



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

FLÁVIA JANINY OLIVEIRA DA SILVA

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DE NATAL/RN FRENTE ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS.**

NATAL/RN
2012

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FLÁVIA JANINY OLIVEIRA DA SILVA

Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente às mudanças climáticas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ada Cristina Scudelari

Co-orientador: Prof. Ph.D. Claudio Freitas Neves

NATAL – RN
Setembro – 2012

UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede.
Catalogação da Publicação na Fonte.

Silva, Flávia Janiny Oliveira da.

Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente às mudanças climáticas / Flávia Janiny Oliveira da Silva. – Natal, RN, 2012.

143 f. : il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ada Cristina Scudelari.

Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio Freitas Neves.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Mudanças climáticas - Dissertação. 2. Zona Costeira - Natal, RN - Dissertação. 3. Vulnerabilidade climática - Dissertação. 4. Engenharia Sanitária - Dissertação. I. Scudelari, Ada Cristina. II. Neves, Cláudio Freitas. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 551.583

FLÁVIA JANINY OLIVEIRA DA SILVA

Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente às mudanças climáticas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Ada Cristina Scudelari – Orientadora – UFRN

Ph.D. Claudio Freitas Neves – Co-orientador – UFRJ

Dr. Olvavo dos Santos Júnior – UFRN

Dr. Venerando Eustáquio Amaro – UFRN

Natal/RN
2012

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, meu mestre maior, por ter me confiado dons e talentos para desenvolver com sabedoria este trabalho e, principalmente, por guiar-me ao longo de anos de estudo.

Aos meus pais, por me conduzirem por sábios caminhos, acreditando nas minhas habilidades e educando com todo carinho, dedicação, paciência e amor, contribuindo para o meu desenvolvimento pessoal e aperfeiçoamento profissional.

A minha querida irmã, pelo carinho, amor, companheirismo e apoio em horas de concentração e descontração, que pudemos compartilhar juntas.

Aos meus orientadores pela confiança depositada, as informações acrescentadas, as ideias permutadas e ainda, pela dedicação, paciência e incentivo no desenvolvimento do trabalho e na minha formação na escola da vida.

Aos professores e colaboradores do LARHISA que contribuíram incentivando, ensinando, esclarecendo dúvidas e prestando total apoio e dedicação no decorrer das atividades da pós-graduação

A todos os colegas que partilharam de momentos tensos e alegres e principalmente a Adriano Ribeiro, Rodrigo Santos, Diogo Guerra e Pedro Bosak, pela agradável companhia nas várias caminhadas para coleta de dados em campo; a Thaís Bruno pelas palavras de incentivo e especialmente a Raniere Rodrigues por dedicar atenção, carinho e incentivo nos momentos difíceis que antecederam a finalização de mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária, pela oportunidade da realização do mestrado.

A SEMURB, pela flexibilização de horários contribuindo para a realização do mestrado e pela disponibilidade de veículos para auxílio na coleta de dados de campo.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para mais essa conquista, meu muito obrigado.

RESUMO

A interação entre terra, água que resultam em agentes dinâmicos, como por exemplo, ventos, ondas e marés caracteriza a zona costeira como um ambiente dinâmico que, constantemente, sofre perturbações que podem alterar o equilíbrio natural e antrópico do meio. Tais modificações podem ser intensificadas quando considerados os eventos relacionados às mudanças climáticas. É neste espaço que se verifica o enorme atrativo para desenvolvimento de atividades econômicas e urbanização, cenário no qual se encontra o município de Natal. Ponderando a relevância econômica para o estado e o meio físico na qual a capital do RN está inserida o presente trabalho objetiva identificar e analisar as vulnerabilidades e impactos provocados pela elevação do nível médio do mar no município. Para tanto, foi definida uma linha de costa, delimitado trechos susceptíveis às zonas de inundação e apresentados alguns cenários de inundação. Com isso, puderam ser identificado e analisado cada cenário de inundação, em seu respectivo trecho, os impactos provocados. Por fim, verifica-se que a zona costeira na qual Natal está inserida é um espaço frágil que necessita de ações que visem mitigar as vulnerabilidades existentes e que para encarar a problemática decorrente da elevação do NMM e a mitigação do quadro de vulnerabilidade apresentado, faz-se necessária a aplicação de medidas políticas e ações que contribuam, de forma eficaz, para a proteção e adaptação das áreas mais frágeis.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, zona costeira, vulnerabilidade, NMM, Natal, Rio Grande do Norte.

ABSTRACT

The interaction between land and water, resulting from dynamic agents, such as wind, waves and tides, characterizes the coastal zone as a dynamic environment that is constantly disturbed and that may alter the balance of natural and man-made environment. Such modifications may be intensified when considering the climate change. This environment is highly attractive for the development of economic activities and urbanization, current scenario of the city of Natal. Weighing the economic importance for the state and the physical environment in which the capital of Rio Grande do Norte is inserted, this study aims to identify and analyze vulnerabilities and impacts caused by the rising sea level in the municipality. To that end, we defined a coastline, delimited areas susceptible to flooding and presented some flood scenarios. This way we could identify and analyze the impacts of each flood scenario in its respective section. Finally, it appears that the coastal zone in which Natal is inserted is a fragile area that requires actions aimed at mitigating vulnerabilities and facing the problem that caused the rise in the mean sea level (MSL), and mitigating the presented vulnerability framework; it is necessary to implement actions that effectively contribute to the protection and adaptation of the most fragile areas.

Keywords: Climate change, coastal zone, vulnerability, MSL, Natal, Rio Grande do Norte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Estuário do Rio Potengi.....	31
Figura:3.2: Limites geográficos de Natal e suas regiões administrativas.....	33
Figura 3.3: Mapa de geomorfologia do município de Natal.	36
Figura 3.4: Zonas de Proteção Ambiental do município de Natal.....	38
Figura 3.5: Média da precipitação mensal do período de 1984 a 2010	44
Figura 3.6: a)Direções de incidências de ondas adotadas para aplicação do modelo, em amarelo as mais frequentes. b) Períodos e altura de ondas (Hogben, 1986)	47
Figura 3.7: Níveis de marés previstas em 2011 para Natal/RN.....	49
Figura 3.8: PIB do Rio Grande do Norte, comparação entre a região costeira e o interior	50
Figura 3.9: Percentual do PIB dos municípios que compõe a zona costeira.....	50
Figura 3.10: Participação no Produto Interno Bruto municipal – 2009.....	51
Figura 3.11: Receita turística total de 2006 a 2010 (R\$ milhões)	52
Figura 3.12: Áreas de controle de gabarito	55
Figura 3.13: Vista do Porto de Natal.....	57
Figura 4.1: Comparativo dos perfis de praia.....	59
Figura 4.2: Linha de costa do município do Natal	61
Figura 4.3: Mapa da Zona de Inundação.....	63
Figura 4.4: Distribuição da população por zona administrativa segundo censo do IBGE de 2010.....	66
Figura 4.5: Mapa da população exposta ao risco de inundação	70
Figura 4.6: Rendimentos de cada bairro de Natal	71
Figura 4.7: Gráfico de dispersão de rendimento médio mensal versus população exposta ao risco de inundação.....	72
Figura 5.1: Trecho 1 – contorno do Morro do Careca, as cores indicam a área a ser inundada.....	75
Figura 5.2: Sedimento da área de estudo	76

Figura 5.3: Formação rochosa	76
Figura 5.4: Embaiamento em área de sedimento muito fino a lamoso. Em destaque vegetação característica de manguezal.	76
Figura 5.5: Afloramento do Grupo barreiras no sopé do Morro do Careca.....	77
Figura 5.6: – Em (a) duna totalmente coberta por vegetação; em (b) duna praticamente sem vegetação.	78
Figura 5.7: Vista aérea da Praia de Ponta Negra onde pode ser observada a área de estudo referente ao trecho 2 e suas subdivisões.	79
Figura 5.8: – Área de inundação da sub zona 1.....	81
Figura 5.9: Semi baía da praia de Ponta Negra. Vista aérea do Morro do Careca. .	82
Figura 5.10: (a) área situada na frente do Morro do Careca, formação de piscinas em maré baixa. (b) mesma área em maré alta, verifica-se inundação total da faixa de areia.	82
Figura 5.11: Sopé do Morro do Careca, em destaque a visualização da marca d'água.....	83
Figura 5.12: Cerca de obstrução de acesso ao morro em (a) maré baixa em (b) maré alta combinada com chuvas intensas.....	83
Figura 5.13: Vista do Morro do Careca e dos imóveis de suas proximidades (a, b). Exemplos de estruturas comprometidas (c, d, e). Em (f) a linha vermelha indica o local onde a água atinge quando em maré alta.....	84
Figura 5.14: –Imóvel comercial construído ao lado do Morro do Careca.	85
Figura 5.15: – Zona de inundação sub zona 2	87
Figura 5.16: Bocas de lobo que, aparentemente em maré baixa, encontram-se em bom estado de conservação (a, b). Em (c, d) as mesmas bocas de lobo são atingidas em maré alta. Em (e, f) observa-se a mesma boca de lobo em (e) com deposição de sedimentos (maré baixa) e em (f) aparente remoção de sedimentos e tentativa da contenção do talude, maré alta. Em (g, h) obstrução de galeria de drenagem por sedimentos da praia.	88
Figura 5.17: Pontos de erosão e tentativas de contenção de estruturas.....	89
Figura 5.18: Colapso do calçadão em (a, b) fevereiro de 2012 e em (c, d) em julho de 2012.	89
Figura 5.19: Zona de inundação sub zona 3	91

Figura 5.20: Danos causados ao calçadão de Ponta Negra provocados pelas marés de março e julho de 2012.....	93
Figura 5.21: – Vista do Hotel Ocean Palace, em (a, c) situação de maré baixa, aparentemente com uma larga faixa de praia; em (b, d) situação de maré alta, a lâmina de água atinge o muro de contenção e quase alcança o sopé da duna.	95
Figura 5.22: Vista do Hotel Pestana, em (a), (b) e (c) situação de maré baixa mostrando pontos de fragilidade da construção, medidas de proteção e escada de acesso com estágio inicial de comprometimento; em (d) maré alta demarcada pela linha em vermelho.	96
Figura 5.23: Vista aérea do Hotel Pestana, em (a) fotografia datada de 2006 e, em (b) fotografia aérea datada de 2010.	97
Figura 5.24: Hotel Serhs Natal posicionado em cima do Grupo Barreiras, área provável de inundação, em (a) situação de baixa-mar e em (b) preamar.	98
Figura 5.25: Estruturas expostas as intempéries do ambiente.....	99
Figura 5.26: Sequência de imagens de uma galeria de drenagem pluvial totalmente destruída.	100
Figura 5.27: Galeria de drenagem pluvial (a) em período de estiagem e maré baixa, (b) depois de uma noite de chuva e maré alta	101
Figura 5.28: Praia de Areia Preta no início da sua urbanização. Em (a) se verifica a praia sem interferência da urbanização. Em (b) observa-se o início da ocupação urbana, ao fundo observa-se algumas casas de veraneio e o morro de Mãe Luíza ainda sem ocupação.	107
Figura 5.29: Vista da Praia de Areia Preta. Em (a) vista da faixa de praia, ao fundo o morro de Mãe Luiza. Em (b, c) vista da orla onde se verifica a Av. Governador Silvio Pedrosa e os imóveis erguidos a sua margem.....	108
Figura 5.30: Escada da Praça da Jangada. Em (a) destaca-se em vermelho a rocha da falésia que apoia a estrutura, situação de maré baixa. Em (b), situação de maré alta, observa-se a fragilidade da construção já que esta ruiu após constante ação das ondas.....	110
Figura 5.31: Praia de Areia Preta em destaque galeria de drenagem pluvial. Em (a) e (c) maré baixa e em (b) e (d) maré alta.	111
Figura 5.32: Praia de Areia preta (a) maré baixa, (b) maré alta, ao fundo imóveis construídos alicerçados na falésia.	111
Figura 5.33: Praia dos Artistas, acesso à praia (a) maré baixa e (b) maré alta.....	114

Figura 5.34: Praia do Meio, muro de arrimo, base do calçadão (a, c) maré baixa e (b, d) maré alta.	115
Figura 5.35: Zona de inundação da Praia do Meio.....	116
Figura 5.36: Vista aérea da Praia da Redinha.....	118
Figura 5.37: Calçadão do mercado da Redinha se limitando com o estuário, em (a) maré baixa, em (b) maré alta. Em (c, d) área leste da praia, movimentação de sedimentos.	120
Figura 5.38: Em (a) galeria de drenagem comprometida tanto com a deposição de sedimentos como com a entrada de água quando em maré alta. Em (b) acesso à praia comprometido quando em maré alta.	120
Figura 5.39: Zona de inundação do Bairro Redinha.....	121
Figura 5.40: Zona de inundação do bairro de Santos Reis	123
Figura 5.41: Zona de inundação do bairro Salinas.....	125
Figura 5.42: Zonas de inundação do bairro das Rocas	127
Figura 5.43: Zona de inundação do bairro Ribeira	129
Figura 5.44: Zonas de inundação do bairro Cidade Alta	130
Figura 5.45: Zonas de inundação do bairro Alecrim.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Especificação das Zonas de Proteção Ambiental – ZPA.....	39
Tabela 3.2: Classificação dos tipos de ondas considerando a esbeltez (ho/Lo).....	45
Tabela 3.3: Distribuição direcional e sazonal dos limites de variação da altura significativa e do período médio.	46
Tabela 4.1: Quantificação das áreas vulneráveis e volume de ocupação das áreas inundadas.....	64
Tabela 4.2: Bairros de Natal com detalhamento das zonas administrativas, área, população e demografia.	67
Tabela 4.3: Valores referentes à população exposta ao risco de inundação.....	69
Tabela 5.1: Área territorial, população residente e ranking do rendimento mensal nos bairros afetados pela zona de inundação.	133

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
2. ASPECTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NA COSTA DE NATAL.....	21
2.1 Nível médio do mar, definição e causas da variação.	21
2.2 Estudos realizados na zona costeira, motivados pela elevação do nível médio do mar	22
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.1 A margem continental brasileira	28
3.2 A costa do Rio Grande do Norte	29
3.3 Localização da área de estudo.....	32
3.4 Aspectos Físicos	34
3.4.1 Geologia, geomorfologia, solo	34
3.4.2 Vegetação.....	36
3.4.3 Recursos hídricos	41
3.5 Aspectos climatológicos	42
3.6 Ondas e marés.....	44
3.7 Aspectos socioeconômicos	49
3.8 Obras de proteção costeira	52
4 CENÁRIOS	58
4.1 Justificativa para a definição da linha de costa	58
4.2 Elaboração dos cenários de inundação da costa do município de Natal/RN com a elevação do nível do mar.	62
4.3 População exposta ao risco de inundação.....	65
5 ANÁLISE POR TRECHO CONSIDERANDO OS CENÁRIOS DE ELEVAÇÃO DO NMM.....	74
5.1 Trecho 1 – Contorno do Morro do Careca.....	74

5.2	Trecho 2 – Orla da Praia de Ponta Negra	78
5.3	Trecho 3 – Via Costeira.....	93
5.4	Trecho 4 – Praia de Areia Preta e Praia do Meio	106
5.5	Trecho 5 – Zona Estuarina.....	116
5.5.1	Zona Estuarina Externa	117
5.5.2	Zona Estuarina Interna	124
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	136
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

INTRODUÇÃO

As Mudanças Climáticas são um tema constantemente discutido nas muitas convenções e reuniões científicas e políticas. Isso ocorre devido à necessidade de se conhecer e identificar as fragilidades existentes frente a mudanças e a busca por medidas eficazes que possam anular ou mitigar os impactos por elas causados. Vários são os fatores que contribuem para as mudanças climáticas tais como emissão de poluentes atmosféricos (gases causadores do efeito estufa), o efeito estufa e o buraco na camada de ozônio. Tais fatores apresentam como principal consequência o aumento da temperatura da Terra conhecido como aquecimento global o qual provoca alterações no clima implicando no derretimento de geleiras, chuvas intensas, furacões e a elevação do nível médio dos mares.

A zona costeira é legalmente definida como uma faixa marítima de 12 milhas náuticas de largura (mar territorial) e uma faixa terrestre com 50 km de largura (ROSMAN et al, 2009). Pode-se dizer que é um espaço reduzido entre o continente e o oceano que é favorável ao desenvolvimento de diversas atividades socioeconômicas. Apresenta-se como um ambiente muito dinâmico considerando a interação existente entre terra, água e ar sujeitando-se a influência de vários agentes dinâmicos como, por exemplo, marés, ondas, correntes e ventos. Isso a torna vulnerável a perturbações que podem alterar o equilíbrio natural e antrópico do meio. É considerada uma região de ocupação perigosa devido aos eventos meteorológicos e ações das marés.

Mesmo sendo uma zona de risco, estima-se que cerca de dois terços da humanidade habitam nesse ambiente, localizando-se à beira-mar a maior parte das metrópoles contemporâneas. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 20% da população concentra-se em cidades litorâneas principalmente as que são capitais de estados. Tal fato ocorre devido ao desenvolvimento econômico de atividades portuárias, exploração de recursos naturais, aquicultura, turismo dentre outras que torna o local um ambiente propício à intensa exploração.

O litoral brasileiro possui 7.367 km de extensão e uma área emersa de aproximadamente 442.000 km² (Cunha & Guerra, 2006) onde 17 estados do País estão situados. Por possuir uma área muito extensa e apresentar características morfológicas diversas verificou-se a necessidade de compartimentação e agrupamento da costa brasileira considerando as variações existentes ao longo de toda a extensão. Embora as características morfológicas se diferenciem em cada zona de compartimentação todas estão vulneráveis às consequências da elevação do nível médio do mar (NMM) e por isso merecem atenção no tocante à problemática das mudanças climáticas.

Considerando a extensa área litorânea do Brasil foram iniciados vários estudos nos estados situados na zona costeira com o intuito de identificar pontos de fragilidade nesse ambiente e apresentar recomendações que deverão ser aplicadas mediante as alterações do meio causadas pelas mudanças climáticas. De acordo com tais estudos foi possível evidenciar que a Região Nordeste é muito sensível à erosão costeira devido ao baixo volume de sedimentos trazidos pelos rios que deságuam na costa.

