



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Centro de Ciências Exatas e da Terra

Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA
DE PITITINGA, RIO DO FOGO, RIO GRANDE DO NORTE**

Autor:

EDUARDO QUEIROZ DE LIMA

Orientador:

RICARDO FARIAS DO AMARAL

Dissertação n°. 96 / PPGG

Natal-RN, julho de 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA
DE PITITINGA, RIO DO FOGO, RIO GRANDE DO NORTE**

Autor:

Eduardo Queiroz de Lima

Dissertação de Mestrado apresentada em 30 de julho de 2010 ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica - PPGG da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, para a obtenção do título de Mestre em Geodinâmica e Geofísica com área de concentração em Geodinâmica.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral (Orientador) – UFRN/PPGG

Prof. Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra – UFRN/PPGG

Prof. Dr. Antonio Henrique Fontoura Klein – UNIVALI

Natal-RN, julho de 2010

“A felicidade não está em fazer o que a gente quer e sim em querer o que a gente faz”.

Jean Paul Sartre

*Aos meus preciosos pais, Francisco
Queiroz de Lima e Cristina C. de Lima.*

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a Vulnerabilidade Ambiental da região costeira de Pititinga, Rio do Fogo/RN. A erosão costeira da praia de Pititinga foi analisada e considerada como mais um processo que gera vulnerabilidade ambiental na área de estudo, considerando seu meio natural e humano e estabelecendo a relação entre eles, para compreender os arranjos que produziram a sua configuração espacial. O meio natural foi expresso por meio de mapas temáticos envolvendo os temas geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia, enquanto que o meio antrópico foi expresso pelo mapa de uso e ocupação do solo. A erosão costeira foi cartografada em um mapa de vulnerabilidade à erosão. O procedimento metodológico para gerar os mapas temáticos, os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental e da erosão costeira envolveu o levantamento bibliográfico, visitas a campo com preenchimento de *check-list*, coleta e análise de amostras de sedimentos, técnicas de fotointerpretação, integração das informações em uma base de dados e armazenamento e análise espacial em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O mapa de vulnerabilidade natural apontou para um predomínio de ambientes com vulnerabilidade baixa (29,6%) e média (42,4%), destacando as dunas frontais e móveis com as áreas de maior vulnerabilidade. Já o mapa de vulnerabilidade ambiental, apresenta um predomínio de ambientes com vulnerabilidade baixa (53,8%), estando a vulnerabilidade alta concentrada sobre a vila de Pititinga. A vulnerabilidade à erosão costeira apresentou comportamentos distintos em três trechos ao longo da linha de costa de acordo com as características de cada um. Quando ocorrem dunas frontais e transgressivas as susceptibilidades são, em geral, média e baixa, respectivamente, e quando da ausência destas, como ocorre vila de Pititinga, a vulnerabilidade é predominantemente muito alta.

PALAVRAS-CHAVE: Zona costeira, Vulnerabilidade, Erosão, Mapeamento.

ABSTRACT

This work presents a study on the environmental vulnerability of the coastal region of Pititinga, Rio do Fogo/RN. The coastal erosion of Pititinga beach was analyzed and considered as one more process that produces environmental vulnerability in the area of study, taking into account its human and natural environment and establishing the relation between them, to understand the arrangement that produced its spatial configuration. The natural environment was expressed by thematic maps with geology, geomorphology, vegetation and soil themes, while the human environment was expressed by the use and occupation of the soil map. The coastal erosion was put in an erosion vulnerability map. The methodological procedure to generate the thematic maps, vulnerability maps and of the erosion coastal involved the bibliographic research, field visits with check-list form fill, collect and analysis of sediment sample, photo-interpretation techniques, integration of the information in a database, data store and spatial analysis in a Geographic Information System (GIS) ambient. The natural vulnerability map shows a predominancy of environments with low (29,6%) or medium (42,4%) vulnerability, pointed the frontal and mobile dune as the areas with the highest vulnerability. The environmental vulnerability map, presents a predominancy of environments with low vulnerability (53,8%), with the high vulnerability concentrated on Pititinga community. The coastal erosion vulnerability presented distinct behaviors on three sections among the coastal line according each one characteristics. Where there are frontal and transgressive dunes, vulnerability are, generally, medium or low, respectively, and in the absence of them, as what occurs in Pititinga community, the vulnerability is predominately very high.

KEY-WORDS: Coastal zone, Vulnerability, Erosion, Mapping.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ricardo Farias do Amaral pela orientação, incentivo, compreensão e amizade partilhada durante todo o percurso do mestrado. Tais elementos foram cruciais para o desenvolvimento de uma boa relação acadêmica.

Ao professor Dr. Vanildo Pereira da Fonseca e à Fátima Barbosa, funcionária responsável pelo Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia, pela amizade, atenção prestada e troca de idéias durante o processo do mestrado.

Aos colegas do LEGeo – Laboratório de Estudo Geoambientais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Fabiano do Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia pelas boas conversas.

A todos os amigos mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), sobretudo a Jonas, Hanyel e Lucyanno, parceiros de trabalho, de vários campos e aulas, como também, de muitos momentos lúdicos, os quais nos renderam muita história para contar.

Ao PPGG, Departamento de Geologia da UFRN e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio logístico e pela bolsa concedida.

À Hannia Roberta pela companhia, apoio e incentivo nos momentos felizes e difíceis, e, especialmente, a minha família, que inclui meus irmãos companheiros e meus pais, cujo apoio, incentivo e participação foram fundamentais para execução do meu mestrado. Vocês foram e são, ao mesmo tempo, meu porto seguro e minha fonte de motivação maior.

ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE QUADROS.....	vii
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Apresentação e Objetivos.....	1
1.2 Localização da Área de Estudo.....	3
Capítulo 2 – Caracterização da área de estudo.....	5
2.1 Aspectos Sócio-Econômicos.....	5
2.2 Aspectos Fisiográficos.....	6
2.2.1 Clima.....	6
2.2.2 Hidrografia.....	6
2.2.3 Vegetação.....	7
2.2.4 Pedologia.....	8
2.2.5 Geomorfologia.....	8
2.2.6 Geologia Regional.....	9
Capítulo 3 – Referencial Teórico.....	12
3.1 A Zona Costeira.....	12
3.1.1 A Zona Costeira Brasileira e Potiguar e sua Subdivisão.....	15
3.1.2 Condicionantes de regiões costeiras.....	19
3.1.2.1 Condicionantes de ordem da dinâmica global.....	19
3.1.2.2 Processos Costeiros Condicionantes.....	21
3.1.2.2.1 Ondas oceânicas.....	21

3.1.2.2.2	Correntes produzidas por ondas.....	23
3.1.2.2.3	Marés.....	24
3.2	O Sistema Praial.....	25
3.3	Erosão Costeira.....	27
3.4	As idéias de Vulnerabilidade e Vulnerabilidade Ambiental.....	31
3.5	Vulnerabilidade Ambiental e Erosão Costeira.....	35
3.6	Geindicadores e Erosão Costeira.....	37
Capítulo 4 – Procedimentos metodológicos.....		40
4.1	Vulnerabilidade Natural e Ambiental.....	41
4.1.1	Mapeamento Temático.....	41
4.1.2	Mapeamento da Vulnerabilidade Natural e Ambiental.....	42
4.2	Erosão Costeira e os Geindicadores.....	48
Capítulo 5 – Resultados e discussão.....		54
5.1	Vulnerabilidade Natural e Ambiental.....	54
5.1.1	Mapas temáticos.....	54
5.1.1.1	Uso e ocupação do solo.....	54
5.1.1.2	Vegetação.....	57
5.1.1.3	Meio Físico (Geomorfologia, Geologia e Pedologia).....	60
5.1.1.3.1	Geomorfologia.....	60
5.1.1.3.2	Geologia.....	61
5.1.1.3.3	Pedologia.....	64
5.1.2	Vulnerabilidade Natural.....	67
5.1.3	Vulnerabilidade Ambiental.....	71
5.2	Vulnerabilidade à erosão costeira na praia de Pititinga.....	74
Capítulo 6 – Conclusões.....		89
REFERÊNCIAS.....		92
APÊNDICE.....		100

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Mapa de localização da área de estudo.....	4
Fig. 3.1	Direção Brasileira – engloba o litoral da região Sul e parte do litoral da região Nordeste do Brasil – sentido nordeste-sudoeste; Direção Caraíba – engloba parte do litoral da região Nordeste e todo litoral da região Norte do Brasil – sentido noroeste-sudeste.....	16
Fig. 3.2	Zonação e terminologias utilizadas na hidrodinâmica e morfologia de praias.....	27
Fig. 4.1	Fluxograma das atividades de mapeamento.....	40
Fig. 5.1	Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo.....	56
Fig. 5.2	Mapa de vegetação da área de estudo.....	59
Fig. 5.3	Mapa do meio físico da área de estudo.....	66
Fig. 5.4	Mapa de Vulnerabilidade Natural da zona costeira de Pititinga e seu entorno.....	70
Fig. 5.5	Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da zona costeira de Pititinga e seu entorno.....	73
Fig. 5.6	Geindicadores interpolados pelo Inverso do Quadrado da Distância.	75
Fig. 5.7	Dunas frontais.....	76
Fig. 5.8	Dunas frontais escarpadas.....	76
Fig. 5.9	Duna frontal atenuando a erosão da praia neste trecho.....	77
Fig. 5.10	Coqueiros com raízes (R) expostas evidenciando o processo de erosão existente.....	78
Fig. 5.11	Zona mais afetada pela erosão, utilização de cercas e pedras para conter a atuação do mar.....	79
Fig. 5.12	Foto da zona mais afetada pela erosão.....	79
Fig. 5.13	Casa afetada pela erosão costeira fazendo uso de instrumentos para conter a erosão.....	80
Fig. 5.14	Campo de dunas que migrou da praia de Maracajaú e alcançou a praia de Pititinga.....	81
Fig. 5.15	Campo de dunas transgressivo.....	81
Fig. 5.16	Foto panorâmica do campo de dunas transgressivas situado na porção mais ao sul.....	82
Fig. 5.17	Mapa de vulnerabilidade em relação ao relevo.....	84
Fig. 5.18	Mapa de vulnerabilidade à erosão da praia de Pititinga.....	86
Fig. 5.19	Figura ilustrativa do avanço das dunas transgressivas em direção à praia de Pititinga.....	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tab. 4.1	Valores de estabilidade de unidades de paisagem - Tricard (1977).....	42
Tab. 4.2	Grau de vulnerabilidade das classes de cada tema abordado conforme Crepani (1996).....	44
Tab. 4.3	Meio Físico (pesos e relações temáticas).....	45
Tab. 4.4	Média aritmética das classes de Vulnerabilidade Natural e Ambiental.....	46
Tab. 4.5	Grau de vulnerabilidade das classes do mapa de uso e ocupação do solo.....	47
Tab. 4.6	Pesos calculados para cada fator na análise de vulnerabilidade ambiental.....	47
Tab. 5.1	Área e porcentagem de área ocupada pelas classes de Vulnerabilidade Natural.....	68
Tab. 5.2	Área e porcentagem de área ocupada pelas classes de Vulnerabilidade Ambiental.....	71

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1	Subdivisão dos macrocompartimentos do Litoral Nordeste do Brasil.....	18
Quadro 4.1	Geoindicadores de vulnerabilidade à erosão costeira adaptado de Coburn (2001) e Rudorff (2005).....	50
Quadro 4.2	Geoindicadores suplementares usados para avaliar a taxa de erosão.....	51

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e objetivos

O litoral oriental do Rio Grande do Norte é conhecido internacionalmente por suas belezas naturais, atraindo diversas atividades e pessoas de todas as partes do mundo. A diversidade de unidades geomorfológicas confere sua beleza, e encantam a todos com suas praias arenosas, dunas, falésias, lagoas costeiras, estuários, de tal forma, que não faltam opções de lazer associadas a este ambiente.

Essas belezas, como já exposto, atraem um elevado número de turistas para o estado, sobretudo para este litoral, e para atender e satisfazer esta demanda, várias atividades são criadas e desenvolvidas, novas áreas passam a ser ocupadas, e se produz a especulação imobiliária. Este é um quadro estabelecido e notório em toda a porção do litoral, principalmente, nas praias desde a divisa com a Paraíba até Genipabu.

Este cenário modifica-se significativamente entre as praias de Genipabú e Touros, onde o turismo é praticado de forma mais expressiva por brasileiros veranistas (principalmente potiguares), apesar disto, encontram-se estrangeiros. Hoje a situação neste trecho do litoral vem sendo alvo de fortes especulações imobiliárias que pretendem a construção de grandes *resorts*.

Enquanto estes *resorts* não se materializam, este recorte do litoral é marcado entre Genipabu e Touros por um turismo predominantemente de veranistas, com poucas atividades estruturadas para estrangeiros, como por exemplo, a visita aos Parrachos de Maracajaú. Não há neste litoral grandes atividades agrícolas como a da cana-de-açúcar (que ocorre 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 infra-estrutura urbana simples.

A vila de Pititinga situa-se neste litoral, 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.

A erosão costeira ocorre por todas as costas do mundo, mas é mais perceptível e preocupante quando há o conflito com as ocupações humanas. Por isto, estudos relativos ao entendimento da erosão são de suma relevância, para a compreensão da dinâmica do mar e sua interação com o continente na linha de costa. Estudos desta natureza permitirão prever os locais mais suscetíveis à erosão o que possibilitará uma melhor avaliação no que concerne a zoneamentos e gestão costeira.

No trecho do litoral oriental entre as praias de Genipabu e Touros foram desenvolvidas poucas pesquisas e estudos voltados para a compreensão da sua dinâmica costeira, o que compromete seu zoneamento como também a adoção de medidas mitigatórias mais eficazes. No entanto, o zoneamento, o planejamento e a gestão da zona costeira e áreas adjacentes é de extrema necessidade quando se almeja uma política racional de uso e ocupação do solo.

Diante desse cenário, viu-se a necessidade de promover um trabalho que ao mesmo tempo em que gere informações e conhecimento sobre uma área situada neste trecho de litoral, funcione como um instrumento útil para planejamento, zoneamento e gestão de uso e ocupação do solo em regiões costeiras, alvo de forte especulação imobiliária. Assim, o trabalho apresentado teve por objetivo analisar a zona costeira de Pititinga (no município de Rio do Fogo – entre o limite municipal de Maxaranguape e o baixo curso do Rio Punaú), investigando seu meio natural (vegetação, solos, geomorfologia e geologia) e humano (uso e ocupação do solo) e estabelecendo a relação entre estes, de modo que se possa conhecer o grau de influência de ambos na configuração do espaço da área de estudo. Para isso, foi (a) analisada a dinâmica ambiental do litoral em pauta; (b) cartografada as principais unidades geomorfológicas (associadas à geologia e à pedologia) e fitogeográficas; (c) identificadas e mapeadas o uso e a ocupação do solo local; (d) determinada a influência da atuação antrópica nas modificações físicas, com a produção de mapas de vulnerabilidade natural e ambiental; (e) e zoneadas as áreas de risco a erosão do litoral, produzindo um mapa de vulnerabilidade á erosão.

1.2 Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na zona costeira do município de Rio do Fogo, englobando a praia de Pititinga e seu entorno (figura 1.1). Este município está situado na Microregião Nordeste, mais especificamente, no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.

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 um pouco estendido para incluir na área a Ponta do Coconho (em Maxaranguape), fundamental para o estudo da dinâmica da erosão costeira. Toda a área de estudo está inserida entre as coordenadas 9401671/9408377 e 235069/242920.

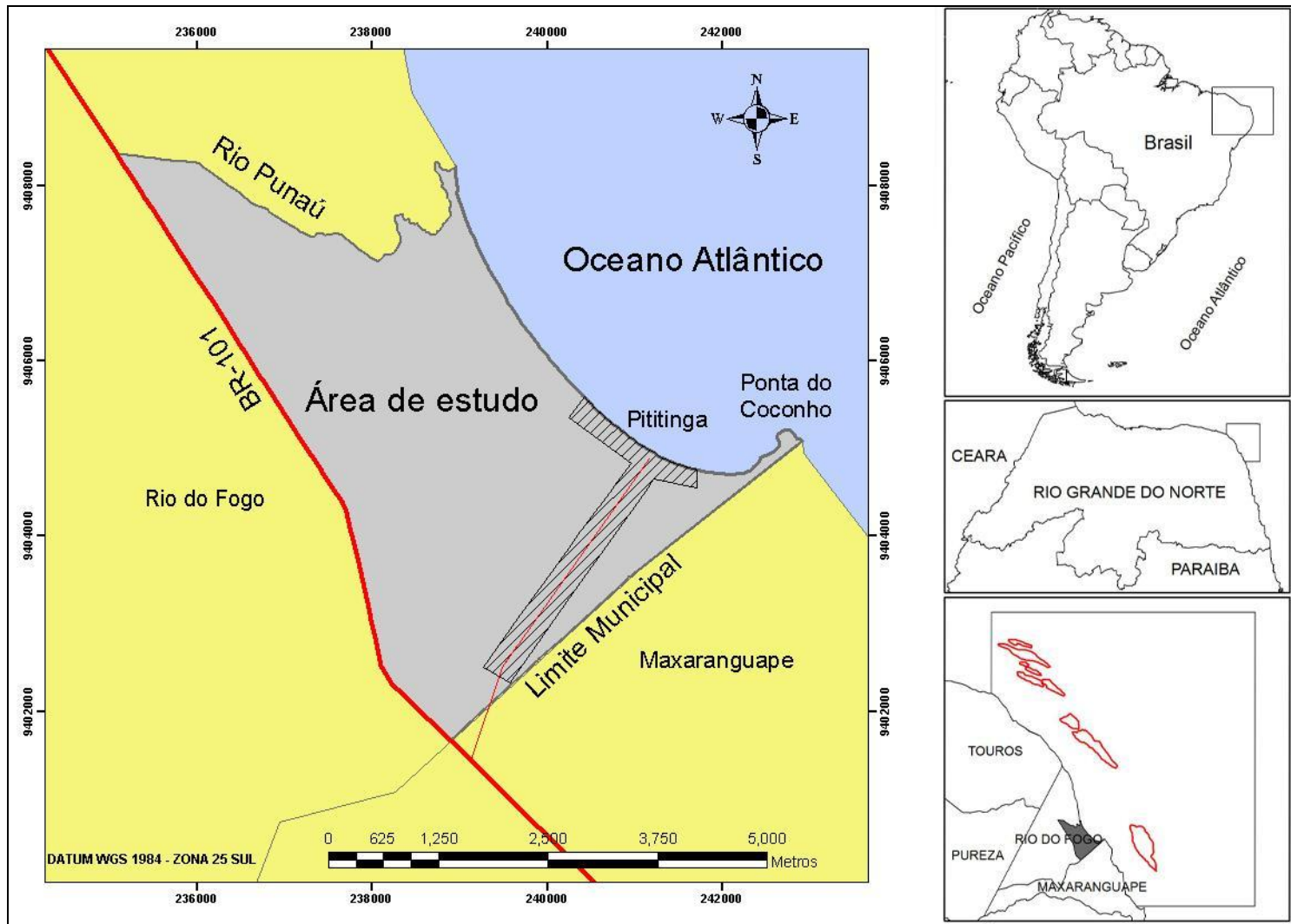


Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Aspectos sócio-econômicos

A região litorânea do Rio Grande do Norte apresenta o comércio, a indústria e os serviços, como os setores econômicos de maior representatividade no Estado. As principais indústrias situadas nesta região são: canavieira, de mineração, pesqueira e de produtos alimentares. No litoral oriental a atividade agrícola é assentada na cultura agrícola temporária, constituída de melão, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, abacaxi e na cultura permanente, em que se destaca o côco-da-baía, a castanha-de-cajú, a banana e a manga (Marcelino 1999).

A atividade pesqueira nas regiões costeiras e estuarinas do litoral oriental do Rio Grande do Norte é marcada pela captura de peixes e crustáceos e pela importância desta atividade econômica para boa parte das populações ribeirinhas e litorâneas, que exploram, de forma artesanal esses recursos naturais. De uma maneira geral, nestas regiões, a pesca caracteriza-se não pelo volume da produção, mas pela variedade e qualidade das espécies, com ênfase para uma fauna com alta diversidade composta por pescadas, tainha, camurins, polvos, camarões, dentre outros (Marcelino 1999).

O município de Rio do Fogo, no qual a área de estudo está inserida, apresenta uma área de 150,28 km², com uma população de 9.217 habitantes, conforme o censo do IBGE de 2000. Hoje, estima-se que esta população esteja em torno de 10.124 habitantes (IBGE 2010). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,598 segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano/PNUD (2000).

Há neste município 2.002 domicílios permanentes, com 807 na área urbana e 1.195 na área rural. Destes, 1.719 são abastecidos de água através da rede geral, 124 através de poço ou nascente e 159 por outras fontes. Apenas 21 domicílios estão ligados à rede geral de esgotos (CPRM – Serviço Geológico do Brasil 2005).

Dentre suas principais atividades econômicas destacam-se a agropecuária, pesca, extrativismo e o comércio.

2.2 Aspectos Fisiográficos

2.2.1 Clima

O tipo climático representativo da região que inclui o município de Rio do Fogo, segundo a classificação de Köopen é o AS' – clima tropical com chuvas. Este tipo é caracterizado por duas estações bem definidas, sendo quente 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).

O tipo BSh também exerce influência sobre a área de estudo, dominando o sertão nordestino e chegando até a costa na porção norte de Touros - RN. Este clima tem características de clima quente e seco, com estação chuvosa no verão, precipitação média anual inferior a 1.000mm/ano com chuvas irregulares e médias térmicas anuais superiores a 25°C (Nunes 1987). Walle (2006), ao descrever o 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, sendo de 32°C a temperatura máxima do litoral.

O regime de ventos predominante na área em questão corresponde aos alísios de sudeste formados pela Massa Tropical Atlântica (Ta). Também recebe influência da Massa Equatorial Atlântica (Ea) que encaminha ao litoral do Nordeste (principalmente o litoral norte) os ventos alísios de nordeste, entretanto, por percorrerem longas distâncias exercem menos influência que os alísios de sudeste.

2.2.2 Hidrografia

Walle (2006) salienta que, no Rio Grande do Norte, os cursos de água estão dispostos de modo paralelo, não alcançando grandes dimensões. Ele destaca que na vertente oriental os rios são mais numerosos e ao mesmo tempo menos extensos, variando entre 75 e 125 quilômetros.

O litoral oriental 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. Neste litoral também ocorrem as Faixas Litorâneas Leste de escoamento difuso (Rio Grande do Norte 2009). O rio Punaú apresenta orientação oeste-leste desaguando no litoral oriental no Oceano Atlântico.

Conforme Salim *et al.* (1974) as serras, os morros-testemunhos e o curso dos rios principais da faixa costeira leste do Rio Grande do Norte (desde Touros até a fronteira com o Estado da Paraíba) mostram um alinhamento em conformidade com o padrão estrutural regional, o que revela que o relevo desta área está muito correlacionado com a tectônica.

2.2.3 Vegetação

A vegetação litorânea ou região justamarítima é expressão de uma íntima dependência da natureza do substrato e da fisiografia. A geomorfologia deste tipo de ambiente apresenta-se muito afetada pela ação das águas do mar e dos ventos constantes; e a vegetação, por isto, varia enormemente. 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.

O IDEC (1994) realizou o mapeamento da cobertura vegetal nativa do Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, no qual foi possível identificar as seguintes coberturas: 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).

Os fragmentos e remanescentes da Mata Atlântica apresentam grande importância de cunho ecológico para a região litorânea, por seu papel de captação e proteção hídrica, por abrigar fauna e flora autóctones, com espécies endêmicas raras ou em vias de extinção, como: orquídea (*Catfleya sp*), a sucupira (*Bowdichea virgilioides*), sebastiana (*Aspilea procumbens*), o jatobá (*Hymenacea sp*), o macaco guariba (*Alonatta belzebril*), a maçaranduba (*Manilkara af. Amazonica*), o pintor verdadeiro (*Tangara fastuosa*), o pau-brasil (*Caesalpineia echinata*), entre outras (IDEC 1994).

2.2.4 Pedologia

Muitas definições de solos foram cunhadas, entretanto a definição que o IBGE (BRASIL 2007) considera mais adequada ao levantamento pedológico é a do *Soil survey manual* (1984):

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

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).

No Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do município de Rio do Fogo, RN (EMBRAPA Solos 1971), são apresentados quatro classes diferentes de solos. Tem-se as areias quartzosas marinhas, as areias quartzosas, solos orgânicos, e no extremo oeste mais para o interior do continente tem-se o latossolo vermelho-amarelo.

2.2.5 Geomorfologia

Andrade (1967) ao tratar da geomorfologia do Nordeste elabora um esquema que subdivide esta região em três sub-regiões: Meio-norte (compreendendo os estados do Maranhão e do Piauí); o Nordeste Oriental (compreendendo os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas); e a porção meridional

(compreendendo Sergipe e Bahia). O Nordeste Oriental por sua vez foi subdividido em duas porções: Setentrional (norte do Cabo de São Roque) e Oriental (entre Cabo de São Roque e o Rio São Francisco); esta subdivisão é devida às diferentes características concernentes a cada uma destas porções. Na porção Setentrional verificam-se as costas baixas de praias arenosas e com dunas migrantes, já na porção Oriental, além das costas arenosas de dunas, surgem outros tipos de costas, como as costas altas de barreiras argilosas que formam falésias, costas de mangues e costas de recifes de arenito e de coral.

Existem grandes variedade de formas no relevo potiguar, as principais são: Planície Costeira; Planícies Fluviais; Tabuleiros Costeiros; Depressão Sub-Litorânea; Planalto da Borborema; Depressão Sertaneja; Chapada do Apodí; Chapada da Serra Verde. A Planície Costeira, as Planícies Fluviais e o Tabuleiro Costeiro são as formas de relevo que alcançam o litoral (Cruz 2007).

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. 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.

2.2.6 Geologia Regional

Conforme exposto por Almeida *et al.* (1977) e Almeida & Hasui (1984), as rochas localizadas no extremo Nordeste do Brasil foram divididas nas Províncias Borborema e Costeira. A Província Borborema corresponde ao segmento crustal de uma extensa faixa sobre a qual ocorreram intensos ciclos orogenéticos, enquanto que a Costeira é notada pelas bacias sedimentares desenvolvidas no mesmo tempo em que se deu a abertura do Atlântico. A Província Costeira é representada por rochas sedimentares cretáceas das Bacias Potiguar e Pernambuco-Paraíba e rochas ígneas associadas. Sendo a primeira, uma típica bacia sedimentar rifte de margem passiva, cujo processo

de sedimentação iniciou-se no Mesozóico e se prolongou de modo quase contínuo até o Terciário (Nogueira 2008). No início desta evolução, instalaram-se nas fraturas de direção aproximadamente E-W (originadas como consequência de esforços extensionais associados à formação do Oceano Atlântico) enxames de diques diabásios e basaltos de afinidade toleitica, de idade entre 140 a 120 Ma, conhecido como Enxame de Diques Rio Ceará Mirim (Brasil 1981), cuja ocorrência se dá por toda a borda sul da bacia, seccionando indistintamente todas as litologias pré-cambrianas.

