

IDENTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO LITORAL SUL DO RIO GRANDE DO NORTE – NE DO BRASIL

Frederico Fonseca Galvão de OLIVEIRA¹

Juércio Tavares de MATTOS²

Resumo

Este trabalho objetiva identificar analiticamente e determinar os graus de vulnerabilidade ambiental existentes no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, NE do Brasil, a partir de modelos empíricos, em escala de 1:25.000. A distribuição das diferentes classes de vulnerabilidade ambiental foi determinada a partir de ponderações sequenciais de quatro etapas de álgebra de mapas, gerando modelagens cartográficas. A base conceitual utilizada resgatou a estabilidade de unidade de paisagem desenvolvida no conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977) e de operacionalização de Crepani et al. (1996, 2001). Os resultados demonstram que aproximadamente 63% (580 km²) da área está classificada entre moderada e muito alta vulnerabilidade, o que indica uma tendência ao predomínio dos processos de morfogênese e aos meios fortemente instáveis, principalmente nas áreas de dunas ativas, sugerindo que estas devem ser prioritariamente protegidas. Assim, a partir da determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental no litoral sul potiguar, observa-se que a área de estudo é dotada de um tênue equilíbrio ambiental que pode ser rompido com a intensificação das atividades econômicas existentes.

Palavras-chave: Álgebra de Mapas. Estabilidade de Unidade de Paisagem. Análise Ambiental.

Abstract

Identification of environmental vulnerability in coastal southern Rio Grande do Norte - NE of Brazil

This study aims to identify analytically and determine the degree of environmental vulnerability existing on the southern coast of Rio Grande do Norte state, NE Brazil, starting from empirical models, in scale of 1:25,000. The distribution of the different classes of environmental vulnerability was determined based on a study of four sequential steps of map algebra, generating cartographic modeling. The conceptual basis used rescued the stability of landscape unit developed in the concept of ecodynamic (Tricart, 1977) and operationalization of Crepani et al. (1996, 2001). The results show that approximately 63% (580 km²) of the area is classified between moderate to very high vulnerability, what indicates a tendency to predominance of the processes of morphogenesis and methods strongly unstable, mainly in the areas of active dunes, suggesting that these areas should primarily be protected. Thus, from the determination of the degree of environmental vulnerability in the south coast of Rio Grande do Norte, it is observed that the study area has a tenuous environmental balance that can be broken by the intensification of the existing economic activities.

Key words: Map Algebra. Stability of Landscape Unit. Environmental Analysis.

¹ Analista Ambiental do IBAMA e Prof. Doutor do Depto. Geografia da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Unidade Universitária de Formosa – E-mail: fred1@superig.com.br

² Prof. Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Campus de Guaratinguetá – E-mail: jttmm@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as discussões e estudos em torno da questão ambiental veem 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 estas áreas devem ser melhor compreendidas, principalmente quanto aos seus diferentes graus de vulnerabilidade ambiental, objetivo deste artigo. Dessa forma, considera-se como hipótese de trabalho, que nas últimas décadas os ambientes naturais do litoral sul potiguar vêm sendo submetidos à degradação por meio das influências antropogênicas locais, condicionando uma série de impactos ambientais, com a alteração de suas dinâmicas naturais e o aumento de suas vulnerabilidades ambientais.

A partir das problemáticas aqui abordadas, este trabalho objetiva determinar, a partir de modelos empíricos, a vulnerabilidade ambiental existente no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, NE do Brasil, através da aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica-SIG. Os resultados ora obtidos foram por meio do uso do geoprocessamento, a partir de mapeamentos temáticos sobre a área, 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.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA

A área em estudo está situada na região Nordeste do Brasil, ocupando o trecho sul do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, totalizando uma área de 1.071,08 km². Encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas 05°52'43,1" a 6°31'39,3" de latitude sul e 34°58'04,1" a 35°15'52,3" de longitude oeste, conforme figura 1 a seguir.

Do ponto de vista natural a área caracteriza-se por estar inserida em um domínio morfoestrutural de bacias e coberturas de sedimentos fanerozóicos da Bacia Potiguar, recobertos por depósitos sedimentares cenozoicos (Neógeno e Quaternário), conformados por planaltos sedimentares (tabuleiros costeiros) com dissecação variada e por áreas de acumulação sedimentar de domínio litorâneo-eólico (campos de dunas holocênicas – dunas ativas e pleistocênicas – dunas inativas) e áreas de domínio flúvio-marinho (planícies fluviais, lacustres, marinhas e lagunares).

Os sistemas de drenagens superficiais inseridos na área de estudo possuem regimes de caráter intermitente e perene, apresentando formas fluviais, lacustres e lagunares, com um padrão de escoamento de direção O-L e escoamentos difusos nas regiões de coberturas arenosas, com formações dunares. As drenagens estão condicionadas a morfologias e características climáticas de regiões úmidas com pluviometrias bem definidas que variam de 1.200 a 1.600 mm anuais e com embasamento geológico sedimentar e sistemas de falhamentos paralelos, responsáveis pela formação de *Grabens* e *Horts*. Os sistemas hídricos lacustres têm seu abastecimento ligado a ressurgências de águas subterrâneas do Aquífero Barreiras que apresentam, em muitos momentos, conexões hidráulicas com bacias hidrográficas de características fluviais. Esse regime natural condiciona uma característica pedológica muitas vezes semelhantes quanto às suas propriedades físico-químicas, como: média a alta profundidade; constituição mineral com alto grau de quartzo, com tendência de pobreza de matéria orgânica, alto grau de dissecamento, com textura arenosa e consequente alto grau de porosidade e permeabilidade o que contribui na distinção das vulnerabilidades.

A área de estudo apresenta características demográficas de uma região tradicionalmente rural e recentemente urbanizada com diversos entraves de ordem sócio-econômicos, principalmente nas áreas urbanas, nas sedes dos municípios. Suas populações tiveram um grande incremento principalmente a partir da década de 60, onde incentivos gerados por políticas públicas alavancaram o crescimento das taxas de natalidade. A população dos municípios inseridos na área de estudo teve um grande acréscimo, saltando, em 1960, de 236.119 para, 1.162.830 habitantes, no ano de 2010, concentrando atualmente 36,7% do total da população estadual que é de 3.168.027 habitantes, segundo IBGE (2011).