Com uma extensão de 410 km de costa, o Estado do Rio Grande do Norte possui uma vasta área banhada pelo Oceano Atlântico (limites norte e leste) a qual está subdividida em Litoral Oriental, orientado na direção Norte-Sul, e Litoral Setentrional, orientado na direção Leste-Oeste. É um ambiente constituído predominantemente por formação arenosa e falésias ativas da Formação Barreiras. Quanto ao clima, este sofre a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema de produção de chuvas da região. Economicamente, a faixa costeira do estado é de grande importância visto que são desenvolvidas atividades como turismo, carcinicultura, salinas, indústria petrolífera e usinas eólicas.

Natal, capital do Estado, situa-se no Litoral Oriental e possui aproximadamente 25 km de extensão de costa. É um importante município do RN que encabeça a Região Metropolitana do Estado (RME). Além de um extenso rio, o Potengi, que divide a cidade separando a Região Administrativa Norte das demais. Este por sua vez, importante por abrigar o porto de Natal no

seu estuário, compõe a bacia hidrográfica que recebe seu nome e desemboca suas águas no Oceano Atlântico, limite leste da cidade de Natal, formando um ambiente estuarino.

O estuário do Potengi, berço da cidade do Natal, é de grande importância histórica e sócio-econômica para o Município e o Estado, além de ser um ambiente de grande valor para ecossistemas marinhos. As riquezas naturais desse ambiente propiciaram a ocupação de suas margens e o desenvolvimento de atividades econômicas como a navegação, pesca e produção de sal.

Para completar este cenário ressalta-se a interferência da dinâmica costeira atuante no local que provoca alterações na paisagem. Como as situações evidenciadas são todas resultado dos processos dinâmicos, para melhor compreendê-los, faz-se necessária a adoção de análises que devem ter como escala o tempo e o espaço. Os resultados adquiridos pelas análises servirão de subsídios para embasar intervenções preventivas nas áreas de maior intensidade das ações da dinâmica costeira.

Em Natal, embora existam poucos registros relacionados à dinâmica costeira, é possível exemplificar medidas de intervenções estruturais e não estruturais. O calçadão das praias, exemplo de medida estrutural, apresenta-se, em 2012, com alguns trechos comprometidos e outros interditados para o uso devido à queda da estrutura. Como medida não estrutural apresenta-se as áreas de controle de uso do solo definidas pelo Plano Diretor de Natal (PDN).

Diante do quadro anteriormente exposto esse trabalho tem como cenário o Município de Natal e suas vulnerabilidades frente às mudanças climáticas considerando a elevação do nível médio do mar. A escolha desse município se deu devido à grande importância deste para o Estado visto que é sua capital, está inserido na região metropolitana, é de grande relevância na economia do estado representando cerca de 40% de todo o PIB, possui atividades econômicas nas áreas de turismo, comércio, indústria e construção civil e apresenta uma crescente ocupação populacional se conurbando com municípios vizinhos.

Considerando este cenário o trabalho em tela tem como objetivo principal a identificação e análise das vulnerabilidades e impactos provocados pela elevação do nível médio do mar no município de Natal. E como objetivos específicos:

- ✓ Apontar as zonas possivelmente inundáveis pela elevação do nível médio do mar;
- ✓ Identificar e analisar, para cada cenário de inundação e trecho inundado, os impactos provocados.

A metodologia aplicada na elaboração deste trabalho baseia-se no levantamento bibliográfico de assuntos relacionados a mudanças climáticas, aspectos vulneráveis da cidade do Natal no tocante a tais fenômenos naturais e a busca de ações de resposta para mitigação das ameaças. A elaboração da dissertação foi baseada nas seguintes etapas:

- ✓ **1ª Etapa – Definição da área de estudo:** foram considerados os aspectos físicos como o município ser costeiro, possuir estuário e as feições naturais do relevo. Também foram considerados aspectos socioeconômicos.
- ✓ **2ª Etapa – Fundamentação teórica:** levantamento de materiais bibliográficos e cartográficos relacionados à área de estudo e o tema a ser trabalhado na dissertação. O procedimento foi realizado continuamente abrangendo todas as etapas do trabalho. O levantamento bibliográfico foi direcionado a assuntos como mudanças climáticas, processos costeiros, geomorfologia, zona costeira, legislação aplicada, estudos relacionados ao tema da pesquisa e SIG.
- ✓ **3ª Etapa – Reconhecimento da área:** Foram realizadas visitas de campo com caminhadas em toda a orla oceânica do município. As caminhadas foram realizadas em dois momentos sendo o primeiro em dias de maré baixa quando foram definidos pontos críticos a serem visualizados em um segundo momento em maré alta. O caminhar ocorreu em dias de maré de sizígia de outubro de

2010 a maio de 2011, quando foram realizados registros fotográficos e anotações de campo referente a feições naturais, obras de engenharia com ou sem comprometimento de suas estruturas.

- ✓ **4ª Etapa – Compilação de dados:** O material cartográfico consiste em ortofotocartas datadas de 2006, mapas de altimetria, arruamento, unidades de ensino, unidades de saúde, zonas de proteção ambiental e cartas náuticas. Além disso, dados estatísticos tais como: dados populacionais, rendimentos, equipamentos comunitários, e dados de meio físico, como tábuas de marés, podem ser citados como exemplos. De posse dos dados coletados em campo e das informações elencadas na fundamentação teórica primeiramente foram definidos os trechos apresentados no trabalho ora apresentado. A divisão dos trechos foi baseada principalmente nas feições naturais, a ocupação e uso do espaço urbano e a atividade econômica desenvolvida. Com isso foram definidos 05 (cinco) trechos sendo eles:

1 – Contorno do Morro do Careca;

2 – Orla da Praia de Ponta Negra;

3 – Via Costeira;

4 – Praia de Areia Preta;

5 – Zona Estuarina

Com base nos dados estatísticos e nos cartográficos citados anteriormente foram elaborados mapas temáticos em ambiente SIG fazendo uso do software ArcGis versão 9.2. O mapa base é composto pela delimitação do município e suas ortofotocartas. Para a elaboração dos cenários de inundação foi adicionada a informação de altimetria. O detalhamento da elaboração dos mapas será feito em cada tópico no qual ele se apresente.

- ✓ **5ª Etapa – Apresentação e discussão de resultados:** Nessa etapa são apresentados os cenários de inundação, mapas temáticos e discussão dos resultados.

Por fim, o presente trabalho foi subdividido em seis capítulos, sendo este, o primeiro e introdutório e os demais, resumidamente descritos a seguir:

O capítulo 2 apresenta a definição de nível médio do mar NMM, suas causas e variações. Além disso, resumidamente, alguns relevantes estudos realizados na zona costeira em âmbito mundial, nacional e estadual.

No capítulo 3, é descrito, de forma geral, as características físicas da zona costeira com detalhamento na caracterização da área de estudo. Localização, aspectos físicos (geologia, geomorfologia, solo, vegetação e recursos hídricos), aspectos climatológicos (clima, ventos, temperatura, precipitação, ondas e marés), os aspectos socioeconômicos e, por fim as obras de proteção costeiras existentes no município de Natal.

No capítulo 4 foi definida a Linha de Costa (LC) para a área de estudo com a sua devida justificativa. E a apresentação dos cenários de inundação para a elevação do nível médio do mar (NMM) e a população exposta ao risco de inundação nas chamadas zonas de inundação.

O capítulo 5 apresenta os 5 trechos da área de estudo dando ênfase aos cenários e as problemáticas elencadas para os 3 cenários de inundação.

E, por fim, o capítulo 6 com as considerações finais e recomendações apresentadas pelo trabalho.

2. ASPECTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NA COSTA DE NATAL.

Neste capítulo será apresentada a definição de nível médio do mar NMM, suas causas e variações. Além disso, resumidamente, alguns relevantes estudos realizados na zona costeira em âmbito mundial, nacional e estadual.

2.1 Nível médio do mar, definição e causas da variação.

Entende-se por Nível Médio do Mar (NMM) a altura da superfície livre do mar em relação a uma superfície de referência fixa na terra. De acordo com REIS, 2004 e NEVES, 2005, citado em NALI, 2011 o NMM pode ser estático ou dinâmico e, quando filtradas as perturbações astronômicas, inerciais, gravitacionais e meteorológicas de alta frequência, resultam no que é denominado de NMM. Para realizar as medições do NMM são utilizados equipamentos denominados de marégrafos que medem a variação do nível das águas.

Considerando que a região costeira é o espaço de transição terra/mar/ar e que nele há vários fatores que modificam a paisagem, sejam agentes naturais ou antrópicos, e que a linha de costa (LC) é a delimitação entre as áreas secas e úmidas, já que corresponde à altura de maré máxima na zona de antepraia, entende-se que o NMM, a LC e a elevação do NMM estão intimamente relacionados.

O nível do mar encontra-se em constante variação e a determinação do seu valor médio envolve diversos fatores de conjuntura global que agem em escalas de tempo diferentes, desde algumas horas, como as marés, até alguns milhares ou milhões de anos como a modificação de uma bacia oceânica sob a ação de movimentos tectônicos e de sedimentação (NEVES, 2005 apud NALI, 2011).

Embora a temperatura seja o efeito mais evidente para ser associada às mudanças climáticas, outras causas naturais como El Niño, ocorrência de tempestades, e uma nova Era Glacial, são pontos de discussão da comunidade científica e opinião pública. O fato é que a elevação do NMM é resultado da expansão e/ou aumento da massa de água nos oceanos causando alteração no posicionamento da LC.

A constante oscilação do NMM está associada a diversos fatores que agem de forma diversificada e em escalas de tempos diferentes, bem como a ocorrência de fatores de natureza dinâmica e estática. Os fatores dinâmicos são aqui apresentados pelas oscilações mais curtas associadas a fenômenos meteorológicos e/ou ressacas e, oscilações associadas a marés astronômicas de longo prazo. Os fatores estáticos são aqui representados pelas variações de volume das águas oceânicas, modificação da capacidade da bacia oceânica e deformações no relevo.

Tomando como base os fatores anteriormente mencionados pode se dizer que os fatores dinâmicos são provocados pela ação dos ventos, pressão atmosférica e correntes de maré. Já os fatores estáticos são oriundos do aumento de volume da água, pelo derretimento das geleiras e pela expansão térmica.

Por fim, entende-se que, devido à dinâmica existente na paisagem da zona costeira, seja em curta ou longa escala de tempo, o NMM é um parâmetro de relevante importância no estudo das mudanças climáticas. Assim, sendo, para o desenvolvimento deste trabalho verificou-se a necessidade da definição da linha de costa, base de referência do NMM para Natal, para ser o referencial dos níveis de elevação apresentados neste estudo.

2.2 Estudos realizados na zona costeira, motivados pela elevação do nível médio do mar

Estudos internacionais, segundo Nali, 2011, de relevante importância foram realizados por Titus et al, 1987; El Raey et al, 1999; Kumar, 2006; Rosenzweig et al, 2007; Aunan & Romstad, 2007; Herberger et al, 2009 e

Dasgupta et al, 2009. Tais estudos objetivavam: (1) analisar os impactos da elevação do NMM em regiões costeiras em diferentes áreas do planeta, (2) avaliar as vulnerabilidades locais e, (3) propor medidas de adaptação capazes de atenuar os efeitos observados. Outros estudos avaliaram a adaptação das cidades aos efeitos provocados pela sobrelevação, destacando-se os realizados por Nicholls & Mimura, 1998; Barnett e Beckman, 2007; Nicholls & Klein, 2005; Tol et al, 2008; Mote et al, 2008; Cooper et al, 2008. Segue, resumidamente, a apresentação dos trabalhos elencados.

- ✓ **Titus et al, 1987:** Estudo de caso em duas cidades dos Estados Unidos, Charleston (Carolina do Sul) e Fort Walton Beach (Flórida). O estudo baseou-se na análise detalhada da vulnerabilidade do sistema de drenagem no tocante a elevação do NMM. Os autores concluíram que um projeto de adequação do sistema de drenagem a fim de acomodá-lo para a situação de aumento do NMM é menos dispendioso se comparado aos custos de reconstrução do sistema;
- ✓ **Herbeger et al, 2009:** escolheram como área de estudo a costa da Califórnia (EUA) para analisar a população atual, infraestrutura e bens que estariam em risco devido ao aumento do NMM. O estudo apontou que a sobrelevação do NMM provocaria alteração na costa da Califórnia e o comprometimento de estruturas como hospitais, escolas, rodovias, por exemplo. Além disso, dentro de 10 anos, considerando uma elevação de 1,40m e a população atual, cerca de 480 mil pessoas seriam afetadas. Também avaliaram o custo decorrente dos impactos provocados pelo avanço do mar. Por fim, apontaram medidas estruturais e não estruturais que poderiam ser adotadas para a redução dos riscos evidenciados;
- ✓ **Dasgupta et al, 2009:** Avaliaram as consequências da elevação do NMM em 84 países costeiros situados nas seguintes áreas: Ásia Oriental, Pacífico, Oriente Médio, Norte da África, América Latina, Caribe, sul da Ásia, e África subsariana. Foram considerados como cenários de elevação a variação de 1m a 5m e utilizados 6 indicadores

de avaliação: solo, população, PIB, área urbana, área agrícola e zonas úmidas. O estudo apresentou áreas com graves impactos (Vietnã, Egito e Bahamas) com consequências catastróficas devido à elevação do NMM. Por fim os autores expõem que a elevação do NMM vem acompanhada de danos econômicos e ecológicos além de, neste século, deslocar milhões de pessoas. A solução proposta visa à adoção imediata de ações de adaptação e planejamento buscando minimizar os possíveis impactos decorrentes da elevação;

- ✓ **Nicholls & Mimura, 1998:** Fizeram uma análise regional dos efeitos provocados pela elevação do NMM na Europa, no Oeste da África, nas pequenas ilhas do Pacífico e no Sul, Sudeste e Leste da Ásia. Segundo eles, a visão em escala regional é favorável à resposta de medidas mitigadoras mais significativas, o que foi considerado um benefício. Além disso, os impactos comuns compartilhados entre os países poderiam oferecer oportunidades de integração de experiências, recursos e medidas mais eficazes para soluções adaptativas.
- ✓ **Nicholls e Klein, 2005:** o estudo se deu na costa europeia e abordou o desafio do gerenciamento costeiro frente à problemática das mudanças climáticas e alteração do nível do mar. Evidenciando que os problemas apresentam dimensões e soluções diferentes para cada região a proposta do trabalho é a gestão com metas explícitas e adaptadas às especificidades de cada região;
- ✓ **Tol et al, 2008:** Examinaram o estado atual de adaptação à subida do nível do mar e às mudanças climáticas no contexto das costas europeias. Concluíram que a adaptação poderia reduzir os impactos provocados pela elevação do NMM e que o ajustamento das políticas de gestão costeira é uma necessidade.

No Brasil também há registros de estudos relacionados à variação do NMM e os possíveis impactos por ela provocados. Segue exemplos de alguns estudos, Nali 2011.

- ✓ **Neves & Muehe, 2008:** Avaliaram a vulnerabilidade da zona costeira brasileira através da identificação de agentes físicos que atuam nesse ambiente, descrevendo os impactos decorrentes em escalas temporais e espaciais. O trabalho apresenta ações de mitigação agrupadas em três categorias: recuo, acomodação ou proteção;
- ✓ **Carmo & Young, 2007:** identificaram o contingente populacional exposto ao risco quando da elevação do NMM através das seguintes variáveis: a distância da sede municipal em relação à linha de praia e a altitude da sede municipal. Para a seleção das áreas de estudo foi estabelecido a escolha dos municípios brasileiros cujas sedes estivessem situadas a 5 km da linha de costa e com altitude inferior a 20m. Tomando como base os dados do IBGE 2000, concluiu-se que 24,30 milhões de habitantes compõe o grupo de população exposta ao risco, distribuídos em 165 municípios costeiros;
- ✓ **Neves & Muehe, 1995:** Consideraram cenários hipotéticos de elevação do NMM para avaliar os possíveis impactos sobre a população e sobre diferentes elementos que compõem a infraestrutura urbana das cidades costeiras. Com isso, elaboraram um diagnóstico de vulnerabilidade considerando uma variação de um metro do nível do mar ao longo da costa brasileira, que foi subdividida em cinco regiões (Norte, Nordeste Setentrional, Nordeste, Sudeste e Sul), identificaram as morfologias características em cada trecho e os efeitos da elevação do nível do mar. Foram também quantificadas as populações de cada município integrante de uma microrregião costeira, de acordo com a divisão censitária do IBGE em 1980 e 1991. Concluíram que somente 20% da população mora efetivamente em municípios costeiros contrapondo-se a ideia de que a população brasileira se concentra na costa;
- ✓ **Mendonça & Silva, 2008:** Elaboraram um documento indicativo de áreas da cidade do Rio de Janeiro que poderiam ser atingidas pela sobrelevação do mar. Para tanto consideraram a inundação decorrente da sobrelevação do NMM em faixas altimétricas distribuídas a cada 0,5

m até a cota IBGE 2,0m. Foram elencados impactos na área da saúde, com epidemias de leptospirose, transporte urbano, abastecimento de água e tratamento de esgoto;

- ✓ **Zee, 2009:** Elegeu as cidades urbano-costeiras: Recife (Pernambuco), Rio de Janeiro (Rio de Janeiro) e Itajaí (Santa Catarina) para analisar os impactos da elevação do mar considerando a importância regional, densidade urbana, equipamentos portuários e a representatividade geomorfológica. As análises abordaram os riscos e os potenciais prejuízos às áreas expostas com uma previsão até 2030. O autor fez um comparativo, em termos de ameaça, das áreas estudadas e verificou que a região Sul é a mais suscetível a eventos extremos. Em seguida, a região Sudeste e por fim a região Nordeste com as menores ameaças provocadas pelos efeitos da sobrelevação do NMM.

Há ainda, para o estado do Rio Grande do Norte, estudos realizados por Souto (2009) e Boori (2011), relacionados às mudanças climáticas.

- ✓ **Souto, 2009:** utilizou imagens de satélite para apresentar 6 (seis) cenários de elevação do nível do mar no litoral do RN. Para tanto, considerou as cotas de elevação (1, 2, 3, 4, 5, 6 m) principalmente nas zonas estuarinas. Fazendo uso de ferramentas de geoprocessamento, software ArcGIS®, as imagens foram trabalhadas para a obtenção das áreas inundadas. A partir disso, calculou-se a quantidade de áreas atingidas (em km² e em percentagem de área) comparando a proporção para área total do Estado do Rio Grande do Norte e para área total dos municípios costeiros. O estudo conclui que 28 municípios do estado são afetados gerando mudanças catastróficas do ponto de vista socioeconômico já que são cidades litorâneas intensamente ocupadas pela população local e com considerável desenvolvimento de atividades industriais de carcinicultura, agricultura, salinas, exploração petrolífera e turismo.