Na porção nordeste do Rio Grande do Norte, as rochas sedimentares cretáceas que afloram estão sobrepostas, de modo discordante, em relação às rochas do embasamento Pré-Cambriano. Estas rochas são caracterizadas por uma unidade arenítica basal, denominada de Formação Açú, e outra calcárea (topo), denominada de Formação Jandaíra, com intercalações areníticas (Araripe & Feijó 1994).

A evolução tectônica cenozóica da porção leste da Bacia Potiguar, conforme Nogueira (2008), pode ser descrita em dois estágios principais ocorridos desde o final do Campaniano, sendo o primeiro, controlado pelo campo de tensões com σ_1 sub-horizontal, orientado conforme a direção N-S, e σ_3 sub-horizontal com direção E-W. O início deste evento ocorreu no período Pós-Campaniano, o qual diz respeito ao final da deposição dos carbonatos da Formação Jandaíra na Bacia Potiguar, produzindo falhas de direções NE-SW e NW-SE, de cinemática transcorrente sinistral e dextral, respectivamente. Tal acontecimento foi anterior a deposição da Formação Barreiras, de idade Miocênica (Lima 2008) e a sedimentação das demais unidades cenozóicas depositadas ao longo do litoral leste do estado do Rio Grande do Norte. Este estágio tem seu fim durante o Mioceno, ainda sob influência do campo de tensão N-S, ocorrendo ao mesmo tempo da deposição da Formação Barreiras, produzindo às falhas características sin-sedimentares (Nogueira *et al.* 2006). Esta característica é evidenciada pela mudança de espessura da Formação Barreiras ao longo de falhas de crescimento. No segundo estágio o campo de tensão com σ_1 E-W sub-horizontal e σ_3 N-S sub-horizontal controlou a deformação que agiu na faixa leste da Bacia Potiguar.

Este campo reativou falhas de direções NE-SW e NW-SE de cinemática transcorrente dextral e sinistral, respectivamente, com uma componente distensiva. Outra conclusão importante é que este campo de tensões, aqui proposto como neotectônico, coincide com o campo de tensões atuais.

Nunes (1987) ao considerar a região que engloba a Folha Touros, subdividiu os sedimentos cenozóicos em dois grupos: o Grupo Barreiras, que envolve as Formações Serra dos Martins, Guararapes, Macaíba; e os Sedimentos Recentes, que engloba Depósitos Praiais Sub-recentes, Depósitos Praiais Recentes, Depósitos Dunares e Depósitos Aluvionares.

Barreto *et al.* (2004) realiza um mapeamento geológico e geomorfológico do litoral do Rio Grande do Norte, e no setor que vai de Natal a oeste de Touros, ele identifica 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.

CAPÍTULO III – REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Zona Costeira

A zona costeira e as praias arenosas oceânicas merecem atenção especial em temas relativos à gestão ambiental, pois constituem um espaço altamente ocupado, utilizado e modificado pelo homem. As praias e estuários foram os primeiros ambientes a serem ocupados com o crescimento demográfico mundial. Cerca de dois terços da população mundial vivem na zona costeira numa estreita faixa adjacente à costa, o que corresponde a menos do que 15% da superfície terrestre. Apesar de ocupar pequena porção da superfície terrestre, as praias arenosas constituem a maior parte das costas tropicais e temperadas do mundo, detendo significativa importância social, econômica e ambiental nestas regiões (Hoefel 1998, Souza *et al.* 2005).

No ambiente costeiro são desenvolvidas uma gama de atividades de cunho sócio-econômico, assim, é possível observar a agricultura, a pesca, o comércio, as indústrias situadas ao longo os espaços urbanos costeiros, entre outros. Entretanto, em virtude do caráter recreativo e cênico, as praias ganharam importância como forte recurso turístico, configurando-se como destino principal da maioria dos turistas em todo o mundo (Projeto Instituto Milênio 2010). Com o crescimento mundial da indústria do turismo, há um aumento da complexidade de atividades desenvolvidas, bem como uma maior difusão por áreas ainda pouco exploradas. Assim, nota-se que estas atividades envolvem não só um grande número de pessoas, mas também, altos investimentos financeiros na forma de empreendimentos diversos e construções. Muitas cidades litorâneas têm o turismo de praias como base de sua sustentação econômica, o que está intrinsecamente ligado a um aumento de ocupação das costas e multiplicação dos usos que se faz desta (Hoefel 1998).

A ocupação da zona costeira em muitos casos, sobretudo nos países menos desenvolvidos, processou-se de modo desordenado, comprometendo a qualidade paisagística e ambiental destes sistemas. Firmino (2006) aponta que no processo de difusão do turismo na zona costeira, verificam-se pressões e conflitos de usos decorrentes, em grande medida, de sua ocupação desordenada e indiscriminada. É a falta de planejamento da atividade turística, nas áreas litorâneas, que permite usos e

ocupações que ultrapassem o limiar da capacidade do meio em suportá-los, o que produz uma sobrecarga, que de modo geral implica em degradações, em impactos diversos. Mendes *et al.* (2004) assinalam o turismo como uma das formas mais recentes de conflitos relativos a usos na zona costeira. A desapropriação de comunidades litorâneas, o processo de especulação da terra, a degradação do ambiente litorâneo, entre outras, são resultantes negativas do turismo.

Além destes fatores de ordem antrópica (social e econômica), acrescenta-se o fato de que estes ambientes são naturalmente instáveis, localizados na interface oceano-continente, o que revela uma dinâmica intensa e ininterrupta, onde diversos fatores oceanográficos, hidrológicos, meteorológicos, geológicos e outros estão envolvidos nos processos sedimentares deste tipo de meio. Deste modo, um quadro de problemas pode ser pensado, tais como: elevação do nível do mar; os efeitos das tempestades tropicais sobre as costas; erosão praial; despejo de lixo; subsidência de aquíferos de água doces adjacentes; desmatamento de restingas, mangues e demais ecossistemas, entre outros (Hoefel 1998, Farias 2002, Souza *et al.* 2005).

O Litoral Brasileiro em função de sua grande extensão, abrange os mais variados tipos de sistemas costeiros como praias arenosas, falésias ígneas e sedimentares, estuários, dunas e manguezais (Tessler & Goya 2005). Este litoral é marcado historicamente pelo uso e ocupação diversificado, com destaque para o desenvolvimento agrícola e de um grande número de aglomerados urbanos, tais como cidades de pequeno, médio e grande porte, das quais se incluem diversas capitais estaduais. Conforme Santos (2007), a zona costeira brasileira concentra quase um quarto da população do país, em torno de 36,5 milhões de pessoas abrigadas em cerca de 400 municípios, com uma densidade média de 87 hab/km² (cinco vezes à média nacional 17 hab/km²), o que tem como consequência uma pressão social muito forte sobre os ecossistemas inseridos na zona costeira. Santos (2007), ainda, ressalta que a região costeira também se constitui em importante zona de produção de alimentos através da agropecuária, pesca e aquicultura; é foco de desenvolvimento industrial e de transporte; fonte significativa de recursos minerais, incluindo o petróleo e gás natural; principal destino turístico em todos os continentes; e abundantes reservatórios de espécies e ecossistemas, dos quais depende o planeta.

Dentro dessa ótica, é sabido que a ocupação e o uso inadequado ou impróprio de muitos espaços se processaram sobre a zona costeira brasileira, gerando impactos e degradações de ordem ambiental, configurando-se como um problema tanto para os ecossistemas naturais como para as sociedades humanas. Assim, Santos (2007) aponta que a perda de *habitats* (como as áreas entremarés, as restingas, os manguezais, os recifes de coral, entre outros ecossistemas), que a queda da qualidade da água costeira e dos lençóis freáticos, as florações algais, o declínio da pesca comercial e artesanal, a diminuição dos estoques de recursos vivos e não-vivos, a poluição de praias, o aumento dos processos de erosão e enchentes costeiras, entre outros, são resultado das pressões humanas sobre ambientes costeiros.

A Zona Costeira do Rio Grande do Norte (RN) está inserida neste contexto supracitado de tal forma que Natal, a capital do estado, é uma cidade litorânea onde o processo de ocupação de dunas, iniciado a partir da década de 1950, ocorreu sem o planejamento devido, e por isto, hoje, muitas ocupações estão sobre ambientes impróprios, engendrando um quadro de conflitos frente à legislação municipal (Nunes 2006). No litoral do Rio Grande do Norte, Nunes (2006) aponta que a ocupação urbana está se processando por sobre as dunas móveis e fixas, lagoas e praias de forma acelerada através, principalmente, da atividade turística, que promove uma proliferação de residências de veraneio e de *resorts* com condomínios horizontais e verticais, piscina, restaurantes, pousadas e hotéis de categoria internacional, sem o controle e sem o planejamento devido. Corroborando com o pensamento de Muehe (1998), a crescente ocupação do espaço costeiro e sua utilização econômica, produzem impactos, cuja somatória propende a produzir transformações induzindo à degradação da paisagem e dos ecossistemas, porém, estes infortúnios vêm criando na sociedade a necessidade de, por meio da pesquisa científica e de ações de gerenciamento, monitoramento e educação ambiental, alcançar um estado de equilíbrio entre o uso e a preservação do ambiente. Desta forma, torna-se evidente a necessidade de mais estudos da zona costeira, que possam contribuir para uma utilização e ocupação mais racional e harmoniosa do espaço, de modo a minimizar ou exaurir impactos e degradações ambientais provocados pelo homem.

É nesse contexto que o litoral oriental do Rio Grande do Norte se insere. Suas praias tornam-se grandes receptoras de atividades e empreendimentos turísticos, não

só de caráter local, como também, internacional. Nessa lógica é imprescindível o conhecimento de elementos do meio físico para que se possa pensar num uso e ocupação do solo mais adequado e planejado.

3.1.1 A Zona Costeira Brasileira e Potiguar e sua Subdivisão

A costa brasileira estende-se entre as latitudes 4° N e 33° S, apresentando cerca de 5.900 km de perímetro envolvente e mais de 9.200 km de linha real, de acordo com os dados de Silveira (1964) *apud* Villwock *et al.* (2005). A Zona Costeira, segundo Santos (2007), é a região de interface entre o continente e o mar, sendo dominada por processos originados nas bacias de drenagem dos rios afluentes, e por processos oceanográficos e atmosféricos. Villwock *et al.* (2005) expõe que as diversas geomorfologias deste litoral devem-se aos condicionantes geológicos e climáticos que interagem ao longo de toda esta extensão.

Os lineamentos estruturais, como falhas e fraturas, resultantes das diversas fases de dobramento de fundo e atividade tectônica estão marcadas no relevo, dentre outros fatores, pela direção da linha de costa. As direções mais comuns são: nordeste-sudoeste ou nor-nordeste-su-sudoeste, denominada direção brasiliana e a direção noroeste-sudeste, denominada direção caraíba (figura 3.1). A primeira predomina do Cabo do Calcanhar (RN) ao Chuí (RS), enquanto que a segunda, predomina no litoral norte e parte do nordeste, indo do Oiapoque (AP) até o Cabo de Calcanhar (Muehe 1998, Tessler & Goya 2005).

Em linhas gerais, Villwock *et al.* (2005) destaca que a costa brasileira é marcada por planícies costeiras que se alternam com falésias e costões rochosos fazendo contato com uma antiga área continental composta por rochas de complexo ígneo e polimetamórficos pré-cambrianos, por sobre os quais estão depositadas sequências sedimentares e vulcânicas acumuladas em bacias paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas. As planícies costeiras de sedimentos terciários e quaternários acumulados em ambientes continentais, transicionais e marinhos apresentam desenvolvimento notório nas proximidades das desembocaduras dos grandes rios, onde a disponibilidade de material sedimentar de clásticos terrígenos tem sido maior. Já as falésias e costões rochosos ocorrem, de maneira geral, nas porções costeiras onde os

processos de erosão são mais intensos que os de deposição. Um litoral de falésias é indicativo de movimentos positivos do relevo, seja por eustasia seja por epirogênese, porém elas designam formas de relevo litorâneo abruptas ou escarpadas formadas pelo solapamento basal do mar com o consequente desmoronamento do material sobrejacente (Guerra & Guerra 2005, Dicionário Livre de Geociências 2008).



Figura 3.1 – Direção Brasiliana – engloba o litoral da região Sul e parte do litoral da região Nordeste do Brasil – sentido nordeste-sudoeste; Direção Caraíba – engloba parte do litoral da região Nordeste e todo litoral da região Norte do Brasil – sentido noroeste-sudeste. Adaptado de Muehe (1998).

Villwock *et al.* (2005) apresenta o esquema proposto por Silveira (1964, modificado por Cruz *et al.* 1985), que subdividiu a costa brasileira em cinco setores: norte (que vai do Cabo Orange, no Amapá, até a Baía de São Marcos, no Maranhão), nordeste (que se estende da Baía de São Marcos, no Maranhão, até a Baía de Todos os Santos, na Bahia), leste ou oriental (compreendido entre a Baía de Todos os Santos e Cabo Frio, no Rio de Janeiro), sudeste (entre Cabo Frio e Cabo de Santa Marta, em Santa Catarina) e sul (situada entre Cabo de Santa Marta até o Arroio Chuí, no Rio Grande do Sul). Essa compartimentação, segundo Muehe (1998), é a identificação de características morfológicas e de processos atuantes, mais ou menos homogêneos, que resultaram da duradoura interação entre processos tectônicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos.

A costa do estado do Rio Grande do Norte está toda compreendida no setor costa nordeste e tem como características gerais, a presença de dunas, cordões litorâneos, falésias e recifes de arenito. De maneira geral, este setor é formado por sedimentos terciários do Grupo Barreiras que, parcialmente retrabalhados no Pleistoceno e no Holoceno, originaram os Tabuleiros Costeiros. Estes sedimentos da Formação Barreiras estão assentados sobre um embasamento cristalino e sobre materiais depositados anteriormente em função das várias bacias sedimentares que ali ocorreram e que são integrantes da margem continental brasileira (Villwock *et al.* 2005).

A costa nordeste é dividida em dois macrocompartimentos, conforme Muehe (1998): a costa semi-árida, a noroeste do cabo Calcanhar, e a costa nordeste oriental, ou das Barreiras, do cabo Calcanhar até a baía de Todos os Santos. Este autor prefere utilizar o termo costa dos Tabuleiros, ao invés de costa das Barreiras, pela razão de que a denominação Barreiras é dada aos depósitos terciários, em forma de tabuleiros, do Grupo Barreiras. Esta última costa (que engloba a área de estudo deste trabalho), conforme Villwock *et al.* (2005), é marcada por falésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras e por arenitos de praia que suportam construções recifais organógenas (destaque para algas calcárias, briozoários e corais), favorecidas pelos pequenos aportes sedimentares terrígenos. Estes recifes protegem a linha de costa da ação do mar, minimizando os efeitos da alta energia da dinâmica costeira. Nas

proximidades da foz dos principais rios desenvolvem-se planícies costeiras constituídas por sistemas múltiplos laguna-barreira pleistocênicos e holocênicos. A desembocadura destes rios é em geral, devido ao regime de mesomaré, composto por mangues e os cordões litorâneos que retrabalhados pelos ventos de SE produzem campos de dunas (Villwock *et al.* 2005).

Numa subdivisão mais abrangente, Muehe (1998), distingue macrocompartimentos expostos no Quadro 3.1. A costa que a área de estudo do presente trabalho está inserida é a dos Tabuleiros Norte, a qual é caracterizada por um litoral cuja orientação, inicialmente nor-noroeste a su-sudeste, muda, após um curto trecho de direção norte-sul, na altura do cabo Branco, gradualmente para uma direção nor-nordeste a su-sudoeste.

Quadro 3.1 – Subdivisão dos macrocompartimentos do Litoral Nordeste do Brasil.

Litoral	Macrocompartimento	Limites	Coordenadas
Nordeste	Costa Semi-árida Norte	Ponta dos Mangues Seco à Ponta de Itapagé	43°29'W a 40°W
	Costa Semi-árida Sul	Ponta de Itapagé ao Cabo Calcanhar	40°W a 35°27'W
	Costa dos Tabuleiros Norte	Cabo Calcanhar ao Porto de Pedras	35°27'W a 9°10'S
	Costa dos Tabuleiros Centro	Porto de Pedras à foz do São Francisco	9°10'S a 10°30'S
	Costa dos Tabuleiros Sul	Foz do São Francisco a Salvador	10°30'S a 13°S

Fonte: Adaptado de Muehe (1998).

O clima nesta costa torna-se mais úmido que na costa mais a norte, e por isto, deixa de ser enquadrado num clima de semi-aridez. O relevo de tabuleiros é muito característico, chegando a alcançar a costa quando termina abruptamente em forma de falésias (Muehe 1998). Outra paisagem marcante nesta costa corresponde aos campos de dunas ativas bem desenvolvidas em toda a costa do Rio Grande do Norte, formando

uma faixa de 1 a 2 km de largura, com alturas chegando a 100m (Perrin & Passos 1982 *apud* Muehe 1998).

Uma geração mais antiga de dunas, com alturas de 15 a 20m, penetra para o interior, na forma de lençóis, de direção aproximadamente noroeste-sudeste. Entretanto, a orientação dos cursos fluviais é aproximadamente perpendicular a essa direção, assim, em fases de clima seco o campo de dunas avançou por sobre os vales e passou a funcionar como barragem. Na fase de clima mais úmido, muitos rios voltaram a escoar volumes capazes de contornar a barragem, o que os fez flexionar para sudeste (rios Pitimbu, Pium, Taborda, Doce, Punaú, entre outros). Todos estes rios têm drenagem deficiente e vales pantanosos (Perrin & Passos 1982 *apud* Muehe 1998).

3.1.2 Condicionantes de regiões costeiras

3.1.2.1 Condicionantes de ordem da dinâmica global

A morfologia atual do litoral brasileiro é explicada por alguns condicionantes de ordem da dinâmica global (clima, tectônica de placas) e da própria dinâmica costeira (ondas, correntes, marés). Entretanto, todos esses fatores explicam tal morfologia quando tomados em conjunto, de forma que um fator possa ser visto na interação com o outro, já que dentro de uma lógica holística o planeta é visto como um grande sistema.

Tessler & Goya (2005) atribuem à responsabilidade de formação e manutenção da ampla linha de costa brasileira a três fatores, que atuaram e atuam em várias escalas temporais e espaciais: a herança geológica, o modelado quaternário e a ação da dinâmica sedimentar atual. Já Villwock *et al.* (2005), o condicionamento geológico de regiões costeiras deve-se a dinâmica global e costeira e Muehe (1998) trata de condicionantes geológico e geomorfológicos e condicionantes oceanográficos.

Trabalhando conforme a abordagem de Villwock *et al.* (2005), há de acordo com a dinâmica global, uma série de fenômenos de magnitude planetária que incide sobre a morfologia das regiões costeiras. A tectônica de placas é um desses fenômenos, o qual é responsável pelos eventos que levaram a abertura do Oceano Atlântico Sul. A costa

da América banhada por este oceano está desenvolvida sobre uma margem continental de caráter passivo, isto é, apresenta relativa calma tectônica, o que possibilitou a formação de planícies costeiras com sistemas lagunares e ilhas-barreira. Em oposição, a costa do Oceano Pacífico é construída sobre uma margem ativa, devido ao mergulho da Placa de Nazca sob a Placa Sul-Americana, o que permitiu o desenvolvimento de relevos muito acidentados, como no caso a Cordilheira do Andes, que acabam por fornecer grande quantidade de materiais detríticos, os quais são transportados pelos sistemas fluviais para o lado oposto, a margem leste.

A configuração do litoral brasileiro, tanto em relação à sua posição geográfica quanto em termos de orientação da linha de costa, resultou, em grande parte, da reativação pós-paleozóica que deu origem às bacias sedimentares tafrogênicas e à própria gênese do Oceano Atlântico (Tessler & Goya 2005). Foi no Jurássico (130 milhões de anos) que teve início a separação do antigo continente de Gondwana, dando início a formação do que seria o atual litoral brasileiro desde seu início. Essa separação se deu através de um sistema de fraturas do tipo rifte (eventos tectono-magmáticos), hoje notada pela dorsal meso-atlântica, onde o assoalho oceânico permanece em expansão (Villwock *et al.* 2005). Esse sistema de fraturas do tipo rifte é provocado por forças tectônicas de tração, que levam ao desenvolvimento de vales profundos (*rift valley*), que acumulam grande quantidade de materiais sedimentares e que, como já citado acima, em sua evolução leva a construção de margens continentais passivas (Dicionário Livre de Geociências 2008). É significativo destacar que os lineamentos estruturais resultantes das diversas fases de dobramento de fundo e atividade tectônica como falhas e fraturas condicionaram a fragmentação do bloco Gondwânico e a posterior separação dos continentes sul-americano e africano originando a formação do Atlântico Sul, como também, mantêm-se impressos no relevo pela influência na disposição da rede de drenagem e na direção da linha de costa (Tessler & Goya 2005, Muehe 1998).

Outro fator de caráter global e que exerce influência sobre a configuração da zona costeira é o clima. A variação da radiação solar que incide de forma diferenciada sobre a superfície do planeta juntamente com a influência exercida pelo movimento de rotação da Terra condiciona os diferentes tipos climáticos e, conseqüentemente, a dinâmica atmosférica e dos oceanos, fatores que determinam os regimes

meteorológicos e oceanográficos (temperatura, precipitações, evaporação, ventos, ondas, correntes litorâneas e tempestades) (Villwock *et al.* 2005).

No Brasil, os diferentes tipos climáticos que atuam sobre sua longa linha de costa, desde Oiapoque (2° de latitude norte) ao Chuí (33° de latitude sul), exercem influências notáveis sobre a geomorfologia, de modo que na porção equatorial os fortes processos de intemperismo atuantes produzem solos finos que reunidos com os da região andina (transportados pelo rio Amazonas), chegam ao oceano. Aí são levados para o norte pela corrente das Guianas e se depositam construindo as extensas planícies de marés ao longo da costa do Amapá, colonizadas por exuberantes manguezais. Os manguezais estendem-se do Amapá até o sul de Santa Catarina, não ocorrendo mais ao sul devido às baixas médias anuais de temperatura (Villwock *et al.* 2005). Do mesmo modo, as construções recifais que aparecem na costa norte e nordeste têm seu desenvolvimento favorecido pelas elevadas médias de temperaturas anuais, mas também pelo baixo fornecimento de material terrígeno. Os campos de dunas com características diferenciadas quanto ao desenvolvimento e orientação nos diferentes setores da costa são resultantes dos distintos regimes de ventos, os quais, também, determinam a direção e a energia das ondas que incidem sobre a costa, gerando as correntes litorâneas que carregam grandes quantidades de areias em diversos sentidos (Villwock *et al.* 2005).

As variações paleoclimáticas e mudanças no nível do mar exercem importante influência sobre a evolução das áreas costeiras, em função da alternância cíclica de períodos frios e quentes que produzem os estágios glaciais e interglaciais com as respectivas regressão e transgressão marinha (Villwock *et al.* 2005). Nos últimos dois milhões de anos, esta variação foi observada e, em função da variação cíclica do derretimento e congelamento de geleiras, houve diminuição e aumento do nível do mar respectivamente, o que deixa marcas importantes sobre o modelado e constituição costeira. Ao longo desse anos, dois ciclos transgressivos e regressivos modelaram as planícies costeiras brasileiras, conseqüência de oscilações relativas do nível do mar.

3.1.2.2 Processos costeiros condicionantes

3.1.2.2.1 Ondas oceânicas

Estas ondas são produzidas pela ação do vento soprado sobre a superfície da água no oceano aberto, em função da transferência de energia do movimento do ar para a água (Press *et al.* 2006). Por soprarem em rajadas, eles determinam variação de pressão que produz uma oscilação vertical na superfície da água, a qual assume um aspecto rugoso. O fluxo turbulento do vento passa, então, a impulsionar as ondulações e concomitantemente gera depressão a sotavento de cada ondulação. O resultado da ação conjunta de variação de pressão, tração e turbulência determina a forma das ondulações, também conhecidas como ondas de gravidade (Muehe 2005).

Tanto a gravidade quanto a tensão superficial são importantes forças restauradoras que mantêm as ondas do modo como elas se propagam. A tensão superficial é importante para várias ondas pequenas chamadas “ondas capilares”, as quais apresentam comprimentos de ondas menores que 1,7cm. Ondas maiores, as tais ondas de gravidade são chamadas assim porque a primeira força de restauração é a gravidade. Estas são as típicas ondas observadas nas costas (Davis Jr. & FitzGerald 2004).

As ondas secundárias (*seas*) podem ser produzidas próximas à linha de costa em função da atuação de ventos fortes ou geradas por alterações na energia das ondas gravitacionais na costa. A energia da onda pode ser refletida pela face da praia e, deste modo, permanecer aprisionada na costa, criando as ondas estacionárias (*standing waves*), ou ser novamente integrada ao oceano, adotando o formato de ondas de ressonância (*edge waves*). Tais ondas atuam na zona de surfe e produzem topografias acidentadas (Souza *et al.* 2005), além disto, agem ao longo da zona de surfe desenvolvendo topografias rítmicas, como as cúspides praias, as quais, segundo Guza & Inman (1975), geneticamente são, pelo menos, de dois tipos: as relacionadas com as ondas incidentes, que estão ascendendo e principalmente refletindo (sistemas reflexivo) e aquelas geradas em praias onde o quebrar das ondas e as células de circulação litorâneas são importantes (sistemas dissipativos).

As ondas incidentes (em uma praia) provenientes de águas profundas passam a interagir com o fundo marinho quando a razão entre a profundidade local e o seu comprimento (h/L) ficam inferiores a $1/2$, ocorrendo diminuição das velocidades orbitais, junto ao fundo, em comparação com a superfície. Por conseguinte, a distância entre as ondas vai diminuindo, a água e a energia de cada onda concentram-se numa

estreita zona e, então, ocorre o processo de empinamento de ondas. As ondas podem empinar até perder o equilíbrio, o que produz a arrebentação. Outros processos são decorrentes desta interação entre fundo e onda, são eles: a refração (fenômeno em que os raios de onda são redirecionados pela batimetria) e a difração (processo caracterizado pela distribuição lateral de energia ao longo da crista da onda, dos pontos de maior altura para os de menor, perceptível em regiões costeiras obstruídas por obstáculos) (Hoefel 1998, Teixeira *et al.* 2000).

O modo como a onda arrebenta depende do gradiente do fundo marinho e da geometria da onda (Teixeira *et al.* 2000). A arrebentação mais comum de ser verificada é denominada de progressiva, derrame ou deslizante (*spilling*), típica de praias rasas, pouco inclinadas (fundo marinho de baixa declividade), as ondas iniciam sua quebra longe da linha d'água, parecendo deslizar sobre a água, razão de seu nome. A arrebentação conhecida como mergulhante (*plunging*), também pode ser chamada de tubo ou caixote e ocorre em praias intermediárias, de inclinação moderada, as ondas quebram muito próximas da linha d'água, desenvolvendo um tubo que se fecha subitamente, gerando grande turbulência. O terceiro tipo de arrebentação, conhecida como ascendente (*surging*), ocorre em fundos tão inclinados que a onda entra em colapso sem arrebentar, já que a base da onda avança por sobre a face da praia interagindo com o refluxo das ondas anteriores. O quarto tipo é denominado frontal (*collapsing*), é um tipo intermediário entre a mergulhante e ascendente, também ocorre em gradientes muito íngremes (Galvin 1975, Toldo Jr. *et al.* 1994).