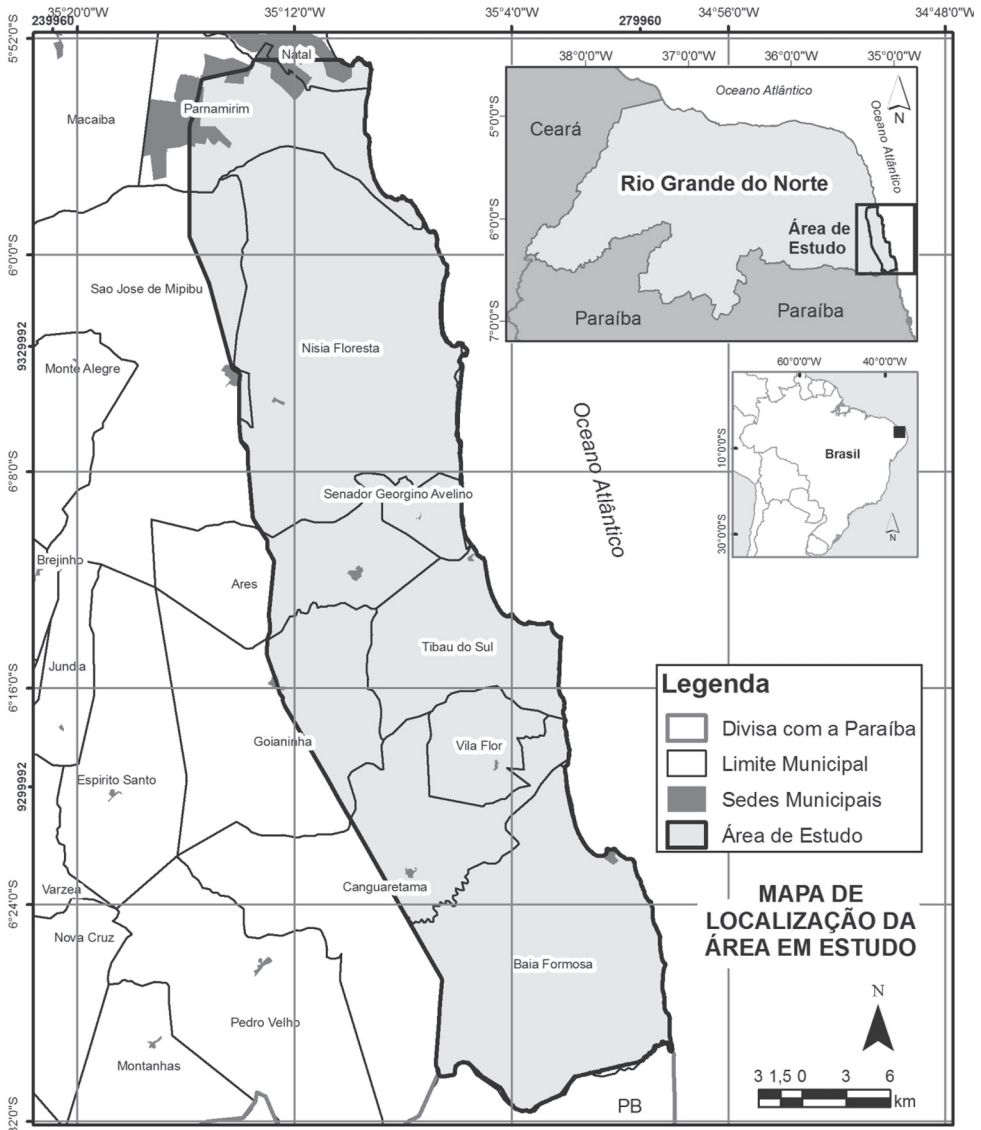


Figura 1 – Localização da área em estudo sob o contexto nacional e estadual

CONSIDERAÇÕES SOBRE A VULNERABILIDADE

O conceito de vulnerabilidade ambiental adotado neste trabalho considera o proposto por Tagliani (2003) que o descreve como sendo a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Segundo Grigio

(2003) o sentido dado ao termo susceptibilidade refere-se à tendência (ser passível) de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já tinha.

Segundo Castro *apud* Rocha (2005) a vulnerabilidade define a probabilidade de uma comunidade exposta ao impacto de uma ameaça natural sofrer danos, segundo o grau de fragilidade de seus elementos (infra-estrutura, construções, atividades produtivas). A percepção do grau de vulnerabilidade de uma área rural/florestal ou de uma comunidade urbana pode variar bastante em função das próprias características de percepção dos riscos pela população ali inserida, dos pesos e parâmetros utilizados na sua classificação e na sua própria capacidade de resiliência.

Sobre isso, Veyret (2007) destaca que

[...] a capacidade de um sistema complexo (uma cidade, por exemplo) para se restabelecer e melhorar sua reatividade após uma catástrofe é hoje levada em conta na determinação da vulnerabilidade; é o que se denomina resiliência, em referência à ecologia, que com esse vocábulo define a capacidade de um sistema para se adaptar às mudanças resultantes de uma crise e melhorar sua capacidade de resposta tendo em vista catástrofes futuras. (VEYRET, 2007, p. 42).

Em alguns momentos os conceitos de vulnerabilidade natural e vulnerabilidade ambiental coincidem, mas ao mesmo tempo, distinguem-se quando há a inserção dos fatores antrópicos nos seus processos. As relações dos fatores físicos, como as condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e de cobertura vegetal natural indicam, pela sua própria classificação, a vulnerabilidade natural, pois desconsidera até aí, uma influência do homem como condicionante das vulnerabilidades. A inserção de uma avaliação de uso e ocupação do solo no sistema, atribui um peso considerável na ponderação das vulnerabilidades, indicando aí, um processo de análise "ambiental" e não somente "natural".

Localizar e entender o termo vulnerabilidade nas diversas abordagens científicas é um empreendimento que não pode ser realizado sem se considerar, simultaneamente, o conceito de risco. Isso se deve ao fato de a vulnerabilidade aparecer no contexto dos estudos sobre risco em sua dimensão ambiental, num primeiro momento, e só mais tarde no contexto socioeconômico. (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005, p. 30).

Além disso, os perigos e os riscos não são apenas de origem natural, conforme os geógrafos reconheceram e hoje os cientistas sociais têm contundentemente enfatizado. Porém, não podemos ignorar a força avassaladora que o ambiente exerce sobre o homem, assim como os geógrafos não ignoraram a percepção dos perigos e os mecanismos institucionais e socioeconômicos para enfrentar e dar resposta a eles (vulnerabilidade). (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004, p. 106).

Sobre isso Ross (1994) argumenta que se deve realizar um estudo integrado dos elementos componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem, os quais analisados e inter-relacionados geram um produto analítico-sintético que retrata a situação da área em estudo. Esta análise integrada, segundo o autor, permite obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais, resultando na carta síntese de Fragilidade/Vulnerabilidade Ambiental.