- ✓ **Boori, 2011:** estudou o estuário do rio Apodi-Mossoró abrangendo os municípios de Mossoró, Areia Branca e Grossos no litoral setentrional do RN. Ele fez uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para elaboração de mapas temáticos relacionados à vulnerabilidade da costa na área. Além disso, criou o Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) para expressar a vulnerabilidade da costa devido à elevação do nível do mar. O IVC analisa 6 variáveis que devem ser relacionadas de forma quantitativa à vulnerabilidade relativa da costa frente às mudanças físicas provocadas pelo aumento do nível do NMM em cenários futuros, de acordo com o proposto por Gornitz, 1990, Gornitz et al, 1994, Thieler & Hammer-Klose, 1999. As variáveis utilizadas foram classificadas em 2 grupos: as ecológicas e as geofísicas. As ecológicas consistem em geomorfologia, taxa de mudança histórica nas margens/linhas de praia e declividade costeira. As variáveis geofísicas incluem amplitude significativa de maré, altura de onda, e o NMM global. Seu valor varia de 0,0 a 3,0 e é classificado em: baixa (menos de 0,95), média (0,96 – 1,35) e alta (de 1,36 até 1,70). A aplicação do índice destaca-se em áreas com alta vulnerabilidade considerando, principalmente, fatores socioeconômicos e ambientais como, por exemplo, áreas estuarinas e regiões costeiras com ampla ocupação. Tal índice pode ser usado para avaliar a probabilidade física de alteração que pode ocorrer ao longo do litoral.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo é descrito, de forma geral, as características físicas da zona costeira com detalhamento na caracterização da área de estudo. Localização, aspectos físicos (geologia, geomorfologia, solo, vegetação e recursos hídricos), aspectos climatológicos (clima, ventos, temperatura, precipitação, ondas e marés) e, por fim, os aspectos socioeconômicos.

3.1 A margem continental brasileira

A zona costeira brasileira possui uma extensão de 7.367 km e uma área emersa de aproximadamente 442.000 km². Tais condições físicas determinam características morfológicas que variam ao longo de toda a extensão. Esta área vem sendo cada vez mais ocupada de forma desordenada, desrespeitando os preceitos legais que existem, impactando a paisagem e os ecossistemas, podendo prejudicar inclusive as atividades econômicas. Devido a isso uma recente preocupação tem surgido com o objetivo de realizar pesquisas, estudos, monitoramento, a fim de viabilizar um gerenciamento costeiro, que possibilite o equilíbrio entre o uso e a preservação do meio ambiente.

A plataforma continental apresenta uma área total de 721.100 km², está limitada da costa até a batimetria de cota 40-70 m, nas regiões Leste e Norte, e 100-160 m na região Sul, possui uma declividade média de 0,1° e largura que varia de 8 km, ao longo de Salvador, 100 km na costa nordeste e até 330 km na saída do Rio Amazonas, Cunha, 2004.

De acordo com Cunha, 2004, as margens continentais apresentam três regiões principais bem desenvolvidas sendo elas: plataforma, talude e sopé continental. Segundo Cunha, 2004 a margem continental brasileira estende-se por uma área total de 5.003.397 km², o que equivale a 59% do território brasileiro emerso e, é uma margem passiva do tipo Atlântico. A presença de costas relativamente baixas, relevo moderado, e tectonicamente estável são as principais características morfológica.

Por ser muito extenso, o litoral brasileiro apresenta diferenças em suas características morfológicas, e processos atuantes semelhantes de forma a deixar os sistemas mais homogêneos possíveis. Assim, segundo a classificação de Silveira, 1964, uma das mais aceitas, o litoral brasileiro está dividido em cinco regiões geográficas, sendo elas: Norte, Nordeste, Leste ou Oriental, Sudeste e Sul.

Segundo Silveira, 1964, o litoral do Nordeste se estende das proximidades da baía de São Marcos até a baía de Todos os Santos e é dividida em dois macrocompartimentos: a costa semi-árida, a noroeste do cabo Calcanhar, e a costa nordeste oriental, ou Barreiras, do cabo Calcanhar até a baía de Todos os Santos. Apresenta falésias ativas do Barreiras, quase ausência de planícies quaternárias e terraços pleistocênicos, presença freqüente de alinhamentos de arenitos de praia, retrogradação do litoral, ocorrência de extensos campos dunares. Ao sul do São Francisco predomina progradação, com extensas planícies litorâneas.

3.2 A costa do Rio Grande do Norte

O estado do Rio Grande do Norte apresenta uma extensão territorial de 53.077,3 km² onde comporta 167 municípios dos quais 25 encontram-se na zona costeira totalizando uma faixa litorânea de 410 km. Apresentando uma superfície de configuração quase elíptica e alongada o Platô do Rio Grande tem, com o eixo maior, 70 km de extensão na direção N-S, e largura média de 18 km, entre as isóbatas de 800 e 1.200 m, Cunha, 2004.

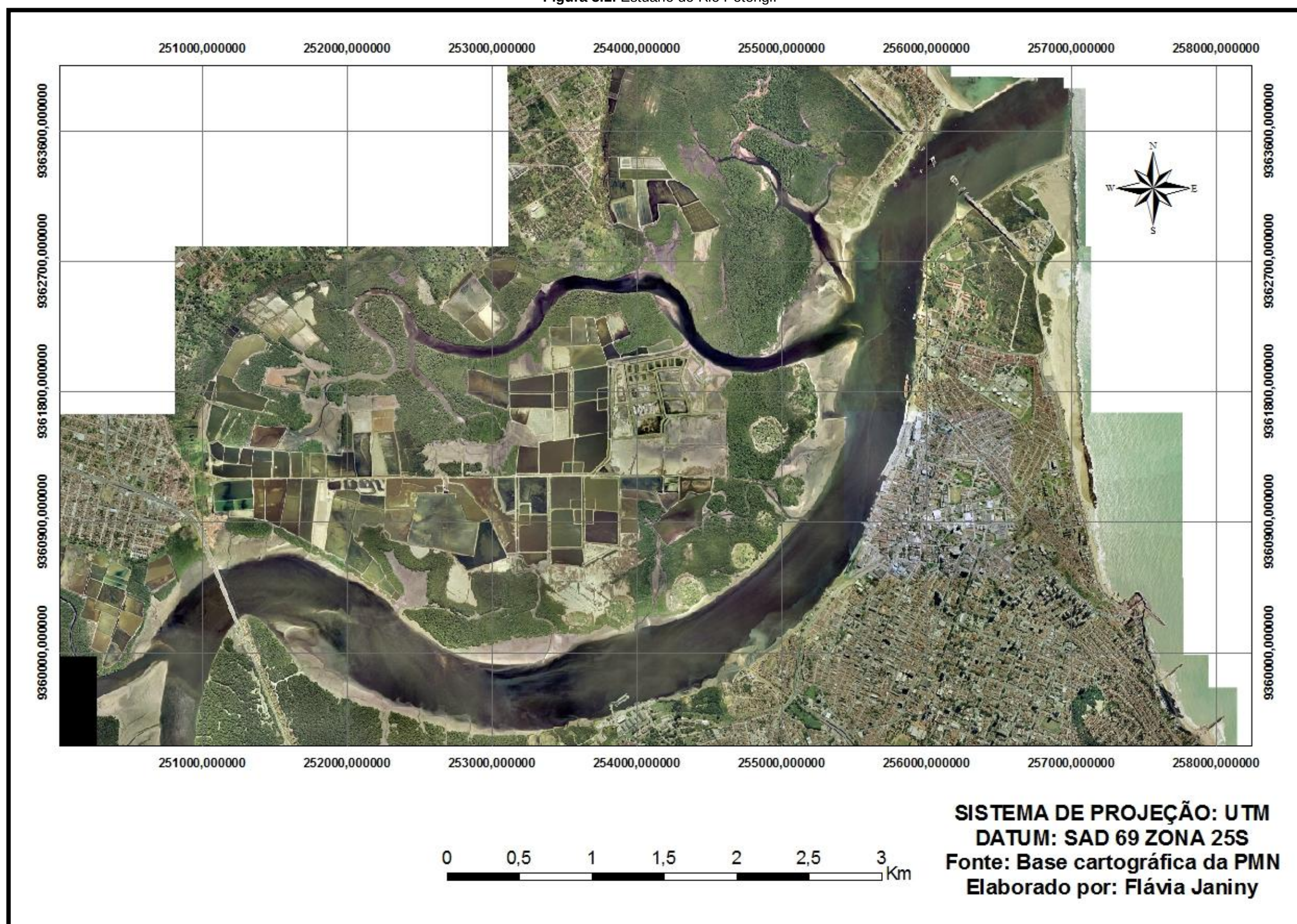
O estado possui 14 bacias hidrográficas das quais 12, de pequeno e médio porte, deságuam no Litoral Oriental. Dentre estas, destaca-se a bacia do Potengi possuidora de uma superfície de 4.093 km² que corresponde a 7,7% do território estadual.

O Rio Potengi nasce no município de Cerro Corá e sua foz localiza-se no município de Natal, capital do estado (figura 3.1). Ele compõe o mais

importante sistema estuarino do Rio Grande do Norte situado na região metropolitana da cidade de Natal. Abriga o porto de Natal, situado a 3 km de sua embocadura, importante ponto de relações comerciais do estado quanto ao escoamento de mercadorias.

Além da intrusão de água salina no estuário do Potengi desembocam dois rios importantes: Doce e Jundiaí e, os riachos do Baldo e Quintas. Como todos estão situados em área urbana eles recebem uma considerável carga de esgotos e resíduos sólidos que compromete a qualidade das águas destes cursos.

Figura 3.1: Estuário do Rio Potengi.



Fonte: Prefeitura Municipal do Natal

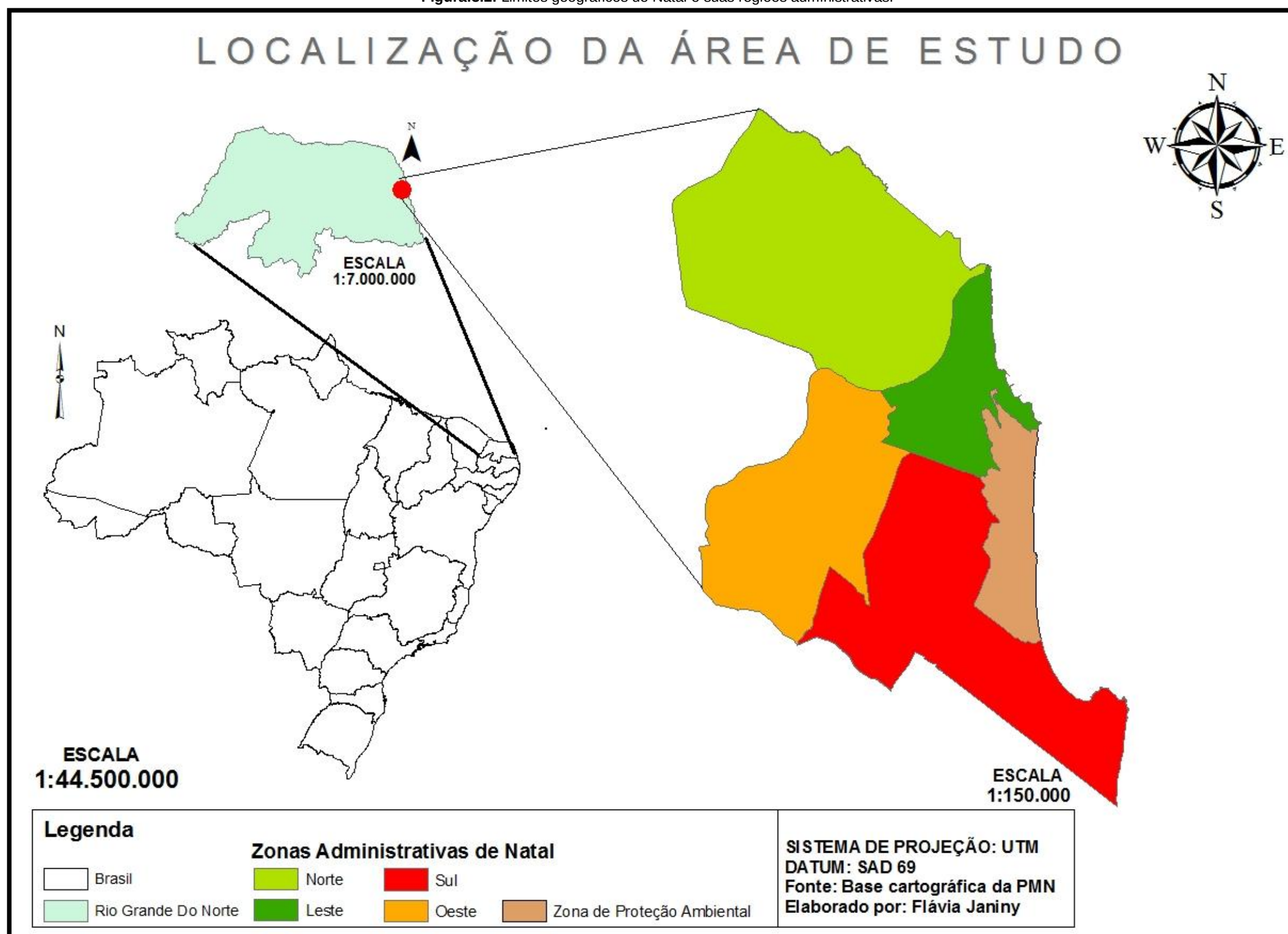
3.3 Localização da área de estudo

Natal, capital do estado, possui cerca de 25 km de área limitando-se com o mar e estuário podendo assim ser considerada frágil no tocante às mudanças climáticas. Está situada entre as coordenadas 5°47'42" de latitude sul e 35°12'34" de longitude oeste, litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.

É o mais importante município do estado, encabeça a Região Metropolitana de Natal (RMN) composta pelos municípios de Ceará-Mirim, São Gonçalo, Extremoz, Macaíba, Parnamirim, Monte Alegre, Nísia Floresta e São José de Mipibu. A área da RMN abrange uma superfície de 2.722,80 km², o que corresponde a 5,16% do território estadual. Sua população, segundo o censo demográfico de 2010, atingiu 1.340.285 habitantes. Isto já representa 42,31% da população do Rio Grande do Norte concentrada em um restrito espaço do Estado. De acordo com os dados do IBGE de 2007, quase metade da população norte-riograndense encontra-se instalada no ambiente costeiro (49,9%) o que deu ao estado a terceira maior taxa populacional do Nordeste ficando atrás de Sergipe (51,8%) e Ceará (50,9%). Além disso, possui grande relevância para a economia do RN visto que 63% do PIB da zona costeira é proveniente das atividades desenvolvidas na capital.

Segundo Censo Demográfico 2010, a população do município de Natal cidade é de 803.739 habitantes que povoam os 36 bairros existentes em uma área de 170,30 km². Estes bairros, por sua vez, encontram-se distribuídos em quatro zonas administrativas sendo elas: Zona Norte (7), Zona Sul (7), Zona Leste (12) e Zona Oeste (10) – ver figura 3.2.

Figura:3.2: Limites geográficos de Natal e suas regiões administrativas.



Fonte: Prefeitura Municipal do Natal

3.4 Aspectos Físicos

O item que segue abordará os temas referentes a clima, geologia, geomorfologia, vegetação, solos e recursos hídricos.

3.4.1 Geologia, geomorfologia, solo

No tocante a geologia o município de Natal é formado por um embasamento cristalino pré-cambriano com ocorrências de granitos, granodioritos, magmatitos e gnaisses, estratigraficamente da base para o topo. Sobreposta a esta estrutura estão os depósitos mesozóicos correspondentes à seqüência infra-barreiras, a qual é formada por sedimentos cretáceos com a presença de rochas areníticas (em horizonte inferior) e de calcário com ocorrência arenítica e argilítica (horizonte superior). Podendo ser citado ainda os depósitos de sedimentos recentes e sub-recentes representados pelos depósitos dunares, praias, das planícies de deflação, estuarinos, aluvionares e de cobertura de espraimento (Vilaça apud Anuário Natal, 2009).

Segundo Duarte, 1995, na região evidenciam as seguintes unidades aflorantes: Formação Barreiras, Formação Potengi, Arenitos de Praia, Paleodunas ou Dunas Fixas, Dunas Recentes ou Móveis, Sedimentos Aluvionares e de Mangue e Depósitos Praiais.

Os sedimentos da Formação Barreiras estão presentes ao longo de toda a extensão do município sendo possível evidenciar ora o afloramento nas encostas do Rio Potengi (Formação Potengi) e em algumas encostas próximas à praia, ora encoberta pelos depósitos eólicos (dunas fixas e/ou móveis) e algumas construções urbanas. O grupo é composto por camadas arenosas e lentes argilo-arenosas apresentando variação nas cores conforme sua constituição granulométrica e mineralógica. Os arenitos de praia também conhecidos por recifes de arenitos ou beach rocks ocorrem em planos paralelos à linha de costa na região do médio ou baixo estirâncio. Os depósitos praias podem ser evidenciados em toda a costa do município formando

estreitas faixas de praia paralelas à linha de costa e sendo interrompidos apenas no trecho onde ocorre o Delta do Potengi.