3.1.2.2 Correntes produzidas por ondas

A energia dissipada pelas ondas incidentes na linha de costa estabelece células de circulação ou correntes costeiras. A corrente longitudinal ou corrente de deriva litorânea (*longshore current*), que flui paralela à praia, é produto da deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia, e da deriva praial, que atua no estirâncio, definindo um padrão de transporte de sedimentos de dente-de-serra (trajetória em forma de zigzague) (Taggart & Schwartz 1998). Ela aumenta sua intensidade da costa em direção ao mar, alcançando um máximo aproximadamente no meio da zona de surfe, ponto a partir do qual sua intensidade passa a decrescer

(Hoefel 1998). Esta corrente transporta sedimentos postos em suspensão pelas ondas incidentes, e apresentam potencial para deslocá-las a uma extensão de vários quilômetros, destacando-se assim, como a mais importante corrente costeira, por se destacar como agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa (Hoefel 1998, Souza *et al.* 2005). A deriva litorânea é o principal processo responsável pelas migrações laterais das desembocaduras fluviais, lagunares e estuarinas ao longo da linha de costa (Villwock *et al.*, 2005).

A corrente de retorno ou transversais (*rip current*) são definidas como estrias de água que se movem em direção ao mar, fazendo o retorno da água transportada por ondas em direção ao continente (Shepard *et al.* 1941). Caracterizam-se por apresentar fluxos rápidos e estreitos (posicionados normal ou obliquamente em relação à costa) de retorno costa-afora que cruza a zona de surfe espreado-se após em forma de leque. Formam células de circulação facilmente percebidas, pois colocam os sedimentos em suspensão gerando uma elevada turbidez (Hoefel 1998, Muehe 2005).

3.1.2.2.3 Marés

Marés são movimentos verticais periódicos ou regulares dos oceanos ocasionados pela força gravitacional, que é inversamente proporcional à distância e diretamente proporcional à massa. Outra força, a força centrífuga, originária do movimento de rotação da Terra, também atua no fenômeno das marés. Essa ação gravitacional é exercida pela Lua e Sol em relação à Terra. As marés são ondas longuíssimas que viajam através dos oceanos e são transmitidas dentro de baías, estuários e lagunas ao redor das linhas de costa de todo o mundo. O ciclo lunar produz marés semidiurnas (duas marés altas e duas baixas em aproximadamente 25 horas), bem visível no Oceano Atlântico. (Bird 2001, Gomes 2003, Woodroffe 2002).

Conforme Davies (1964), a latitude geográfica determina diferentes variações de marés, as quais são classificadas em três tipos: micromarés, quando a amplitude de maré de sizígia é < 2 m; mesomarés; amplitudes entre 2 e 4 metros; macromarés, amplitudes superiores a 4 metros, podendo alcançar 12 metros em algumas regiões do planeta. Short & Hesp (1982) trabalham a idéia de que em regimes de meso e macromarés a variação das marés modifique a hidrodinâmica e a mobilidade da praia,

promovendo o deslocamento cíclico da disposição das zonas de espraiamento, surfe e de empinamento sobre o perfil praial.

3.2 O Sistema Praial

Praia é uma ambiente sedimentar costeiro de composição variada, constituída com maior frequência por areia, e condicionado pela interação dos sistemas de ondas incidentes sobre a costa. Apresenta como limite externo a profundidade em que as ondas começam a produzir movimento efetivo de sedimento sobre o fundo, e como limite interno o limite superior de ação de ondas de tempestade sobre a costa King (1959). Conforme Komar (1976) praia corresponde a um acúmulo de material sedimentar inconsolidado de tamanhos variados, entendendo-se em direção à costa, do nível médio de maré baixa até alcançar uma barreira fisiográfica, como um campo de dunas, uma falésia, uma vegetação fixa permanente. Para Hoefel (1998) as praias arenosas oceânicas são sistemas transicionais notadamente dinâmicos e sensíveis, em processo contínuo de ajustamento em função das flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos. Suguio (1998) considera praia como uma zona perimetral de um corpo aquoso (no caso um oceano), composta de material inconsolidado, em geral arenoso (0,062 a 2 mm), ou mais raramente composta de cascalhos (2 a 60 mm), conchas de moluscos, etc. Na interface entre a terra e o mar os depósitos de material inconsolidado são retrabalhados por processos atuais associado a ondas, marés, ventos e correntes geradas por esses três agentes (Voigt 2009). As praias são ambientes muito dinâmicos e vulneráveis a transformações, representando um elemento de suma importância para a proteção de ecossistemas do entorno e bastante utilizadas para fins recreativos e turísticos.

A subdivisão do sistema praial em ambientes (zonas ou setores) se dá em função dos processos hidrodinâmicos envolvidos ao logo de um perfil transversal que tem como limite superior ou interno (no sentido do continente) a linha de vegetação permanente ou qualquer modificação fisiográfica brusca (falésia, duna ou estruturas construídas pelo homem) e como limite inferior ou externo (no sentido do mar), o nível base de ação das ondas, ou profundidade de fechamento.

Hoefel (2008) estabelece uma zonação hidrodinâmica e uma morfológica para o sistema praial. De um ponto de vista hidrodinâmico a praia se divide em:

- Zona de Arrebentação (*Breaking Zone*): porção do perfil praial caracterizada pela ocorrência da arrebentação, isto é, processo em que as ondas incidentes ao aproximarem-se de águas rasas tendem a instabilizar-se até o ponto em que a velocidade da crista da onda torna-se superior a do grupo da mesma, ponto em que esta quebrará. Nota-se na arrebentação, a dissipação da energia da onda sobre a praia.
- Zona de Surfe (*Surf Zone*): Situada entre a zona de quebra de ondas e a zona de espraiamento. As características da zona de surfe numa praia dependem do tipo de quebra das ondas incidentes.
- Zona de Espraiamento (*Swash Zone*): Região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face praial. Nesta zona é salientada a relevância do transporte de sedimentos de uma praia, já que os processos de fluxo e refluxo dos vagalhões determinariam, em último caso, se o sedimento é retido na praia ou retornado à zona de surfe. Ainda nesta zona, verificam-se feições rítmicas de caráter longitudinal à costa, conhecida como cúspides praias. Logo após esta zona, em direção ao interior do continente, pode ocorrer uma feição deposicional conhecida como berma, a qual foi definida por Komar (1976) como a porção do perfil praial formada pela deposição dos sedimentos pelas ondas. Conforme Komar (1976) a zona que é alternadamente recoberta e descoberta pelo espraiamento das ondas é chamada de estirâncio (*Swah Zone*), o que equivale à zona de espraiamento definida por Hoefel (1998).

De um ponto de vista morfológico, o ambiente praial apresenta as seguintes zonas conforme Hoefel (1998):

- Antepraia (*shoreface*): Parte do perfil em que há dominância dos processos de empinamento de onda (*shoaling*). Estende-se, em direção a terra, até o início da zona de arrebentação.
- Praia Média: Porção do perfil praiial em que se desenvolvem os processos da zona de surfe e da zona de arrebentação.
- Face Praial (*beachface*): Parte do perfil na qual ocorrem os processos da zona de espraçamento.
- Pós-praia (*back-shore*): Zona que compreende o limite superior do espraçamento e o início das dunas fixadas por vegetação ou qualquer outra modificação fisiográfica abrupta.

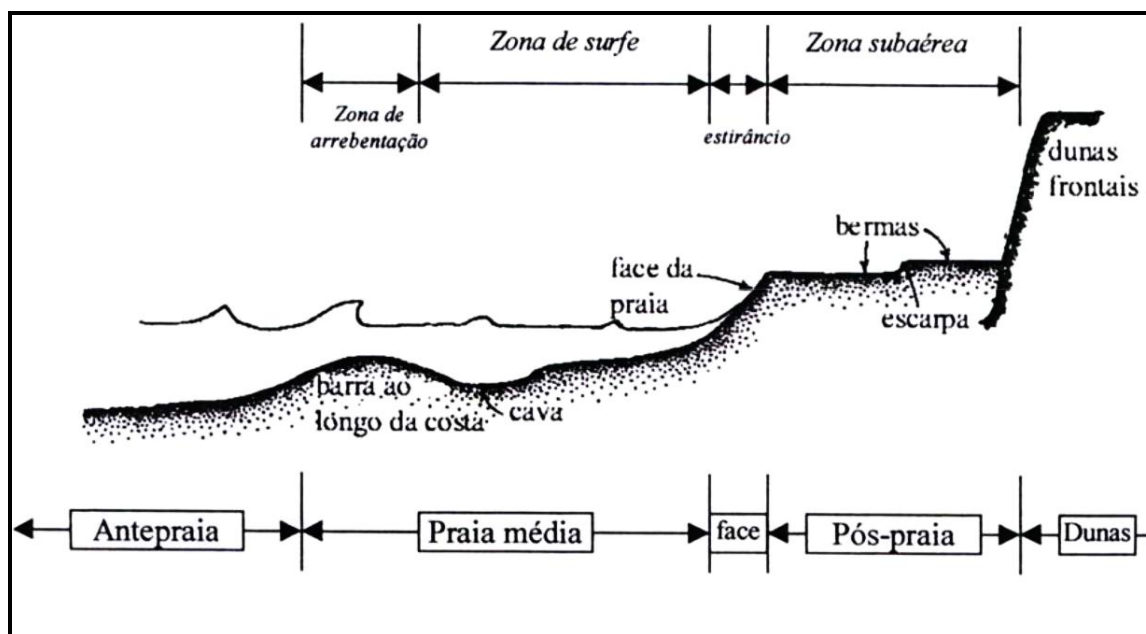


Figura 3.2 – Zonação e terminologias utilizadas na hidrodinâmica e morfologia de praias. Modificado de Komar 1998.

3.3 Erosão Costeira

A linha de costa é uma feição altamente dinâmica, mudando sua configuração e posição com o tempo. A sua dinâmica é função de fatores de ordem natural, ligados à

dinâmica costeira e global (atuação de ondas, correntes e marés; balanço de sedimentos; variações do nível relativo do mar; dispersão de sedimentos; tempestades (*storm surges*); etc), e de ordem antrópica, envolvendo interferências humanas na zona costeira (obras de engenharia, represamento de rios, dragagens, mineração, etc.).

Segundo Souza *et al.* (2005), erosão costeira é o processo que se dá ao longo da linha de costa, atingindo promotórios, costões rochosos, falésias e praias (erosão praial). Para Bird (2001) as praias são erodidas quando perdem mais sedimento (ao longo da linha de costa, costa afora ou no interior) do que recebem das diversas fontes. Como o volume de material da praia diminui, a praia é rebaixada e sua largura é reduzida.

Já Vital *et al.* (2006) levam em consideração que a erosão costeira resulta da interação praia-oceano atrelada com a atividade humana. Ponderam haver muitos fatores envolvidos na erosão costeira, incluindo a atividade humana, elevação do nível do mar, flutuações sazonais e mudanças climáticas. Destacam os ventos, ondas e correntes longitudinais como as forças motrizes da erosão costeira e que a remoção e deposição de areia alteram permanentemente as estruturas e formas da praia.

Bird (2001) e Borges *et al.* (2009) consideram que a erosão costeira resulta da contribuição de diversos processos e fatores que frequentemente atuam em conjunto, sendo os mais óbvios as tempestades costeiras e as ondas associadas, as correntes fortes, o vento, a gravidade, o material em que as encostas são talhadas e as características morfotexturais das praias.

A causa da erosão costeira frequentemente está associada a um balanço sedimentar negativo. A diminuição do fornecimento de sedimentos ao litoral pode provocar o recuo da linha de costa em direção ao continente, o que caracteriza um estado de erosão. Todavia, o balanço sedimentar pode ser positivo, isto é, o ambiente praial está sendo abastecido por sedimentos, e assim, pode promover o avanço da linha de costa mar adentro, e assim, fala-se em deposição, acresção (Souza *et al.* 2005, Savi 2007).

Estudar a linha de costa requer uma análise temporal, pois esta dinâmica remete a alteração de um determinado padrão (estado ou feição) evoluindo para outro, ao longo de um determinado período de tempo. Assim, a linha de costa pode mudar em

horas, de um dia para outro, mensalmente, anualmente, enfim, cada escala de análise de tempo mostrará uma evolução ou estágio de mutação diferente.

Bird (2001) apresenta uma lista com 21 possíveis causas da erosão:

1. Submersão e aumento do ataque de ondas
2. Redução do suprimento de sedimentos fluviais
3. Redução no suprimento de sedimentos provenientes das falésias
4. Redução do suprimento de areia das dunas interiores
5. Redução do suprimento de sedimentos do fundo submarino
6. Extração de areia e seixo das praias
7. Aumento da energia de onda
8. Interrupção do suprimento de sedimentos das correntes longitudinais
9. Mudança do ângulo de incidência de ondas
10. Intensificação do ataque de ondas incidindo obliquamente
11. Aumento da perda de sedimentos da praia para o pós-praia
12. Aumento das tempestades
13. Atrito do material da praia pela ação das ondas com perda de volume praial
14. Desgaste químico da praia
15. Aumento da retirada de sedimento pela reflexão de ondas sobre uma parede marinha
16. Migração de lobos praias
17. Elevação do lençol freático da praia
18. Remoção do material da praia por escoamento superficial
19. Diminuição da amplitude de maré
20. Abrasão por madeiras flutuantes
21. Remoção de franja de gelo marinha

No Brasil a ocupação humana da zona costeira é relativamente baixa com aproximadamente 20% (cerca de 30 milhões de pessoas) da população do país vivendo em regiões costeiras. A maior concentração ocorre no entorno das capitais, cidades com alta densidade tais como: Rio de Janeiro, Salvador, Maceió, Recife e Fortaleza. É nestas áreas de maior ocupação onde a erosão costeira começa a preocupar, sendo frequentemente agravada por interferência humana na oferta de sedimentos através de edificações na vizinhança imediata da praia, como também através de estruturas associadas à estabilização de desembocaduras para a construção de portos e instalações portuárias ou para a proteção da linha de costa (Muehe 2006). Uma análise preliminar de relatórios de diferentes grupos de

pesquisadores realizada por este autor indica que, considerando a quantidade total de ocorrências relatadas, a erosão predomina amplamente sobre a progradação, com aproximadamente 40% concentrada em praias, 20% em falésias sedimentares e 15% próximo a embocaduras de rios e estuários, enquanto apenas cerca de 10% dos casos de progradação relatados são relativos a praias e 15% a desembocaduras de rios. Quanto às causas da erosão, 80% é associada à intervenção do homem relacionada à urbanização e no balanço sedimentar em virtude da construção de estruturas rígidas. Assim sendo, a consequência de causas naturais sobre a erosão costeira sugere um papel secundário, pelo menos considerando períodos de curta duração. Ele constata que fenômenos erosivos são frequentes em todo o litoral e que a erosão costeira está concentrada, principalmente, próximo a desembocaduras fluviais e em segmentos localizados de áreas urbanizadas, frequentemente a jusante de estruturas artificiais que alteram o balanço sedimentar, como em Fortaleza e Recife (Muehe 2005).

A erosão costeira está presente em muitas partes da costa do Rio Grande do Norte (RN), com origem atribuída na maior parte a pequena contribuição fluvial de sedimentos e perda de sedimentos com a formação dos campos de dunas. Os estudos desenvolvidos nunca levaram em conta a costa como um todo, sendo sempre restritos a pequenos compartimentos (Vital *et al.* 2006). Estes mesmos autores listam os indicadores mais comuns da erosão costeira observados no Rio Grande do Norte: a) a geral e progressiva tendência de deslocamento da linha de costa em direção ao continente (retrogradação), durante as últimas cinco décadas; b) severa erosão da Formação Barreiras no período Terciário, tão bem quanto dos depósitos Quaternários eólicos e/ou marinhos ao longo da linha de costa; c) destruição e soterramento de mangues vizinhos à praia; d) exposição subaérea de turfeiras de antigas lagunas e depósitos de mangues sobre o estirâncio e acima da superfície da antepraia; e) persistente destruição de obras de engenharia; f) concentração de minerais pesados na zona de estirâncio; g) desenvolvimento de embaçamento de praias. Eles também tratam dos mais importantes fatores e causas da erosão costeira sobre esta costa: a) dinâmicas da circulação costeira; b) evolução Holocênica da planície costeira (relacionada com a intensa deriva litorânea associada a um balanço sedimentar negativo e perdas de sedimentos em direção ao continente com formação de campos de dunas e ilhas-barreiras); c) suprimento naturalmente ineficiente de sedimentos (os

rios da área de estudo são pequenos e não contribuem com quantidades significativas de sedimentos); d) construção de estruturas rígidas na interface; e e) fatores tectônicos – no setor oriental desta costa, a arquitetura estrutural de *graben* e *horst*, origina praias embaçadas, enquanto que no setor norte, a morfologia de fundo da plataforma, é fortemente condicionada pela configuração tectônica.

3.4 As idéias de Vulnerabilidade e Vulnerabilidade Ambiental

O homem ao longo de toda sua história vive, consciente ou inconscientemente, num quadro de vulnerabilidades, seja de ordem socioeconômica, política, natural e ambiental. Nas últimas décadas são vários os exemplos de fatos que denotam as múltiplas formas de vulnerabilidade enfrentadas pelos homens: guerras, crises econômicas, problemas sociais (desigualdade social, exclusão, tráfico, fome, miséria, exploração sexual, etc.), atentados terroristas, tornados, tsunamis, enchentes, deslizamento de terras, aumento do nível do mar, etc., demonstram que o modo de vida humano e a organização social não são inabaláveis e indestrutíveis. Na verdade este estilo de vida e organização social dos homens, com seus conceitos, ideias, paradigmas, modo de agir e pensar, em muitos casos, são os vetores e catalisadores de distúrbios que provocam abalos nessa estrutura social, trazendo a ideia de risco e vulnerabilidade para o centro do debate.

Em todas as escalas, riscos ambientais e vulnerabilidade de ecossistemas e de seres humanos trazem consequências e dinâmicas ambientais, que promovem ou agravam a vulnerabilidade social (Hogan & Marandola 2005). Assim, percebe-se que há uma íntima relação entre vulnerabilidade e riscos ambientais com a vulnerabilidade social.

Hogan & Marandola (2005) analisam a ideia de vulnerabilidade pela ótica social, com destaque para os temas pobreza, exclusão e marginalização, e pela ótica ambiental, buscando estabelecer uma interdisciplinaridade na elaboração do conceito de vulnerabilidade. Na ótica ambiental estes autores tentam inserir a ideia de vulnerabilidade fazendo uma aproximação entre fenômenos naturais e conceitos estritamente sociais. Assim, elucubram que o relacionamento entre sociedade e meio ambiente tem assumido dimensões globais, interferindo na agenda econômica e política do mundo.

Hogan & Marandola (2005) explanam que a princípio, nas décadas que sucederam a Segunda Guerra Mundial, fenômenos ambientais com implicações sociais chamavam atenção de cientistas quando envolviam apenas desastres e catástrofes naturais, tais como: terremotos, enchentes, deslizamento de terra, tempestade de neve, erupções vulcânicas, tornados, furacões e ciclones tropicais. Os especialistas, notadamente os geógrafos, encaravam estes fenômenos como perigos de ordem natural, com um específico risco de ocorrência. Para estes especialistas a análise sobre vulnerabilidade, teve origem nos estudos sobre desastres naturais (*natural hazards*) e avaliação de risco (*risk assessment*). Nesta perspectiva, a vulnerabilidade pode ser vista como a interação entre o risco existente em um determinado lugar (*hazard of place*) e as características e o grau de exposição da população lá residente (Cutter 1994 *apud* Alves 2006). Todavia, os sociólogos também apresentam uma tradição no estudo de desastres, considerando os determinantes sociais e históricos de sua ocorrência, e as conseqüências e ações mitigadoras na esfera sócio-política e econômica. Na literatura mais sociológica sobre o tema (Moser 1998, Alves 2006), a vulnerabilidade social é analisada em relação a indivíduos, famílias ou grupos sociais. Já na geografia e nos estudos sobre riscos e desastres naturais (Cutter 1996, Alves 2006), a vulnerabilidade ambiental tem sido discutida em termos territoriais (regiões, ecossistemas). Reforça-se então, uma perspectiva de análise de idéias que antes não se correlacionavam, com dois universos de vulnerabilidade que não se comunicavam.

Nas últimas décadas, os estudiosos passaram a incorporar uma perspectiva mais holística e complexa, para entender a intrincada rede de relações sócio-físico-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, sendo o primeiro reconsiderado como perigo ambiental, pois passou a ser avaliado, além do contexto estritamente natural, as formas pelas quais a sociedade tem se apropriado da natureza, gerando perigos. 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).

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.

Um esforço em estabelecer uma relação de interdependência entre as escalas espaciais (local, regional, global) e a dimensão sociedade-natureza (social e biofísico) é extremamente satisfatório, pois permite envolver uma diversidade de atores e elementos no estudo da vulnerabilidade de modo complexo e intrincado. Assim, podem-se estabelecer, por exemplo, relações entre as pessoas e os lugares, e a degradação e fragilidade ambiental com a saúde e qualidade de vida da população destas áreas (Hogan & Marandola 2005).

Cutter (1996) apresentam 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 de 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;
- Vulnerabilidade como resposta social: tratando da probabilidade de consequências 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*);

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. Nesta perspectiva a vulnerabilidade é entendida como um risco biofísico assim como uma resposta social, mas com uma área ou domínio geográfico específico (Cutter 1996).

Neste trabalho a Vulnerabilidade será tratada como Vulnerabilidade Ambiental, tendo em vista que a ideia de meio ambiente envolve uma relação dialógica entre natureza e sociedade, onde uma pode influenciar na constituição, na integridade ou opostamente na desintegração de seus elementos (objetos e sujeitos). Conforme Mendonça (2004) a concepção de meio ambiente atualmente em voga é aquela que engloba o meio natural e o social, estabelecendo uma relação entre os homens e o meio natural do planeta. Corroborando com esta concepção, Gonçalves (2006) explana que a questão ambiental inscreve-se na interface da sociedade com a natureza, e que a dificuldade em lidar com esta questão reside no fato de que no mundo ocidental,

natureza e sociedade são termos que se excluem, e desta forma, as ciências da natureza e a dos homens vivem mundos distintos, sem comunicação.

Neste trabalho a Vulnerabilidade Ambiental será entendida através da relação entre fatores biofísicos (Vulnerabilidade Natural) e o fator social (na perspectiva do uso e ocupação do solo) que se processa numa determinada área geográfica, envolvendo a ótica da vulnerabilidade do perigo dos lugares (Cutter 1996, Grigio 2008). Assim, será usado o conceito de Vulnerabilidade Ambiental definido por Tagliani (2002): Vulnerabilidade Ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. O termo susceptibilidade faz alusão à tendência (denotando passividade) de receber impressões, mudanças, deformações ou adquirir qualidades diferentes das que já possuía.

Na temática acerca da vulnerabilidade, outros dois termos são recorrentemente mencionados, são eles: risco (*risk*) e perigo (*hazard*) Eles apresentam uma relação teórica muito próxima, o que gera uma confusão conceitual que deve ser mais bem esclarecida. Para isso, foi desenvolvida uma distinção conceitual sucinta, mesclando os trabalhos de Dagnino & Carpi Jr. (2007) e UNDP (2004) o risco é o somatório da vulnerabilidade com o perigo. Sendo a vulnerabilidade entendida como a probabilidade de perda esperada para uma área diretamente ou indiretamente antropizada em um determinado tempo. O perigo corresponde a um fenômeno natural que ocorre em épocas e região conhecidas e que pode causar sérios danos nas áreas sob impacto, afetando ou não o homem. Risco é, então, conforme Garcia e Zêzere (2003), a probabilidade e severidade expectável do número de vidas perdidas, pessoas feridas, danos em propriedades, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural particular.

3.5 Vulnerabilidade Ambiental e Erosão Costeira

Aqui, realizar-se-á um esforço teórico conceitual para estabelecermos e demonstrarmos a íntima relação existente entre as ideias de erosão costeira e de Vulnerabilidade ambiental. Coburn (2001) ao desenvolver a ideia de perigos naturais (*Natural Hazards*), eventos perigosos e processos perigosos, inserindo-se dentro

destes últimos a erosão costeira, trata-a como a decorrência da interação praia-oceano, associada à atividade humana, definição também utilizada por Vital *et al.* (2006).

A erosão costeira é um processo que envolve degradação e modificação de um determinado padrão da linha de costa, percebe-se aqui que este processo não deve ser entendido como apenas decorrente de causas naturais e que, por isto, a classificação da erosão costeira como um perigo natural seria inadequado. Coburn (2001) e Bush *et al.* (1999) consideram a ideia de perigo quando o homem é afetado por algum fenômeno natural, e excluem a possibilidade de emprego desta palavra quando um fenômeno natural não causa implicações ao homem, a suas estruturas e atividades. Entretanto, Coburn (2001) não se opõe a utilização do termo natural na expressão perigos naturais e, além disso, coloca o homem como um ser passivo, como um mero afetado e espectador de fenômenos de ordem naturais.

Considerar o homem como um potencial agente da erosão costeira (Coburn 2001; Bush *et al.* 1999, Boruf *et al.* 2005, Meur-Férec *et al.* 2008), enfraquece a utilização da qualidade natural para classificar a erosão costeira, processo que promove perigos de ordem ambiental. Ampliando a discussão, Boruff *et al.* (2005) chamam a atenção para o fato de que as análises dos perigos naturais, de modo geral, baseiam-se nas características biofísicas destes com pouca ou nenhuma atenção a dimensão humana da vulnerabilidade. Este mesmo autor considera a ideia de promover a integração de sistemas físicos e humanos no entendimento da vulnerabilidade baseada no lugar. Indo mais além, considera que muitas características econômicas e sociais influenciam a vulnerabilidade de comunidades e indivíduos ao longo da costa, estabelecendo, deste modo, uma conexão entre a degradação de *habitats* e ecossistemas com a vulnerabilidade social, o que culmina na ideia de Vulnerabilidade Ambiental.

Meur-Férec *et al.* (2008) analisam que ao longo do tempo o homem foi desenvolvendo atividades (usos e ocupações) na costa, de tal modo, que hoje ela se configura como um espaço de conflito de interesses entre aqueles que usam os recursos ali existentes. Tomando a costa francesa, este autor refere-se a um processo de “litoralização” (*littoralization*), de concentrações humanas e suas atividades em zonas do litoral, o qual é parcialmente o resultado de um planejamento nacional e de

políticas de desenvolvimento. O desenvolvimento do turismo, indústrias e portos; a urbanização, o aumento do número de residências de segunda moradia (como casas de veraneio) envolvendo atividades turísticas e zonas portuárias industriais, por exemplo, provocaram profundas mudanças na zona costeira. Deste modo, ele considera que a proliferação de atividades humanas na costa, contribuiu como um fator que, aliado a fenômenos naturais, ampliou o risco atrelado à erosão ou submersão. Ele exemplifica que na França, em determinados locais as propriedades foram destruídas ou abandonadas por causa dos riscos provocados pelo recuo do litoral.

Pensando o homem como um ser social, que produz cultura (Gonçalves 2006), considera-se que suas atividades só fazem sentido dentro de uma lógica social, isto é, de uma lógica sociocultural objetiva e subjetiva. Desta forma, o homem interfere nos espaços, inclusive nos espaços costeiros, alterando-os e sofrendo os reflexos de sua alteração. Todavia, não se pode deixar de levar em consideração a existência de eventos naturais que são independentes das ações humanas, que se constituem como perigo quando afetam o homem e a sua organização social.