Assim, o uso de métodos que modelem o mais fielmente possível as fragilidades e vulnerabilidades dos ambientes às intervenções humanas e aos processos naturais se mostra como um interessante caminho para a execução de um planejamento, visando um diagnóstico e prognóstico ambientais. Nesse sentido, Spörl (2007) revela que

[...] os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de significativa importância para o planejamento ambiental, pois se trata de um instrumento cuja finalidade é identificar e analisar os ambientes em função de seus diferentes níveis de susceptibilidade, proporcionando assim, uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território. (SPÖRL, 2007, p. 18).

A abordagem temática sobre mapeamentos e modelagens para a mensuração da vulnerabilidade/fragilidade natural/ambiental possui uma literatura bastante vasta. Alguns exemplos podem ser vistos, entre outros, em Gonçalves et al. (2009), Kawakubo (2005), Almeida; Santos; Martins (2009), Menezes et al. (2007), Oliveira et al. (2009), Lins-de-Barros (2005), Carvalho; Pinto (2009), Costa et al. (2008), Palmeira; Crepani; Medeiros (2005) e Ribeiro; Campos (2007). A pesquisa bibliográfica sobre este tema indicou que muitas proposições metodológicas utilizadas nos trabalhos que visavam à avaliação e indicação de zoneamentos que indicassem as vulnerabilidades e fragilidades naturais ou ambientais, caminhavam para o uso dos métodos propostos pelos autores discutidos a seguir.

METODOLOGIA

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). Observar quadro 1.

Dessa forma, a hierarquização das vulnerabilidades de cada tema ou classe mapeada, considerou a distribuição dos seus valores com variação entre 1,0 (meios estáveis) a 3,0 (meios fortemente instáveis) em intervalos de 0,5, por meio de ponderações de valores ou pesos de caráter analítico e individual a cada tema. Para a ponderação dos valores ou pesos de cada classe temática, foram estabelecidos critérios baseados em Tagliani (2003); Crepani et al. (2001); Nascimento; Dominguez (2009) e Ross (1994) e adaptados aos objetivos do trabalho e às características geodinâmicas e antrópicas da área.

Esses temas foram definidos como primários e produzidos a partir dos mapeamentos realizados neste trabalho, sendo elaborados em escala de 1:25.000. Os temas primários utilizados na elaboração do mapeamento da vulnerabilidade ambiental são:

- Geologia;
- Pedologia;
- Geomorfologia;
- Declividade;
- Intensidade Pluviométrica;
- Cobertura e Uso da Terra/Vegetação.

Quadro 1 – Categorias morfodinâmicas utilizadas como base conceitual para a determinação das vulnerabilidades

Categorias	Características	Balço entre pedogênese e morfogênese	Consequências gerais para a conservação	Valor
<i>Estáveis</i>	Evolução lenta, apenas perceptível em "equilíbrio tendendo a uma situação de "clímax". Fraca exogenia e endogenia	Favorecimento da pedogênese	Manter uma cobertura vegetal de densidade equivalente à vegetação climática para evitar degradação	1.0
<i>Intergrades (Intermediária)</i>	Dinâmica caracteriza-se pelas interferências pedogênese/morfogênese. Suas intensidades não são muito desiguais. Processos em equilíbrio	Simultâneas com interferências recíprocas. Equilíbrio	Conservação da cobertura vegetal densa ou a sua melhoria são essenciais	2.0
<i>Fortemente Instáveis</i>	Intensa morfogênese causada por relevo acidentado, climas extremos (forte exogenia) e endogenia intensa e recente	Favorecimento da morfogênese	Estabilização com trabalhos de correção, restauração da vegetação	3.0

Fonte: Modificado de Tricart (1977). Modificado de Crepani et al. (2001). Organizado pelo autor.

A modelagem obedeceu a uma parametrização paralela e sequencial de quatro etapas de álgebra de mapas (figura 2). 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 das seguintes equações:

$$V = [vg \times 0,5] + [uv \times 0,5]$$

Onde:

V = Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

vg = Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica

uv = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação

Para a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica foi estabelecida a seguinte equação:

$$VG = [c \times 0,4] + [m \times 0,45] + [p \times 0,15]$$

Onde:

VG = Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica

c = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar

m = Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica

p = Intensidade Pluviométrica

O Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar foi elaborado conforme a seguinte equação:

$$C = [pe \times 0,5] + [gl \times 0,5]$$

Onde:

C = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar

pe = Tema pedologia

gl = Tema geologia

O Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica foi construído a partir da seguinte equação:

$$M = [gm \times 0,4] + [d \times 0,6]$$

Onde:

M = Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica

gm = Tema geomorfologia

d = Tema declividade

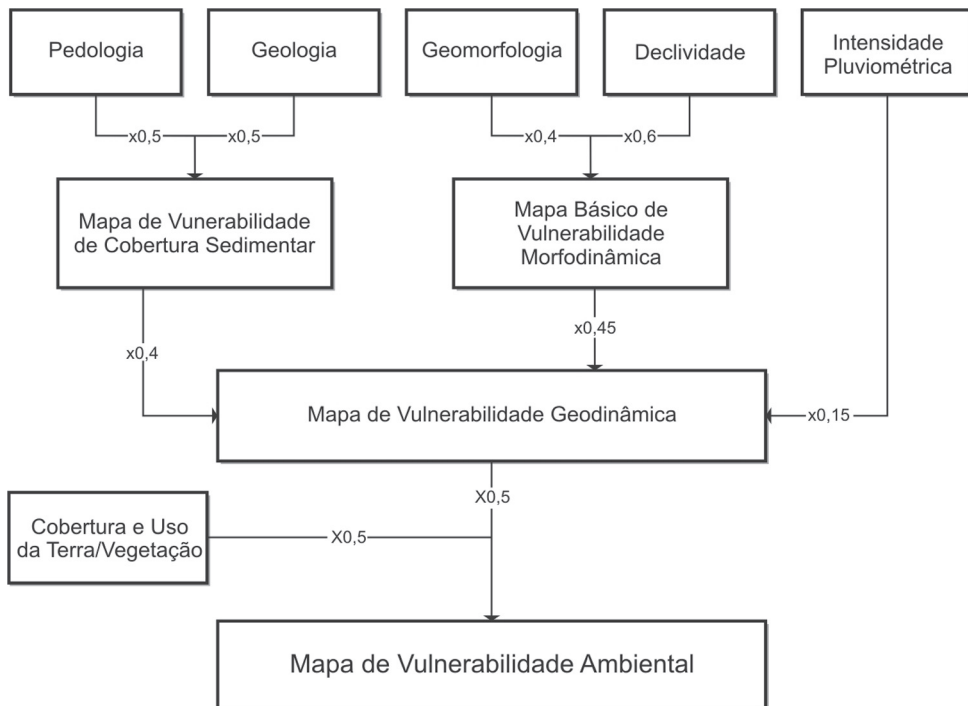


Figura 2 – Sequência metodológica da elaboração algébrica de mapas com distribuição dos pesos para a definição das classes de vulnerabilidade ambiental na área de estudo

Fonte: O autor.