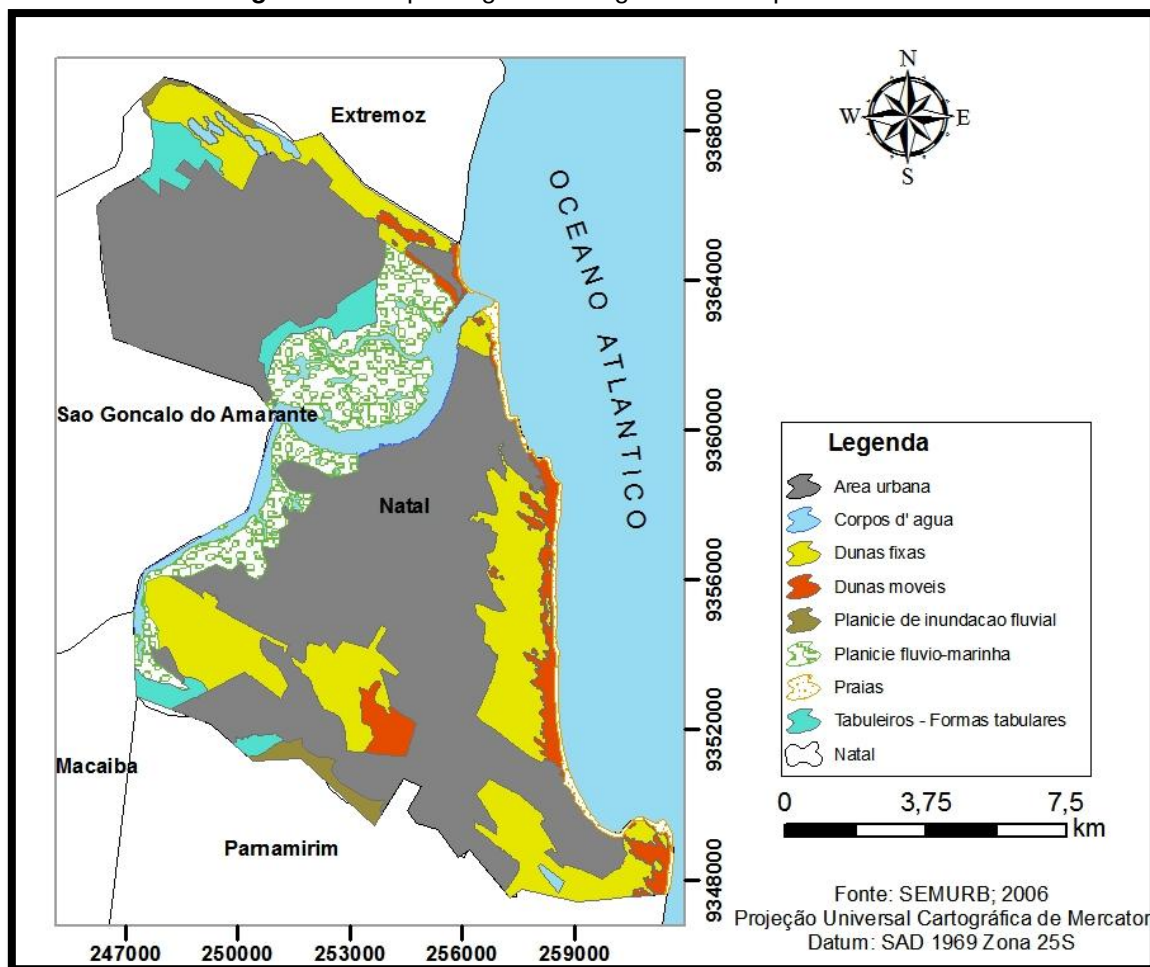
Quanto à geomorfologia, figura 3.3, tem-se os Tabuleiros Costeiros, conforme levantamento de recursos naturais do Projeto RADAMBRASIL, 1981. Tais Tabuleiros Costeiros apresentam diferentes formas de relevo sendo elas: Tabuleiros, Planície fluvial e Faixa litorânea, composta de dunas móveis, dunas fixas e planícies fluviomarinhas.

O relevo apresenta-se plano e suavemente ondulado com taxa de declive variando de 0 a 5°, com exceção nas proximidades das drenagens onde são mais acentuados. Segundo IDEMA, 2003 as cotas variam em geral de 80-90 m nas áreas dos divisores hídricos superficiais, até 40 m nas proximidades das lagoas e lagunas, e entre 10-30 m nos talwegues fluviais encaixados, decrescendo em direção ao oceano. Nas praias verifica-se faixas arenosas longas, planas e estreitas, interrompida pelas desembocaduras dos rios e falésias. As dunas correspondem a depósitos de origem eólica frequentes em toda a zona costeira, com relevo ondulado e altitudes entre 40-60 m, por vezes superiores a esses valores.

Para solos, Cunha, 2004, afirma que há predominância de cinco tipos: Solos Aluviais Eutróficos, Solos Indiscriminados de Mangues, Areias Quartzosas Marinhas Distróficas, Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

As Areias Quartzosas Marinhas Distróficas e Areias Quartzosas Distróficas formam as dunas e estão presentes ao longo da orla marítima. Os mangues situam-se as margens do Rio Potengi. Os sedimentos areno-argilosos da formação Barreiras compõem os solos denominados de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Encontrados nas margens de rios os Solos Aluviais Eutróficos são provenientes da deposição flúvio-marinha apresentando litologia variada.

Figura 3.3: Mapa de geomorfologia do município de Natal.



3.4.2 Vegetação

De acordo com Cunha, 2004, a cobertura vegetal apresenta-se como uma combinação de vegetação natural e plantas cultivadas, sendo assim, classificada como vegetação nativa e antrópica respectivamente. Os exemplares de vegetação natural estão dispostos, principalmente, em algumas áreas de conservação definidas legalmente pelo PDN.

A vegetação existente no município de Natal é composta em sua maioria por vegetação antrópica sendo verificada em algumas áreas a conservação da vegetação natural podendo ser citada as seguintes: Parque das Dunas, Parque da Cidade, região de Lagoinha, entorno do Morro do Careca e margens do Rio

Potengi. Todas as áreas citadas são Zonas de Proteção Ambiental (ZPA) conforme Plano Diretor do município

Cada área, denominada de Zona de Proteção Ambiental (ZPA), possui um tipo de vegetação característica: o Parque das Dunas, por exemplo, é um cordão dunar onde encontram-se exemplares de mata atlântica e tabuleiro costeiro. Essa é a área de vegetação mais bem preservada. Nas áreas do Parque da Cidade, região de Lagoinha e entorno do Morro do Careca verifica-se vegetação rasteira e tabuleiro litorâneo e nas margens do Rio Potengi o ecossistema de manguezal.

Nos ambientes de dunas móveis não se evidencia vegetação, porém, em dunas mais antigas verifica-se uma cobertura vegetal, total ou parcial, ora herbácea, ora rasteira, que é de grande importância visto que tem como finalidade proteger a superfície dunar contra ações climáticas como ventos e chuvas.

Cerca de 30% do território municipal está coberto por vegetação que recobre o sistema dunar. Por serem áreas extremamente importantes por abrigarem vegetação típica de sistemas que precisam de cuidados quanto ao uso e ocupação do solo estas formas as Zonas de Proteção Ambiental (ZPA), ver figura 3.4. As ZPA são áreas criadas pelo PDN e integram as Unidades de Conservação (UC) tratadas na Lei federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Segue tabela quadro com o nome da ZPA e características das áreas.

Figura 3.4: Zonas de Proteção Ambiental do município de Natal

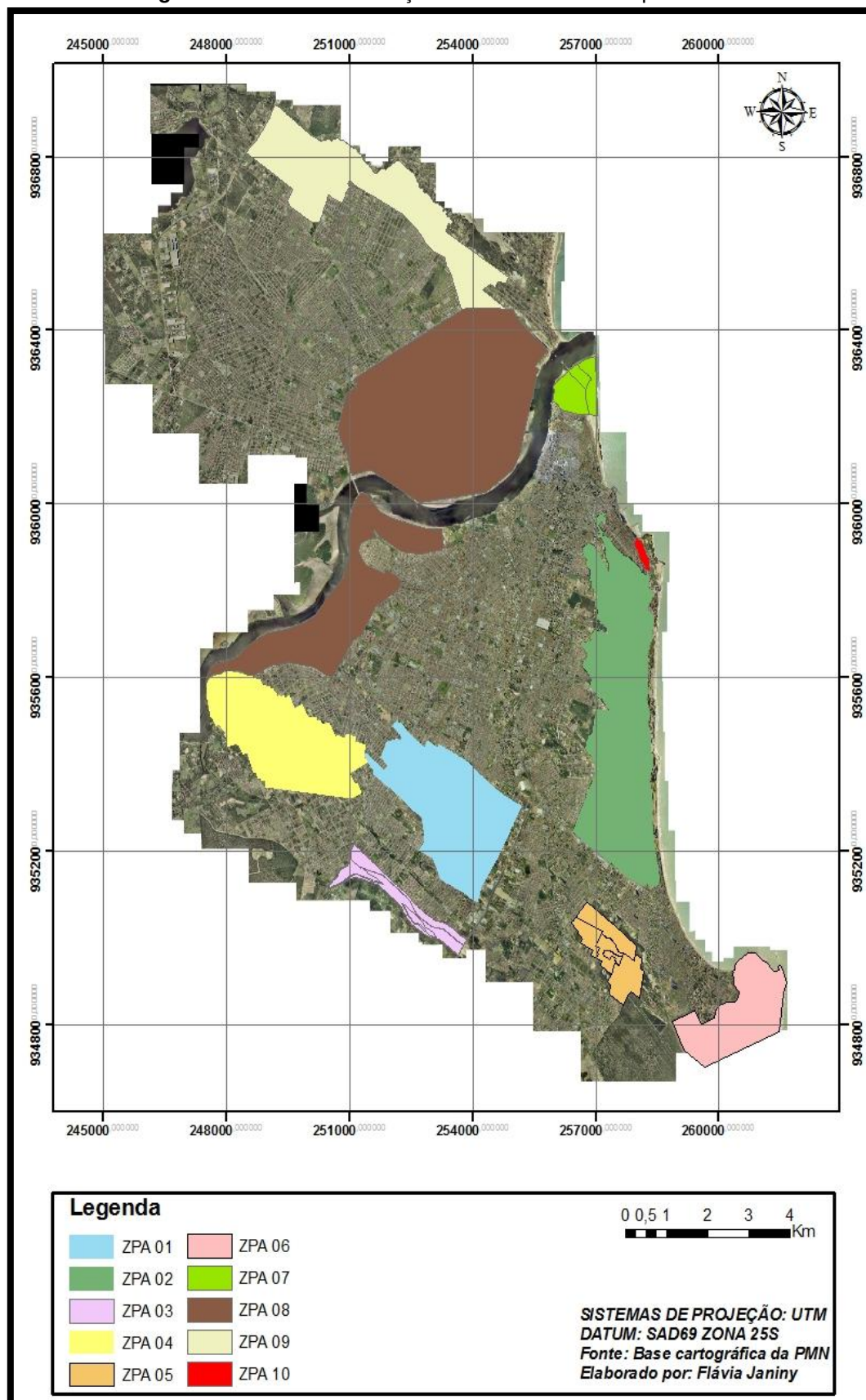


Tabela 3.1: Especificação das Zonas de Proteção Ambiental – ZPA

Nome	Lei de Regulamentação	Delimitação da área	Importância
ZPA 01	Lei Municipal nº 4.664 de 31/07/1995	Campo Dunar dos bairros de Pitimbu, Candelária e Cidade Nova.	Principal área de recarga do aquífero subterrâneo e proteção da flora e fauna das dunas.
ZPA 02	Lei Municipal nº 7.237 de 22/11/1977	Parque Estadual Dunas de Natal e área contígua ao Parque, Av. Eng. Roberto Freire e Rua Dr. Solon de Miranda galvão	Pela biodiversidade de espécies animais e vegetais, constitui uma unidade de conservação destinada a fins educativos, recreativos, culturais e científicos.
ZPA 03	Lei Municipal nº 5.273 de 20/06/2001	Área entre o Rio Pitimbu e Av. dos Caiapós	Parte da margem esquerda do Rio Pitimbu com solo fértil, feições de terraços e vertentes com dunas sobrepostas. A principal função é o suprimento de água doce para a Lagoa do Jiqui.
ZPA 04	Lei Municipal nº 4.912 de 19/12/1997	Campo dunar dos bairros Guarapes e Planalto	Cordões de dunas de relevante beleza cênico-paisagística da cidade, em virtude dos contrastes de relevo com o tabuleiro costeiro e o estuário do Potengi. Tem a importância de minimizar o escoamento pluvial.
ZPA 05	Lei Municipal nº 5.665 de 21 /06/2004	Ecossistema de dunas fixas e lagoas do Bairro de Ponta Negra	Complexo de dunas e lagoas com desenvolvimento de vegetação com espécies predominantes de formação de tabuleiro litorâneo e espécies da mata Atlântica. Importante área de recarga do aquífero subterrâneo.
ZPA 06	Não regulamentada	Morro do Careca de dunas fixas contínuas	Importância cênico-paisagística de interesse cultural, recreativo e paisagístico.
ZPA 07	Não regulamentada	Forte dos Reis magos e seu entorno	Relevante valor artístico, arquitetônico, cultural, turístico e histórico tombada pelo Patrimônio Histórico Nacional.

ZPA 08	Não regulamentada	Ecossistema de Manguezal e Estuário do Potengi/Jundiaí	Ecossistema de grande importância ambiental e socioeconômica para a cidade. Propiciador da indústria da pesca, atividades portuárias e de recreação além de fonte de alimento para as populações ribeirinhas.
ZPA 09	Não regulamentada	Ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce	Ambiente de potencial turístico e paisagístico, compreendendo o sistema de dunas e lagoas associado ao vale do Rio Doce. Além das funções de perenização do rio, recarga de aquíferos e atividades agrícolas desenvolvida às margens
ZPA 10	Não regulamentada	Farol de mãe Luíza e seu entorno – encostas adjacentes à Via Costeira	Area de encostas dunares de valor cênico-paisagístico, histórico, cultural e de lazer.

Fonte: Adaptado de Anuário Natal 2012

3.4.3 Recursos hídricos

Os mais expressivos cursos d'água superficiais da cidade do Natal são: o estuário do Potengi e o rio Pitimbu. Além desses, o município encontra-se assentado sobre os aquíferos subterrâneos: Dunas e Barreiras, os quais formam um sistema hidráulico único e complexo que, em geral, comporta-se como livre apresentando alguns trechos de semiconfinamento. A recarga destes aquíferos fica a cargo de chuvas bem distribuídas temporalmente e efluentes líquidos gerados pela população local.

Em se tratando da hidrologia da área do Município de Natal, o Plano Estadual de Recursos Hídricos definiu que as seguintes bacias hidrográficas seriam responsáveis pela drenagem presente na região: Bacia do Rio Doce, do Rio Pitimbu, do Rio Potengi, além da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso, (HIDROSERVICE, 1999 apud ANUÁRIO NATAL, 2009).

A Bacia do Potengi ocupa uma superfície de 4.093 km², o que corresponde aproximadamente a 7,7% do território estadual comportando um volume de água de $3,4 \times 10^7$ m³. Deságua no estuário que recebe o mesmo nome formando uma planície flúvio-marinha que, para montante, transforma-se em planície fluvial, ambas pertencentes à unidade geomorfológica da Faixa Litorânea e envolvidas por relevos tabulares dos Tabuleiros Costeiros, predominantes na porção sul da bacia (SEMARH, 2010).

A microbacia do Rio Pitimbu, afluente da bacia do Rio Pirangi, abrange os municípios de Natal, Macaíba e Parnamirim ocupa uma área de 138,30 km². É um importante rio para a cidade do Natal já que alimenta a Lagoa do Jiqui, manancial onde há captação de água para abastecer parte da zona Sul da cidade. Da água retirada da Lagoa, 30% recebe tratamento convencional e é lançada na rede de abastecimento os outros 70% são usados na diluição da água captada pelos poços objetivando a diminuição da concentração de nitrato, fruto da contaminação das águas subterrâneas por efluentes líquidos.

O aquífero Dunas/Barreiras possui como uma de suas características a camada superficial de dunas, que é bastante permeável, possuindo uma elevada porosidade e baixo índice de escoamento superficial.

3.5 Aspectos climatológicos

O clima é fator essencial o conhecimento das características meteorológicas para a compreensão e análise dos processos e comportamento da dinâmica costeira. Agindo direta ou indiretamente tais características contribuem para a modificação da morfologia e fisiografia litorânea.

Segundo Grigio, 2003 & Queiroz, 2008 o estado do Rio Grande do Norte apresenta características climáticas e pluviométricas complexas devido à atuação do Anticiclone do Atlântico Sul e à oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Durante o ano predominam ventos provenientes do quadrante Leste, associados ao Anticiclone do Atlântico Sul que, impõe ao Estado tempo estável e escasso de chuvas. O recuo dessa massa estável para o oceano ocorre frequentemente no período do outono quando a ZCIT chega ao hemisfério sul perturbando o sistema e ocasionando chuvas frontais de sul e pseudo-frontais de leste.

A ZCIT é originada pelos ventos surgidos no Hemisfério Norte encontrando-se com os ventos originados no Hemisfério Sul. Tal convergência provoca a formação de nuvens sobre a região tropical e apresenta um comportamento oscilatório, latitudinalmente, na altura da linha do Equador.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo AS' quente e úmido. Por isso a região apresenta duas estações bem definidas sendo uma seca (meses de setembro a fevereiro) e outra chuvosa (meses de março a agosto). Pode se dizer que a região apresenta um regime térmico relativamente uniforme com temperaturas elevadas ao longo de todo o ano. Tais características são atribuídas a grande quantidade de radiação solar incidente sob a superfície terrestre, associada às altas taxas de nebulosidade.

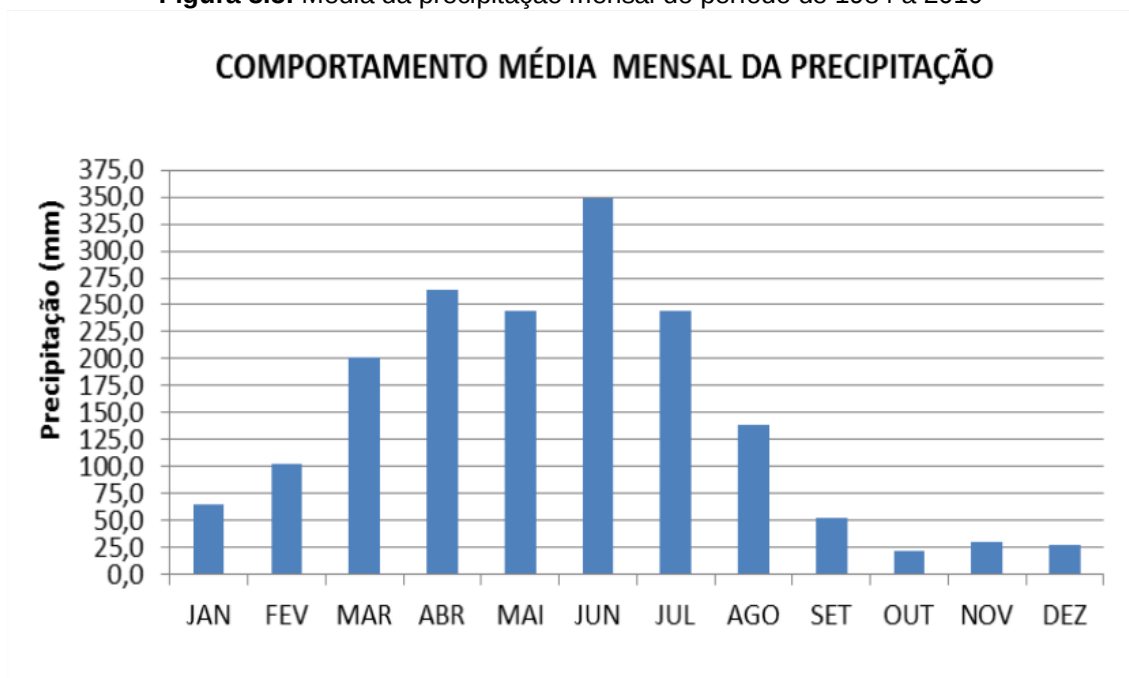
Além disso, a proximidade do mar induz a redução na amplitude térmica (Figueiredo, 2007).