A erosão costeira configura-se como um processo que pode implicar em Vulnerabilidade Ambiental, quando os sistemas humanos (sociais) são responsáveis por gerar ou potencializar problemas e/ou vítimas de problemas concernentes a erosão costeira. Assim, as características das atividades humanas combinadas com fatores biofísicos, numa determinada área costeira, podem ou não determinar um quadro de maior ou menor Vulnerabilidade Ambiental desta costa. Com isto, neste trabalho a erosão costeira será tratada como mais um indicativo do grau de Vulnerabilidade Ambiental da área de estudo.

3.6 Geoindicadores e Erosão Costeira

O uso de indicadores como instrumento de avaliação do estado dos ecossistemas e da sociedade iniciou-se no final da década de 1940 (Coltrinari 2001). Entretanto, Fabbri & Patrono (1995) apontam que Geoindicadores são usados em geociências desde a década de 70, sendo principalmente voltados para a avaliação de recursos minerais, mas que nos últimos anos tem sido dada uma atenção particular para a avaliação de impactos ambientais e riscos geológicos.

Em 1994 um grupo de trabalho da Cogeoenvironment, uma comissão da União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS), elaborou uma definição recente para geoindicadores:

[...] são medidas (magnitudes, freqüências, taxas e tendências) de processos geológicos e fenômenos ocorrendo na superfície ou próximo dela e sujeitas a alterações que são significativas no entendimento das mudanças ambientais ao longo de períodos de 100 anos ou menos em ou próximo a superfície terrestre e podem apresentar variações significativas para a avaliação e compreensão das mudanças ambientais rápidas (Berger & Iams 1996).

Quanto à questão da escala, os geoindicadores foram projetados com o propósito de serem utilizados em avaliações em escala local, nacional e internacional por cientistas da Terra e especialistas em pesquisas e gerenciamentos ambientais (Coltrinari 2001). Assim, os geoindicadores são ferramentas importantes para avaliações, sobretudo em escalas locais, já que de acordo com Bush *et al.* (1999) o emprego de altas tecnologias em técnicas de análises históricas e nos monitoramento ambiental requer alto nível de especialização, são freqüentemente caras e quando aplicadas ao mapeamento de perigos e avaliação de riscos, se dão normalmente em escala regional, recaído em base de dados globais incompletos, ou não servindo para avaliação de locais específicos, como a zona costeira. Desta forma, os geoindicadores surgem como alternativas viáveis e de baixo custo.

Contudo a característica mais importante dos geoindicadores remete a possibilidade de obtenção de rápidas respostas. Bush *et al.* (1999) ponderam que geoindicadores são ferramentas qualitativas e com validade científica para uma rápida identificação de risco potencial, o que permite também, uma rápida realização de planos de mitigação e gerenciamento.

Para Fabbri & Patrono (1995), um indicador geoambiental (IGA) permite a quantificação geológica, sendo sensível a modificações ambientais que são significativas ao homem. Nesta perspectiva precisam ser contempladas as unidades geoambientais (UGAs) e seus limites; a estrutura dos indicadores geoambientais

(IGAs); as características do indicador; e os procedimentos de medição dos indicadores.

Usualmente os geoindicadores ocorrem como índices ambientais, os quais têm por objetivo tornar simples a apresentação dos dados, agregando os valores dos indicadores individuais em um valor de índice.

Levando em conta a estrutura dos indicadores geoambientais, para Fabbri & Patrono (1995) estes devem conter os tipos de indicadores, seus estados e suas mudanças de estado, a interdependência das mudanças naturais e induzidas, a dinâmica das mudanças, os valores dos limiares, a UGA e seu conjunto de indicadores e, finalmente, os índices associados (Fabbri & Patrono 1995).

Os geoindicadores entram na perspectiva da Vulnerabilidade ambiental quando corroborando com Coltrinari (2001) pensa-se na pressão antrópica exercida sobre a dinâmica natural. Hoje, o estresse de ordem antrópica sobre o meio ambiente é uma preocupação central, pretendendo-se discutir sobre os resultados danosos das ações humanas sobre ecossistemas e paisagens já que mudanças naturais e seus efeitos sobre a terra e a biosfera tendem a ser negligenciados (Berger 1998).

Os geoindicadores também podem ser utilizados nos estudos que envolvem perigos costeiros, tais como a erosão costeira, levando em conta que a vulnerabilidade à erosão frequentemente se altera nos ambientes costeiros conforme a ausência ou presença de comunidades humanas, numa interação em que processos humanos e naturais modificam a estabilidade ambiental. O uso de geoindicadores pode subsidiar atualizações em planos de gerenciamento e mitigação de impactos em ambientes costeiros e ganha maior destaque em países em desenvolvimento onde as verbas são limitadas e dados históricos adequados sobre a variação da linha de costa são escassos, sendo uma ferramenta valiosa quando cientistas, planejadores e gerenciadores costeiros desejam obter uma imediata avaliação de riscos e perigos costeiros por meio dos geoindicadores (Bush *et al.* 1999).

CAPÍTULO IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo está fundamentado na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, visitas a campo e consulta à bibliografia disponível. Ele pode ser dividido em duas partes: a primeira, que envolve o mapeamento das unidades temáticas e a confecção dos mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental; a segunda parte, que envolve a elaboração do mapa de Vulnerabilidade à erosão costeira. O esquema a seguir oferece uma visão global do estudo realizado.

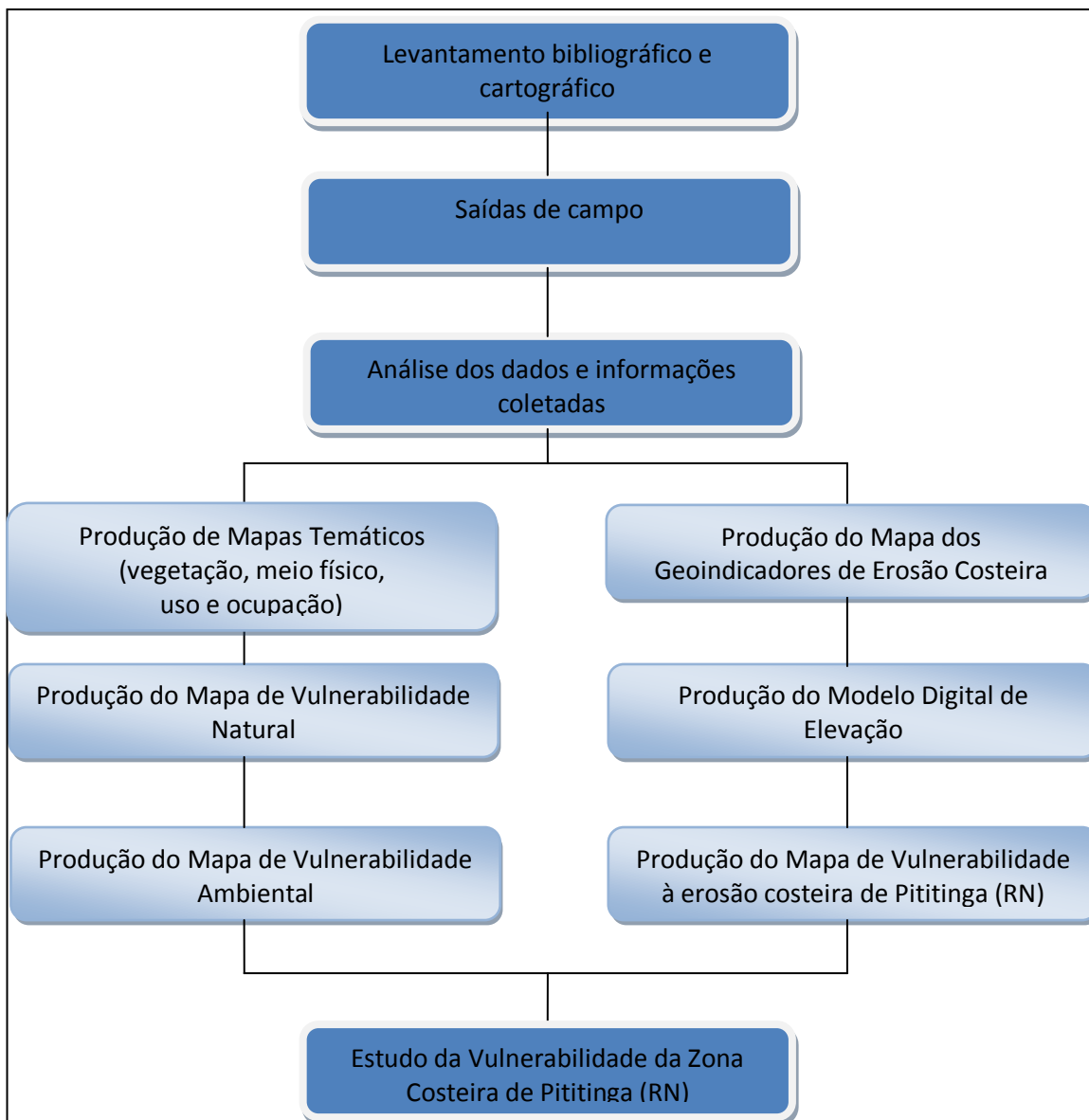


Figura 4.1 – Fluxograma de atividades de mapeamento.

4.1 Vulnerabilidade Natural e Ambiental

4.1.1 Mapeamento Temático

A execução do mapeamento seguiu as seguintes etapas:

- Levantamento do acervo bibliográfico, cartográfico, documentos e de informações disponíveis sobre a área de estudo;
- Aquisição de fotografias aéreas (2006) digitalizadas, retificadas e georeferenciadas (escala aproximada original 1:8.000);
- Preparação da cartografia básica elaborada através de um GIS, contendo as principais informações planimétricas na escala 1:1.000;
- Processamento, interpretação e análise digital dos produtos de sensoriamento remoto tendo em vista o mapeamento das informações, de uso;
- Análise dos aspectos geoambientais;
- Levantamento de campo para reconhecimento e avaliação das unidades mapeadas, sob o ponto de vista dos recursos naturais e checagem das informações obtidas a partir das fotografias aéreas, as quais foram geoprocessadas;
- Análise sedimentológica de amostras coletadas em campo, com as seguintes etapas: lavagem das amostras, secagem, quarteamento, ataque de matéria orgânica com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e análise granulométrica;
- Geração e impressão das cartas temáticas na escala 1:30.000;
- Organização e estruturação das informações e dados georreferenciados no *software* ARCGIS 9.2, com a criação de um banco de dados para que estas informações possam ser consultadas, visualizadas, atualizadas e manipuladas.

4.1.2 Mapeamento da Vulnerabilidade Natural e Ambiental

A Vulnerabilidade Ambiental da área de estudo está expressa por meio de um mapa de vulnerabilidade ambiental. Tal mapa passa pela lógica da gestão do uso e ocupação do solo, tendo em vista que seu valor consiste no conhecimento sobre a forma em que o ambiente reage às pressões antrópicas impostas a ele. Conforme Grígio (2003), o desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade ambiental envolve duas etapas: elaboração do mapa de vulnerabilidade natural com base no cruzamento de mapas de geologia (simplificado), de unidades geomorfológicas, de pedologia e de vegetação. A segunda etapa consiste no cruzamento do mapa de vulnerabilidade natural com um mapa de uso e ocupação do solo (o critério estipulado para o mapa de uso e ocupação do solo tem como foco principal o grau e tipo de antropização encontrados na área de estudo).

O cruzamento dos mapas é baseado no conceito de estabilidade de cada unidade considerando-se o conceito de análise eco-dinâmica de Tricart (1977), onde a estabilidade é classificada conforme a Tabela 4.1. A integração dos dados temáticos é feita segundo um modelo utilizado por Grígio (2003), onde o grau de vulnerabilidade estipulado a cada classe ou unidade de cada tema (Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Cobertura Vegetal) foi distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0 com intervalo de 0,5.

Tabela 4.1 - 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

Conforme a relação pedogênese/morfogênese Crepani (1996) elaborou critérios para atribuir valores de vulnerabilidade as classes (unidades) dos temas (Tabela 4.2):

Pedologia – o grau de desenvolvimento do solo foi à característica considerada para atribuir valores ao solo ou a associação de solos; quando o processo de pedogênese é favorecido (o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo), têm-se

solos bastante desenvolvidos, envelhecidos e intemperizados, os quais são mais estáveis (valor 1) e representados pela classe dos Latossolos (ocorre em topografias mais suaves); quando há um equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, tem-se solos intermediários (valor 2) e é representada pela classe do tipo Podzólico (apresentam menor profundidade que os Latossolos, são menos estáveis e menos intemperizados, ocorrendo em topografias um pouco mais movimentadas); quando o processo de morfogênese predomina, tem-se solos vulneráveis (valor 3), jovens, pouco desenvolvidos (pouca evolução dos perfis dos solos), com o horizonte A diretamente assentado sobre o C ou rocha mãe (não há horizonte B), como por exemplo: Solos Litólicos (R), Regossolo (RE), Areias quartzosas (AQ), Solos orgânicos (HO) e também os Solos Hidromórficos (HI).

Geologia – o grau de coesão das rochas foi a característica considerada para atribuir valores às unidades geológicas; valores próximo à estabilidade (valor próximo de 1) para rochas que apresentam maior grau de coesão para as condições ambientais em que ela está submetida, valores intermediários (em torno de 2) para rochas que apresentam grau de coesão intermediário, e valores próximos a vulnerabilidade (próximos de 3) para as rochas que apresentam menor grau de coesão em determinada condição ambiental.

Geomorfologia – Para relevos planos a suavemente ondulados como as superfícies pediplanas, os interflúvios tabulares e as colinas de topo aplainado, recebem valores de estabilidade (próximos de 1); para os relevos ondulados dissecados em colinas sugerem-se valores intermediários (em torno de 2), já para os relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas, ravinas e pontões, propõe-se valores de vulnerabilidade (em torno de 3).

Cobertura vegetal – neste caso, 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.

Tabela 4.2 – Grau de vulnerabilidade das classes de cada tema abordado conforme Crepani (1996).

MAPA TEMÁTICO/CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
GEOLOGIA	
Coberturas arenosas	2,0
Depósitos eólicos de dunas fixas	2,0
Depósitos aluvionares	2,5
Depósitos lacustres	2,5
Depósitos eólicos de dunas móveis	3,0
Depósitos de sedimentos de praia	3,0
GEOMORFOLOGIA	
Superfície de deflação	1,0
Dunas fixas	2,0
Lagoas temporárias	2,0
Riachos	2,0
Lagoas permanentes	2,5
Rio Punaú	2,5
Duna frontal	3,0
Dunas móveis	3,0
Praia	3,0
SOLOS	
Neossolos quartzarênicos	3,0
Solos aluviais eutróficos	3,0
Podzóis hidromórficos	3,0
VEGETAÇÃO	
Aquática lacustre permanente	1,0
Contato savana-restinga	1,0
Aquática Fluvial	1,5
Restinga arbustiva	1,5
Aquática fluvial temporária	2,0
Restinga herbácea	2,5
Vegetação antrópica	2,5
Aquática lacustre temporária	3,0
Contato savana restinga em início de sucessão	3,0
Sem cobertura vegetal	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 poderiam ser integrados em apenas um mapa devido a relação entre as unidades geológicas e classes de solo com as unidades geomorfológicas, como também, pela simplicidade daqueles dois mapas em relação à área de estudo. Utilizou-se o mapa geomorfológico, por ser o mais complexo dos três, com maior compartimentação da área do estudo em diferentes unidades, e este mapa passou a ser chamado de “Mapa do Meio Físico”. Segue na tabela 4.3 a relação entre os três mapas e os pesos atribuídos a cada unidade deste novo mapa.

Tabela 4.3 – Meio Físico (pesos e relações temáticas).

Geomorfologia (Unidades)	Geologia (Unidades)	Solos (Classes)	Mapa do Meio Físico (Peso)
Superfície de deflação	Coberturas arenosas	Neossolos quartzarênicos	1,750
Dunas Fixas	Dep. Eólico de Dunas Fixas	Neossolos quartzarênicos	2,250
Lagoas temporárias	Coberturas arenosas	Espodossolos	2,250
Riachos	Coberturas arenosas	Neossolos quartzarênicos	2,250
Lagoa Permanente	Dep. Lacustrino	Espodossolos	2,625
Rio Punaú	Depósito aluvionares	Neossolos (aluviais)	2,625
Duna Frontal	Dep. Eólico Dunas Móveis	Neossolos quartzarênicos	3,000
Dunas móveis	Dep. Eólico de Dunas Móveis	Neossolos quartzarênicos	3,000
Praia	Dep. De Sedimentos de praia	Neossolos quartzarênicos	3,000

Para obtenção dos pesos expostos na tabela 4.3, foi feita uma média aritmética ponderada entre as somas dos pesos de cada classe e unidade relacionadas, dividindo

pelo peso do Mapa do Meio Físico (peso 4). É importante observar que as classes estão bem relacionadas. Algumas aparentemente não apresentam uma correspondência direta, isto é, classes tão evidentemente relacionadas, tal como: Dunas fixas (geomorfologia) e Dep. Eólicos de Dunas Fixas (geologia). A unidade “Riachos”, por exemplo, está relacionada geologicamente com Coberturas Arenosas e pedologicamente com Neossolos Quartzarênicos, isto ocorre, pois os riachos são temporários (apresentam curso d’água relacionado aos períodos chuvosos) e estão assentados sobre tais unidades geológicas e classes pedológicas.

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 calculator)* do software ArcGis 9.2, que possibilita o cruzamento entre mapas em formato *raster*. O produto desta operação (Álgebra de mapas) 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, através de um conceito relativo, ou lógica difusa (*Fuzzy Logic*), como mostra a tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Média aritmética das classes de Vulnerabilidade Natural e Ambiental.

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA
Muito Baixa	1,0 – 1,4
Baixa	1,41 – 1,8
Média	1,81 – 2,2
Alta	2,21 – 2,6
Muito alta	2,61 – 3

Para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental foi realizado o cruzamento entre o mapa de vulnerabilidade natural e o mapa de uso e ocupação do solo. O critério estipulado para o mapa de uso e ocupação do solo teve como foco principal o grau e tipo de antropização encontrados na área de estudo. A atribuição de pesos a cada classe deste mapa seguiu a mesma escala aplicada anteriormente, isto é, de 1 a 3, com intervalo de 0,5 (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Grau de vulnerabilidade das classes do mapa de uso e ocupação do solo.

CLASSE USO E OCUPAÇÃO	GRAU DE VULNERABILIDADE
Área de vegetação natural	1,0
Estrada	2,0
Agricultura	2,5
Comunidade	3,0

Para o caso do mapa de vulnerabilidade ambiental, após o cruzamento, calculou-se a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, sendo distribuídos em cinco classes de vulnerabilidade ambiental, conforme a tabela 4.4, antes exposta.

Para produzir o mapa de vulnerabilidade ambiental que representasse a área de estudo, foi aplicado o método de ponderação de fatores, o qual dá a possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator (Tabela 4.6). Os pesos de compensação indicam a importância de qualquer fator em relação aos demais (COSTA *et al.* 2006).

Tabela 4.6 - Pesos calculados para cada fator na análise de vulnerabilidade ambiental.

FATOR		
Meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia)	Vegetação	Uso e ocupação do solo
0,4	0,1	0,5

Todo processo de atribuição de pesos e graus de vulnerabilidade obtidos neste estudo, por mais que leve em conta características teóricas e técnicas, é intuitivo e impreciso. Por isso, a adoção da lógica difusa neste estudo. Para Kaufmann & Gupta (1988) a lógica difusa é formada por conceitos e técnicas que dão forma matemática ao processo intuitivo humano que de modo geral é caracterizado pela imprecisão e ambiguidade. Von Altrock (1996) ressalta que lógica difusa comporta a elaboração de sistemas que representam decisões humanas, nas quais a lógica e a matemática convencional (booleana) apresentam-se insuficientes ou ineficientes. A característica mais ilustre dessa metodologia é a possibilidade de se apreender, em um modelo

matemático, conceitos intuitivos como graus de satisfação, conforto, adequação etc. (Gonçalves 2007).

4.2 Erosão Costeira e os Geoindicadores

Para a avaliação da Vulnerabilidade Ambiental relativa especificamente à susceptibilidade à erosão costeira, foi desenvolvida a metodologia proposta por Rudorff (2005) que se utilizou de geoindicadores para a sua avaliação. O trabalho deste autor elaborou um índice, através de Avaliação Multicritério, que tem por base três tipos de indicadores: geoindicadores obtidos por checagem de campo, modelo digital de elevação difuso e a distância em relação à linha de costa. Sendo este último não utilizado.

Os geoindicadores foram selecionados com base nos trabalhos de Bush *et al.* (1999), Coburn (2001) e Rudorff (2005) e adaptados para o quadro geoambiental da praia de Pititinga, Rio Grande do Norte. A matriz dos geoindicadores está estruturada conforme o Quadro 4.1 e contém as categorias de geoindicadores; os pesos de cada categoria; os geoindicadores; os pesos de cada geoindicador; a pontuação normalizada; os atributos de cada geoindicador; os pesos de cada atributo, e a pontuação. Os pesos das categorias e dos geoindicadores foram determinados baseando-se nos pesos atribuídos por Coburn (2001), todavia, adaptado às características da praia de Pititinga. A pontuação normalizada é fruto da multiplicação do peso do geoindicador pelo peso de sua categoria. A pontuação foi resultado do produto da pontuação normalizada com o peso do atributo, e a pontuação total foi dada pela soma das pontuações dos geoindicadores. A soma das pontuações máximas de cada geoindicador corresponde a uma pontuação máxima de 10,0.

Rudorff (2005) dividiu os índices de suscetibilidade em cinco classes: Suscetibilidade Muito Alta ($8 < \text{peso} \leq 10$); Suscetibilidade Alta ($6 < \text{peso} \leq 8$); Suscetibilidade Moderada ($4 < \text{peso} \leq 6$); e Suscetibilidade Baixa ($2 < \text{peso} \leq 4$); Suscetibilidade Muito Baixa ($\text{peso} < 2$).

Foram realizadas duas checagens de campo, a primeira em 15 de novembro de 2009 e uma segunda para novas observações e retificações em 18 de abril de 2010. Foi utilizado um GPS Garmin com precisão em torno de 7m, mira topográfica, *check-list*

de campo e um mapa com os pontos previamente definidos. Para elaboração deste mapa foram utilizadas as mesmas fotografias aéreas que deram suporte ao mapeamento temático. Os pontos visitados em campo foram distribuídos de forma linear ao longo da praia em estudo, cada um distando 150 m de seu vizinho, distância fixa que melhor representou cada modificação do ambiente praiado, tomando como referência as dunas frontais, as residências e as dunas costeiras transgressivas.

Os geoindicadores amostrados foram inseridos numa planilha Excel, do pacote Microsoft Office 2007, para a realização dos cálculos dos índices de suscetibilidade. Em seguida, os geoindicadores foram lançados no *software* ArcGIS para visualização e correção espacial (transformação dos dados da planilha em *shape*) com as fotografias aéreas e para atribuição de seus respectivos índices. A interpolação, dos pontos coletados com distribuição regular ao longo da praia, pretende gerar uma grade regular contínua dos índices ao longo da linha de costa. Para a interpolação dos geoindicadores foi utilizando o método do Inverso do Quadrado da Distância (MIQD), o qual segundo, Longley *et al.* (2005) o MIQD é o método de interpolação mais comumente utilizado em SIG. O MIQD é um método determinístico de efeitos locais, em que cada ponto da superfície é estimado apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, isto é, os pontos amostrados de localização próxima ao nó a ser estimado recebem peso maior que os pontos amostrados de localização mais distante (Landim 2000, Camargo *et al.* 2004). Supõe-se, então, que prevalecem os efeitos meramente locais, não sendo feita qualquer hipótese estatística sobre a variabilidade espacial. Destarte, um ponto não amostrado tem o valor de um atributo z como expressão de uma média dos pontos que acontecem em uma vizinhança, em volta do ponto não visitado, e ponderada a partir das distâncias (Burrough & McDonnell 1998).

Os indicadores largura média da praia seca e energia de onda foram medidos diretamente na praia em estudo durante doze meses (maio 2009 - abril 2010), através de perfil topográfico (utilização de nível) e levantamento da altura de onda segundo metodologia exposta por Muehe (2005).

A taxa de erosão foi determinada a partir de um *check-list* adaptado de Bush *et al.* (1999), correspondendo ao Quadro 4.2.

Quadro 4.1 – Geindicadores de vulnerabilidade à erosão costeira adaptado de Coburn (2001) e Rudorff (2005).

Categoria	Peso	Indicador Geoambiental	Peso	Pontuação Normalizada	Atributo do Indicador	Peso	Pontuação
Linha de costa	0,9	Taxa de erosão	0,3	0,27	Erosão severa	10	2,700
					Erosão	5	1,350
					Acresção	1	0,270
		Altura da duna frontal	0,2	0,18	Sem duna	10	1,8
					Baixa (<2m)	5	0,9
					Alta(≥2m)	1	0,18
		Estado da Duna Frontal	0,1	0,09	Sem duna	10	0,9
					Escarpada	5	0,45
					Sem escarpas	1	0,09
		Tipo de duna frontal	0,1	0,09	Sem duna	10	0,9
					Alterada	5	0,45
					Natural	1	0,09
		Energia de onda	0,05	0,045	Alta (Hb* > 2,5 m)	10	0,450
					Média (1,5m < Hb < 2,5m)	5	0,225
					Baixa (Hb < 1,5 m)	1	0,045
		Vegetação da duna frontal ou pós-praia	0,1	0,09	Ausente	10	0,9
					Presente	5	0,45
					Estabelecida	1	0,09
		Largura média da praia seca	0,1	0,09	< 11 m	10	0,900
					> 11 e <18 m	5	0,450
					>18 m	1	0,090
Estruturas de engenharia	0,05	0,045	Diversas	10	0,450		
			Poucas	5	0,225		
			Ausentes	1	0,045		
Interior	0,1	Estado da duna interior	1	0,1	Duna removida ou ausente	10	1
					Descontinua c/ vegetação	5	0,5
					Alta, bem desenvolvida	1	0,1

* Hb - corresponde à altura da onda na arrebentação.

Quadro 4.2 - Geoindicadores suplementares usados para avaliar a taxa de erosão.

Erosão severa
Dunas ausentes
Vegetação ausente
Estruturas construídas pelo homem na orla e que agora estão no pós-praia, na face praial, praia média ou antepraia
Escarpamento da praia evidente
Erosão
Dunas escarpadas ou fragmentadas
Turfa, lama ou pedaços de árvore expostos na praia.
Praia estreita ou ausência de praia seca
Vegetação efêmera ou derrubada ao longo da linha da escarpa
Exumação de recifes de arenito
Estabilidade de longo termo
Dunas bem desenvolvidas, sem rupturas, vegetadas.
Praia larga com pós-praia bem desenvolvido
Vegetação bem desenvolvida de restinga no interior, arbustos de duna e gramínea pioneira.

Fonte: Adaptado de BUSH *et al.* (1999).