A compartimentação temática dos mapas foi feita considerando a geração associada de um banco de dados em ambiente SIG que permitisse realizar o cruzamento de informações entre as diversas características geodinâmicas e os seus usos associados.

Todos os temas foram convertidos para formato matricial (*raster*) a fim de que se pudesse utilizar a álgebra de mapas de forma mais consistente na ferramenta "*Raster Calculator*" inserida na extensão "*Spatial Analyst*" no software ArcGis 9.3. Para o cálculo das áreas em formato raster foi realizado o procedimento de reclassificação e posterior conversão para formato vetorial na extensão "*Spatial Analyst*". O benefício da conversão dos dados vetoriais em dados raster se traduz no fato da possibilidade de uma maior gama de modelamentos geográficos e operações complexas. Nessa ferramenta foram atribuídos os pesos em porcentagem para os temas reclassificados de acordo com a definição de sua importância para posteriormente serem cruzados. Alguns temas foram reclassificados com vistas ao agrupamento dos dados das classes definidas para cada tema.

O resultado alcançado pela análise algébrica de mapas permitiu a modelagem de centenas de graus de vulnerabilidade ambiental. Contudo, esses foram agrupados em cinco classes distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0). (CREPANI et al., 2001).

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: Os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como já citado, a definição dos pesos da vulnerabilidade para cada tema (Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Declividade, Intensidade Pluviométrica, Cobertura e Uso da Terra/Vegetação), seguiu critérios estabelecidos por Tagliani (2003); Crepani et al. (2001); Nascimento; Dominguez (2009) e Ross (1994), mas adaptados empiricamente à realidade e à escala de análise da área de estudo, conforme discussão e resultados a seguir:

- Geologia:

O critério utilizado para definição dos graus de vulnerabilidade foi a idade litológica. Quanto mais antiga, menor a vulnerabilidade e quanto mais recente, maior seu grau. Esse é um fator complicador na ponderação dos valores, pois toda a área de estudo está assentada em rochas sedimentares recentes, inseridas no Plioceno (Neógeno) e Pleistoceno e Holoceno (Quaternário), trazendo uma grande homogeneidade aos valores, além de todos serem caracterizados de vulnerabilidade moderada a muito alta. Considerando seu grau de vulnerabilidade, somam-se 851,80 km² de áreas com grau de vulnerabilidade moderada, 151,61 km² considerada como de alta vulnerabilidade e 21,02 km² de áreas com vulnerabilidade muito alta. Não há ocorrências de geologia com classe muito baixa e baixa. Figura 3. O

restante da área não foi classificada em função de serem corpos d'água. A tabela 2 descreve a distribuição dos pesos dos graus de vulnerabilidade para a geologia.

Tabela 2 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geologia

Unidades Geológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Formação Barreiras	Nb	2,0
Depósitos Colúvio-Eluviais	NQce	2,0
Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas	Qpd	2,0
Depósitos Flúvio-Lacustrinos	Qflc	2,0
Depósitos Aluvionares	Qa	2,5
Depósitos Flúvio-Marinhas	Qfm	2,5
Depósitos de Mangues	Qm	3,0
Depósitos Litorâneos de Praia de Dunas Móveis	Qd	3,0

- Pedologia:

O estabelecimento de seu critério foi adaptado do trabalho de Crepani et al. (2001) que descreve que a maior ou menor susceptibilidade de um solo não sofrer os processos erosivos da morfogênese, depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade de argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis. O autor cita que a principal característica considerada para estabelecer classes de vulnerabilidade para os solos é o seu grau de desenvolvimento ou maturidade. Considerando essa relação, foram hierarquizados os graus de vulnerabilidade para cada solo mapeado neste trabalho (figura 3), onde 213,81 km² são de vulnerabilidade muito baixa, 158 km² são de vulnerabilidade moderada, 412,07 km² são de vulnerabilidade alta e 240,56 km² são representantes do grau de vulnerabilidade muito alta (tabela 4). A tabela 3 descreve a distribuição dos pesos dos graus de vulnerabilidade para o solos.

Tabela 3 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Pedologia

Unidades Pedológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Latossolo Amarelo	LA	1,0
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd	2,0
Areias Quartzosas	AQ	2,5
Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico	PVAe	2,5
Solos Aluviais	A	2,5
Solos Indiscriminados de Mangue	SM	3,0
Areias Quartzosas Marinhas	AQm	3,0

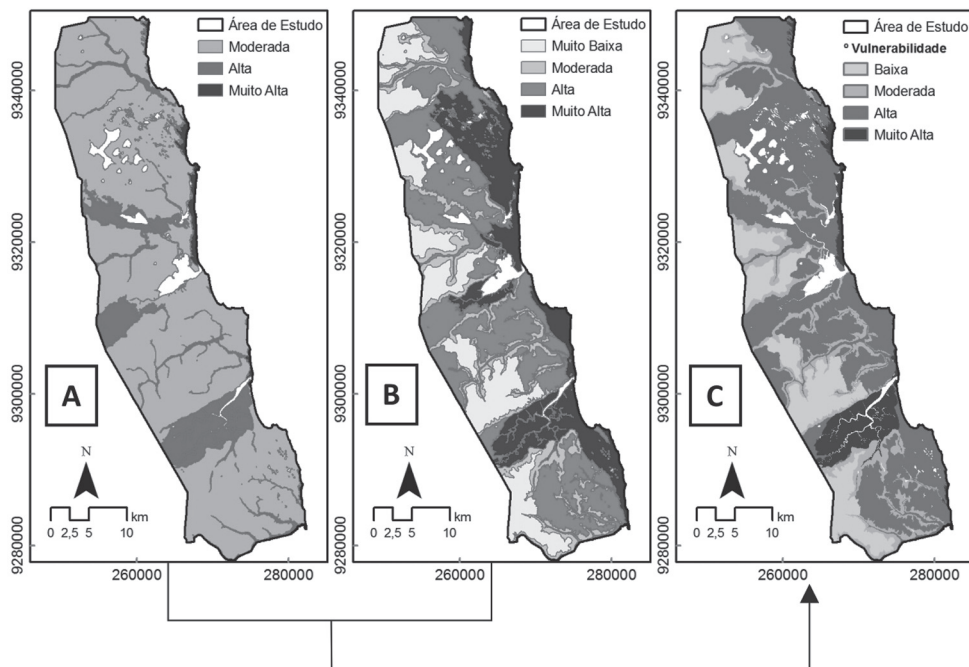


Figura 3 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geologia (A) e Pedologia (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar (C)