Os ventos predominantes (ventos-úmidos) apresentam uma velocidade média anual de 5,5 m/s com direção dominante SE e no verão predominam os alísios e os contra-alísios, com penetração restrita às áreas além da zona litorânea (Figueiredo, 2007; IDEMA, 2003).

A temperatura apresenta aproximadamente um valor médio anual de 25,4°C sendo a máxima 30,2°C e a mínima 21,8°C. A umidade relativa do ar é pouco variável se comparada a outras localidades do Nordeste, apresentando uma média anual de 79,3 %, com média mensal mínima de 74,0% no mês de novembro e máxima de 84,0% nos meses de maio, junho e julho. Na região Nordeste, elevados valores de umidade relativa associados a uma pequena variação ao longo do ano são característicos de locais próximos ao litoral, uma vez que mesmo em períodos com baixa pluviosidade, a umidade relativa do ar se mantém elevada em função da proximidade com os oceanos.

A insolação total anual média é superior a 2.600 horas de brilho solar, condizente para uma região onde a nebulosidade média anual é inferior a 6 (em uma escala de 0 a 10). Em nível mensal, a insolação média varia entre 173,6 horas de brilho solar em abril e 279,9 horas no mês de novembro. Já a nebulosidade média varia, também a nível mensal, entre 4 e 6 em uma escala de 0 a 10.

O ciclo anual de precipitação caracteriza-se por dois períodos distintos, um período chuvoso de abril a agosto e um período seco que vai de setembro a fevereiro. De acordo com os dados da estação climatológica da UFRN no período de 1984 a 2010, a precipitação pluviométrica anual máxima aponta uma média de 350 mm que ocorre no mês de junho (figura 3.5), alcançando uma média anual de aproximadamente 1.250,0 mm/ano.

Figura 3.5: Média da precipitação mensal do período de 1984 a 2010

Fonte: Estação Climatológica da UFRN apud ALVES (2010).

3.6 Ondas e marés

Para um estudo de vulnerabilidade na zona costeira é importante ter o conhecimento dos elementos relacionados ao comportamento oceânico, dentre estes estão: ondas e marés. Tais elementos são de fundamental importância para o entendimento da agitação marítima para a costa. A costa brasileira, por não ser afetada por nenhum sistema climático capaz de gerar tormentas de grandes magnitudes, pode ser considerada uma área calma quanto ao clima de ondas.

Natal é muito carente quanto à existência de informações relacionadas a ondas e marés, e isso ocorre devido à ausência de equipamentos que poderiam ser instalados para o monitoramento e registro dessas informações. Para esta região há registro do comportamento das ondas, registrados por ondógrafos, datados da década de 60 e 70, Homs, 1978. Cunha, 2004, caracterizou as ondas da costa de Natal com dados do final da década de 90. Atualmente, uma forma encontrada para determinar a agitação marítima é fazendo uso de modelagem numérica fazendo uso de modelos computacionais.

Na costa de Natal, Cunha, 2004, realizou a caracterização das ondas baseado nos registros e relatórios fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH) e HIDROCONSULT S.A. Os dados são da estação ondógráfrica Leste – Reis Magos medidos por um período de 2 anos (1998-1999). As características das ondas para o período em questão apontam 2 tipos de ondas: sea e swell apresentando uma altura significativa com distribuição homogênea caracterizada por uma função lognormal ou Weibull = 1,9, uma altura média de 1,14m, moda de 1,10m e desvio padrão de 0,21m.

De acordo com a esbeltez da onda, definida pela relação H_o/L_o , e considerando os limites $H_o/L_o > 0,015$ (sea) e $H_o/L_o < 0,011$ (swell) definiu-se a frequência relativa dos tipos de ondas formadas (tabela 1). O resultado apresentou uma frequência relativa de 70% de ondas do tipo sea, formadas por influência dos campos de ventos local e frequência de 12% para ondas do tipo swell (ondulação), formadas em regiões mais afastadas da costa. Há ainda 19,22% correspondente a ondas com propriedades sea e swell que não puderam ser diferenciadas pelo método aplicado.

Tabela 3.2: Classificação dos tipos de ondas considerando a esbeltez (h_o/L_o)

Inclinação	Frequência (%)	Esbeltez	Total (%)
>25	0,35	0,0500	SEA
25 a 35	8,92	0,0400	
35 a 50	16,83	0,0286	
50 a 75	43,01	0,0200	69,11
75 a 100	19,22	0,0133	19,22
100 a 150	9,2	0,0100	SWELL
150 a 200	1,84	0,0067	
<200	0,63	0,0050	11,67

Fonte: Cunha, 2004

Ainda de acordo com Cunha, 2004, verifica-se que o clima de ondas em Natal apresenta a maioria das ondas distribuídas em 3 direções: E, ENE, e ESE, sendo a Este a principal componente. Observou-se que as ondas de maior energia estão relacionadas principalmente com a direção ESE e que de setembro a fevereiro não foram observadas ondas de ENE.

As alturas significativas de ondas apresentam variações anuais e direcionais de 0,20m a 2,60m com período médio entre 4,8s e 10,8s. Ao longo do ano, observa-se uma alteração nas condições energéticas sendo de dezembro a maio o período de menor energia com alturas entre 0,40m e 1,60m e o de maior energia, entre junho e novembro, com alturas entre 0,40m e 2,60m.

A tabela 3.3 apresenta a distribuição direcional da altura significativa e do período médio para todo o intervalo de observações, divididos por intervalos angulares de 15 graus por trimestre.

Tabela 3.3: Distribuição direcional e sazonal dos limites de variação da altura significativa e do período médio.

Dir.	Período/Parâmetros	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Dez-Fev	TOTAL
ENE	Hs (cm)	40-100	120-180	-	-	40-180
	Tz (s)	7,2-8,8	6,4-6,8	-	-	6,4-8,8
E	Hs (cm)	20-160	40-260	60-220	40-180	20-260
	Tz (s)	4,8-10,8	4,8-8	5,2-8,4	5,2-9,2	4,8-10,8
ESE	Hs (cm)	40-160	60-220	80-260	60-180	40-260
	Tz (s)	5,2-10,4	4,8-8	5,2-8	5,6-7,6	4,8-10,4
TOTAL	Hs (cm)	20-160	40-260	60-260	40-180	20-260
	Tz (s)	4,8-10,8	4,8-8	5,2-8,4	5,2-9,2	4,8-10,8

Fonte: Cunha, 2004

Cunha, 2004 concluiu que sea é o tipo predominante de ondas sendo o regime controlado pelos campos de ventos regionais e coincidindo com a direção e padrão de variação ventos alísios. A altura significativa das ondas varia conforme as alterações de velocidade dos ventos em relação ao ciclo anual. No início do ano são verificadas as menores alturas associadas a velocidades mais baixas do vento e as maiores alturas, durante o período de junho a setembro, quando o vento sofre uma intensificação, devido à migração da zona de convergência intertropical para uma posição mais ao norte.

Em 2007, Scudelari et al, citado em Scudelari et al, 2009 estudaram a propagação das ondas desde o largo até a costa do município através do modelo REFDIF (Dalrymple e Kirby, 1991). Para tanto, considerou-se para os

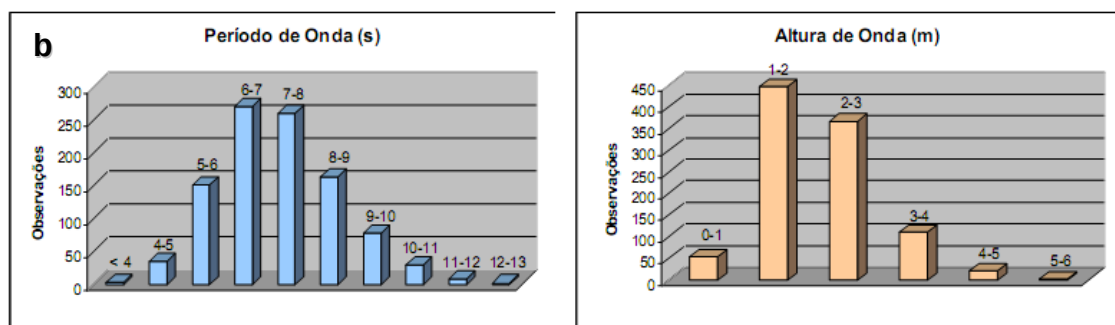
períodos de onda valores de 5s e 13s, para alturas de onda nos variando entre 0,8m a 2,4m e direções compreendidas entre 40° (N-40-E) e 140° (E-50-S). Com o estudo concluiu-se que ocorria uma grande variabilidade nas alturas de onda calculadas próximas à costa devido à configuração batimétrica da zona em estudo para qualquer condição de agitação incidente.

Devido à carência de dados de ondas no município, os períodos e alturas de ondas significativas foram obtidos a partir dos resultados do Global Wave Statistics (Hogben, 1986). Cabe ressaltar que para a modelagem foram utilizadas hipóteses baseadas em observações o que fragiliza alguns pontos do resultado.

Para tanto foram adotadas direções de incidência das ondas inferidas a partir de dados de ventos locais, sendo consideradas prioritariamente as direções colocadas em amarelo na figura 3.6 (a) e a distribuição das alturas e períodos de ondas estão apresentadas na figura 3.6 (b). O resultado foi períodos e alturas de ondas de conforme mostrados na figura 3.6.

Figura 3.6: a) Direções de incidências de ondas adotadas para aplicação do modelo, em amarelo as mais frequentes. b) Períodos e altura de ondas (Hogben, 1986)





Fonte: Scudelari, 2010

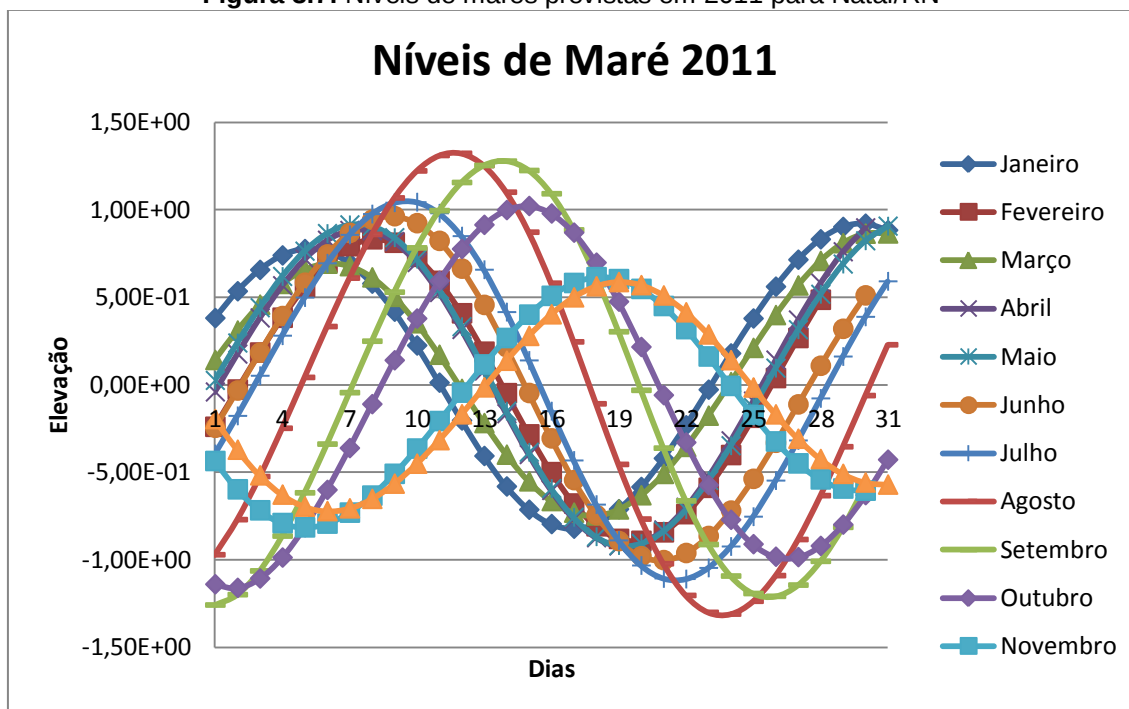
A ação das marés é de relevante importância nos processos morfodinâmicos que ocorre na zona costeira. As oscilações do nível do mar provocadas pela atração do sol e da lua sobre a água são as marés. Elas ampliam a área de ataque das ondas.

As marés de sizígia são marés astronômicas que ocorrem duas vezes por mês (lua nova e lua cheia) e são provocadas pelas mudanças de posição entre o Sol, a Lua e a Terra. As marés meteorológicas são as marés astronômicas combinadas com os efeitos provocados pelos ventos que sopram do mar em direção à costa, variação de pressão e temperatura, popularmente são conhecidas como ressacas. Dependendo da intensidade dos efeitos provocada nas marés meteorológicas, a faixa litorânea fica susceptível a inundações.

De acordo com o catálogo de estações maregráficas brasileiras disponibilizado pela Fundação de Estudos do Mar (FEMAR), para a região, a maré é classificada como semidiurna, apresentando duas preamares e duas baixa-mares em um período de 24h e pouca influência meteorológica.

Os níveis de marés são definidos a partir da medição da altura da maré em determinado intervalo de tempo. A figura 8 ilustra os níveis de marés previstas para ano de 2011 no Porto de Natal. Os dados foram obtidos fazendo usos das constantes harmônicas disponibilizadas pelo catálogo de estações maregráficas brasileiras. A partir do gráfico, é possível observar que as maiores e menores elevações de marés previstas estão nos meses de agosto e setembro.

Figura 3.7: Níveis de marés previstas em 2011 para Natal/RN



3.7 Aspectos socioeconômicos

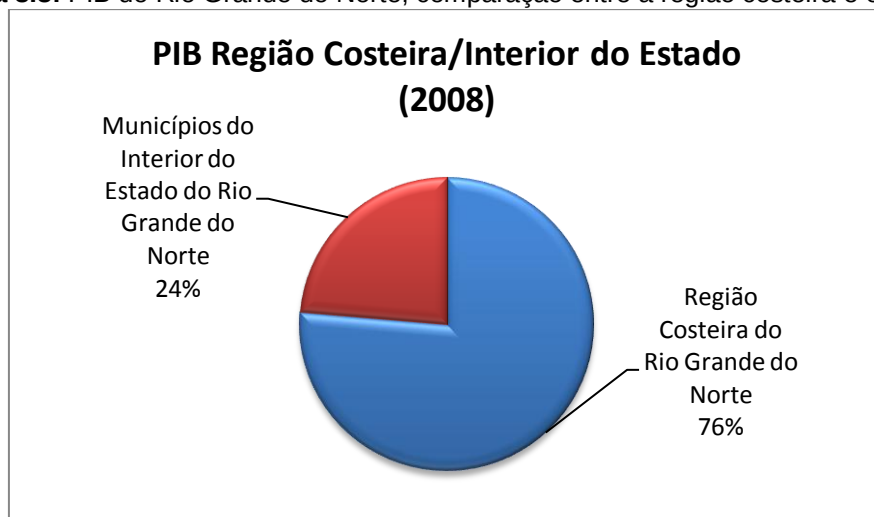
Nos últimos anos o estado do Rio Grande do Norte apresentou uma expansão econômica que o destaca no crescimento do Nordeste brasileiro. Isso se deve principalmente às atividades econômicas desenvolvidas no Litoral Setentrional do Estado como a produção do sal marinho, a extração de petróleo, a fruticultura, a carcinicultura e a pesca artesanal, e, atividades desenvolvidas no Litoral Oriental do Estado como atividades industriais, serviços oferecidos pelo setor turístico, construção civil e comércio varejista.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Rio Grande do Norte tem o 3º maior Produto Interno Bruto (PIB) per capita do Nordeste ficando atrás apenas dos estados de Sergipe e Bahia. (IDS Brasil 2010).

Considerando a importância do desenvolvimento econômico da região, o qual tem suas atividades econômicas preferencialmente desenvolvidas na zona costeira, considerando ainda que a geração de riquezas é um importante fator a ser analisado quando da avaliação das vulnerabilidades do ambiente costeiro e, por fim, considerando a extensa área de costa existente no estado, foi

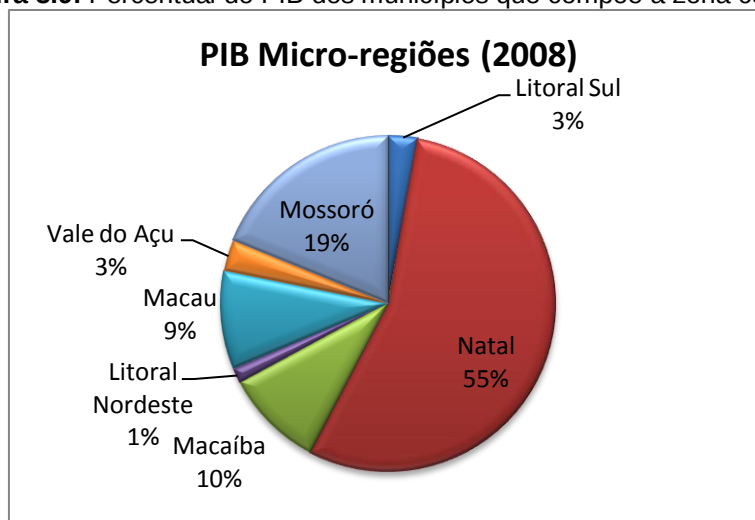
possível comparar, através dos dados disponibilizados pelo IBGE, o PIB entre os municípios da zona de costa e os do interior do estado. Na análise ficou evidente que o PIB costeiro é superior ao PIB dos municípios do interior conforme mostra a figura 3.8.

Figura 3.8: PIB do Rio Grande do Norte, comparação entre a região costeira e o interior



Para a região costeira também foi feito um comparativo dos PIB sendo observado que as principais contribuições são de Natal, seguida de Mossoró e Macau, respectivamente, ver figura 3.9. Isto vem a enfatizar a importância da zona costeira na geração de riquezas do estado e a fragilidade econômica no tocante a vulnerabilidade do ambiente.