A topografia é aceita como um indicador importante de vulnerabilidade costeira a erosão, já que um ponto situado numa cota topográfica elevada, certamente terá menos chances de sofrer algum impacto do mar, portanto, será menos vulnerável. Tal critério foi integrado na avaliação da vulnerabilidade através da teoria dos conjuntos difusos, com a utilização de uma função de pertencimento difuso, na qual fronteiras e limiares entre classes são indefinidos. Desta forma, a teoria dos conjuntos difusos enquadra-se em casos em que os limites das classes não são, ou não podem ser bem definidos. Para gerar o MDE foi utilizada uma carta planialtimétrica na escala 1:1000 em que as curvas de níveis e suas cotas foram transformadas em pontos para a partir disso serem interpolados por krigagem ordinária para a geração da superfície contínua do MDE.

O método da krigagem ou geostatístico utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, exposta no semivariograma, como o propósito de estimar valores em qualquer disposição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, consistindo, deste modo, num estimador ótimo (Carvalho & Assad, 2005). Conforme

Vieira (2000), a krigagem é capaz de gerar melhores estimativas em termos de interpolação, visto que está assentada em duas premissas básicas: não-tendenciosidade do estimador e variância mínima das estimativas. A Krigagem Ordinária é concebida o melhor estimador linear não-tendencioso. É um estimador linear que pode estimar um valor não conhecido por uma combinação linear dos pesos dos valores observados nas amostras vizinhas, como também, por ser um estimador não-tendencioso, admite que a média global dos erros, isto é, a média das diferenças entre os valores estimados e os valores observados seja nula (Barros Filho 2007).

Com a aplicação da lógica difusa sobre o MDE foi possível obter o MDE difuso. O critério adotado é que altitudes com valores próximos de 0 têm suscetibilidades máximas próximas de 10 e que as maiores altitudes tendem a ter suscetibilidades mínimas, próximas de 0. Segundo Burrough e McDonald (1998) apud Rudorff (2005), as funções de associação difusa mais empregadas são as funções linear e senoidal. Com isso, utilizou-se equação senoidal de pertencimento difuso abaixo:

$$\alpha = \frac{1}{(z_{0,5} - \beta)^2}$$

$$f(z) = \frac{1}{1 + (\alpha(z - \beta)^2)}$$

onde, $Z_{0,5}$ corresponde ao potencial de suscetibilidade 0,5 a uma altitude determinada; e β representa o valor máximo do potencial de suscetibilidade – 1,0. Para $Z_{0,5}$ foi arbitrariamente atribuída a altitude de 5 m, enquanto o valor máximo de potencial de suscetibilidade β foi definido como sendo a altitude de 0 m.

Através da Álgebra de Mapas uma superfície contínua de suscetibilidade foi modelada em função de dois planos *raster*: (a) dos geoindicadores interpolados e (b) do MDE difuso. Estes planos foram cruzados para estabelecer a relação de vulnerabilidade. Para o cruzamento cada plano recebeu um peso diferenciado, conforme Rudorff (2005): aos geoindicadores interpolados foi atribuído o peso 0,8 e ao MDE difuso atribuiu-se o peso 0,2, resultando na seguinte função:

$$\text{Suscetibilidade} = (\text{geoindicadores} \times 0,8) + (\text{MDE}_\text{difuso} \times 0,2)$$

Este autor, seguindo o trabalho de Robin (2002), que após consultar diversos especialistas, concluiu que a topografia tem uma ordem de importância de 0,22 em relação a outros geoindicadores, resultando no peso 0,2.

A suscetibilidade foi classificada dividindo-a em cinco classes, como no caso anterior dos geoindicadores: Suscetibilidade Muito Alta ($8 < \text{peso} \leq 10$); Suscetibilidade Alta ($6 < \text{peso} \leq 8$); Suscetibilidade Moderada ($4 < \text{peso} \leq 6$); e Suscetibilidade Baixa ($2 < \text{peso} \leq 4$); Suscetibilidade Muito Baixa ($\text{peso} < 2$).

Todos os mapas gerados para o estudo específico da erosão costeira em Pititinga foram produzidos na escala 1:25.000. Diferentemente de Rudorff (2005), neste trabalho não se utilizou o critério “Distância em relação à linha de costa”, por considerá-lo inconsistente e de aplicação prática pouco eficiente, já que é complicado atribuir a partir de que ponto no interior do continente os efeitos do mar em relação a linha de costa é nulo, e mais complicado ainda determinar que isto ocorre de modo gradativo até não exercer influência alguma.

CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vulnerabilidade Natural e Ambiental

Os mapas 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, foi necessário um mapeamento temático que deu subsídios e informações que serviram de base para o estudo da vulnerabilidade.

5.1.1 Mapas temáticos

Neste tópico serão apresentados os mapas temáticos com a distribuição espacial e descrição das unidades e classes cartografadas. Serão apresentados três mapas: “Mapa de uso e ocupação do solo”; “Mapa do meio físico”, o qual integra os temas geomorfologia, geologia e pedologia; e o Mapa de vegetação. As fotos de campo e das amostras estão no Apêndice deste trabalho.

5.1.1.1 Uso e ocupação do solo

A área de estudo apresenta como característica uma baixa densidade populacional, o que neste caso, refletiu num baixo nível de uso e ocupação do solo.

A atividade turística motora do crescimento econômico de vários municípios do litoral oriental do Rio Grande do Norte, não é tão forte em Rio do Fogo, deste modo, a área de estudo na qual se insere a praia de Pititinga, não é uma área com atrativos turísticos projetados e estruturados pelo poder público. As atividades de cunho turístico são desenvolvidas de modo incipiente, poucos bares, restaurantes e pousadas. Outro fator que afeta o alavancar do turismo nesta praia é a erosão costeira que degradou várias moradias tanto de moradores locais quanto de veranistas, deixando um aspecto

desagradável de destruição na praia. Estas características descrevem as classes mapeadas: “área de vegetação natural (uma área que não apresenta usos de modo mais evidente)” e “comunidade”. Vale ressaltar que nas áreas sem uso evidente a vegetação nativa ainda é bem representativa.

A comunidade de Pititinga é constituída basicamente por duas ruas ou estradas principais: uma que liga a comunidade a BR-101 e outra que é paralela a linha de costa cortando a comunidade no sentido norte-sul. A primeira estrada tem apenas um pequeno trecho pavimentado, sendo grande parte constituída de piçarra e a segunda estrada de dimensão menor apresenta seu maior trecho pavimentado. Há outra estrada que liga a comunidade de Pititinga às comunidades praianas de Maracajaú (ao sul) e Zumbi (ao norte), também, sem pavimentação. Estas estradas transformam-se num caos quando da ocorrência do período chuvoso, pois várias lagoas temporárias que margeiam ou cortam estas estradas afloram e formam dezenas de alagamentos ao longo delas, configurando-se num transtorno ao deslocamento da população. Tem-se então a classe mapeada “estradas”.

As atividades econômicas de maior destaque na área de estudo são a pesca artesanal e a cultura do côco-da-baía. A agricultura deste produto concentra-se na porção centro norte do mapa, porém, outras áreas também, apresentam este cultivo em menor proporção. Além do cultivo deste produto, tem-se o cultivo também de caju e mangas, de modo menos organizado.

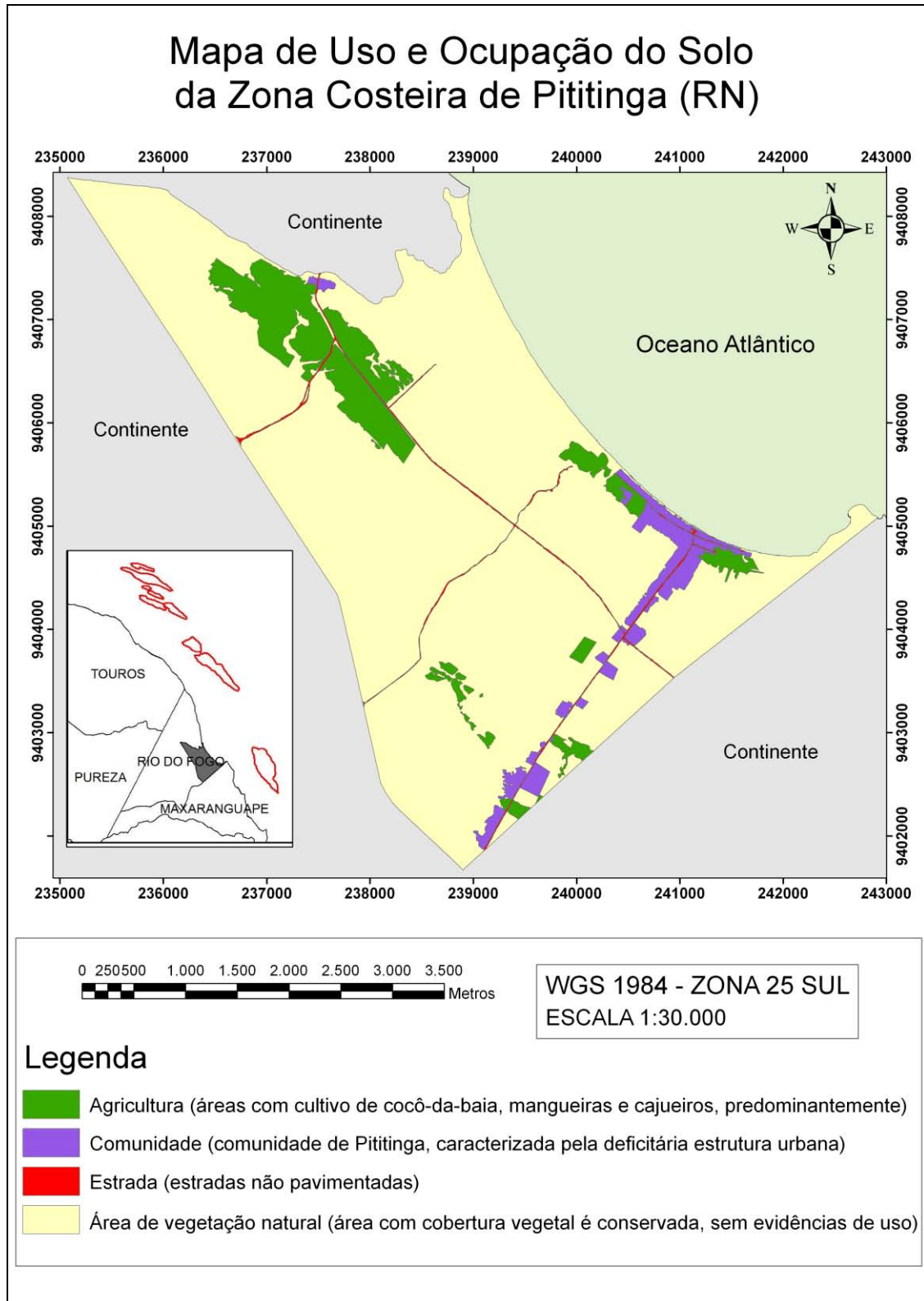


Figura 5.1 – Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo.

5.1.1.2 Vegetação

Na área de estudo foram identificados os seguintes tipos Fitogeográficos (com o apoio do Prof Dr. Luis Antonio Cestaro – Dep. Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, o qual colaborou com a revisão do Mapa de Vegetação da Zona Costeira de Pititinga – RN):

Aquática fluvial ou Vegetação com influência fluvial – Trata-se das comunidades vegetais das planícies aluviais que se desenvolvem, principalmente, por influência das cheias dos rios nas épocas chuvosas. Ocorrem nas margens do Rio Punaú.

Aquática fluvial temporária – Vegetação que ocupa o leito e margem de um rio difere do tipo anterior por não ter curso perene, onde só há circulação de água através no seu canal nos períodos de chuva; presente nas margens e leito de riachos da região mapeada;

Aquática lacustre permanente – Vegetação herbácea que se desenvolve em áreas de lagoas;

Aquática lacustre temporária – Vegetação herbácea que se desenvolve em áreas de lagoas temporárias;

Contato savana/restinga – A fisionomia e a composição florística indicam tratar-se de um ecótono, isto é, de uma mistura florística entre tipos de vegetação, no caso da área de estudo entre a savana arborizada (tabuleiro, campo-cerrado ou cerrado *sensu stricto*) e a formação pioneira arbustiva com influência marinha (restinga arbustiva). As vegetações ecotonais (de transição, ou de contato) não são protegidas legalmente. É constituída de pequenas árvores e arbustos espaçados sobre um rarefeito estrato herbáceo-graminóide. Ocorrem em regiões com relevo plano a suavemente ondulado (Brasil 1992);

Contato savana/restinga em início de sucessão – Contato savana/restinga caracterizado por encontrar-se em estágio inicial de sucessão ecológica, resultado de algum tipo de perturbação (por fogo ou desmatamento) e que agora está em processo de recuperação (Amaral 2008). Na área de estudo, estas se encontram dispersas em manchas;

Restinga arbustiva – Formação pioneira com influência marinha que recobre uma estreita faixa sem continuidade ao longo do litoral, recobrando os terrenos recentes do Quaternário (Holoceno), de solos azonais. Esta vegetação ocorre geralmente sobre dunas parcialmente consolidadas pela vegetação, com destaque para a faixa situada entre Natal e Touros (Brasil 1981);

Restinga herbácea – Vegetação herbácea densa em alguns pontos (manchas) e rala em sua maior parte, situadas em áreas mais próximas ao mar, recobrando estreitas faixas litorâneas;

Sem cobertura vegetal – Área não recoberta por vegetação, com solo naturalmente exposto ou por retirada da vegetação.

Vegetação Antrópica – considerou-se neste trabalho como vegetação antrópica aquela inserida no ambiente pelo plantio de espécies exóticas ou mesmo nativa, mas com o intuito comercial, de subsistência ou para arborização e paisagismo. Envolve a agricultura permanente – na área de estudo, a agricultura de caráter permanente é marcada, sobretudo, pelo cultivo de coco; a agricultura temporária – cultura praticada periodicamente e associada às cheias do rio Punaú; e demais vegetações inseridas pelo homem na comunidade ou fora desta.

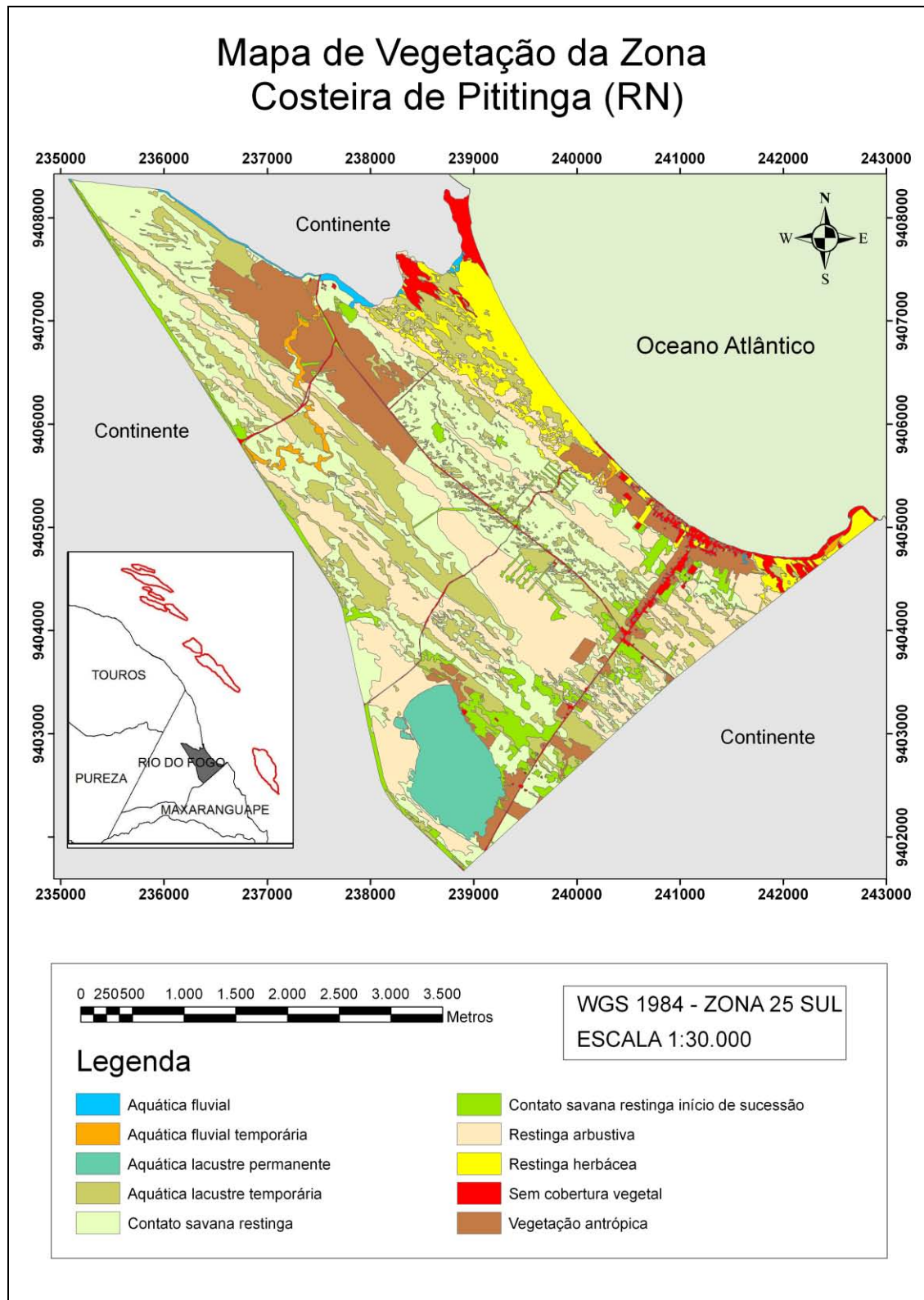


Figura 5.2 – Mapa de vegetação da área de estudo.

5.1.1.3 Meio Físico (Geomorfologia, Geologia e Pedologia)

5.1.1.3.1 Geomorfologia

Neste trabalho foram mapeadas as seguintes Unidades Geomorfológicas:

Duna frontal ou Cordão Dunar Incipiente – dunas frontais são depósitos eólicos lineares contínuos de areia em meio a vegetação no interior do pós-praia. As dunas frontais podem apresentar a geometria de cordões ligeiramente sinuosos, paralelos à linha de costa e também na forma de terraços ou rampa. Apresenta cobertura vegetal rarefeita e pequena (Amaral 2008, Suguio 1998);

Dunas fixas – Duna recoberta por vegetação estabelecida de modo que a ação do vento sobre o sedimento é praticamente impedido. Na área de estudo estas dunas apresentam morfologia longitudinal, isto é, dunas com cristas lineares paralelas aos ventos dominantes (Suguio 1998);

Dunas móveis – na área de estudo, estas dunas são parabólicas e apresentam suas alças (laterais) e a face de sotavento vegetada e/ou barrada por rio ou mar, dificultando a migração do corpo dunar, contudo apresenta transporte eólico de grãos em sua porção central desde a bacia de deflação até seu lobo deposicional ou além dele. A cobertura vegetal não é suficiente para evitar o transporte eólico, o que pode levar a um rebaixamento da duna por perda de material para um rio (como exemplo, das dunas situadas na margem do rio Punaú) ou para o mar (dunas situadas na Ponta do Coconho). Estas dunas parabólicas são caracterizadas por geometria plana em “U” ou “V”, com convexidade voltada para sotavento. Elas evoluem, em geral, a partir de uma ruptura de deflação, que tendem a condicionar sua forma devido ao resultado das variações de velocidade de migração entre seus braços, normalmente semi-fixados pela vegetação e/ou umidade, e sua parte central que pela ausência de vegetação migra rapidamente. A origem dessas dunas é associada a um rico suprimento de sedimentos no período de sua formação e a ação de ventos unidirecionais (Branco *et al.* 2003).

Lagoa permanente – são corpos perenes de água doce acumuladas em depressões circundadas por dunas;

Lagoas temporárias – Decorrem dos processos de deflação eólica dos terrenos situados no pós-duna ou entre dunas, em áreas topograficamente mais baixas que seu entorno, as quais são sazonalmente alagadas, como conseqüência do afloramento do lençol freático (Amaral 2008);

Riachos - Curso d'água cujo volume ou descarga contribui para aumentar outro, no qual desemboca. Chama-se ainda de afluente o curso d'água que desemboca num lago ou numa lagoa (Guerra & Guerra 2005).

Rio Punaú - Planície formada pela deposição de material aluvial erodido em áreas mais elevadas. São aquelas justapostas ao fluxo fluvial, têm formas alongadas (quando de nível de base local), largura e extensão bastante variadas e são produzidas pelos depósitos deixados pelos rios (Guerra & Guerra 2005);

Praia (Estirâncio ou Zona de espraiamento) – Zona que é alternadamente recoberta e descoberta pelo espraiamento das ondas (*Swah Zone*) (Komar (1976);

Superfície de deflação – são produzidas pela deflação, ação dos ventos sobre os terrenos do pós-duna, gerando uma remoção de sedimentos inconsolidados e desagregados até alcançar o nível base do lençol freático, produzindo uma superfície plana ou suavemente ondulada e pouco vegetada. Esta depressão do terreno pode acumular sazonalmente áreas úmidas e conter vegetação brejosa e gramíneas (Amaral 2008, Cunha *et al.* 1990).

5.1.1.3.2 Geologia

Neste trabalho foram mapeadas as seguintes Unidades Geológicas em consonância com o trabalho de Moreira (1994), o qual descreveu genericamente no

município de Touros (vizinho ao de Rio do Fogo), o que chamou de unidades Supra-barreiras, as quais estariam situadas sobre a Formação Barreiras.

Depósitos de dunas fixas ou paleodunas

As Dunas Fixas ou Paleodunas são sedimentos eólicos quaternários atualmente fixados pela vegetação natural. Nesta unidade ocorre a formação de solos de areias quartzosas, estando dispostas numa faixa paralela à linha de costa (Moreira 1994). Brasil (1981) versa que estas dunas são predominantemente constituídas por quartzo em forma de areias quartzosas, bem selecionadas e com grãos arredondados. Estruturas primárias do tipo estratificações cruzadas e plano-paralelas são consideradas por Moreira (1994). Uma espessura em torno de 12 a 15 m são indicadas para estas dunas através de dados obtidos de poços tubulares (Accioly 1995).

Barreto *et al.* (2004) levam em consideração, na faixa costeira situada na Microregião Nordeste, a existência de dunas inativas com morfologia tênue, constituído predominantemente de dunas do tipo parabólicas compostas e simples, além de longitudinais, estas últimas correspondentes possivelmente a rastros lineares residuais (*trailing ridges*) de dunas parabólicas.

A análise sedimentológica da amostra coletada em campo revelou que esta unidade é basicamente composta por grãos de quartzo, com 1,47% de matéria orgânica e predomínio das frações areia fina (53,4%) e areia média (36,1%).

Depósitos de dunas móveis

São depósitos arenosos de origem eólica, variáveis em forma e tamanho, apresentando composição quartzosa e granulometria média a fina, e bom selecionamento. Estes depósitos podem ocorrer isolados ou associados. (Moreira 1994). Estas dunas segundo Suguio (1998) sofrem deslocamento sob incessante ação eólica, fato associado à ausência de cobertura vegetal. Recobrem tanto o Grupo Barreiras como formações flúviolacustres mais recentes. Em alguns trechos, podem ser encontrados restos líticos, minerais pesados e carapaças de organismos marinhos.

Coberturas arenosas (pisos de dunas)

Segundo Moreira (1994) estes depósitos são constituídos por areias quartzosas, brancas, de granulometria média e moderadamente selecionadas, constituindo superfície aplainada. Apresentam origem eólica, sendo relacionadas a dunas dissipadas ou areias depositadas em lençóis.

Barreto *et al.* (2004) chamam de lençóis de areia o domínio constituído por formas mais tênues ou dissipadas que os demais, segundo eles feições de reativação são visíveis em imagens de satélites em todos os domínios de dunas inativas.

Esta unidade coincide em sua maior parte com a unidade geomorfológica superfície de deflação acima apresentada. A amostra analisada relativa a esta unidade apresenta concentração maior nas frações areia média (65,9%) e grossa (16,3%).

Depósitos de sedimentos de praias

Constituídos predominantemente por quartzo e ainda por minerais pesados, micas, seixos de limonita, fragmentos de rochas e organismos diversos, com granulometria variada (Moreira 1994). Nunes (1987) denominou este depósito de “Depósitos praias recentes” e coloca que estes são encontrados no Estirâncio e Planície de Deflação. É visto ao longo da linha de praia e no estirâncio, estrutura de ravinamento, marcas de deixa e marcas de ondas. Conforme Nogueira (2008) esta unidade sedimentar sofre retrabalhamento constante, por processos marinhos e eólicos. Ainda segundo este autor, as assembléias de minerais pesados são representadas por opacos, zircão e rutilo.

Depósitos aluvionares

Os depósitos aluvionares estão associados a sedimentos quaternários ligados aos leitos dos principais rios e drenagens da área e formam estreitas faixas (canais) com direção E-W. Tais depósitos são constituídos por areias predominantemente quartzosas, de coloração branco-acinzentada, cuja granulometria varia desde grãos finos a grossos, característicos dos ambientes fluviais, com selecionamento variando

de moderado a pobre (Nogueira 2008, Moreira 1994). Os minerais pesados são representados por hornblenda, epídoto e granada, com total ausência de opacos (Melo 2000).

Depósito Lacustre

Sedimento acumulado no fundo de uma lagoa, em geral, mais fino do que de um canal fluvial e freqüentemente rico em matéria orgânica vegetal (Sugio 1998). Na área de estudo duas amostras de lagoas foram retiradas, a primeira, na borda da lagoa, apresentou 15,7% de matéria orgânica, enquanto a segunda, retirada mais próxima ao centro da lagoa, apresentou 0,3% apenas, diferença resultante da concentração de vegetação entre centro e borda das lagoas. As duas amostras são compostas basicamente por sedimentos quartzosos e apresentaram uma maior quantidade das frações areia média e areia fina, estando a primeira com 40,9% de areia média e 21,6% de areia fina, e a segunda com 50,7 % de areia média e 37,4% de areia fina.

5.1.1.3.3 Pedologia

Na área de estudo foram identificados os seguintes tipos de solos (Brasil 1981):

Neossolos quartzarênicos (Areias quartzosas marinhas) – São areias de origem marinha depositadas pela ação dos ventos. São profundos a muito profundos, não hidromórficos e excessivamente drenados. São ácidos e com fertilidade natural muito baixa. Areias quartzosas distrófica apresentam baixos valores para soma de bases trocáveis e para saturação de bases e ocorrem em grandes extensões, principalmente na zona do litoral. As areias quartzosas marinhas que ocorrem sob vegetação mais densa apresentam uma camada superficial de matéria orgânica mais desenvolvida, decorrente da decomposição de fragmentos da vegetação, isto é, apresentam horizonte O mais desenvolvido que as areias quartzosas marinhas que ocorrem sobre influência de uma vegetação mais rala, descontínua e herbácea, desta forma, seu horizonte O é mais incipiente.

Nessosolos aluviais (Solos aluviais eutróficos) – classe integrada com solos hidromórficos, pouco desenvolvido. Formados pela deposição de sedimentos não consolidados transportados pelos rios, com origem e granulometria muito variadas. Apresenta horizonte A fraco, moderado ou chernozêmico sobrejacente a camadas estratificadas. Variam entre moderadamente profundos a muito profundos. Ocorrem em vários rios, relacionados a relevo plano. Nos solos argilosos mal drenados, é frequente a presença de mosqueados. Nas porções onde ocorre algum acúmulo de água na estação chuvosa, há sinais de gleização podendo ser conferidos nas camadas inferiores. Apresentam alta fertilidade natural.