Tabela 4 – Total de área para cada tema e para o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar, segundo seus graus de vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Área (km ²) para Geologia	Área (km ²) para Pedologia	Área (km ²) para Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar
Muito Baixa	Sem ocorrência	213,81	Sem ocorrência
Baixa	Sem ocorrência	Sem ocorrência	213,81
Moderada	851,8	158	158
Alta	151,61	412,07	572,65
Muito Alta	21,02	240,56	79,98
Total	1.024,44	1.024,44	1.024,44

- Geomorfologia:

A ponderação dos graus de vulnerabilidade para a geomorfologia (tabela 5) também foi estabelecido por Crepani et al. (2001). Apesar da indicação de que se pode inferir os diferentes graus de vulnerabilidade no relevo por índices morfométricos, não foi utilizada essa técnica no trabalho, em função dos objetivos do mapeamento geomorfológico. Assim, consideraram-se análises empíricas, baseadas em interpretações lógicas para a determinação dos graus de vulnerabilidade. De forma geral, Crepani et al. (2001) sugere que para as

formas de origem estrutural e denudacional caracterizadas por relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas, ravinas e pontões, o mais provável é que os valores de vulnerabilidade variem de 2,4 a 3,0. Quanto às formas de acumulação, como as planícies e os terraços, de origem fluvial, marinha ou lacustre, atribuiu-se o valor 1,0 para os terraços, áreas de relevo plano e estáveis, e o valor 3,0 para as planícies, áreas sujeitas à inundação e de intensa morfodinâmica, nas quais os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese e que, apesar do relevo plano, são muito instáveis. Quanto às vulnerabilidades, 6,55 km² são muito baixas, 474,46 km² são baixas, 6,87 km² são moderadas, 361,17 km² são altas e 177,17 km² são muito altas. (Tabela 7).

Tabela 5 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geomorfologia

Unidades Geomorfológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Planície e Terraço Fluviais	Aptf	1,0
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa	Dh1	1,5
Planície Flúvio-Lacustre	Apfl	2,0
Dunas Inativas	Adi	2,5
Planície Fluvial	Apf	2,5
Planície Flúvio-Marinha	Apfm	2,5
Planície Lacustre	Apl	2,5
Planície Lagunar	Aplg	2,5
Planície Marinha	Apm	3,0
Dunas Ativas	Ada	3,0
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa	Dh2	3,0

- Declividade:

O mapa das classes de declividade foi elaborado considerando a classificação das declividades de Crepani et al. (2001) em tabela 6. O total de áreas com muito baixa vulnerabilidade é 859,34 km², moderada vulnerabilidade 205,09 km² e muito alta vulnerabilidade 5,51 km². As vulnerabilidades com grau baixa e alta não ocorrem não área.

Tabela 6 – Classes de declividade com seus respectivos graus de vulnerabilidade

Declividade em °	Declividade em %	Grau de Vulnerabilidade
<0,7°	<2%	1,0
0,7 – 3,4°	2 – 6%	1,5
3,4 – 11,31°	6 – 20%	2,0
11,31 – 26,57°	20 – 50%	2,5
>26,57°	>50%	3,0

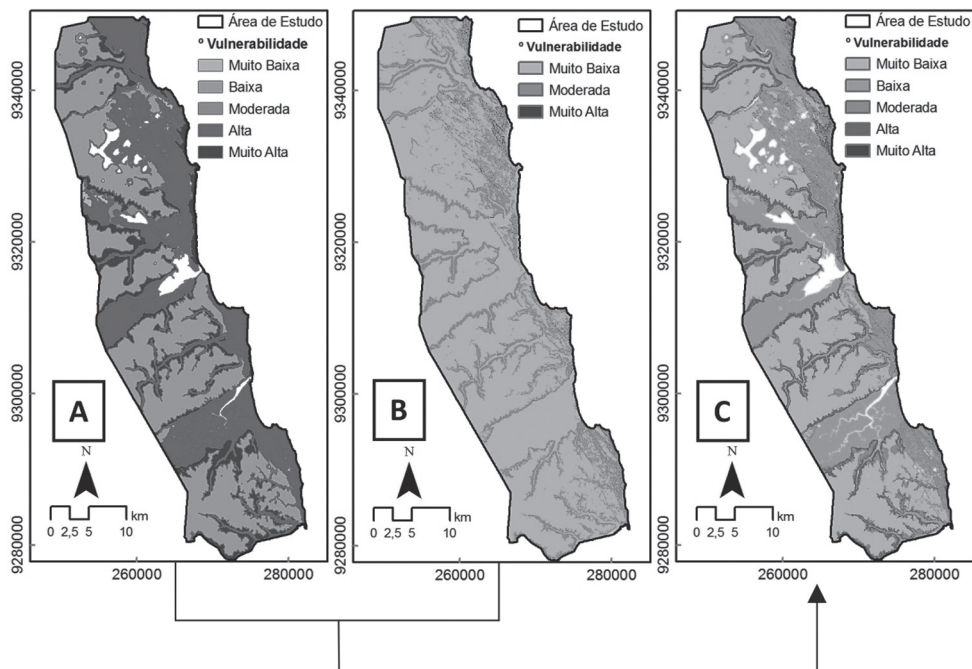


Figura 4 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geomorfologia (A) e Declividade (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica (C)

Tabela 7 – Total de área para cada tema e para o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Geomorfologia	Área (km²) para Declividade	Área (km²) para Vulnerabilidade Morfodinâmica
Muito Baixa	6,55	859,34	455,60
Baixa	472,68	S/ ocorrência	290,42
Moderada	6,87	205,09	167,04
Alta	361,17	S/ ocorrência	105,91
Muito Alta	177,17	5,51	5,47
Total	1.024,44	1.069,94	1.024,44

- Intensidade Pluviométrica:

A ponderação dos graus de vulnerabilidade para a intensidade pluviométrica considerou a razão existente entre a pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses). Em função da escala de análise dessa pesquisa, não foi possível determinar uma alteração ou mudança da duração dos períodos chuvosos, pois a região está submetida ao mesmo regime climático, mascarando, de certa forma, os resultados aqui obtidos. O que se diferencia são seus índices médios de pluviosidade, espacializados por isoietas e elaborados para este trabalho, considerando que a maior intensidade de chuvas

concentra-se em 4 meses do ano (abril a julho). Contudo, foi acrescentado um mês chuvoso antes e um depois desse período de maior concentração, pois estes já apresentam regimes consideráveis de chuvas.

Crepani et al. (2001) ressalta que a maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo de todo período, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num período determinado do ano. Assim, quanto maior o valor da pluviosidade média anual e da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva e maior a vulnerabilidade. Os valores determinados foram agrupados em cinco classes, dispostas a seguir.