Figura 3.9: Percentual do PIB dos municípios que compõe a zona costeira



Dentre os municípios que compõem a região costeira do estado, Natal merece destaque por ser a capital e também por apresentar participação significativa no setor econômico. Atualmente o município encontra-se em um momento de realização de grandes investimentos e incremento da sua economia, hoje fortemente apoiada nas atividades do turismo, comércio varejista, construção civil e indústria têxtil, ver figura 3.10.

A figura 3.10 apresenta a significativa participação do setor de serviços na economia do município e dentro deste setor econômico a atividade turística merece destaque. A figura 3.11 ilustra a receita turística do estado comparada à receita gerada pelos serviços de turismo em Natal.

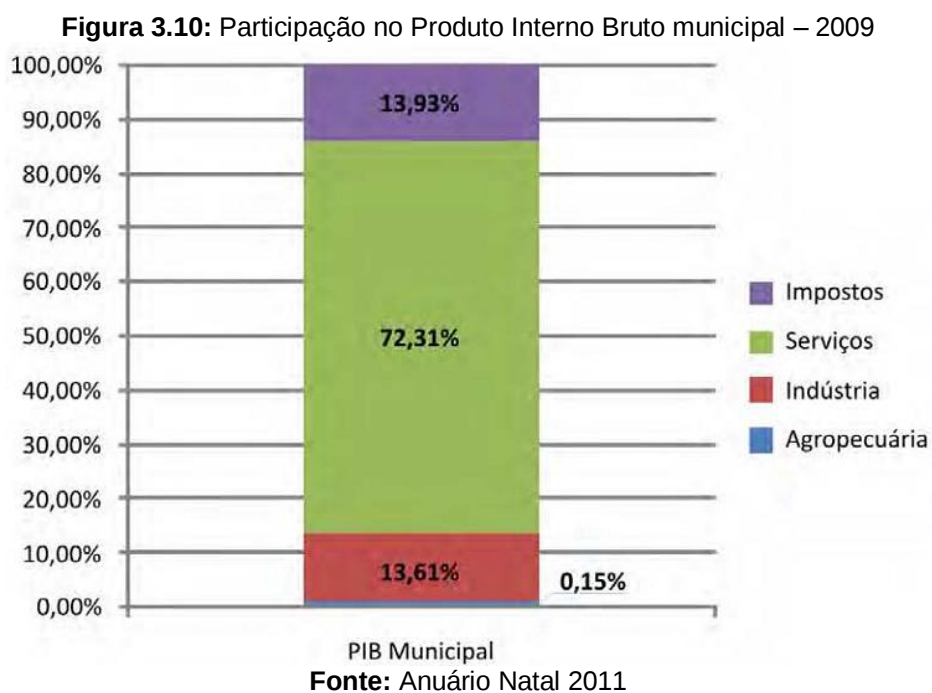
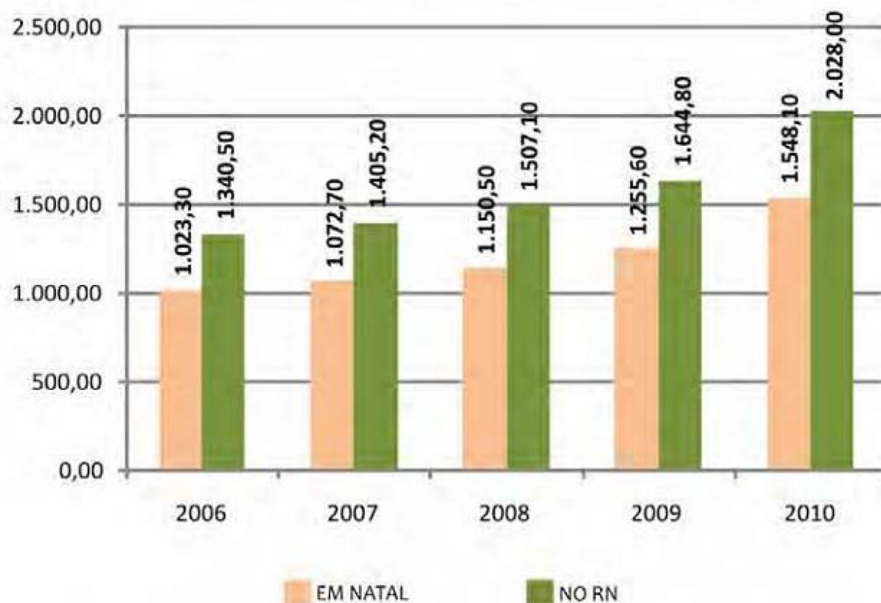


Figura 3.11: Receita turística total de 2006 a 2010 (R\$ milhões)

3.8 Obras de proteção costeira

As áreas urbanas instaladas em regiões costeiras, especialmente as capitais dos Estados, foram densamente ocupadas e transformadas de tal forma que fica difícil identificar e reconhecer as feições originais. Muitas vezes essa ocupação acontece de forma insustentável e desordenada modificando a dinâmica costeira e a estabilidade do meio. Desse modo, a zona costeira fica mais vulnerável a fenômenos ambientais que podem causar transtornos ao meio urbano como, por exemplo, as alterações do nível médio do mar.

Considerando a preocupação com tais mudanças e os riscos que podem comprometer vidas humanas e envolver possíveis perdas de recursos financeiros, as medidas que minimizam ou anulam os efeitos da erosão são as obras costeiras. Estas objetivam conter o recuo da costa e a retirada constante de material do ambiente litorâneo.

Para conter os problemas provocados pelas erosões no litoral, medidas não estruturais são indicadas haja vista seu baixo custo de implementação. Segundo Nascimento (2009) para não haver interferência no ambiente natural da zona costeira é que essas medidas são normalmente adotadas podendo ser citadas as seguintes:

- Determinação de faixa não edificável para conservação da praia natural;
- Limitação da extração de fluidos do subsolo;
- Limitação da mineração nas bacias contribuintes ao transporte litorâneo;
- Estímulo ao desenvolvimento urbano em profundidade (normal à costa) e não concentrado na orla;
- Controle de gabarito (altura das edificações) que afetam a circulação eólica.

Quando há a necessidade de intervenções estruturais busca-se o balanço do transporte de sedimentos de modo a estabilizar ou ampliar a linha de costa evitando os impactos provocados pela erosão. Para tanto faz-se imprescindível um estudo detalhado da dinâmica costeira a fim de compreender a condição de equilíbrio visto que obras indevidas podem agravar a erosão na área ou adjacências. Desse modo, segundo Alfredini (2005) citado em Nascimento (2009), o comportamento de uma obra deve ser avaliado considerando as condições extremas e dominantes da região onde ela será inserida.

No município do Natal as medidas não estruturais para proteção e conservação da zona litorânea estão disciplinadas pela Lei Complementar nº 082/2007 (Plano Diretor de Natal). Conforme tal lei, no art. 21, caput, tem-se:

Art. 21 - *Áreas de Controle de Gabarito - demarcadas no Mapa 3 do Anexo 11, parte integrante desta Lei, são aquelas que, mesmo passíveis de adensamento, visam proteger o valor cênico - paisagístico, assegurar condições de bem estar, garantir a qualidade de vida e o equilíbrio climático da cidade, compreendendo:*

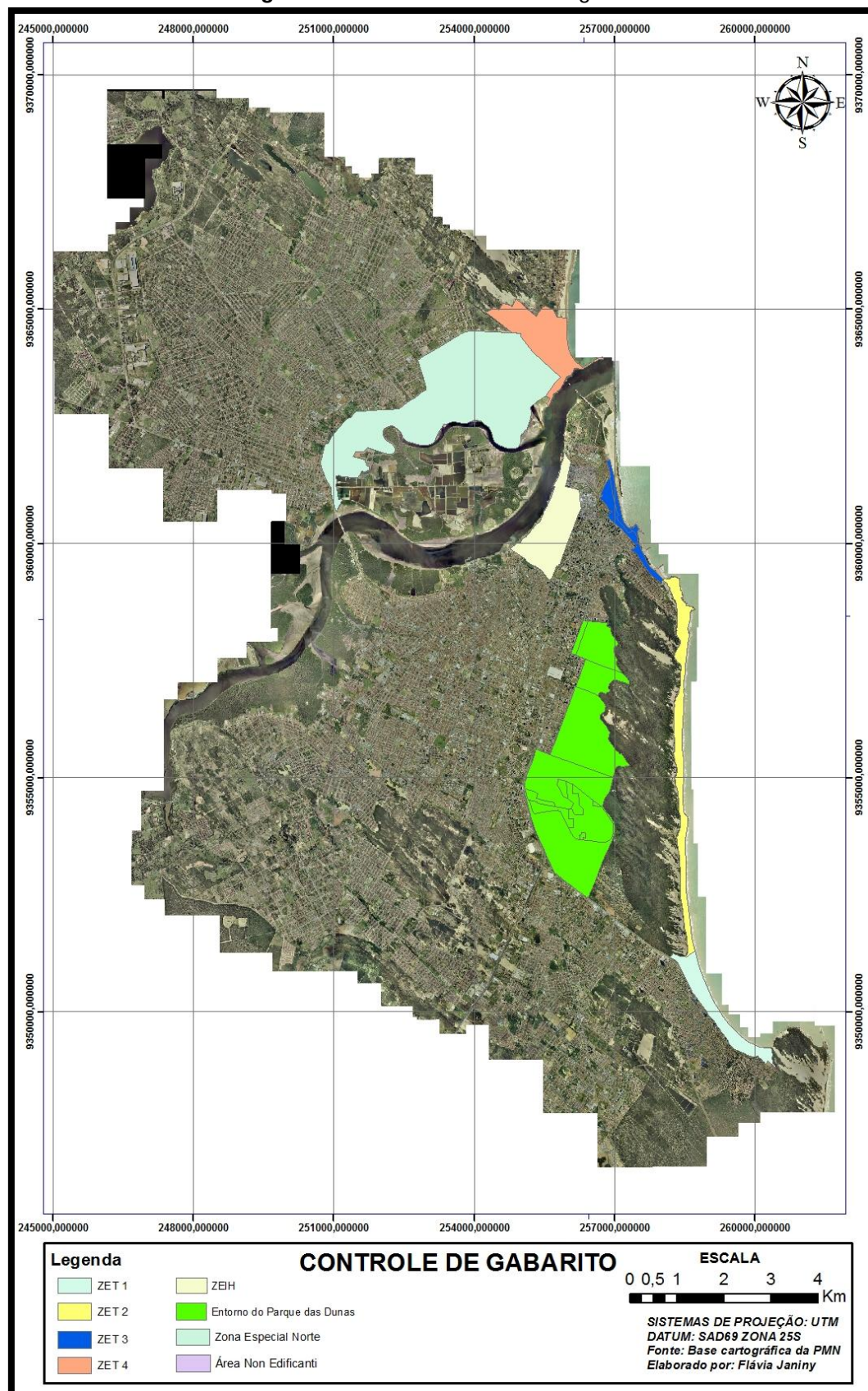
onde define como áreas de controle toda a orla marítima desde o Morro do Careca até o Forte dos Reis Magos, o entorno do Parque das Dunas, a

margem esquerda do Rio Potengi e a Praia da Redinha bem como todas as Zonas de Proteção Ambiental (ZPA) ficando em 7,5 m o limite máximo para as construções, figura 3.12.

Além disso, na orla do município também são observadas obras costeiras com diversas finalidades, como por exemplo:

- Em toda a orla é possível verificar a existência de calçadão que tem como finalidade fixar o limite da praia resistindo à ação das ondas e evitando possíveis inundações. Em alguns trechos funcionam como muros de arrimo como, por exemplo, o calçadão da Praia do Meio.
- Os espigões, estruturas perpendiculares à costa, têm como função reter o sedimento na área delimitada por eles. Na praia de Areia Preta existe um campo de 3 espigões.
- Agindo diretamente sobre as ondas estão os quebra-mares e molhes que têm como objetivo impedir ou reduzir a energia das ondas, antes que elas atinjam a praia. Em Natal verifica-se a presença de quebra-mares naturais (barreira de recifes da Praia do Meio) e molhes (quebra-mar enraizado) na entrada do porto.

Figura 3.12: Áreas de controle de gabarito

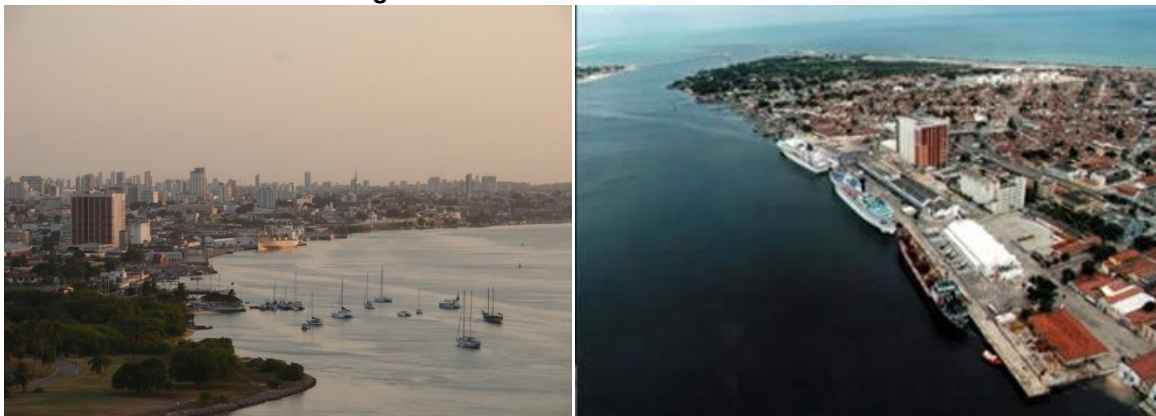


Além das obras citadas é importante ressaltar o porto que por definição é uma estrutura construída em área abrigada das ondas e correntes marítimas. Para a instalação de um porto são indispensáveis: a profundidade do canal, a proteção de ondas e correntes e vias de acessos terrestre (rodovias e/ou ferrovias). Para atender tais condições na maioria dos casos faz-se necessária a instalação de obras auxiliares como, por exemplo, a dragagem do canal para aumento da profundidade; instalação de molhes, quebra-mares, diques ou guia correntes para a proteção no tocante a ondas e correntes marítimas.

O Porto de Natal situa-se à margem direita do Rio Potengi distando cerca de 3 km da sua foz. Sua área de influência é todo o estado do Rio Grande do Norte e os estados da Paraíba, Pernambuco e Ceará. Ele teve seu projeto inicial aprovado pelo Decreto 15.277/1922 e em 1932, através do Decreto 21.995 ficou determinada que a administração e exploração do porto ficassem a cargo da respectiva fiscalização, subordinada ao Departamento Nacional de Portos e Navegação. A inauguração das primeiras instalações e início das atividades ocorreu em 24/10/1932, sendo o porto administrado pela União até a data de criação da Portobras em 1976. A partir de 1983, a administração do porto passou a ser responsabilidade da Companhia Docas do Estado do Rio Grande do Norte (CODERN), a qual atua até os dias de hoje.

O porto de Natal (figura 3.13) exporta, principalmente, produtos têxteis, pescado (camarão e peixe), frutas (melão, melancia, manga, mamão, uva) e atualmente minério de ferro. Importa principalmente, trigo, caixaria, equipamentos diversos com ênfase aos utilizados na montagem de campos para exploração de energia eólica, atividade recentemente com desenvolvimento crescente no estado.

Figura 3.13: Vista do Porto de Natal.



4 CENÁRIOS

Neste capítulo será apresentado como foi definida a Linha de Costa (LC) para a área de estudo com a sua devida justificativa. Também serão apresentados os cenários de inundação para a elevação do nível médio do mar (NMM) e a população exposta ao risco de inundação nas chamadas zonas de inundação.

4.1 Justificativa para a definição da linha de costa

Legalmente definida como uma faixa marítima de 12 milhas náuticas de largura (mar territorial) e uma faixa terrestre com 50 km de largura, a zona costeira é um reduzido espaço entre o continente e o oceano que é favorável ao desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Espaço de interação entre água, terra e ar com intensa modificação da paisagem devido a ações naturais como o transporte de sedimentos, seja ele eólico ou marinho, e ações antrópicas como ocupação urbana. Por ser um ambiente com potencial para o desenvolvimento de atividades sejam elas de cunho econômico, científico ou de planejamento é importante conhecer suas transformações físicas, dentre estas o comportamento da linha de costa.

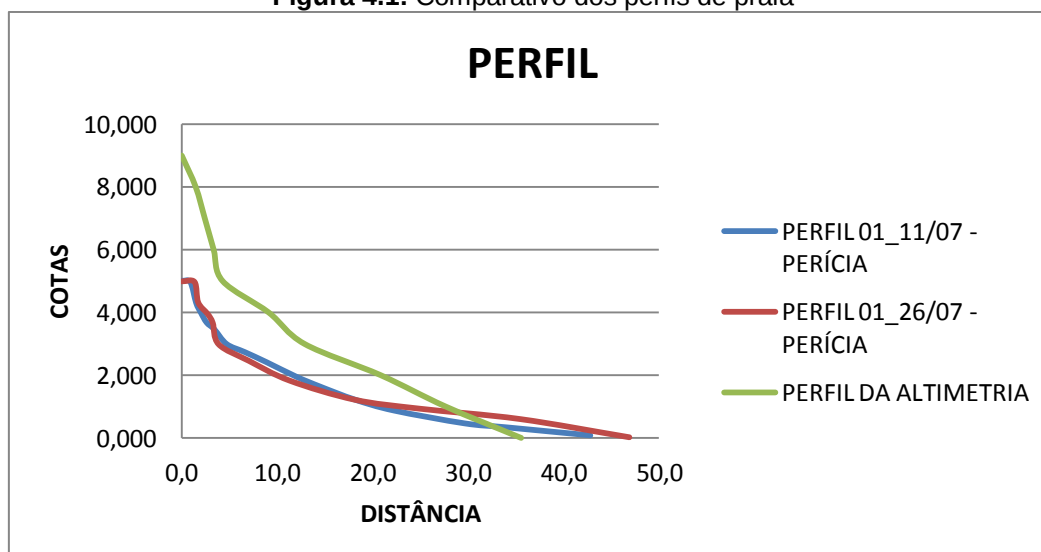
A linha de costa é uma feição morfológica muito dinâmica variando seu posicionamento conforme escalas temporais que estão normalmente associadas a fatores como: alterações no volume de sedimentos, alterações do nível médio do mar e alterações antrópicas do meio. Por definição a linha de costa é o ponto de encontro do continente com o oceano apresentando constante modificação que podem ser provocadas pela dinâmica tectônica e/ou fatores que alteram o nível do mar e a geomorfologia local.