Espodossolos (Podzóis Hidromórficos) - Tais solos apresentam restrição de drenagem (presença de horizonte glei). São encontrados nas áreas onde o lençol freático é raso, com afloramento periódico ou permanente, ocorrendo em alguns casos solos Orgânicos, Glei Úmico e Glei Pouco Úmico.

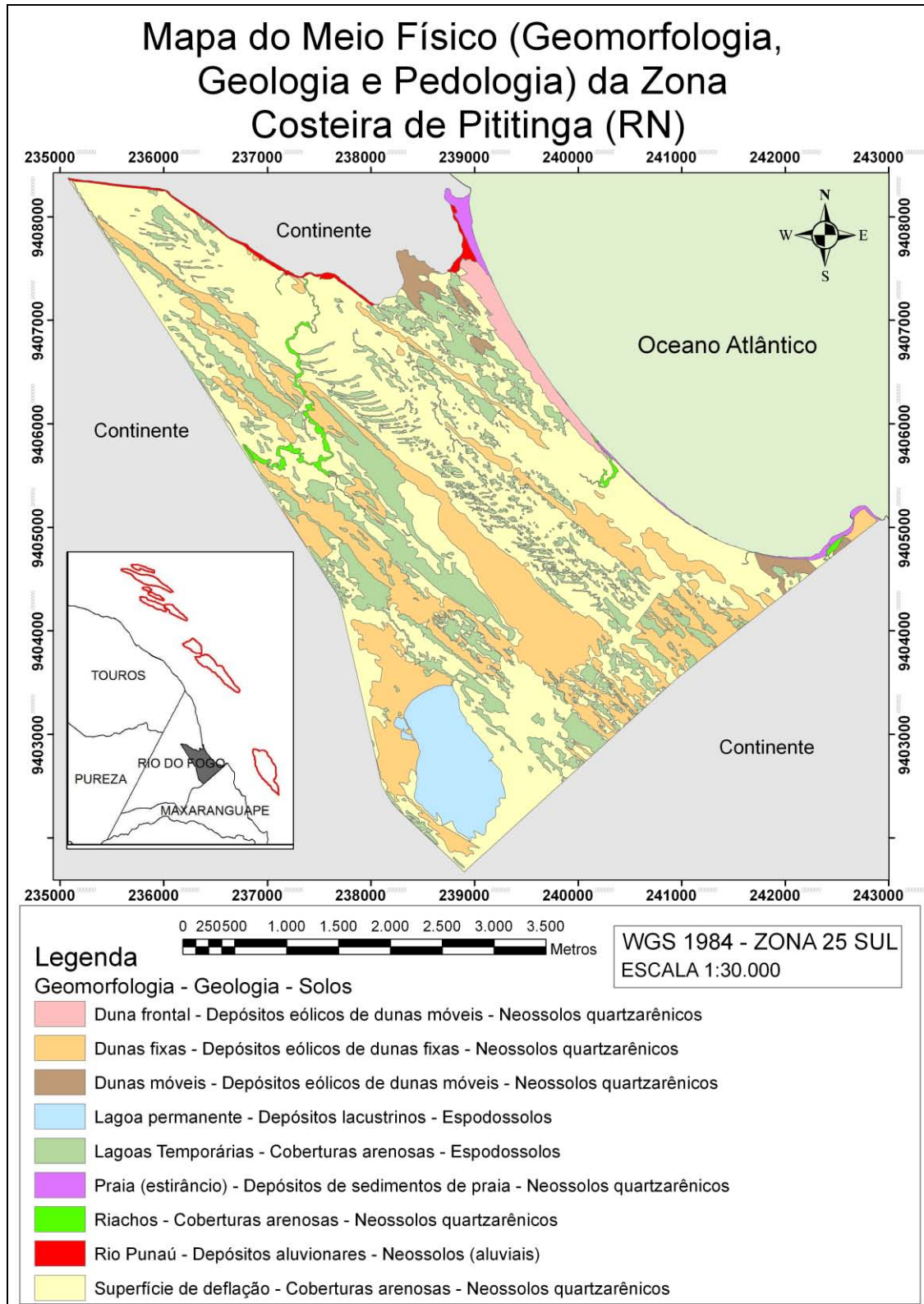


Figura 5.3 – Mapa do meio físico da área de estudo.

5.1.2 Vulnerabilidade Natural

O mapa de Vulnerabilidade Natural (figura 5.4) mostra o grau de intensidade e a distribuição da vulnerabilidade natural a possíveis intervenções antrópicas na área de estudo levando em conta aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos (considerando a relação de estabilidade entre morfogênese e pedogênese) e aspectos vegetacionais atentando para a densidade vegetacional e para a biodiversidade. Neste mapa pode-se observar o comportamento das feições físicas diante dos processos naturais, sem a interferência antrópica.

Tomando como ponto de partida para a análise da vulnerabilidade as unidades geomorfológicas, pode-se perceber 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), 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 solo desnudo de neossolos quartzarênicos 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 também, “vulnerabilidade média”. Nas regiões em que ocorreram 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 área (556 ha e 796 ha, respectivamente), e a menor área corresponde à categoria “vulnerabilidade muito alta” (72 ha), revelando que há uma maior dimensão

de áreas de equilíbrio e menos e menores áreas que denotam vulnerabilidade extrema (ver tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Área e porcentagem de área ocupada pelas classes de Vulnerabilidade Natural.

Vulnerabilidade Natural	Área (ha)	Porcentagem %
Muito baixa	0	0,0
Baixa	556	29,6
Média	796	42,4
Alta	454	24,2
Muito Alta	72	3,8
TOTAL	1.878	100

Dialogando com Grigio (2003) é possível destacar que há diferenças nos resultados dos mapas de Vulnerabilidade Natural em relação à categoria dunas móveis. Estas em Grigio (2003) representaram áreas de vulnerabilidade alta, enquanto aqui, 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 em Grigio (2003) apresentaram uma vulnerabilidade média correspondendo com o trabalho em tela. Esta vulnerabilidade pode ser compreendida quando se considera que as dunas fixas, 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, conseqüentemente, 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 anos com o alagamento destas lagoas no período chuvoso, este fenômeno cíclico afeta e prejudica o acesso à comunidade e o deslocamento interno desta, além de envolver casas e terrenos (deixando-os ilhados) situados sobre esta unidade geomorfológica. 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 e racional.

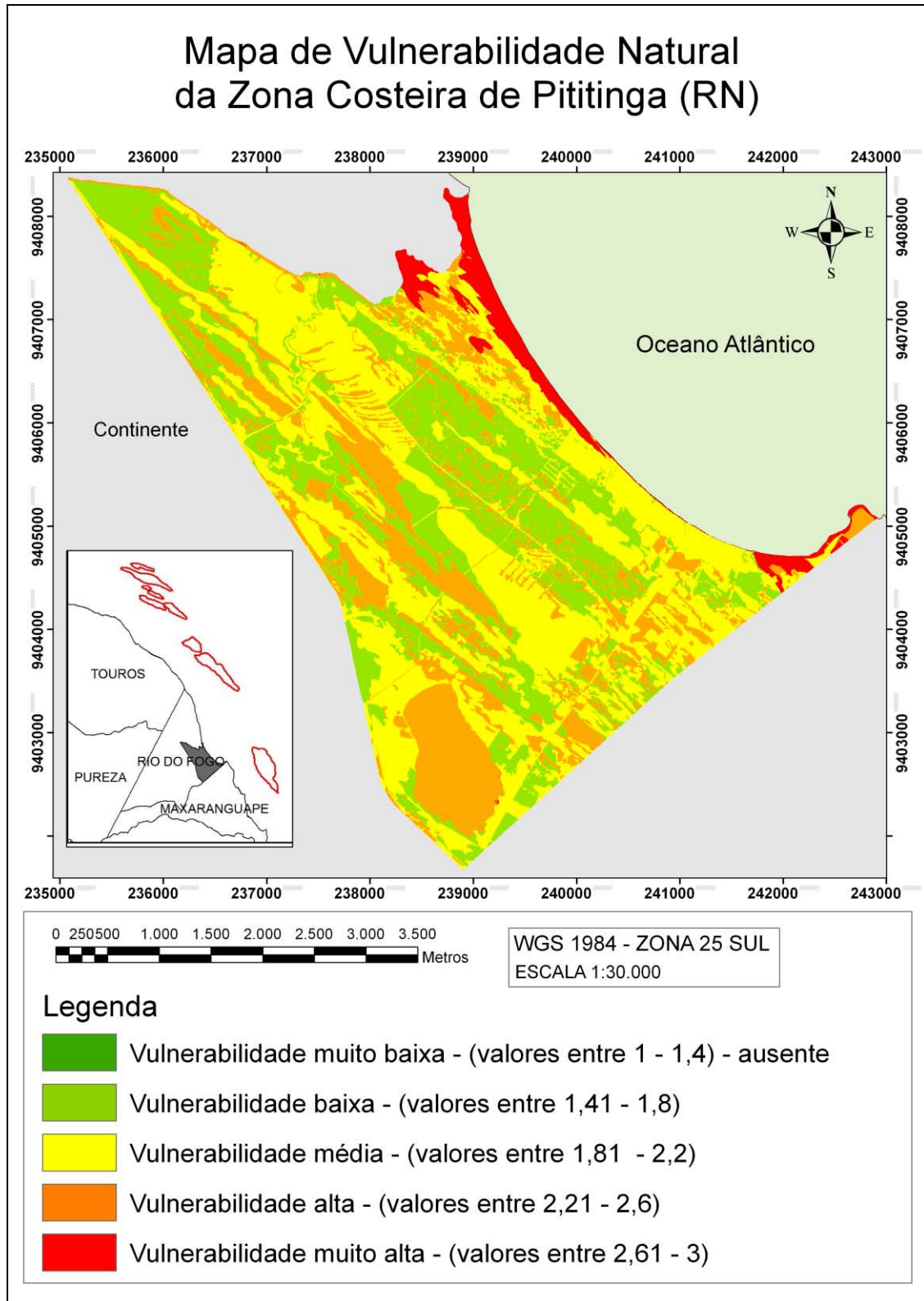


Figura 5.4 – Mapa de Vulnerabilidade Natural da zona costeira de Pititinga e seu entorno.

5.1.3 Vulnerabilidade Ambiental

A vulnerabilidade ambiental é a soma da vulnerabilidade natural com o fator uso e ocupação do solo. Este fator na área de Pititinga foi dividido em poucas classes pela pequena diversidade e distribuição de usos na área em questão. Esse acréscimo foi responsável por algumas modificações da vulnerabilidade da área de estudo (ver tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Área e porcentagem de área ocupada pelas classes de Vulnerabilidade Ambiental.

Vulnerabilidade ambiental	Área (ha)	Porcentagem (%)
Muito baixa	548	29,2
Baixa	1010	53,8
Média	236	12,6
Alta	75	4,0
Muito alta	8	0,4
TOTAL	1.878	100

Verifica-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 desrespeito à vulnerabilidade, sendo possível observar que no mapa de vulnerabilidade natural há uma menor área que indica maior estabilidade e uma maior área que indica instabilidade quando comparado com o mapa de vulnerabilidade ambiental. Esta redução 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 5.5) 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.

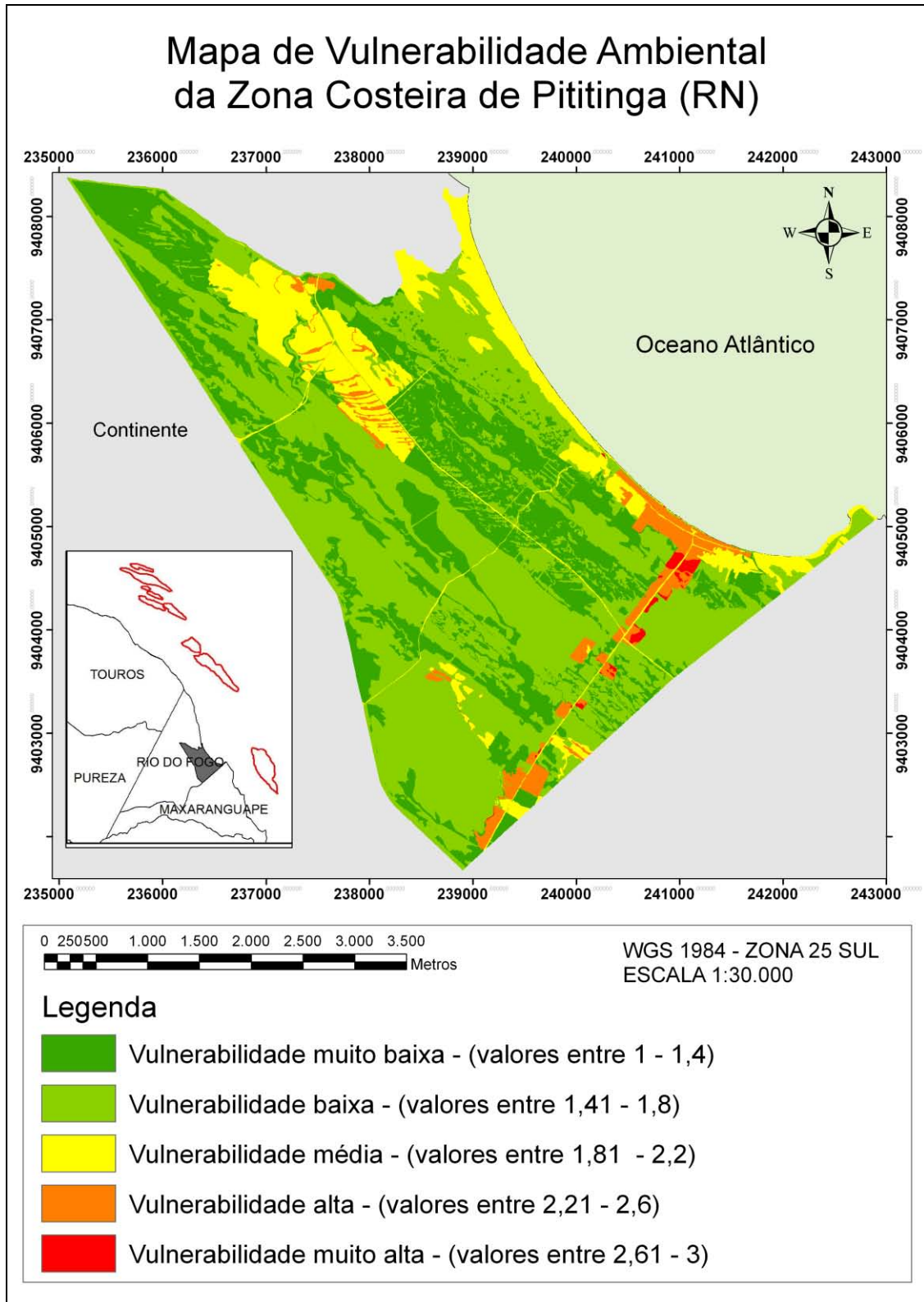


Figura 5.5 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da zona costeira de Pititinga e seu entorno.

5.2 Vulnerabilidade à erosão costeira na praia de Pititinga

Tratando particularmente da vulnerabilidade da praia de Pititinga à erosão costeira e com base na lista de geoindicadores obtida com dados de campo, foi gerado um produto cartográfico, que possibilita visualizar as zonas de maior vulnerabilidade e menor vulnerabilidade a erosão provocada, principalmente, pela ação do mar.

Somou-se à interpolação dos geoindicadores outro produto, o MDE (Modelo Digital de Elevação). A operação algébrica destes mapas forneceu as informações basilares para delimitar a erosão por grau de vulnerabilidade. O MDE assume importância, pois a elevação torna-se um fator relevante para averiguar a erosão por uma simples razão, quanto mais alto forem os compartimentos topográficos (naturais) que interagem com a praia maior será a dificuldade de erosão do trecho da praia contido nesta situação. O inverso também ocorre, quando a costa é baixa, sem compartimentos topográficos relevantes, há maior facilidade de erosão. Portanto, o MDE atua reforçando ou suavizando os efeitos da erosão quando somado com os geoindicadores.

Os geoindicadores forneceram informações sobre as características geológicas, geomorfológicas, de vegetação e uso e ocupação da praia, permitindo a obtenção de um quadro de características que revelam as zonas mais ou menos vulneráveis à erosão (ver modelo de *check-list* utilizado em campo - Anexo). Foram levantados 35 pontos ao longo da praia de Pititinga, cada um com aproximadamente 150 metros de distância em relação ao seu vizinho (ver figura 5.6). É possível verificar neste mapa que mais ao norte (entre os pontos 35 e 21) a vulnerabilidade à erosão predominante é “intermediária”, pois corresponde a uma área dominada por dunas frontais relativamente contínuas, de baixo porte (geralmente inferiores a 2 m), sem ocupação, todavia, com cobertura vegetal rasteira efêmera (de gramíneas distribuídas de modo mais ou menos regular ao longo da duna frontal – em alguns trechos elas não ocorrem ou ocorrem de forma ressequida), características que em conjunto produziram, neste trecho, um quadro de vulnerabilidade a erosão intermediário (ver figura 5.7 e 5.8).

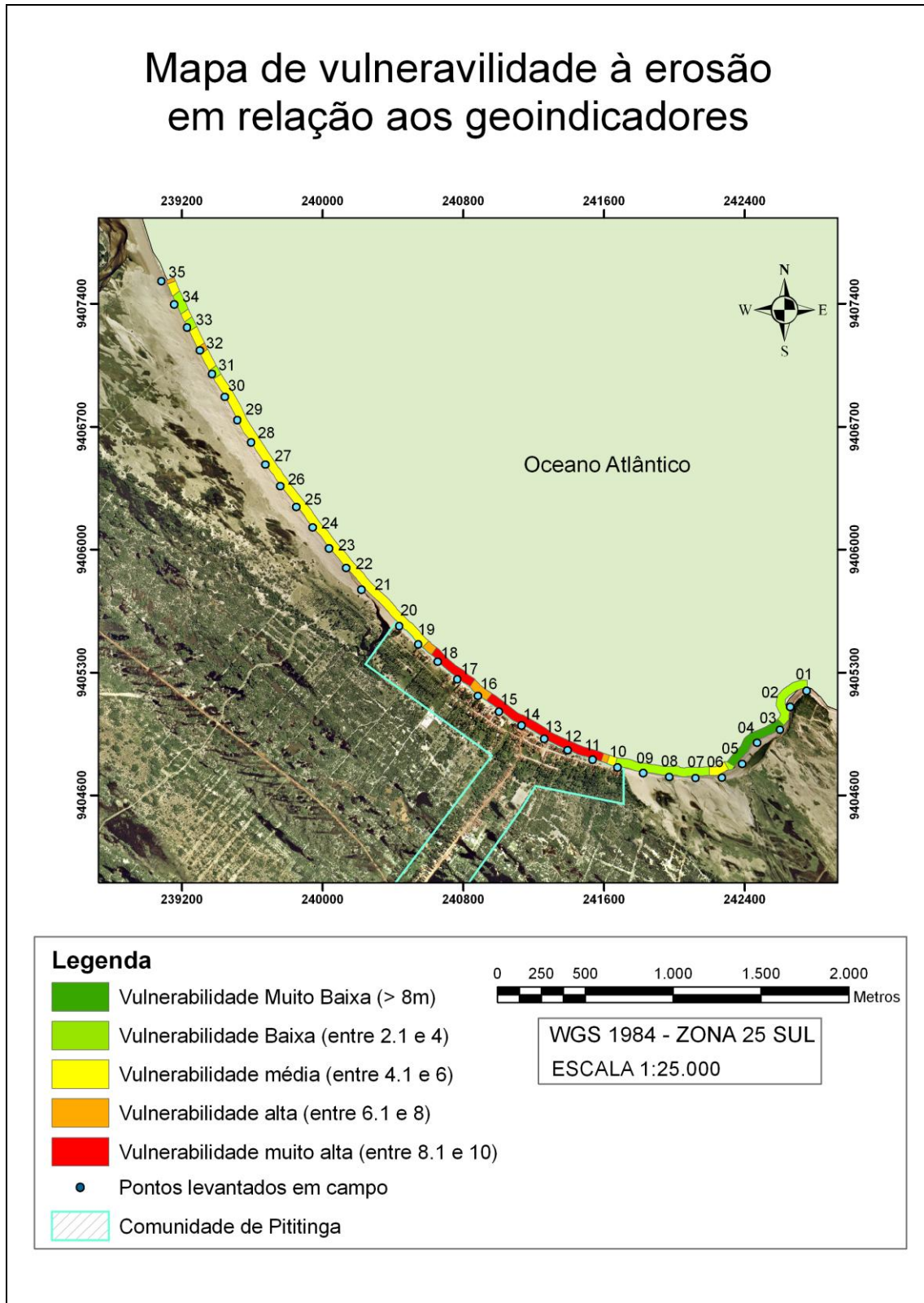


Figura 5.6 – Geoindicadores interpolados pelo Inverso do Quadrado da Distância.



Figura 5.7 – Dunas frontais. Foto: Eduardo Q. de Lima.

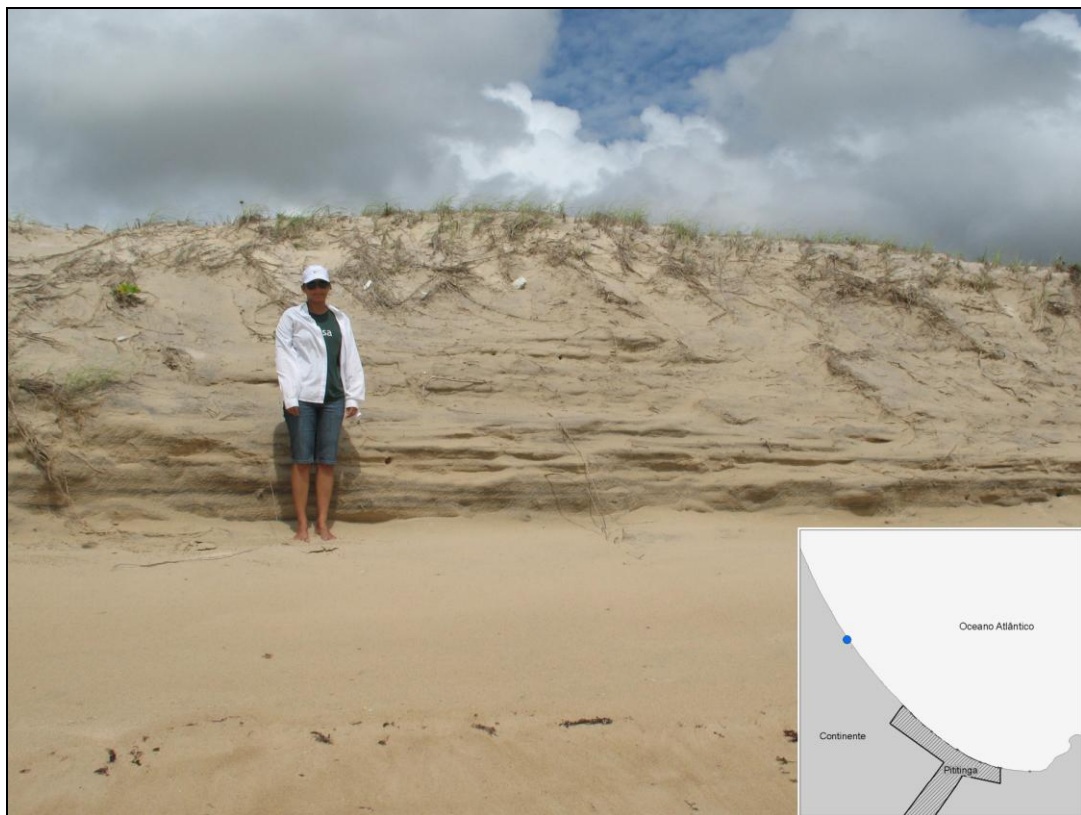


Figura 5.8 – Dunas frontais escarpadas. Foto: Eduardo Q. de Lima.

Já a área entre os pontos 20 e 19 apresenta poucas ocupações protegidas por dunas frontais (figura 5.9). Vale ressaltar que os pontos 35 a 31, estão inseridos na zona de vulnerabilidade intermediária, mas apresentam coloração verde (vulnerabilidade baixa) e laranja (vulnerabilidade alta), isto ocorre pelas características do compartimento duna frontal e pela largura média da praia seca, predominantemente. O ponto 34 apresenta uma duna frontal com mais de 2 m e sem escarpas, o ponto 33 uma duna frontal com vegetação presente e largura média da praia seca maior que 18m, já o ponto 31, de coloração verde, apresenta uma duna frontal sem escarpas com vegetação presente e largura média da praia seca entre 11 e 18 m. Os pontos 35 e 32 não apresentam duna frontal. No trecho dos pontos 20 e 19 a erosão permanece intermediária, pois apesar de ocorrerem edificações, estas são poucas e protegidas por dunas frontais recobertas por uma vegetação herbácea, rasteira.



Figura 5.9 – Duna frontal atenuando a erosão da praia neste trecho.
Foto: Eduardo Q. de Lima.

Entre os pontos 19 e 10 situa-se zona de alta e muito alta vulnerabilidade (cor laranja e vermelha). Neste trecho a vulnerabilidade aumenta, pela omissão da duna frontal, pela ocorrência de ocupações de modo concentrado, com árvores (coqueiros) caídas ou prestes a cair denotando uma real zona de erosão mais intensa, facilmente observável através de um rápido deslocamento pela praia (figura 5.10 e 5.11). Nesta porção tem-se a erosão mais severa, mais intensa da praia em estudo, com algumas residências à beira-mar extremamente deterioradas, destruídas pelo mar e com algumas estruturas para contenção do mar, as quais também foram assoladas (ver figuras 5.12 e 5.13). Aí, as ocupações e a inexistência da duna frontal, são os principais fatores que governam a mudança do grau de vulnerabilidade da praia.



Figura 5.10 – Coqueiros com raízes (R) expostas evidenciando o processo de erosão existente. Foto: Eduardo Q. de Lima.



Figura 5.11 – Zona mais afetada pela erosão, utilização de cercas e pedras para conter a atuação do mar. Foto: Eduardo Q. de Lima.