Tabela 8 – Classes de Intensidade Pluviométrica

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Grau de Vulnerabilidade
205 – 215	1,0
216 – 230	1,5
231 – 245	2,0
246 – 260	2,5
261 – 280	3,0

Fonte: O autor.

Dessa forma, as relações algébricas efetuadas a partir da ponderação dos graus de vulnerabilidade dos temas até aqui expostos permitiram a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica. (Figura 5 e tabela 9).

O Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica considera a relação existente entre os elementos do meio físico da área de estudo, representados aqui como geologia, pedologia, geomorfologia, declividade e intensidade pluviométrica. Seu resultado foi cruzado com o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra, conforme discussão a seguir.

Tabela 9 – Valores totais de área mensuradas no Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade Geodinâmica
Muito Baixa	20,62
Baixa	424,43
Moderada	481,5
Alta	93,12
Muito Alta	4,77
Total	1.024,44

- Cobertura e Uso da Terra/Vegetação:

As diversas formas de cobertura e uso da terra e a distribuição vegetal classificam-se como parâmetros fundamentais para a consecução de modelamentos com vistas à identificação de áreas vulneráveis. A ação humana, invariavelmente, altera as relações de equilíbrio natural de um sistema ambiental, diminuindo ainda mais a resiliência de um ambiente identificado, por exemplo, como de muito alta vulnerabilidade ambiental. A ação antrópica

na natureza é um fator de destaque na ponderação dos graus de vulnerabilidade de uma determinada área, pois pode ser um agente que favorece a morfogênese, indicando dessa forma uma maior instabilidade de uma área e, por conseguinte, uma maior vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, o homem como agente dinâmico e indutor da condição ambiental de um sistema, tem grande relevância nos modelamentos, com vistas à identificação de áreas vulneráveis, sensíveis ou de risco.

A área em análise possui poucos trechos em que a ação humana não é preponderante, condicionando uma incidência contínua de suas ações em quase a totalidade da área. Dessa forma, a atuação antrópica na paisagem merece destaque quanto ao estabelecimento de sua importância no cruzamento com o Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, ponderando um peso adequado ao papel que desenvolve na dinâmica ambiental da área de estudo.

Do ponto de vista da estabilidade da superfície, a cobertura vegetal desempenha um importante papel porque promove uma proteção morfogenética contra eventos de dissecação acelerados, movimentos de massa e processos erosivos de grande intensidade como voçorocamentos. Sua presença é um indicativo de um maior controle ecológico na área, sugerindo um controle pedogenético da área, propiciando uma menor vulnerabilidade ambiental. O mapa de cobertura e uso da terra indica exatamente onde estão as áreas florestadas, independente de sua densidade. Dessa forma, a vegetação caracteriza-se como uma cobertura da terra, sendo, portanto agrupadas nesse tema.

Com a identificação e mapeamento das diversas classes de cobertura e uso da terra, foi modelado um mapa (figura 5), considerando o estabelecimento de pesos relacionados aos graus de vulnerabilidade descritos em seguida.

Tabela 10 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Cobertura e Uso da Terra/Vegetação

Unidade de Cobertura e Uso da Terra e Vegetação Mapeadas na Área de Estudo	Grau de Vulnerabilidade
Florestal	1,0
Campestre	1,5
Cultura permanente	2,0
Cultura temporária	2,5
Pastagem-Pecuária	2,5
Aquicultura intensiva	2,5
Áreas Urbanizadas	3,0

Tabela 11 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação segundo seus graus de vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação
Muito Baixa	260,52
Baixa	198,51
Moderada	77,52
Alta	412,43
Muito Alta	75,46
Total	1.024,44

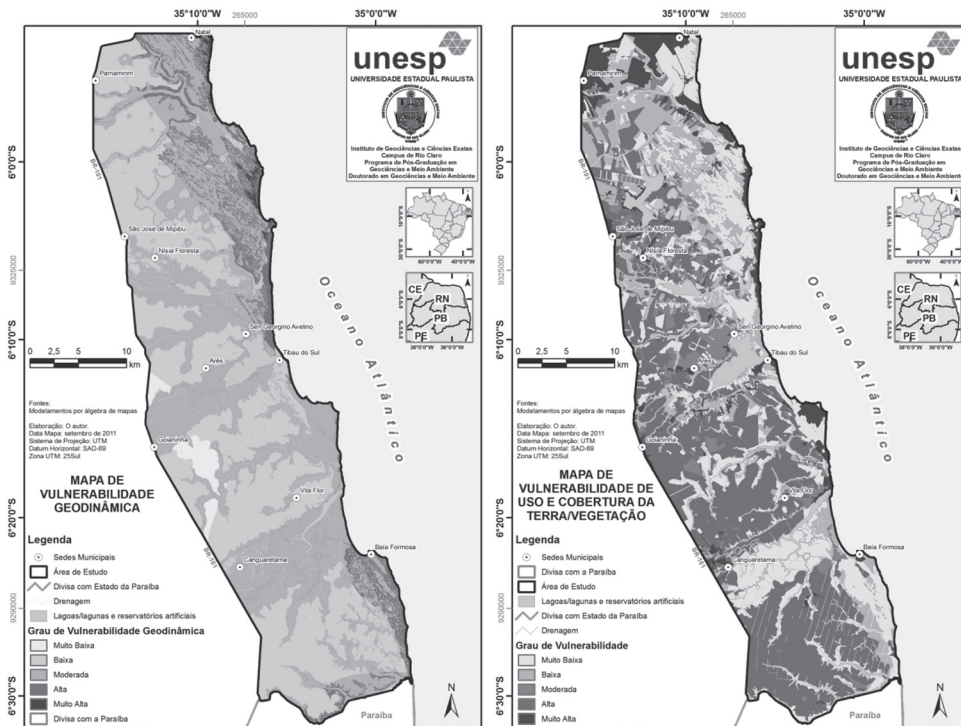


Figura 5 – Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica e Mapa de Vulnerabilidade de Uso e Cobertura da Terra/Vegetação

- Discussão da Vulnerabilidade Ambiental

A vulnerabilidade ambiental é definida aqui como a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer (TAGLIANI, 2003) ou a susceptibilidade de um meio ao impacto negativo com relação a determinado risco (NOAA, apud NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009).

A integração das informações temáticas feitas a partir de cálculos algébricos entre os diversos mapas 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 da área de estudo ser um palco de atividades sócio-econômicas centenárias, estabeleceu-se uma parametrização, baseada na ideia de que essas atividades são capazes de determinar sobremaneira a qualidade ambiental da área de estudo e conseqüentemente distinguir os graus de vulnerabilidade.