Segundo Boak e Tuner, 2005, a linha de costa pode ser definida de diferentes maneiras e o método escolhido para tal depende do tipo de informação que se pretende extrair, dos equipamentos utilizados e da disponibilidade e qualidade dos dados.

Para o trabalho em questão foram utilizados dados já existentes e usados em outros estudos como, por exemplo, o Plano Diretor de Drenagem. Para identificar a LC não foram realizados levantamentos de campo, para tanto, foram levantados os seguintes dados: contorno terra/mar definido pela carta náutica 810, altimetria extraída de imagem SRTM carta SB-25-V-C-V4 (Embrapa) e perfis da Praia de Ponta Negra realizado em 2009 em estudo de análise para implantação do emissário submarino do sistema de drenagem de Capim Macio realizado por Pierri, 2009.

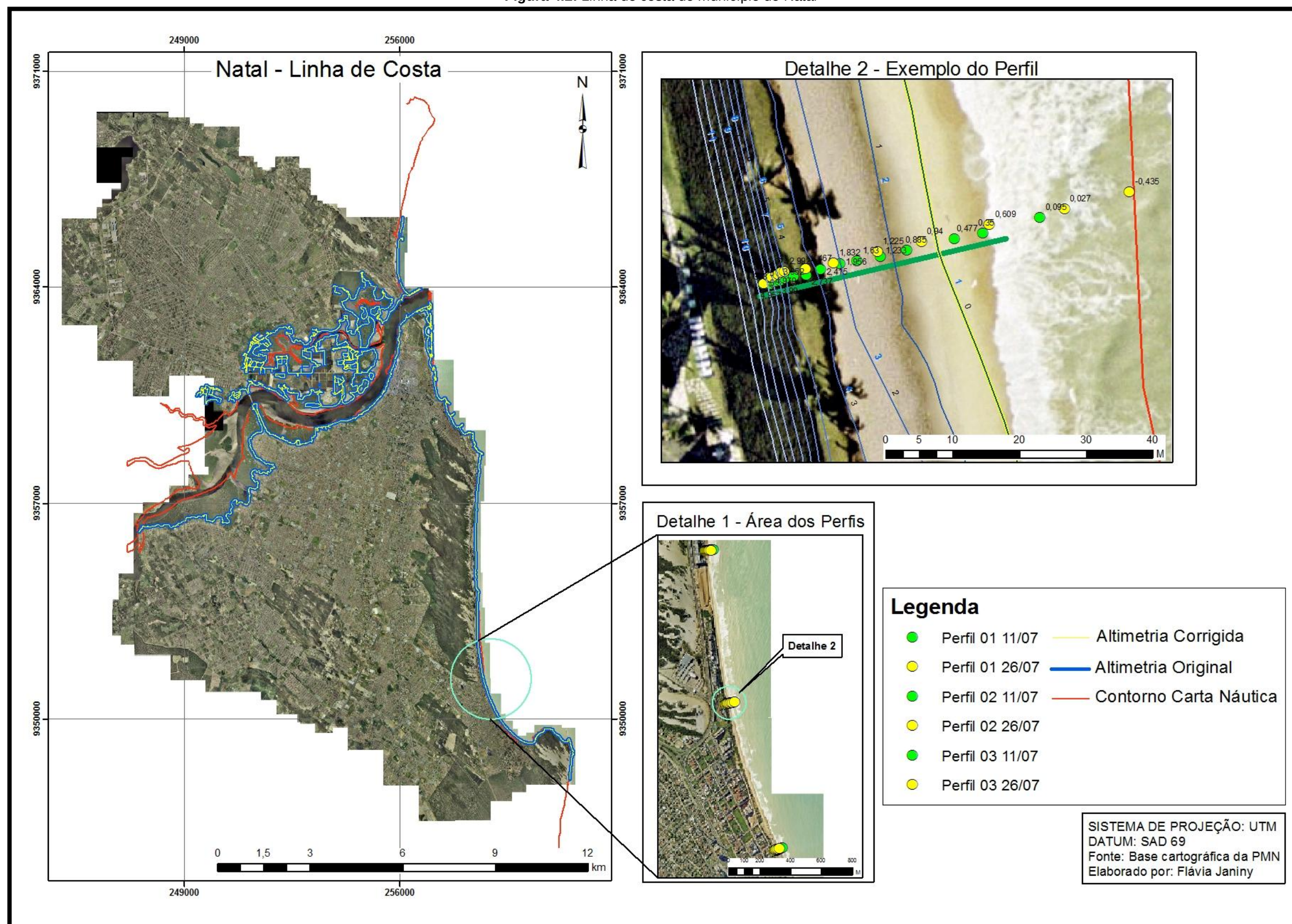
A metodologia aplicada para a obtenção da linha de costa foi a seguinte: primeiramente foi inserida a carta náutica no ArcGis® versão 9,2 para ser digitalizada a linha de contorno terra/mar, em seguida a imagem foi removida e foram adicionados os dados de altimetria (Embrapa), depois disso, foram colocadas as ortofotocartas disponibilizadas pela PMN. Sobreposto a estes dados foram colocados os 03 (três) perfis de praia feitos em julho de 2009 e ao lado destes, foi traçado um perfil com os dados de altimetria. Por fim, foi feita uma análise comparativa entre os perfis com dados de campo e os perfis traçados com base na altimetria. É importante esclarecer que nos dados de altimetria a primeira cota registrada é a de 1,0 metro. Comparando-se os perfis obteve-se como resultado a linha de costa que é representada pelo ponto de intersecção dos perfis (figura 4.1).

Figura 4.1: Comparativo dos perfis de praia



Considerando que o NMM em geral está associado a cota zero e que esta representa a linha de costa, que a cota 1,0m da altimetria encontra-se muito próxima à cota zero do perfil traçado em campo e, que esta coincide em muitos pontos com a linha de contorno terra/mar da carta náutica, para o trabalho em questão, a LC apresentada é a cota de 1,0 m definida no mapa de altimetria. Desse modo, foram utilizadas do mapa de altimetria as cotas de 1,0 a 11,0 metros sendo que estas sofreram uma alteração de menos 1,0 m (- 1,0 m) para que os valores ficassem estabelecidos em $LC = 0$ onde $cota 1,0\text{ m} = 0,0$ e $11,0\text{ m} = 10,0\text{ m}$, ver figura 4.2.

Figura 4.2: Linha de costa do município do Natal



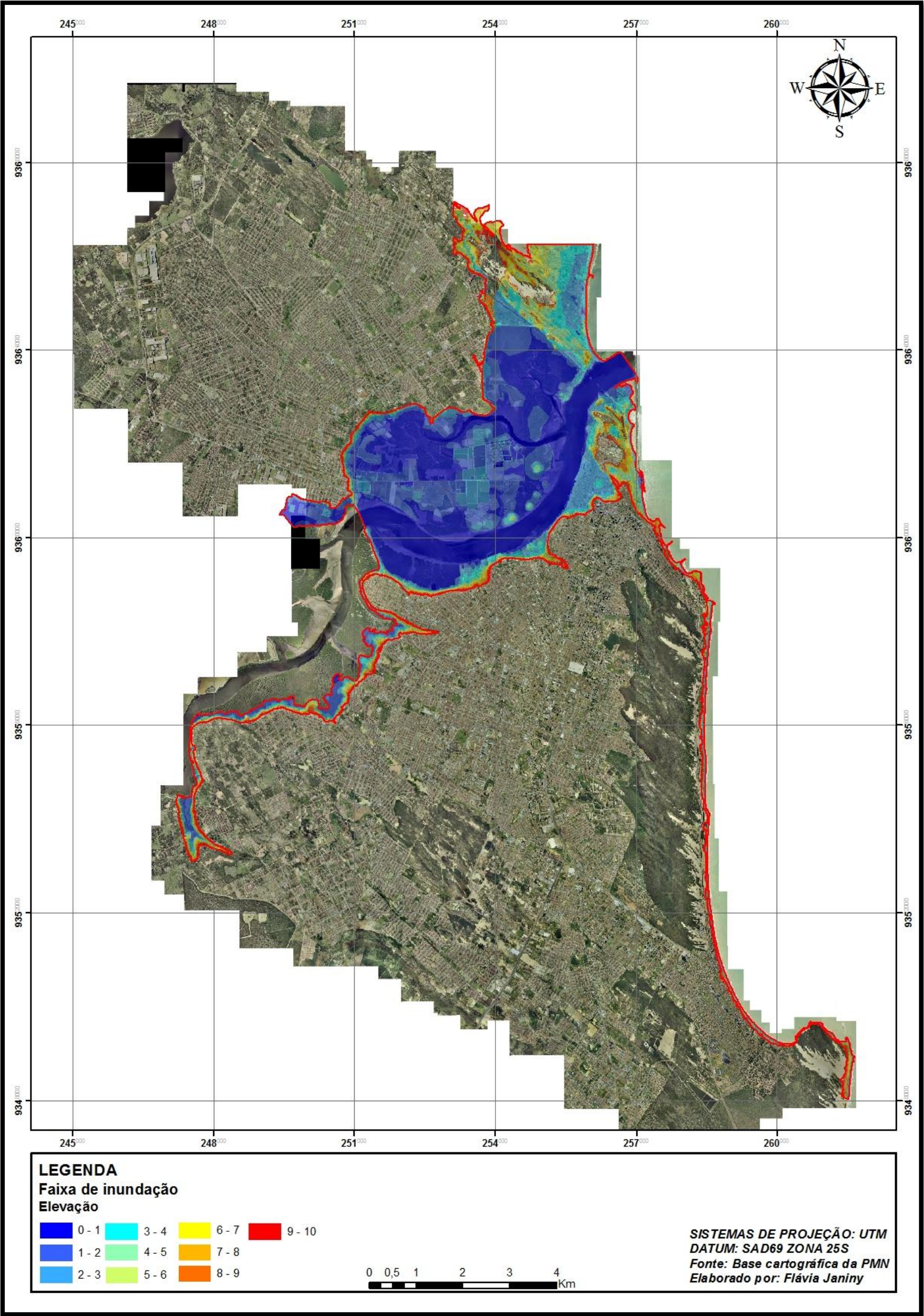
4.2 Elaboração dos cenários de inundação da costa do município de Natal/RN com a elevação do nível do mar.

De acordo com os estudos do IPCC a elevação global do nível médio do mar foi de 2,0 mm/ano nos últimos cem anos (Souto, 2009). Alguns estudiosos acreditam que essa elevação esteja associada ao aquecimento global provocado pelo efeito estufa o qual provoca o derretimento das calotas polares. Segundo dados do IPCC (2007), citado em Souto, 2009, a elevação do nível médio do mar em 2100 será de 18 a 59 cm, numa média global, dependendo da quantidade da emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera, outros acreditam em uma visão mais catastrófica. Souto, 2009, baseia-se nas informações de ROWLEY et al (2007) que calculam, para os próximos cem anos, uma variação de 1,0 a 6,0 m do nível médio do mar.

Tomando por base os estudos já existentes, a preocupação com os riscos inerentes à zona costeira e considerando a importância do município do Natal para o estado do Rio Grande do Norte, foi elaborado o mapa temático denominado de zonas de inundação, ver figura 4.3. O mapa apresenta 10 faixas de inundação, coloridas a cada metro considerando a elevação do nível médio do mar ao longo da costa da capital potiguar. Para tanto, não foi considerada nenhuma variável temporal para análise dos cenários de inundação.

Para a composição do mapa foi usado o ArcGIS® versão 9.2 e dados das ortofotocartas e a planta de altimetria (Embrapa). Primeiramente delimitou-se a zona de inundação usando como limites a cota mínima (zero) e a máxima (10,0 metros). Em seguida foi feita a interpolação utilizando os dados das curvas de nível para a composição de um shape em formato TIN (Triangular Irregular Network), sendo esse uma representação da superfície topográfica através de triângulos irregulares. Logo após, foi simulado através de escala de cores as variações da altimetria para cada $\Delta h=1,0$ m, sendo tal variação associada às faixas de inundação. Por fim, a TIN foi sobreposta às ortofotocartas para gerar o mapa temático denominado de zonas de inundação.

Figura 4.3: Mapa da Zona de Inundação



Definidas as áreas de inundação foi possível fazer uma simulação no software de geoprocessamento que resultou nos valores de área da superfície inundada e a quantificação do volume de água que ocupa cada espaço inundado (tabela 4.1).

Tabela 4.1: Quantificação das áreas vulneráveis e volume de ocupação das áreas inundadas.

FAIXA DE INUNDAÇÃO		ÁREA DA SUPERFÍCIE (m ²)	VOLUME (m ³)
0	1	15496852,83	13862971,60
0	2	20466444,22	33415629,01
0	3	24038633,58	56724907,91
0	4	25685085,50	81829179,56
0	5	27130954,72	108447367,12
0	6	28164086,66	136187695,12
0	7	29006429,89	164782072,85
0	8	29747878,79	194127514,89
0	9	30410027,81	224145888,16
0	10	31088928,54	254829511,84

Para uma melhor descrição da problemática foram definidos 3 cenários de inundação:

- ✓ **Atual** – que corresponde à descrição das situações considerando a Linha de costa;
- ✓ **Inundação até 5,0 metros**, e;
- ✓ **Inundação a partir de 5,0 metros** – descrição de um cenário mais pessimista considerando uma elevação de até 10,0 metros.

Considerando os 25 km de costa do município e aproximadamente os 16 km da zona estuarina do Rio Potengi, para uma melhor visualização, verificou-se a necessidade de dividir a área de estudo em trechos sendo estes apresentados como:

- ✓ **Trecho 1** – Contorno do Morro do Careca;
- ✓ **Trecho 2** – Orla da Praia de Ponta Negra, subdividida em:

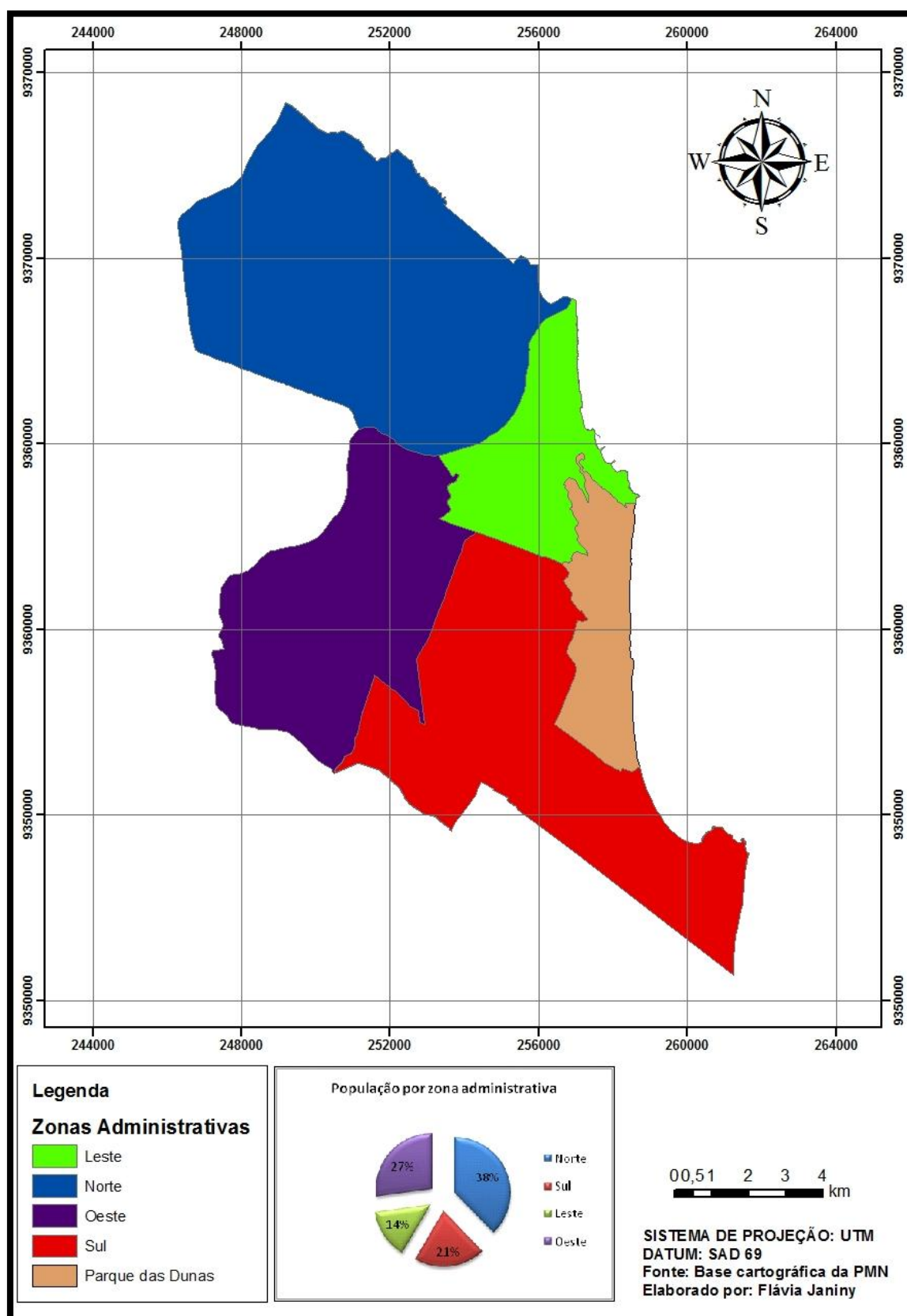
- Sub Zona 1 – Proximidades do Morro do Careca e início da Av. Erivam França;
- Sub Zona 2 – Av. Erivam França;
- Sub Zona 3 – Calçadão após a Av. Erivan França, sentido sul - Norte;
- ✓ **Trecho 3** – Via Costeira;
- ✓ **Trecho 4** – Praia de Areia Preta;
- ✓ **Trecho 5** – Zona Estuarina
 - Interna – Áreas que margeiam o Rio Potengi;
 - Externa – Áreas que se limitam com o oceano

Para a fragmentação utilizou-se como parâmetro as características físicas como, por exemplo, a geomorfologia, o uso e ocupação do espaço urbano e a atividade econômica desenvolvida. Para cada cenário são descritas as problemáticas ocasionadas pela inundação no território da Capital.