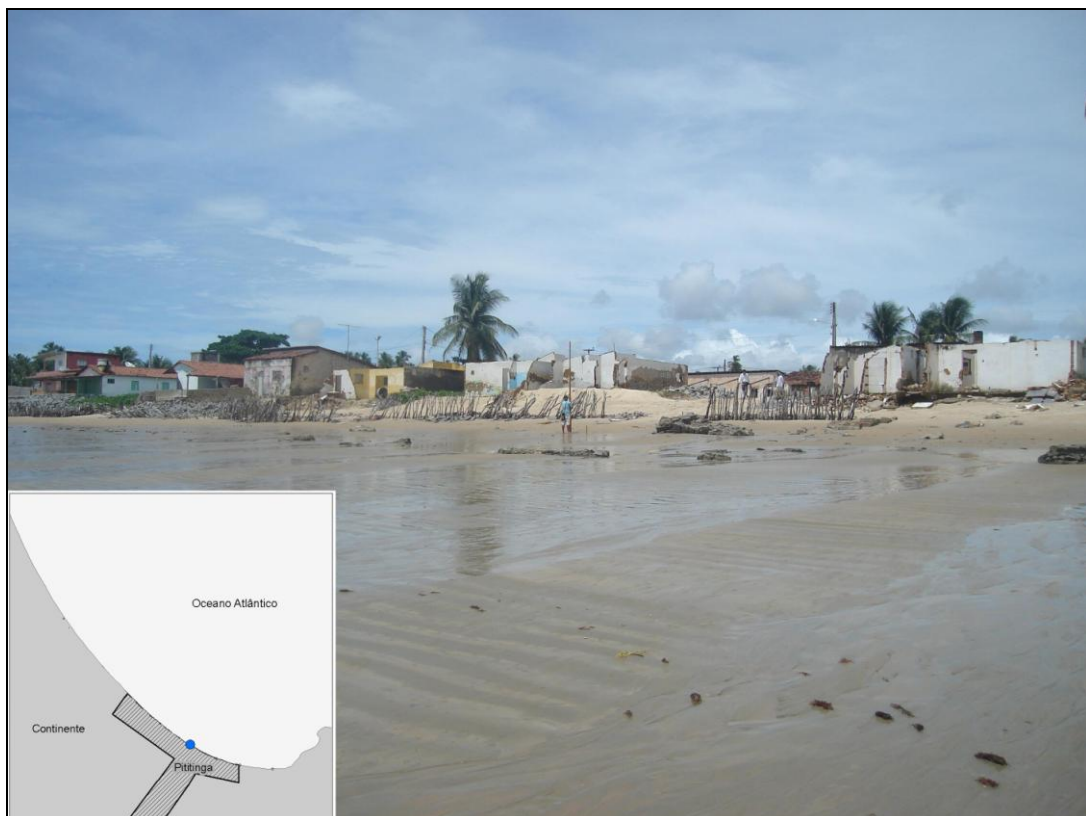


Figura 5.12 – Foto da zona mais afetada pela erosão. Foto: Eduardo Q. de Lima.



Figura 5.13 – Casa afetada pela erosão costeira fazendo uso de instrumentos para conter a erosão. Foto: Eduardo Q. de Lima.

No trecho do ponto 10 ao 01 verifica-se uma diminuição da vulnerabilidade com um trecho curto de vulnerabilidade média (cor amarela), um trecho maior de vulnerabilidade baixa (cor verde clara), no qual está inserido outro de vulnerabilidade muito baixa (cor verde escuro). Todo este trecho é marcado pela ausência de ocupações e pela presença de dunas costeiras, com o mar alcançando suas porções de barlavento. Estas migraram da Praia de Maracajaú, praia vizinha, ao sul de Pititinga (ao considerar o sentido do litoral oriental do Rio Grande do Norte) (ver figuras 5.14, 5.15 e 5.16). Porém, em torno do ponto 06 a cor amarela é decorrente da ausência de dunas costeiras, isto é, entre os pontos 10 e 07 tem-se dunas costeiras interagindo com o mar, havendo um intervalo da continuidade destas no ponto 06 e recomeça a partir do ponto 05 estendendo-se até o 01. Entre o ponto 05 e 03 a praia é mais larga, o que contribuiu para a diminuição da vulnerabilidade neste trecho.



Figura 5.14 – Campo de dunas que migrou da praia de Maracajaú e alcançou a praia de Pititinga. Foto: Eduardo Q. de Lima.

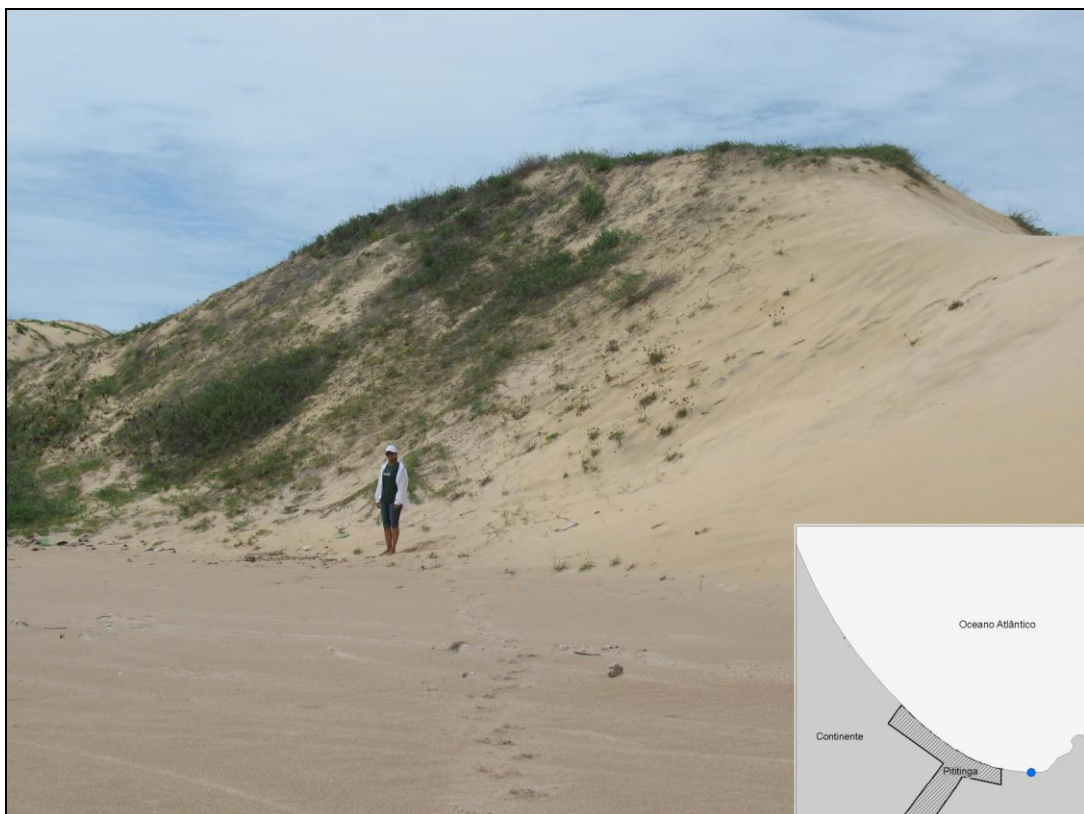


Figura 5.15 – Campo de dunas transgressivo. Foto: Eduardo Q. de Lima.



Figura 5.16 – Foto panorâmica do campo de dunas transgressivas situado na porção mais ao sul. Foto: Eduardo Q. de Lima.

Estas características diferenciadas permitiram um zoneamento da praia que a caracterizou de modo compatível com o observável e provavelmente compatível com o que se pode aferir em uma pesquisa de cunho mais quantitativo como, por exemplo, o levantamento de perfis transversais.

O MDE foi obtido pela interpolação de 1199 pontos, pelo método krigagem ordinária (Gaussiana) (ver figura 5.17), porém, também foram realizadas interpolações pelo método de “vizinhança” (*Natural Neighbor*), que por sua característica de não gerar informações em áreas com falta de dado, algumas áreas mapeadas não condiziam com a superfície real do terreno, produzindo menos subdivisões (classes) que a krigagem, método que considera o número de pontos necessário para se calcular uma média local e integra as características espaciais dos pontos amostrais (tamanho, orientação e forma da distribuição), permitindo a criação de superfícies mais suaves gerando informações onde não há pontos ou menor quantidade de amostras (Landim 2000).

O mapa relativo ao MDE representa a vulnerabilidade à erosão em função da altitude, não considerando qualquer outro parâmetro. Desta maneira, quando menor a altitude maior será tal vulnerabilidade. É possível perceber que quanto mais próximo do mar, maior será a vulnerabilidade, a qual diminui à medida que se afasta deste em direção ao interior do continente por aumento das cotas altimétricas.

Percebe-se que o setor sul é o que apresenta as maiores altitudes próximas a linha de praia, com altitudes em torno de 15 metros, alcançando cotas superiores. Ao longo do setor mais central da praia, a linha de costa apresenta baixas altitudes, próximas a zero, aumentando suavemente na direção do interior onde a uma distância entre 120 m e 150 m alcança-se a altitude em torno de 5 m. O setor mais ao norte é marcado por dunas frontais e superfícies de deflação com cotas altimétricas entre 7,4m e 5m, as quais variam suavemente da costa para o continente, o que resulta numa maior espessura da cor amarela (altitudes intermediárias) no sentido E-W. Tais dunas frontais são alcançadas pelo mar sempre nas preamares de sizígia.

Com o cruzamento destes dois mapas foi possível gerar um mapa de vulnerabilidade à erosão costeira de Pititinga (figura 5.18). Por se tratar de uma costa tipicamente baixa, o MDE, de um modo geral, reforçou as características erosivas expostas pelos geoindicadores, com isto, houve uma ampliação da vulnerabilidade geral da praia e redução de trechos menos suscetíveis, o que se pode observar no mapa da figura 5.18.

Na porção extremo norte da figura 5.18, no polígono (A) tem-se uma faixa de praia que alterna entre vulnerabilidade média e alta, com predomínio da primeira. Esta área como já foi exposto é marcada pela presença de dunas frontais, sentido NE-SO. Em relação ao mapa dos geoindicadores, não ocorrem mais porções de baixa vulnerabilidade, e as áreas de média vulnerabilidade ampliaram um pouco mais seu espaço.

Conforme Rebêlo e Brito (2004), as dunas frontais ocorrem geralmente na parte mais recuada da praia numa faixa de areia que permite a instalação de vegetação, por se encontrar fora do alcance da ação do mar, mesmo durante as tempestades de inverno e, desta forma, dos ciclos de erosão e acresção que modificam os perfis de praia. No caso de Pititinga, estas dunas estão em contato diário com a ação do mar em função das marés cheias, com destaque para aquelas de sizígia. Assim, encontram-se

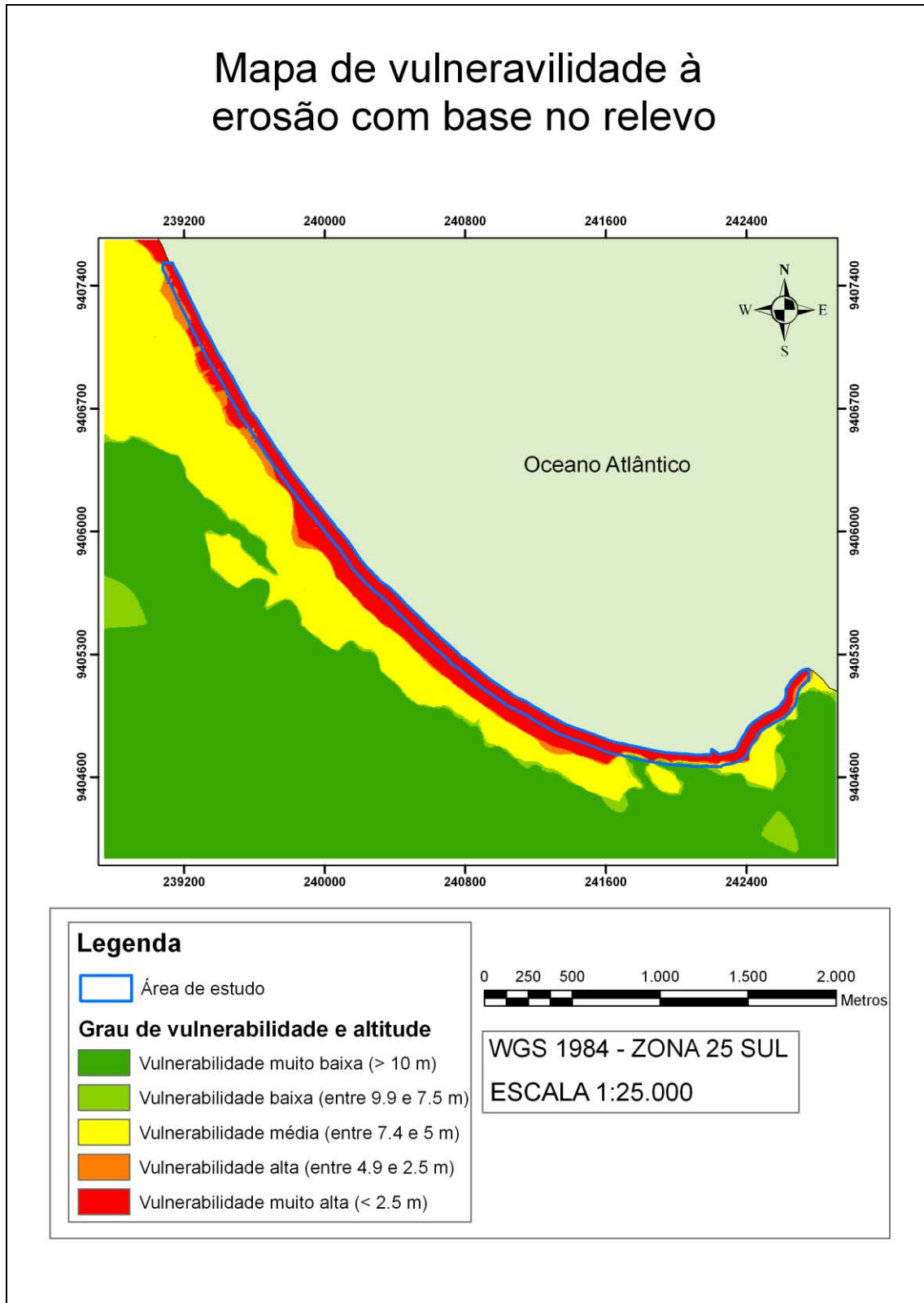


Figura 5.17 – Mapa de vulnerabilidade em relação ao relevo.

escarpadas em sua maior parte (figura 5.18), o que evidencia um processo erosivo nestes trechos, contudo, ao mesmo tempo, há o retorno para a praia dos sedimentos que foram transportados pelo vento em direção a costa, o que permitiu a formação de tais dunas.

Ainda na porção correspondente ao polígono (A), há predomínio de outras características que evidenciam um processo erosivo, tais como: praia estreita (< 11 m), presença de vegetação de gramíneas sobre as dunas frontais (de forma relativamente contínua, ressequidas em alguns pontos e ausentes na face escarpada das dunas) e a falta de estruturas de engenharia.

O polígono B é marcado por uma vulnerabilidade alta, pois neste trecho as dunas frontais são menores e exercem menos proteção à ação erosiva, além de estarem mais distantes da linha de praia, o que fez com que o MDE provocasse um aumento da vulnerabilidade em relação ao mapa dos geoindicadores neste trecho. Próximo ao trecho de transição entre os polígonos A, B e C, ocorre algumas casas protegidas por dunas frontais menos exuberantes e menores que 2 m de altura (figura 5.9).

Na porção mais central da figura 5.18, no polígono (C) há um predomínio da cor vermelha, a qual indica uma vulnerabilidade muito alta. Observando a figura menor do “mapa de vulnerabilidade à erosão costeira de Pititinga”, verifica-se que a zona C do mapa (figura maior) está envolta por uma zona de coloração laranja (vulnerabilidade alta), e esta ainda progride para uma de coloração amarela (vulnerabilidade média) à medida que se desloca para o interior do continente, o trecho de coloração vermelha é o que ocorre ação direta do mar, porém, o trecho em laranja pode indicar uma maior vulnerabilidade à erosão costeira em períodos de transgressão marinha, sendo a área mais vulnerável em todo o percurso em análise. Neste trecho, a praia apresenta erosão severa, não há dunas frontais, a vegetação é ausente ou tombada (coqueiros), a largura média da praia seca é menor que 11 m ou zero, há habitações de veraneios e de moradores locais, estando algumas extremamente deterioradas e abandonadas, há estruturas de engenharia visando conter a ação erosiva do mar (figuras 5.11, 5.12 e 5.13). No fim o trecho C, muda gradativamente de cor até encontrar com o polígono D.

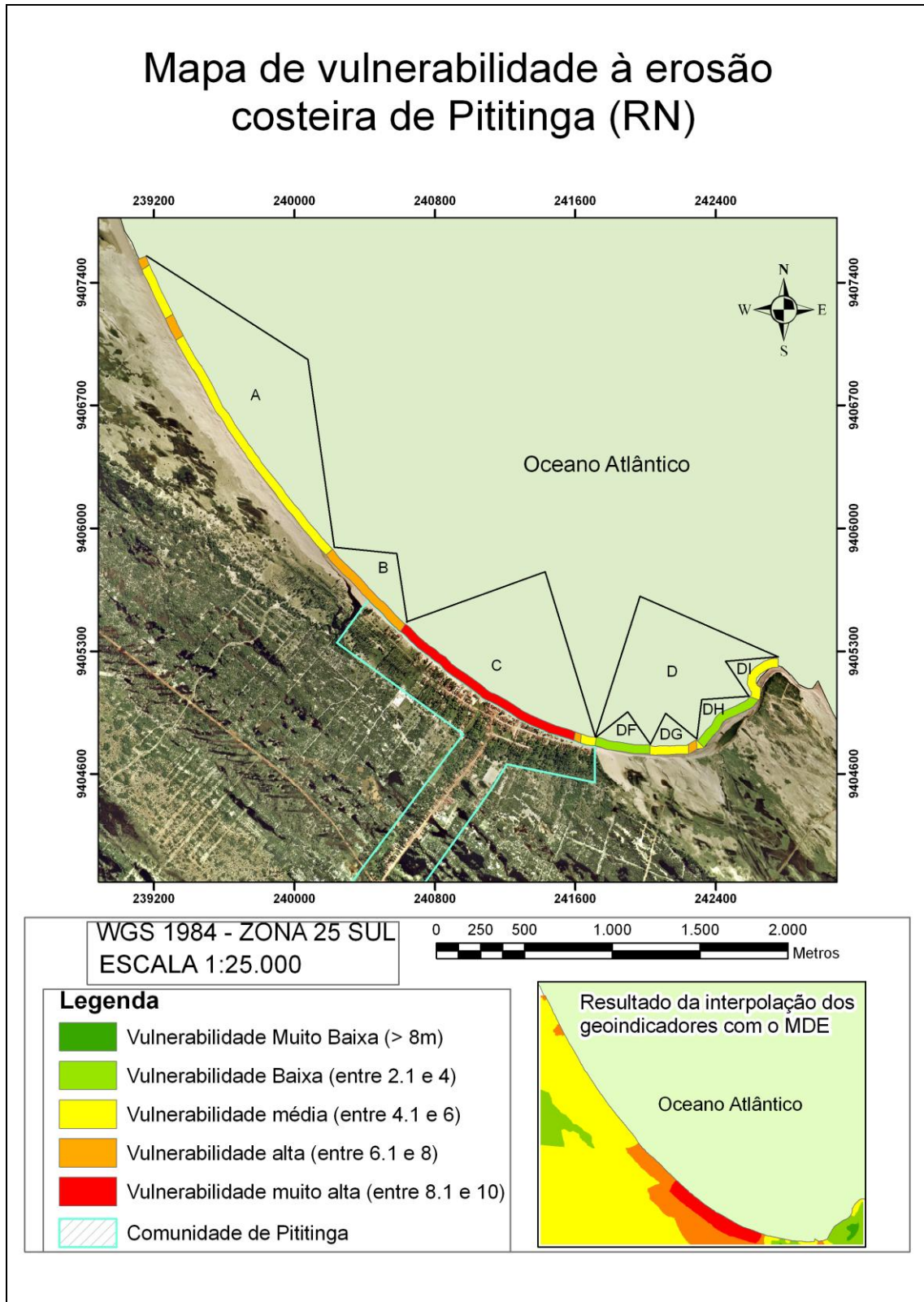


Figura 5.18 – Mapa de vulnerabilidade à erosão da praia de Pititinga.

Na porção sudeste da figura 5.18, no polígono (D) as residências cessam e se inicia uma zona marcada pela presença de dunas costeiras interiores, as quais são provenientes da praia de Maracajaú (mais a sul) e migraram pelo continente (sobre a Ponta do Coconho), por influência os ventos alísios de SE, alcançando a praia de Pititinga de modo que sua face de sotavento interage com o mar (figura 5.19). Há neste trecho uma interação praia-duna um pouco diferente daquela que ocorre com as dunas frontais do trecho acima debatido. Aqui as dunas são transgressivas (figuras 5.14, 5.15 e 5.16) e, atualmente, há restrições quanto a sua alimentação por sedimentos oriundos da praia de Maxaranguape (pista de sedimentos a barlavento presentemente bem vegetada, dificultando o transporte de sedimentos). Porém, este campo de dunas ainda é influenciado por ventos de SE e, conseqüentemente, transporta sedimentos para o mar, ademais, estas dunas encontram-se sob atuação das ondas marinhas, que podem desenvolver escarpas mais ou menos evidentes em função da dinâmica das dunas e da oscilação das marés. Desta forma, elas protegem a praia e o continente da atuação erosiva das ondas marinhas e fornecem sedimentos para a praia, assim como as dunas frontais, por isso, neste trabalho foram analisadas sob a mesma óptica das dunas frontais, apesar de suas gêneses serem distintas, elas exercem papel semelhante como geoindicadores de erosão costeira. Em toda porção do polígono D não há estruturas de engenharia (nem residências).

O polígono DF é marcado pela presença destas dunas supracitadas com a porção de barlavento bem desenvolvida. O polígono DG apresenta estas dunas menos desenvolvidas e está situado entre duas zonas de deflação, o que somado com o efeito do MDE criou uma zona de vulnerabilidade média e alta. No polígono DH as dunas estão vegetadas e rebaixadas (mas ainda altas), porém há um aumento da largura média da praia seca (maior que 18 m - a porção onde esta característica assumiu maior largura em todo o percurso de estudo) e início da proteção por arenitos de praia (os quais não são visíveis na imagem utilizada para trabalho, por estarem encobertos pelo mar). No trecho DI, as dunas continuam vegetadas e relativamente rebaixadas, os arenitos de praia ficam mais desenvolvidos à medida que se aproxima da Ponta do Coconho, estes estão exumados, mas destacam-se por diminuírem a energia das ondas que alcançam a praia atual.

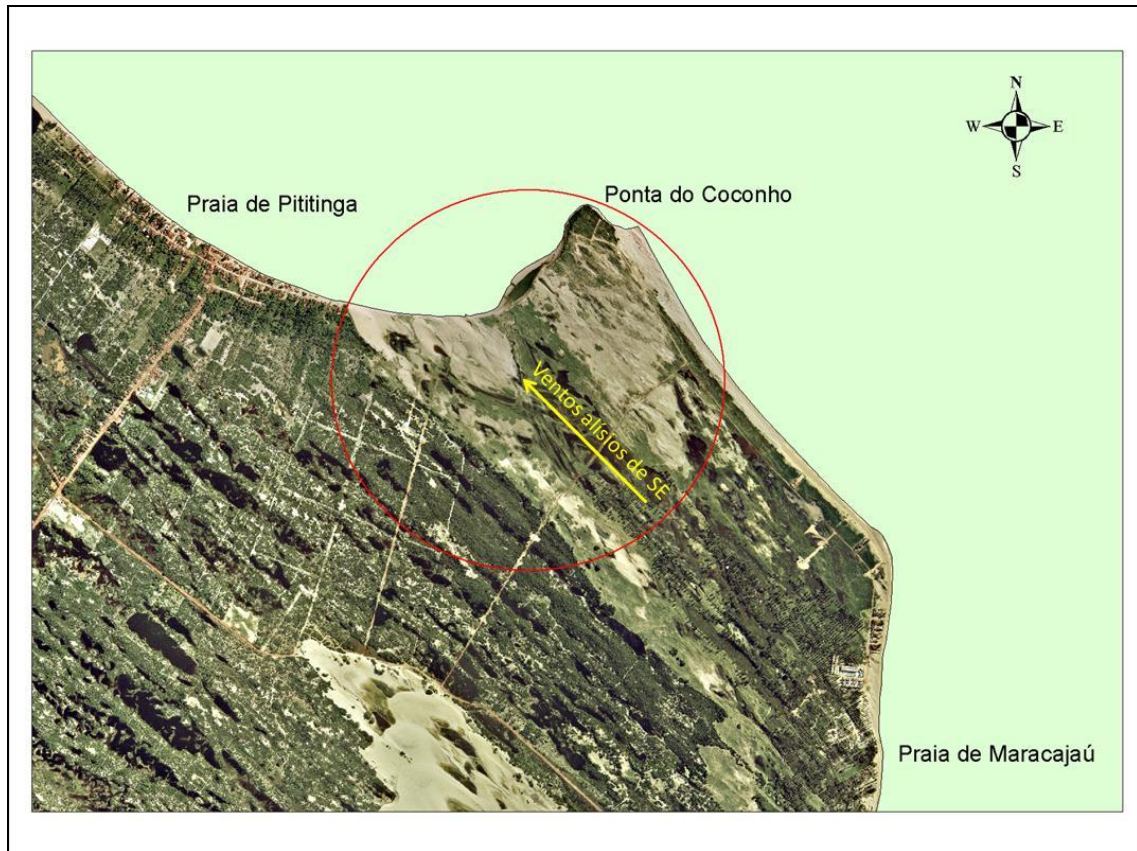


Figura 5.19 – Figura ilustrativa do avanço das dunas transgressivas em direção à praia de Pititinga.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES

A análise da questão ambiental perpassa por várias escalas (temporais e espaciais) e fatores em sua apreensão, dificultando e estimulando os pesquisadores das mais diversas áreas e ramos do saber. Não há um profissional ou um especialista que consiga abarcar toda a gama de objetos, coisas, relações, processos envolvidos na temática ambiental. A especialização em disciplinas proporciona uma análise restrita dos fenômenos e fatos vivenciados e observados, muitas vezes, dificultando a apreensão da realidade que nos cerca. Hoje a ideia de complexidade e interdisciplinaridade é recorrente, em oposição ao reducionismo tradicionalmente praticado pela ciência. Na área ambiental esta interdisciplinaridade é fundamental, conforme Rohde (1995), é sobretudo na abordagem sistêmica, na complexidade e na questão ambiental que a interdisciplinaridade possui maior relevância. A problemática ambiental demanda, claramente, uma ciência de origens múltiplas, que evidencia desde o primeiro momento seu caráter integrador e de síntese (Leis 2010).

Outro fator que dificulta a compreensão e análise dos fenômenos ambientais é a dicotomia criada entre natureza e cultura. Nossa ciência foi moldada em bases instituídas por esta dicotomia que separa o homem da natureza ou a natureza do homem, como se um e o outro não se comunicassem ou fizessem parte de um mesmo universo de relações e interações. Matias (2009) explana que o conceito tradicional de natureza, cunhado com “orgulho” pela lógica capitalista, considera a natureza como matéria prima que sustentará a máquina do processo de acumulação e circulação de capitais a nível global. O homem é aquele que pode explorar, extrair, dominar conforme suas vontades e capacidades todas as benesses provenientes destes recursos, colocando-o fora da natureza, para dominar aquilo que lhe é exterior.

Esta dicotomia e especialização não fazem sentido dentro da análise ambiental. Diferentes sociedades agem de modo distinto sobre a natureza, produzindo relações diferenciadas, assim, a análise ambiental requer a ruptura desta dicotomia, englobando tanto elementos da natureza quanto antrópicos, sociais em sua análise. Foi esta a ideia que permeou todo este trabalho, pautando a análise ambiental nele embutida em fatores naturais e antrópicos que se entrecruzam e se interpenetram, o que fica claro ao se verificar a metodologia e a discussão nele presente.

Através da idéia de Vulnerabilidade Ambiental foi possível constatar as modificações impostas pelo homem sobre os ecossistemas. No recorte espacial proposto por este trabalho, esta influência do homem é ressaltada nos pontos em que há aglomerações humanas ou atividades antrópicas. 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.