De posse dessas informações, foi possível estabelecer uma visão integrada de toda a área, mas ao mesmo tempo individualizada para cada grau de vulnerabilidade (tabela 12), conforme discussão e mapa a seguir.

- Grau de Vulnerabilidade Muito Alta:

Apesar de ser a classe de maior vulnerabilidade ambiental, é a que possui menor área, perfazendo 11,3 km² (1.130 ha) 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. Na praia de Barra de Tabatinga encontram-se em um trecho próximo a quebra de uma falésia em um promontório, na área denominada Ponta de Tabatinga. Na praia de Búzios se localizam no trecho urbanizado, entre as planícies de deflação e encostas e segundas residências. Predominam as areias quartzosas marinhas, em morfologias de encostas de dunas ou planícies de deflação com acentuada declividade e ativa urbanização. Esse trecho se caracteriza por ser francamente povoado por segundas residências ou casas de veraneio que acaba condicionando, além de outros fatores, uma maior vulnerabilidade ao mesmo. Algumas cristas e encostas de dunas parabólicas também estão inseridas nesse grau de vulnerabilidade, principalmente as associadas ao bairro de Ponta Negra em Natal, em uma área legalmente protegida pelo Plano Diretor da Cidade que são as dunas denominadas como dunas de Lagoinha. Também existem pequenos trechos próximos as praias de Sagi e Sibaúma, basicamente em função do condicionamento dado pela urbanização presente nessas áreas.

- Grau de Vulnerabilidade Alta:

Totalizam 107,94 km² (10.794 ha) 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. Também sofrem contínuos impactos promovidos pela atividade imobiliária e pelo turismo de massa. Geralmente estão nas circunvizinhanças das sedes municipais ou de distritos urbanizados sobre dunas com coberturas campestres, topografias mais acidentadas e em áreas de produção intensiva de camarão, nos estuários de grande e pequeno porte, como do rio Canguaretama e do rio Pirangi. Sua vulnerabilidade se dá pela concentração de trechos urbanos intercalados a dunas parabólicas e a atividades econômicas intensivas. No território do município de Baía Formosa está associado a áreas acidentadas com presença da atividade sucroalcooleira nos interflúvios do rio Pau-Brasil e riacho Calvaço. Concentra grande ocorrência na área de expansão imobiliária de Pipa, limitando-se com o Parque Estadual da Mata de Pipa (PEMP), Baía Formosa e Tibau do Sul, entre outros. Bordeja áreas com presença de balneários turísticos ou de residências para veraneio, como as praias de Pirangi do Norte, Barra do Cunhaú, Sagi, Barreta, Camurupim e margens (APPs) da lagoa do Bonfim.

- Grau de Vulnerabilidade Moderada:

É a maior área em extensão, perfazendo 525,57 km² (52.557 ha) 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 representa vales fluviais de fundo chato, como nas bacias dos rios Guaju e Taborda. Sua descontinuidade se dá em função da presença de áreas mais protegidas relacionadas aos remanescentes vegetais de formações Pioneiras, como restingas e mangues, zonas de Contato e remanescentes de Mata Atlântica de Floresta Estacional Semidecidual. Também está associada às áreas de pasto com topografia plana, de origem litológica da Formação Barreiras e Latossolos. As atividades econômicas principais são a pecuária e principalmente culturas de ciclo curto e temporárias, como a cana-de-açúcar e a carcinicultura que avança sobre as florestas de manguezais, às margens da laguna Guarairas, trazendo uma maior vulnerabilidade a essas áreas. De forma geral, por se tratar de uma área consolidada quanto às intervenções

humanas, tem uma vegetação de porte mais arbustivo, principalmente as mais próximas das áreas de ressurgência do aquífero adjacente às lagoas do Bomfim, Carcará e Boágua. Além disso, em trechos menos proeminentes, tem cobertura de solos expostos e recentemente suprimidos denotando uma formação campestre. Também estão em algumas áreas de culturas permanentes como coqueirais, próximo, por exemplo, à sede municipal de Sen. Georgino Avelino.

- Grau de Vulnerabilidade Baixa:

Segunda área em extensão com 351,8 km² (35.518 ha) 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. Estão assentadas tanto em litologias da Formação Barreiras (tabuleiros costeiros), como por areias quartzosas (dunas inativas). Ocupam, da mesma forma, áreas com grande amplitude altimétrica, como os campos de dunas de Pipa e a Mata Estrela em Baía Formosa. Estão associados aos solos aluviais, planícies lacustres e planícies flúvio-marinhas do estuário do Curimataú e de parte do complexo estuarino lagunar Nísia-Papeba-Guarairás. Também estão em áreas com plantações permanentes com cajueiros e coqueirais. Ocupa três grandes campos de dunas parabólicas e paralelas como na Mata Estrela, Nísia Floresta e Barreira do Inferno. Tem uma grande relação com cobertura campestre.

- Grau de Vulnerabilidade Muito Baixa:

Suas características assemelham-se com as de grau de vulnerabilidade baixa, mas com a diferença da presença de uma formação florestal bem marcada, com o intercalamento de áreas campestres. Ou seja, essas áreas têm um grau de proteção florestal bem mais desenvolvido. Geralmente são matas com características de Floresta Estacional Semidecidual, caracterizando-as como remanescentes de Mata Atlântica. Em alguns trechos se localizam em tabuleiros com forte grau de dissecação, mas com presença vegetacional que indica que existe uma melhor proteção aos agentes naturais de dissecação. Ocupa uma área de 27,83 km² (2.783 ha) ou 2,72% da área de estudo. Estão muitas vezes associados a formações florestais inseridas em áreas com baixo grau de vulnerabilidade devendo, nesse caso, se dar prioridade a um manejo adequado que vise controlar ambientalmente as suas áreas florestais.

Tabela 12 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental segundo seus graus de vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade Ambiental	Área (ha) para Vulnerabilidade Ambiental	% da Área Total *
Muito Baixa	27,83	2.783	2,72
Baixa	351,8	35.518	34,34
Moderada	525,57	52.557	51,3
Alta	107,94	10.794	10,54
Muito Alta	11,3	1.130	1,1
Total	1.024,44	1.024,94	100,0

* Excetuando-se os corpos d'água.

