mas com diferença entre a presença de uma formação florestal bem marcada, com intercalamento de áreas campestres. Ou seja, essas áreas têm um grau de proteção florestal bem mais desenvolvido. Ocupa uma área de 27,83 km² ou 2,72% da área de estudo.

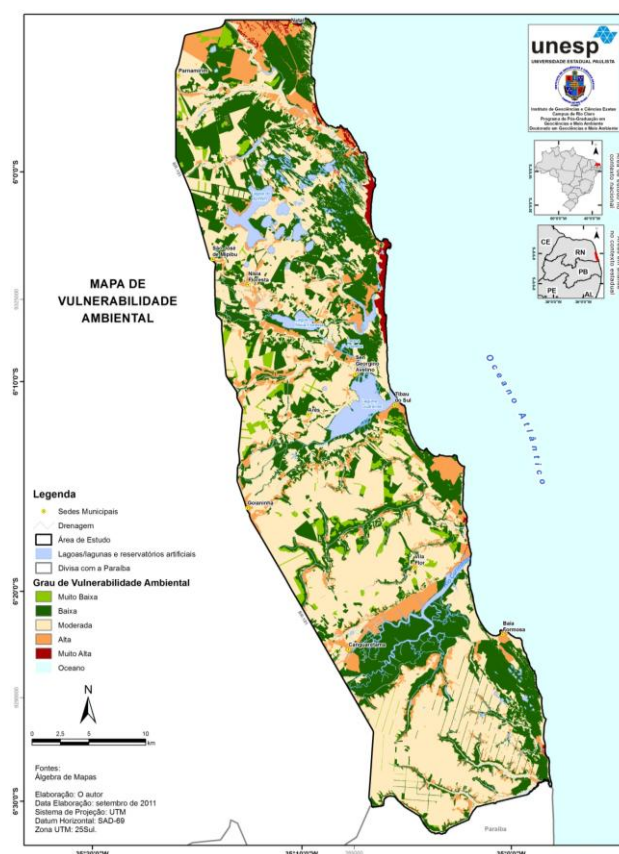


Figura 7 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo.

CONCLUSÕES

As metodologias empregadas na análise dos impactos ambientais se mostraram eficientes, na medida em que os resultados pretendidos, para cada ambiente, foram alcançados. A relação direta existente entre os usos da terra e a magnitude dos impactos ambientais em campos dunares se mostra como um bom indicativo para o diagnóstico ambiental dessas áreas, pois forneceu subsídios de sua qualidade ambiental.

Considerando a análise dos impactos ambientais e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental no litoral sul potiguar, concluímos que a área de estudo é dotada de um ténue equilíbrio ambiental que pode ser rompido com a intensificação das atividades econômicas existentes. Dessa forma, é necessário que a ação humana sobre os manguezais, dunas, fragmentos florestais e faixas de praia seja cessada ou minimamente ordenada, a fim de que as presentes e futuras gerações possam usufruir ambientalmente desta área.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Maria Christina B. et al. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 97-104, 2007.

BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoria geral dos sistemas: aplicação à psicologia. In: ANOHIN, P. K. Teoria dos sistemas. 3 ed. Rio de Janeiro: FGU, p. 1-20. 1976.

CREPANI, Edison et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, Edison et al. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. Anais... Salvador: INPE, 1996. p. 129-135.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de. Imagens fotográficas derivadas de MNT do Projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia. São José dos Campos: INPE, 2004. 39p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2005-2008. (Relatório Parcial). São Paulo. 2009.

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. Dissertação (Mestrado). UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Natal/RN. 2003.

LIGNON, Marília Cunha. Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no sistema costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil. Tese (Doutorado). USP/Instituto Oceanográfico, São Paulo-SP. 2005.

LIGNON, Marília Cunha et al. Estudos de caso nos manguezais do estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. Revista da Gestão Costeira Integrada, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

MEIRELES, Antonio J. de Andrade. Riscos sócio-ambientais ao longo da zona costeira. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/57ra/programas/CONF_SIMP/textos/antoniomeireles.htm>. Acesso em: 17 ago. 2010.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: JUNIOR, L. C., PÁDUA, C. V. & RUDRAN, R. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, PR. Ed. da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. 667p.

MEUNIER, I. Conservação da Reserva Ecológica de Dois Irmãos – Potencial e carências para a condução de um plano de manejo de área silvestre. In: MACHADO, I. C., LOPES, A. V., PÔRTO, K. C. (org.). Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos de um remanescente de Mata Atlântica em área urbana. Recife: Imprensa Universitária – UFPE, 1998, p.291-307.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

PIRES, Ivan de Oliveira. Manguezais da região do recôncavo da Baía de Guanabara: revisita através dos mapas. Revista da Gestão Costeira Integrada, [S.l.], n. especial 2, p.1-9, 2010.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

SILVA, Edson Vicente da; SOUZA, Marta Maria de Almeida. Principais formas de uso e ocupação dos manguezais do Estado do Ceará. Cadernos de Cultura e Ciência, Crato, v. 1, n. 1, p. 12-20, 2006.

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, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. A fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco: uma análise da estrutura da paisagem. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, 4., 2004, Recife. Anais... Recife: Imprensa Universitária, 2004.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 705-712.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. Utilização de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 1907-1914.