Todavia, creio ser necessário reavaliar o critério adotado por Grigio (2003) para atribuir pesos aos mapas de uso e ocupação. Não que sejam inadequados os pesos atribuídos aqui e também em outros trabalhos que seguem a ideia de atribuir pesos segundo o “grau de antropização”, pois este critério deu respostas satisfatórias, mas creio ser necessária uma avaliação menos subjetiva, que não deixe muito a critério da visão específica do pesquisador. A avaliação particular do pesquisador é interessante desde que sejam estabelecidos critérios mais sólidos e sistemáticos que subsidiem sua avaliação. Seria interessante estabelecer uma matriz estabelecendo intervalos com níveis de antropização considerando a correlação entre os diversos tipos de atividades humanas, o ecossistema e a escala espacial e temporal em que estas atividades estão se processando.

Na área de estudo, o uso e ocupação que se processam 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 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 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.

Com relação à “Vulnerabilidade à erosão” é também, na comunidade de Pititinga que ocorrem as maiores preocupações, porém aqui, estas são bem evidentes, pois o processo erosivo já é uma realidade há algum tempo, assolando e inquietando moradores e veranistas que possuem casas a beira-mar. Esta praia requer mais

estudos sobre erosão, principalmente no que se refere a variações relativas do nível do mar, tendo em vista que depoimentos de moradores desta região atestam que o mar se elevou e já vem provocando erosão e destruição a mais de uma década.

A metodologia empregada também permitiu um bom zoneamento da praia quanto a sua vulnerabilidade à erosão. Entretanto, fica a necessidade de se definir novos parâmetros para refinar a análise por geoindicadores. Creio que no caso do litoral Rio do Fogo e municípios adjacentes varias praias apresentam seu poder destrutivo atribuído não somente a energia de ondas, mas principalmente a interação onda e maré. Diferentemente das praias investigadas por Rudorff (2005) de caráter de micromaré, a praia de Pititinga é de mesomaré, e percebe-se que durante as luas cheias e novas a energia de onda varia significativamente entre a baixa-mar e a preamar. Um modo de considerar a maré seria atribuir pesos distintos para praias de micromarés (menor peso), mesomarés (peso intermediário) e macromarés (maior peso).

Também seria interessante, conforme Coburn (2001), considerar na lista de geoindicadores as falésias, contudo, como na praia de estudo esta unidade geomorfológica não era presente ela foi desconsiderada da matriz.

A comparação entre trabalhos anteriormente realizados na área de estudo com este aqui realizado é impossível por um simples motivo: não há trabalho científico anteriormente realizado nesta praia com o fim de quantificar e avaliar esta erosão. Assim, não podemos aprofundar a discussão e debater com outro trabalho anteriormente realizado no mesmo contexto ambiental.

Por fim, este trabalho acima de tudo deve encorajar e estimular outros pesquisadores a trabalhar com a ideia de vulnerabilidade ambiental (considerando a vulnerabilidade à erosão) em ambiente costeiro, e incentivar uma maior difusão de pesquisa no litoral oriental do Rio Grande do Norte situado a norte da capital (Natal). Tendo em vista que nesta costa, poucos trabalhos científicos foram realizados, urgindo assim, uma necessidade crescente de informações que gerem um maior conhecimento desta área para facilitar a criação de planos e estratégias que oriente uma gestão ambiental racional.

REFERÊNCIAS

- Accioly P.C.V. 1995. Mapeamento Geológico-geofísico na Costa Leste do Rio Grande do Norte: área entre os municípios de Goianinha e Canguaretama – RN. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 72 p.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. *In: SBG/NE, Simpósio de Geologia do Nordeste Campina Grande, 8, Atas*, p. 363 - 391.
- Almeida F.F.M & Hasui Y. 1984. *O pré-cambriano do Brasil*. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 378 p.
- Alves H.P.F. 2006. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *R. Bras. Est. Pop.*, 23:(1) 43-59.
- Amaral R.F. (Org.). 2008. *As dunas do Pólo Pitangui*. Laudo Técnico, Natal, 59 p.
- Andrade M.C. 1967. Condições naturais do Nordeste. Rio de Janeiro, *Boletim Geográfico*, 26:(196).
- Araripe P.T. & Feijó, F.J. 1994. Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8:127-141.
- Barreto A. M. F., Suguio K., Bezerra F. H. R., Tatum S. H., Yee M., Guannini P. C. F. 2004. Geologia e Geomorfologia do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. *Geologia USP. Série Científica*, 4: (2)1-12.
- Barros Filho M.N.M. 2007. Krigagem Ordinária aplicada à análise espacial da habitabilidade intra- urbana: o caso da cidade do Recife (Brasil). *In: VII Seminário Internacional da Sociedade Latino-Americana de Estudos Imobiliários, 39, LARES*.
- Berger A.R. & Iams W.J. 1996 *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental changes in Earth Systems*. A. A. Balkema, Rotterdam, 466 p.
- Berger A.R. 1998. Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature. *GSA Today*, 8:3-8.
- Bird E. C. F. 2001. *Coastal geomorphology: an introduction*. Wiley, 411P.
- Borges P., Lameiras G., Calado H. 2009. A erosão costeira como factor condicionante da sustentabilidade. *In: 15º Congresso da APDR-Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional, APDR*, p. 66. Disponível em: <<http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf/Sess%C3%A3o%201/107A.pdf>>. Acessado em 20 nov 2009.

- Burrough P.A. & McDonnell R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, New York, 346p.
- Boruff B.J., Emrich C., Cutter S.L. 2005. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal Of Coastal Research*, 21(5): 932-942.
- Branco M.P.N.C., Lehugeur L.G.O., Campos J.E.G. 2003. Proposta de classificação para as feições eólicas do setor leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil. *Geociências*, 22(2): 163-174.
- BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. IBGE, Rio de Janeiro, 92 p.
- BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2007. *Manual técnico de pedologia*. IBGE, Rio de Janeiro, 315 p.
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL 1981. *Levantamento de recursos naturais: Folha AS.24/25 Jaguaribe/Natal*. MME-SG, Rio de Janeiro, 23.
- Bush D.M., Neal W.J., Young R.S., Pilkey O.H. 1999. Utilization of geoindicadores for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. *Ocean & Coastal Management*, 42:647-670.
- Camargo E.C.G., Fucks S.D., Câmara G. 2004. Análise espacial de superfícies. In: S. Druck, M.S. Carvalho, G. Câmara, A.V.M. Monteiro (eds) *Análise Espacial de Dados Geográficos*. EMBRAPA.
- Carvalho J.R.P. & Assad E.D. 2005. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. *Engenharia Agrícola*, 25(2):377-384.
- Coburn R. H. 2001. *Reducing the Vulnerability of North Carolina's Coastal Communities: A Model Approach for Identifying, Mapping and Mitigating Coastal Hazards*. Duke University, Durham, 10p.
- Coltrinari L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. 2001. *Pesquisas em geociências*, 28(2): 307-314.
- Costa F.H.S., Petta R.A., Lima R.F.S., Medeiros C.N. 2006. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*, 58(02):119-127.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2005. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Diagnóstico do município de Rio do Fogo, estado do Rio Grande do Norte*. CPRM/PRODEEM, Recife, 11 p.

- Crepani E., Medeiros J.S., Azevedo L.G., Hernandez Filho P., Florenzano T.G., Duarte V. 1996. *Curso de Sensoriamento Remoto aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico*. INPE, São José Dos Campos, 18 p.
- Cruz J.B. (Org) 2007. Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte. Disponível em: www.ibama.gov.br/cecav/download.php?id_download=292. Acessado em: 18 out 2008.
- Cunha E.M.S., Silveira I.M, Nogueira A.M.B., Vilaça J.G. 1990. Análise ambiental do setor costeiro Maxaranguape – Touros/RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA – CBG, 36, Natal, 1990, *Anais...*, 2:770-782.
- Cutter S.L. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4):529-539.
- Dagnino R. S. & Carpi Junior S. 2007. Risco ambiental: conceitos e aplicações. *Climatologia e estudos da paisagem*, 2:50-87.
- Davies, J. L. 1964. A morphogenic approach to world shorelines. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 8:127-142.
- Davis R.A. Jr. & Fitzgerald D.M. 2004. *Beaches and coasts*. Blackwell, Malden, 419 p.
- Dicionário Livre de Geociências. Falésia. Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Fal%C3%A9sia>. Acessado em out 2008.
- DICIONÁRIO Livre de Geociências. Rifte. Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Rifte>. Acessado em out 2008.
- EMBRAPA solos 1971. Levantamento Exploratório: Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Escala: 1:500.000.
- Fabbri A.G. & Patrono A. 1995. The use of environmental indicators in the geosciences. *ITC Journal*, 4:358-366.
- Farias, F.S. 2002. Tamandaré: a dinâmica de suas praias frente às novas tribos repovoadoras do Século XX. Dissertação de Mestrado em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, 124 p.
- Firmino F.S. 2006. Dinâmica do turismo na Zona Costeira nordestina: Questões conflitantes do desenvolvimento turístico da Praia dos Carneiros (Tamandaré/PE). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, 201 p.
- Galvin C.J. 1975. Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, 89:1541-1549.

- Garcia R. & Zêzere J.L. 2003. Avaliação de Riscos Geomorfológicos: Conceitos, Terminologia e Métodos de Análise. *In: III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Livro de Actas*, p. 299.
- Gomes A.S. 2003. Ondas Marinhas. 18p. Notas de aula.
- Gonçalves C.W.P. 2006. *Os (des)caminhos do meio ambiente*. Contexto, São Paulo.
- Gonçalves E.R. 2007. Utilização da lógica fuzzy para projeção dos indicadores de desempenho estratégico. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Administração e Economia da Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, 59 p.
- Grigio, Alfredo Marcelo. 2003. 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 de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003, 253 p.
- Grigio, Alfredo Marcelo. 2008. Evolução da paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 216 p.
- Guerra A.T. & Guerra A.J.T. 2005. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 652 p.
- Guza R.T. & Inman L. D. 1975. Edge Waves and Beach Cusps. *J. Geophys. Res.*, 80(21): 2997-3012.
- Hoefel F.G. 1998. Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas: Uma Revisão Bibliográfica. FACIMAR, Editora da UNIVALI, Itajaí. 91p.
- Hogan J.D. & Marandola Júnior E. 2005. Towards and Interdisciplinary Conceptualisation of Vulnerability. *Popul. Space Place*. 11:455-471.
- IDEC – Instituto do Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte 1994. Diagnóstico ambiental e sócio-econômico do litoral oriental do estado do Rio grande do norte. Natal, 1, 1994.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2004. Resultados da Amostra do Censo Demográfico 2000: Malha municipal digital do Brasil: situação em 2001. IBGE, Rio de Janeiro.
- Kaufmann A. & Gupta M.M. 1988. *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 332 p.
- King C.A.M. 1959. *Beaches and coasts*. Arnold, London, 403 p.

- Komar P.D. 1976. *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall, New Jersey, 429 p.
- Komar P.D. 1998. *Beach processes and Sedimentation*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Second edition, New Jersey.
- Landim P.M.B. 2000. Introdução aos métodos de estimação espacial para a confecção de mapas. UNESP, Rio Claro, Texto Didático 02. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acessado em 10 fev 2010.
- Leis H.R. 2001. Para uma reestruturação interdisciplinar das ciências sociais: a complexa tarefa de enfrentar os desafios da problemática ambiental sem cair no senso comum da sociedade civil. *Ambient. soc.*, 8:145-154.
- Lima M.G. 2008. A História do intemperismo na província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: Implicações paleoclimáticas e tectônicas. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 248 p.
- Longley P.A., Goodchild M.F., David, J.M., Rhind D.W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley and Sons, 512 p.
- Marcelino A.M.T. (Org.) 1999. Caracterização dos Ecossistemas Costeiros dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. 1999. 70p. Disponível em: http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/guias/sismica/refere/RegiaoNordeste_RGN_CE_PI.pdf. Acessado em 3 jan 2009.
- Matias V.R.S. 2009. As relações entre sociedade e natureza e os problemas socioambientais a partir da disciplina climatologia do curso técnico em meio ambiente do CEFET-MG. Disponível em: http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema4/TerxaTema4Artigo6.pdf. Acesso em 9 dez 2009.
- Melo F.T.L. 2000. Aspectos morfo-dinâmicos do complex lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas, região costeira sul oriental do RN. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 71 p.
- Mendes E.G., Lima L.C., Coriolano L.N.M.T. 2004. Os embates da reestruturação do espaço litorâneo cearense pelo turismo. *Mercator*, 3(6):43-52.
- Mendonça, F. 2004. *Geografia e Meio Ambiente*. Contexto, São Paulo, 80 p.
- Meur-Férec C., Deboudt P., Morel V. 2008. Coastal risks in France: an integrated method for evaluating vulnerability. *Journal of Coastal Research*, 24(2B), 178–189.
- Moreira M.M. 1994. Geodinâmica das Sequências Sedimentares Cenozóicas e Neotectônica da região litorânea do Município de Touros - RN. 73 p. Relatório de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1994.

- Moser C. 1998. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, 26(1):1-19.
- Muehe D. 2005. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, 4(7):97-110.
- Muehe Dieter. 2006. Erosion in the Brazilian Coastal Zone: An Overview. *Journal Of Coastal Research*, 39:43-48.
- Muehe D. 2005. Geomorfologia Costeira. In: A.J.T. Guerra & S.B. da Cunha (Org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 472 p.
- Muehe D. 1998. O Litoral Brasileiro e Sua Compartimentação. In: S.B. da Cunha & A.J.T. Guerra (Org.). *Geomorfologia do Brasil*. Bertrand Brasil S.A., Rio de Janeiro, p.: 273-349.
- Nogueira, F.C.C. 2008. Estruturas Tectônicas Cenozóicas na Porção. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 104 p.
- Nogueira F.C.C., Bezerra F.H.R., Castro D.L. 2006. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. *Revista do Instituto de Geociências – USP*. 6(2):51-59.
- Nunes, J.A. 1987. Diagnóstico Ambiental da Região de Touros/RN. Relatório de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 152 p.
- Nunes, E. 2006. *Geografia Física do Rio Grande do Norte*. Imagem Gráfica, Natal.
- Press F., Siever R., Grotzinger J., Jordan T.H. 2006. *Para Entender a Terra*. Bookman, Porto Alegre, 656 p.
- Projeto Instituto Milênio. 2010. Estuário. Disponível em: <http://www.institutomilenioestuarios.com.br/zonacosteira.html>. Acessado em 5 de jul 2010.
- RIO GRANDE DO NORTE, Secretaria do Meio Ambiente e Dos Recursos Hídricos – SEMARH, Governo do Estado do Rio Grande do Norte. 2009. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/consulta/cBacia.asp>>. Acesso em 2 jun 2009.
- Rizzini, C.T. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Âmbito Cultural Edições Ltda, São Paulo, 747 p.

- Rebêlo L.P., Brito P.O. 2004. A importância das dunas frontais na avaliação da evolução da linha de costa-O caso da Praia da Manta Rota. *In: V Encontro de professores de geociências do Algarve, Vila Real de Santo António.*
- Rohde G.M. 1995. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. *In: C. Cavalcanti (Org.). Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.* Cortez, São Paulo, p.: 41-53.
- Rudorff F.M. 2005. Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira Associados a Eventos Meteorológicos e Oceanográficos Extremos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 103 p.
- Salim J., Lima M.S., Mabsoone J.M. 1974. Vales estruturais no Litoral Leste do Rio Grande do Norte. *In: Simpósio da Geologia do Nordeste, 4, Anais..., p. 41.*
- Santos R.F. (Org.). 2007. *Vulnerabilidade Ambiental.* MMA, Brasília, 192 p.
- Savi D.C. 2007. Erosão e acreção costeira na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ. *Rev. Bras. Geof., 25(1):91-99.*
- Shepard F.P., Emery K.O., Lafond E.C. 1941. Rip currents: A process of geological importance. *Journal of Geology, 49:338-369.*
- Short A.D., Hesp P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions on the SE Australian coast. *Marine Geology, 48:259-284.*
- Soil survey manual 1984. Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, 430.
- Souza C.R.G., Souza Filho P.W.M., Esteves L.S., Vital H., Dillemburg S.R., Patchineelam S.M., Addad J.E. 2005. Praias arenosas e erosão costeira. *In: C.R. de G. Souza, K. Suguio, A. M. dos S. Oliveira, P. E. de Oliveira. Quaternário do Brasil.* Editora Holos, Ribeirão Preto, p.: 130-152.
- Suguio, K. 1998. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.* Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Taggart B.E. & Schwartz M.L. 1988. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. *Journal of Shoreline Management, 3(4): 285-309.*
- Tagliani C.R.A. 2002. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informação. Galeria de artigos acadêmicos. Disponível em: www.fatorgis.com.br. Acessado em 8 jan 2003.
- Teixeira W., Toledo M.C.M., Fairchild T.R., Taioli F. (Orgs.) 2000. *Decifrando a Terra.* Oficina de Textos, São Paulo, 568 p.
- Tessler M.G. & Goya S.C. 2005. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia, 17:11-23.*

- Toldo Jr. E.E., Almeida L.E.S.B., Dillenburg S.R., Tabajara, J.L., Ferreira E.R., Borghetti C. 1994. Parâmetros morfodinâmicos e deriva litorânea da praia de Tramandaí, RS. *Geosul*, 15(1):75-88.
- Tricart, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, 91 p.
- Vieira S.R. 2000. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *In*: R.E. Novais, V.H. Alvarez, C.E.G.R. Schaefer (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1, p.: 1-53.
- Villwock J.A., Lessa G.C., Suguio K., Angulo R.J., Dillenburg S.R. 2005. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. *In*: C.R.G. Souza, K. Suguio, A.M.S. Oliveira, P.E. Oliveira (Eds) *Quaternário do Brasil*. Holos, p.: 94-113.
- Vital H., Amaro V.E., Silveira I.M. 2006. Coastal erosion on the Rio Grande do Norte State (northeastern Brazil): Causes and factors versus effects and associated processes. *Journal Of Coastal Research*, 39:1306-1309.
- Voigt B., Glossary of coastal terminology. Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/programs/sea/swces/products/glossary.htm>>. Acesso em 20 set 2009.
- Von Altrock C. 1996. *Fuzzy logic and neurofuzzy applications in busines and finance*. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- UNDP 2004. Reducing Disaster Risk: a Challenge for Development, New York. Disponível em: http://www.undp.org/cpr/whats_new/rdr_english.pdf. Acesso em 2010.
- Walle P. 2006. No Brasil, do Rio São Francisco ao Amazonas. Senado Federal, Conselho Editorial, 71:436 p.
- Woodroffe C. 2002. *Coasts, form, process and evolution*, Cambridge University Press, United Kingdom, 623 p.

APÊNDICE



Sedimento coletado na margem de Lagoa Permanente.



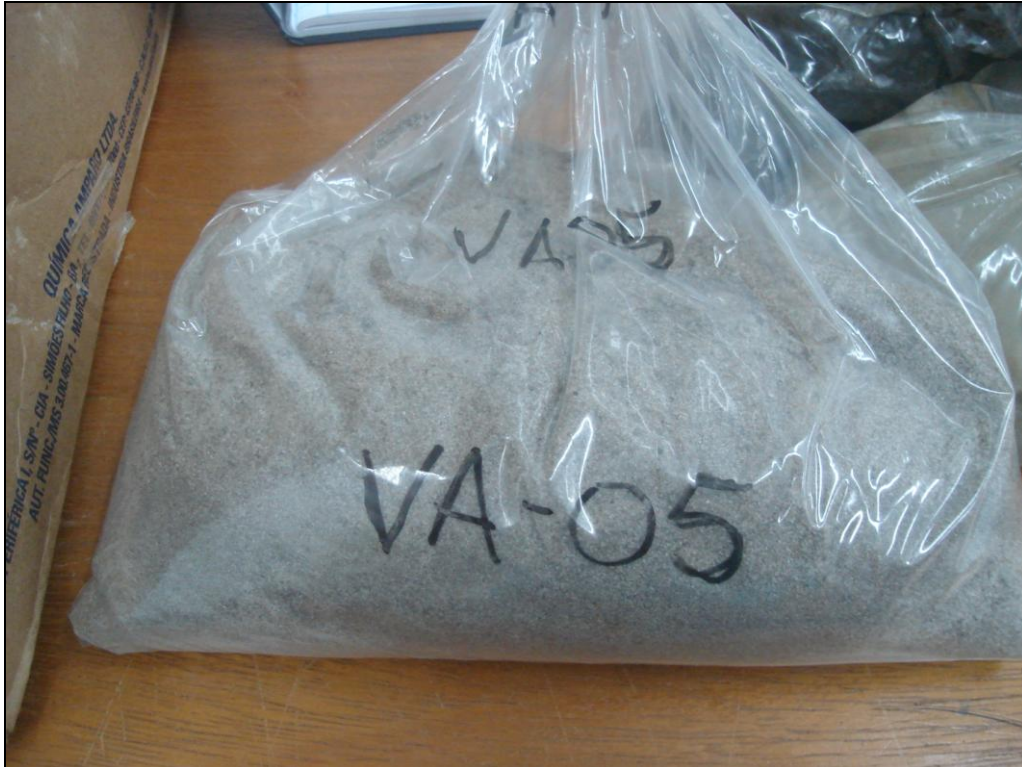
Planície de deflação, entre dunas longitudinais.



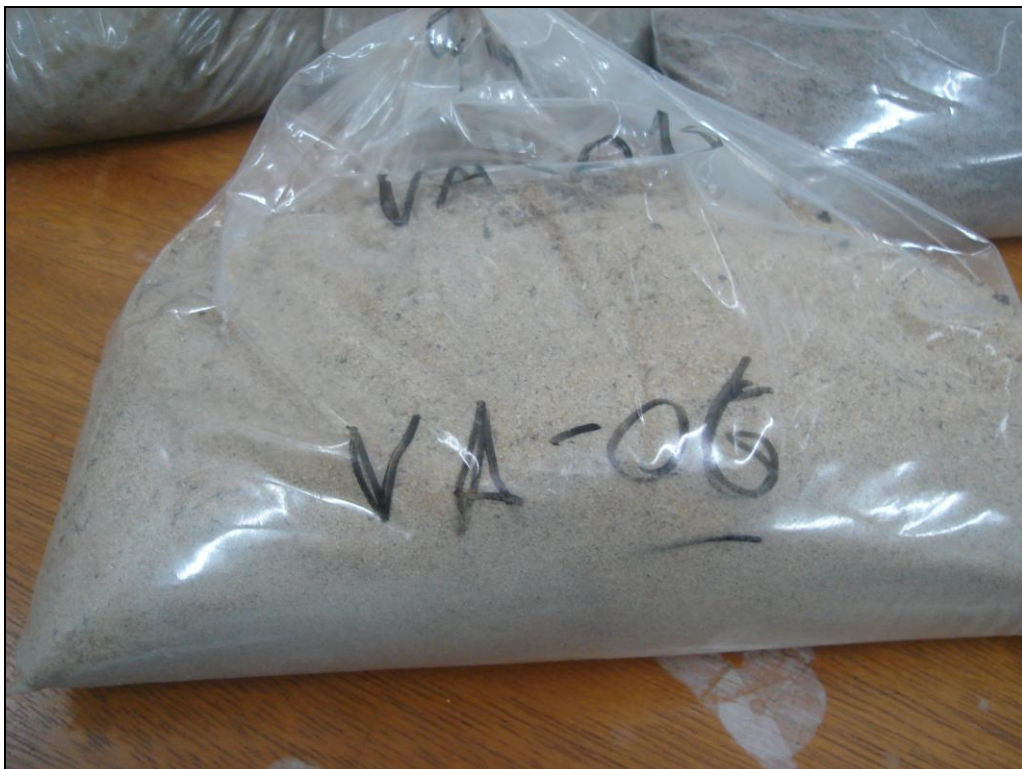
Duna longitudinal, com vegetação arbustiva.



Amostras coletadas.



Amostrada de planície de deflação.



Amostra de duna vegetada longitudinal.



Amostra de Lagoa Permanente, rica em matéria orgânica.

OBSERVAÇÃO: Estas fotografias ilustram as atividades de campo realizadas na área de estudo, bem como, das amostras aí coletadas. Estas atividades subsidiaram os mapeamentos realizados deste estudo.

CHECKLIST - SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO COSTEIRA

DATA _____ HORA _____ PONTO CÓDIGO _____

COORDENADAS X _____ Y _____

NOME DA PRAIA _____ EQUIPE: _____

A) Geo-indicadores para aferir a susceptibilidade à erosão costeira:

Categoria	Indicador geoambiental	Atributo do Indicador	X
Linha de costa	Altura da duna frontal	Sem duna	<input type="checkbox"/>
		Baixa (<2m)	<input type="checkbox"/>
		Alta(≥2m)	<input type="checkbox"/>
	Estado da Duna Frontal	Ausente	<input type="checkbox"/>
		Escarpada	<input type="checkbox"/>
		Sem escarpas	<input type="checkbox"/>
	Tipo de duna frontal	Ausente	<input type="checkbox"/>
		Alterada	<input type="checkbox"/>
		Natural	<input type="checkbox"/>
	Energia de onda	Alta (>6.9)	<input type="checkbox"/>
		Média (5.0-6.9)	<input type="checkbox"/>
		Baixa (0-4.9)	<input type="checkbox"/>
	Vegetação da duna frontal ou pós-praia	Ausente	<input type="checkbox"/>
		Presente	<input type="checkbox"/>
		Estabelecida	<input type="checkbox"/>
Largura média da praia seca	< 11 m	<input type="checkbox"/>	
	> 11 e <18 m	<input type="checkbox"/>	
	>18 m	<input type="checkbox"/>	
Estruturas de engenharia	Diversas	<input type="checkbox"/>	
	Poucas	<input type="checkbox"/>	
	Ausentes	<input type="checkbox"/>	
Interior	Estado da duna interior	Duna removida ou ausente	<input type="checkbox"/>
		Descontínua c/ vegetação	<input type="checkbox"/>
		Alta, bem desenvolvida	<input type="checkbox"/>

B) Parâmetros para aferir a **TAXA DE EROSÃO** (Marque com um X o parâmetro mais adequado ao ponto amostrado):

DUNAS	Dunas ausentes	<input type="checkbox"/>
	Dunas escarpadas ou fragmentadas	<input type="checkbox"/>
	Dunas bem desenvolvidas, sem rupturas, vegetadas	<input type="checkbox"/>
CARACTERÍSTICAS DA PRAIA	Escarpamento da praia evidente	<input type="checkbox"/>
	Praia estreita ou ausência de praia seca	<input type="checkbox"/>
	Praia larga com pós-praia bem desenvolvido	<input type="checkbox"/>
VEGETAÇÃO	Vegetação ausente	<input type="checkbox"/>
	Vegetação efêmera ou derrubada ao longo da linha da escarpa	<input type="checkbox"/>
	Vegetação bem desenvolvida de restinga no interior, arbustos de duna e gramínea pioneira	<input type="checkbox"/>
OUTROS	Estruturas construídas pelo homem na orla e que agora estão no pós-praia, na face praial, praia média ou antepraia	<input type="checkbox"/>
	Exumação de arenitos de praia	<input type="checkbox"/>
	Turfa, lama ou pedaços de árvore expostos na praia	<input type="checkbox"/>