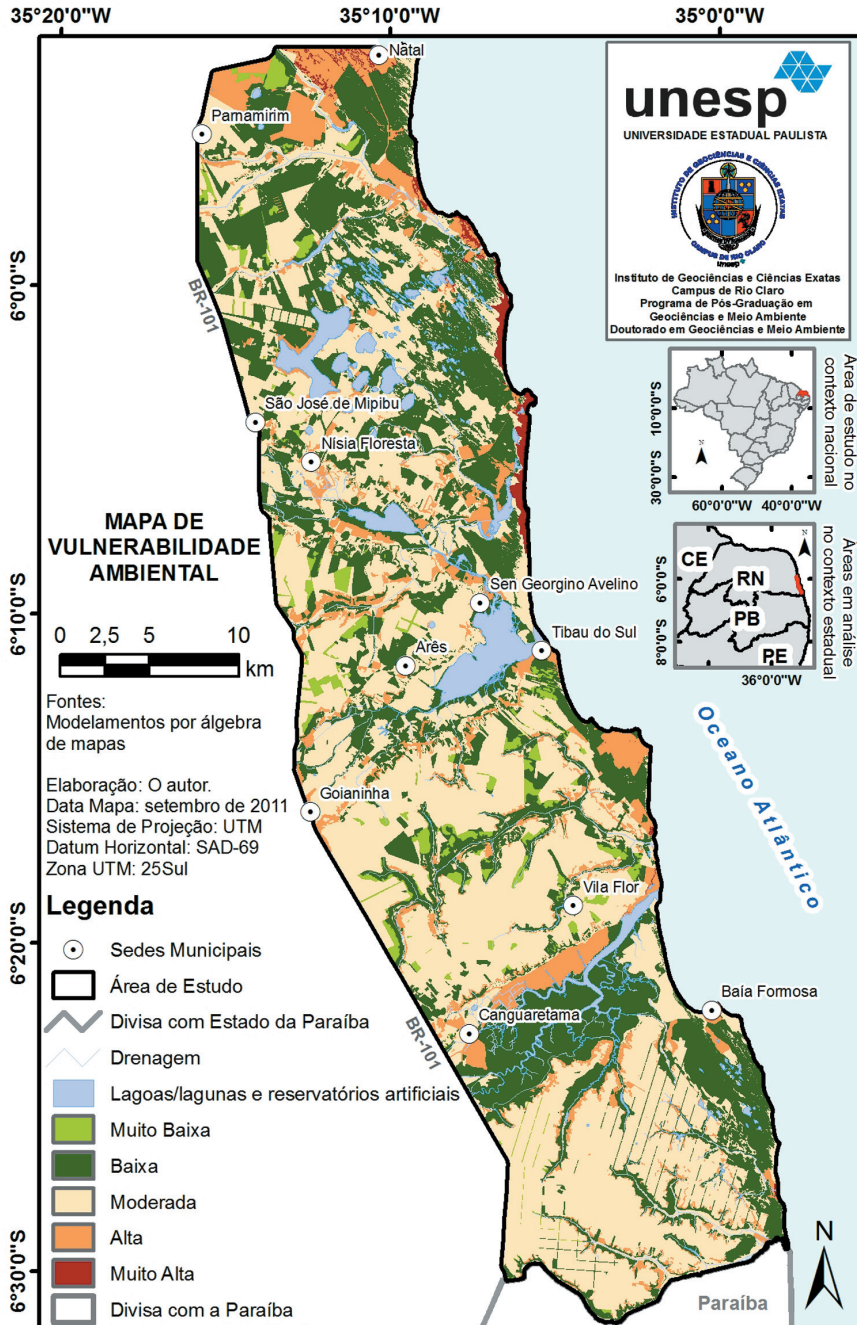


Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à validação da metodologia empregada na determinação da vulnerabilidade ambiental, pôde-se verificar que é adequada e que atende às demandas requeridas. Contudo, alguns ajustes são necessários, pois se percebe que em áreas com características geodinâmicas semelhantes, há a necessidade de uma maior distribuição de graus ou classes de vulnerabilidade para se poder distinguir melhor os diferentes resultados, pois os mesmos podem se homogeneizar, considerando as semelhanças naturais da área. A álgebra de mapas, como técnica empregada no cruzamento dos mapas temáticos, mostrou-se eficiente e confiável, determinando com segurança o modelamento e espacialização dos graus de vulnerabilidade. Além disso, o uso de técnicas de geoprocessamento ofereceu mais rapidez e precisão ao agrupamento, cruzamento, simulação e modelagem de dados, permitindo atingir os objetivos do trabalho.

Mais de 80% da área está classificada como de baixa a moderada vulnerabilidade. Isso mostra que, de acordo com o método aplicado e com os resultados alcançados, a maioria da área pode estar estável do ponto de vista ecológico. Contudo, as áreas com grau de vulnerabilidade muito alta são áreas de dunas ativas em sua predominância, indicando que devem ser prioritariamente protegidas.

Dessa forma, a hipótese do trabalho foi confirmada, quando a análise dos impactos ambientais e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental presentes no litoral sul do Rio Grande do Norte permitiram concluir que as áreas de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes de Mata Atlântica, estão sendo alteradas e impactadas negativamente pela ação humana, provocando assim uma alteração da dinâmica natural na área e um consequente aumento na vulnerabilidade 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 tênue equilíbrio ambiental que pode ser rompido com a intensificação das atividades econômicas existentes. Concluindo, 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 dessa área.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. de; SANTOS, L. J. C.; MARTINS, G. G. Contribuição metodológica para a análise da fragilidade emergente: estudo de caso no município de Colombo/PR. **RA´E GA**, Curitiba, n. 17, p. 113-127, 2009.
- CARVALHO, E. M. de; PINTO, A. L., Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro. v. 4, n. 1, jul.-dez., 2009. p.53-78.
- COSTA, C. C. da et al. Um indicador de vulnerabilidade para sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. **Geografia**. Londrina, v. 17, n.2, p. 5-23, jul./dez. 2008.
- CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E. 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.

GONÇALVES, G. G. G. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Rio Dourados-MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 422-432.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN):** simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Dissertação (Mestrado). UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Natal/RN. 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados:** censo demográfico e contagem da população. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=cd&o=4&i=P&c=202>. Acesso em: 15 ago. 2011.

KAWAKUBO, F. S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2203-2210.

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 83-90, 2005.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 7, n. 2, p. 95-109, jul./dez., 2004.

_____. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**. São Paulo, v. 22. n. 1, p. 29-53, jan./jun., 2005.

MENEZES, J. B. et al. Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco Pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 8, n. 2, p. 45-56, 2007.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 395-408, set., 2009.

OLIVEIRA, P. T. S. de et al. Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

PALMEIRA, A. F.; CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na proposta de um mapa de ordenamento territorial do Município de Paragominas (Estado do Pará). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3207-3214.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 628-636, 2007.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais:** análise e mapeamento em Minas Gerais. Juiz de Fora: UFJF, 2005.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais.** Tese (Doutorado em Geografia) – USP, São Paulo, 2007.

TAGLIANI, C. R. A. 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, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. 320 p. Título original: Les risques.

Recebido em abril de 2013

Aceito em agosto de 2013