4.3 População exposta ao risco de inundação

Desde a década de 80 a cidade do Natal tem um contínuo crescimento populacional, sendo essa dinâmica motivada pelas favoráveis condições de desenvolvimento econômico do local. De acordo com o IBGE foram contabilizados 712.317 habitantes no ano 2000, em 2007, a população correspondia a 774.230 habitantes e em, 2010, a contagem foi 803.739, os quais estão distribuídos nos 36 bairros agrupados em 4 regiões administrativas. A figura 4.4 apresenta a divisão administrativa do município de Natal e um gráfico de como a população está distribuída por zona administrativa.

Figura 4.4: Distribuição da população por zona administrativa segundo censo do IBGE de 2010



Como este item trata da apresentação da população exposta ao risco de inundação, na tabela 4.2 serão apresentados o detalhamento da distribuição populacional do município, a população distribuída por bairro, a área de cada unidade territorial bem como a densidade demográfica de cada área.

Tabela 4.2: Bairros de Natal com detalhamento das zonas administrativas, área, população e demografia.

Z. A.	BAIRRO		ÁREA (Ha)	POPULAÇÃO RESIDENTE 2010	DENSIDADE DEMOGRAFICA 2010 (hab/ha)
NORTE	Lagoa Azul	1	1.167,46	61.289	52,50
	Igapó	2	220,16	28.819	130,90
	N. Sra. da Apresentação	3	1.024,79	79.759	77,83
	Pajuçara	4	766,13	58.021	75,73
	Potengi	5	799,87	57.848	72,32
	Redinha	6	878,87	16.630	18,92
	Salinas	7	1031,22	1.177	1,14
SUBTOTAL			5.888,50	303.543	51,55
SUL	Lagoa Nova	8	767,74	37.518	48,87
	Nova Descoberta	9	158,82	12.467	78,50
	Candelária	10	761,43	22.391	29,41
	Capim Macio	11	433,36	22.760	52,52
	Pitimbu	12	744,59	24.209	32,51
	Neópolis	13	322,14	22.465	69,74
	Ponta Negra	14	1382,03	24.681	17,86
SUBTOTAL			4.570,11	166.491	36,43
LESTE	Santos Reis	15	222,09	5.641	25,40
	Rocas	16	66,01	10.452	158,34
	Ribeira	17	94,39	2.222	23,54
	Praia do Meio	18	48,92	4.770	97,51
	Cidade Alta	19	116,41	7.123	61,19
	Petrópolis	20	78,43	5.521	70,39
	Areia Preta	21	32,17	3.878	120,55
	Mãe Luíza	22	95,69	14.959	156,33
	Alecrim	23	344,73	28.705	83,27
	Barro Vermelho	24	94,79	10.087	106,41
	Tirol	25	360,04	16.148	44,85
	Lagoa Seca	26	61,09	5.791	94,79
SUBTOTAL			1.614,76	115.297	71,40
OESTE	Quintas	27	248,54	27.375	110,14
	Nordeste	28	298,44	11.521	38,60
	Dix-Sept Rosado	29	109,64	15.689	143,10
	Bom Pastor	30	346,09	18.224	52,66
	N. Sra. de Nazaré	31	144,01	16.136	112,05
	Felipe Camarão	32	654,4	50.997	77,93
	Cidade da Esperança	33	182,87	19.356	105,85
	Cidade Nova	34	262,12	17.651	67,34
	Guarapes	35	865,95	10.250	11,84
	Planalto	36	463,83	31.206	67,28
SUBTOTAL			3.575,89	218.405	61,08
Parque das Dunas		37	1.203,98	3	0,00
TOTAL			16.853,24	803.739	47,69

Fonte: IBGE 2010

De posse dos dados populacionais e do mapa de inundação, a estimativa da população exposta ao risco foi feita através da superposição desses elementos. Para tanto foi utilizado como ferramenta o software ArcGIS® versão 9.2. A intersecção das informações densidade demográfica e zonas de inundação, resultou no mapa temático intitulado de população exposta ao risco (figura 4.5) para tanto, considerou-se a distribuição da população uniforme em cada bairro e o cenário mais crítico da elevação (10,0 m). Além do mapa da população em risco segue a tabela 4.3 que detalha o número de habitantes expostos ao risco de inundação.

De acordo com os resultados obtidos o que pode ser observado é que mais de 10% da população do município sofre com as implicações ocasionadas pela sobrelevação do Nível Médio do Mar considerando o cenário mais crítico e que há o comprometimento de algumas unidades de ensino e saúde. Aqui apresenta-se como cenário muito crítico a zona leste da cidade, sua topografia pouco privilegiada expõe 26,89% da sua população ao risco de inundação. Os bairros de Santos Reis, Rocas e Ribeira se destacam como pontos mais baixos da topografia consequentemente resultam em maiores perdas estruturais e patrimoniais bem como alto índice de população exposta ao risco. Ela é também a zona mais vulnerável considerando a população total do município. Outro cenário preocupante é o do bairro da Redinha na Zona Administrativa Norte que dentro da população total do município exposta ao risco de inundação, tem uma representatividade de 1,64%. Levando em conta a topografia local, verifica-se que o bairro é pouco privilegiado já que suas cotas máximas atingem a altura de 5,0 metros.

Dos 17 bairros situados na zona de inundação os que apresentam maior vulnerabilidade da população estão situados no trecho denominado aqui de zona estuarina. A Zona Administrativa Sul tem somente o bairro de Ponta Negra dentro da zona de inundação que considerando a população exposta ao risco de inundação tem-se um número pouco expressivo no que se refere à população total do município (0,09%); no entanto, a inundação acarreta grandes transtornos econômicos já que este bairro é o que tem um grande

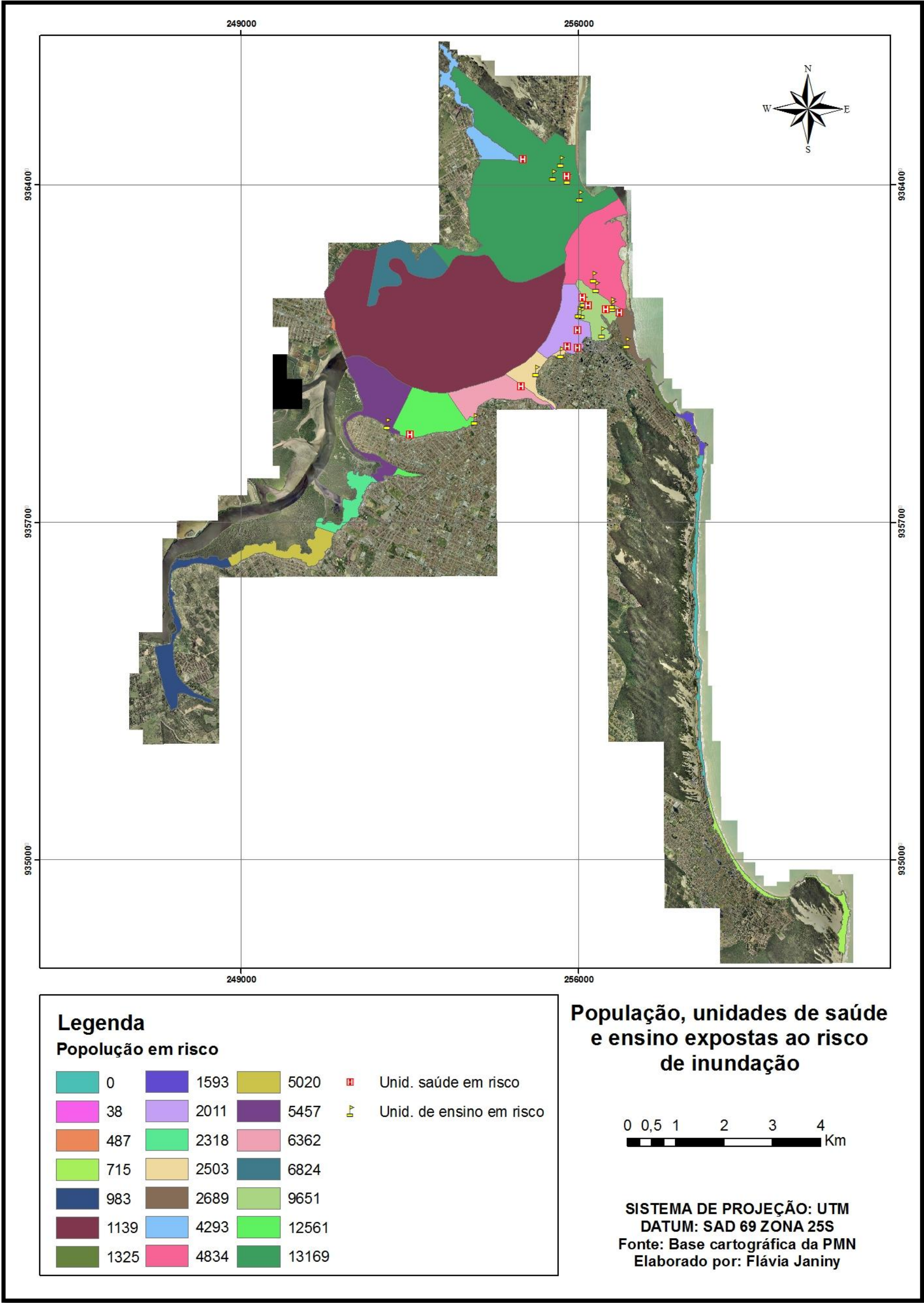
desempenho no setor de comércio e serviços voltados para o turismo. Além disso, é importante enfatizar que a Praia de Ponta Negra é um local fortemente frequentado pela população do município de Natal que busca o lazer, desse modo, entende-se que a população atingida será significativamente maior.

Tabela 4.3: Valores referentes à população exposta ao risco de inundação

Z. A.	BAIRRO	POPULAÇÃO EM RISCO	POPULAÇÃO EM RISCO BAIRRO (%)	POPULAÇÃO EM RISCO ZONA (%)	POPULAÇÃO EM RISCO MUNICÍPIO (%)
NORTE	Igapó	486	1,69%	0,16%	0,06%
	Pajuçara	4.292	7,40%	1,41%	0,53%
	Potengi	6.824	11,80%	2,25%	0,85%
	Redinha	13.168	79,18%	4,34%	1,64%
	Salinas	1.139	96,77%	0,38%	0,14%
SUBTOTAL		25.909	8,54%	8,54%	3,22%
SUL	Ponta Negra	715	2,90%	0,43%	0,09%
SUBTOTAL		715	0,43%	12,68%	0,09%
LESTE	Santos Reis	4.834	85,69%	4,19%	0,60%
	Rocas	9.650	92,33%	8,37%	1,20%
	Ribeira	2.010	90,46%	1,74%	0,25%
	Praia do Meio	2.688	56,35%	2,33%	0,33%
	Cidade Alta	2.502	35,13%	2,17%	0,31%
	Areia Preta	1.325	34,17%	1,15%	0,16%
	Mãe Luíza	1.592	10,64%	1,38%	0,20%
	Alecrim	6.362	22,16%	5,52%	0,79%
	Barro Vermelho	37	0,37%	0,03%	0,00%
SUBTOTAL		31.000	26,89%	26,89%	3,86%
OESTE	Quintas	12.561	45,88%	5,75%	1,56%
	Nordeste	5.457	47,37%	2,50%	0,68%
	Bom Pastor	2.318	12,72%	1,06%	0,29%
	Felipe Camarão	5.020	9,84%	2,30%	0,62%
	Guarapes	983	9,59%	0,45%	0,12%
SUBTOTAL		26.339	12,06%	12,06%	3,28%
Parque das Dunas		0	0,00%		0,00%
TOTAL		83.963	10,45%	10,45%	10,45%

Fonte: IBGE 2010

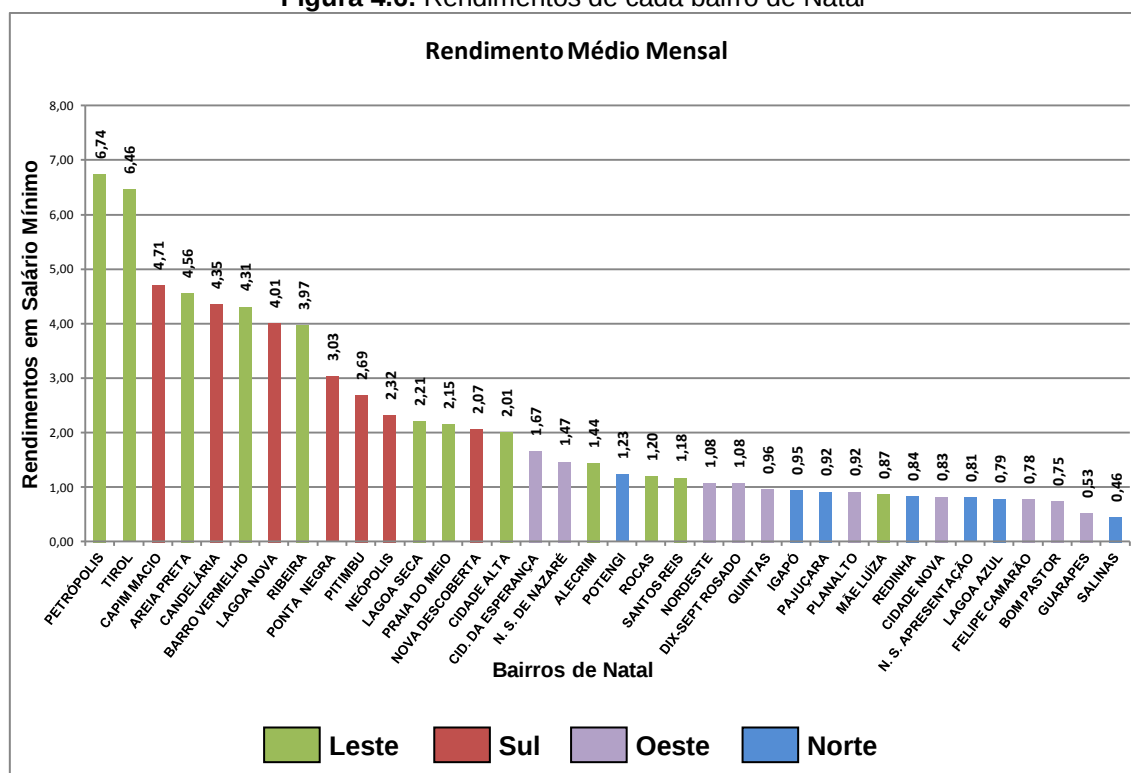
Figura 4.5: Mapa da população exposta ao risco de inundação



Pode se afirmar que os bairros das Quintas, Nordeste, Bom Pastor, Felipe Camarão, Guarapes e Salinas apresentam o valor da população em risco superestimado tendo em vista que existem áreas dos citados bairros que ainda correspondem a áreas de manguezal e encontram-se livre de ocupação humana.

Considerando os aspectos socioeconômicos observa-se que Redinha, bairro com considerável vulnerabilidade física, está entre os que apresentam menor rendimento, uma média de 0,84 salários mínimos por pessoa (figura 4.6). A zona leste, área com maior número de pessoas em risco, tem um rendimento médio de 2,86 salários mínimos por pessoa, no entanto, o bairro das Rocas, mais adensado e com maior índice de pessoas em risco, apresenta uma rendimento médio de 1,20 salários mínimos, ficando a frente de apenas dois dos 12 bairros pertencentes da região administrativa.

Figura 4.6: Rendimentos de cada bairro de Natal

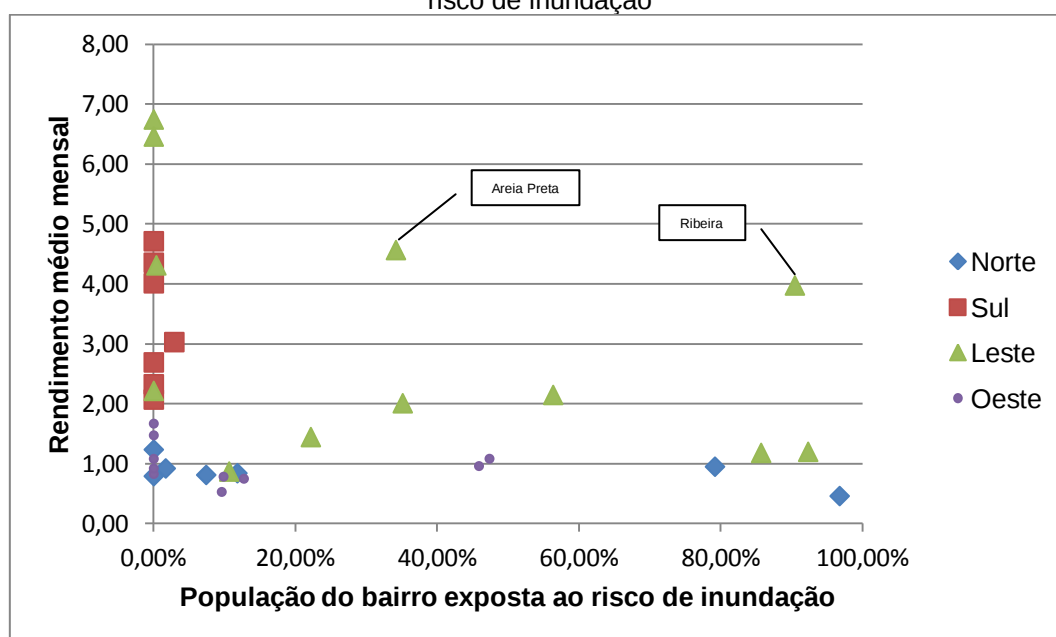


Fonte: IBGE 2010

Com os dados de rendimentos e população exposta ao risco foi gerado um gráfico de dispersão, figura 4.7. Analisando o gráfico verifica-se

primeiramente que há uma segregação dos dados na altura do valor 2,0 para rendimentos. Com isso fica claro que há uma concentração dos dados de população exposta ao risco de inundação, que tem como rendimentos até 2,0 salários mínimos, e uma concentração de população não exposta ao risco de inundação que fica na faixa de rendimentos superior a 2,0 salários mínimos. Desse modo, conclui-se que, no município, os bairros com desprivilegio nas condições topográficas abrigam a população com renda de até 2,0 salários mínimos. São principalmente bairros das Zonas Administrativas Norte e Oeste, considerados periféricos, e que possuem infraestrutura precária. Nota-se também que os bairros que apresentam melhor poder aquisitivo também são privilegiados no tocante às condições topográficas, apresentam-se como bairros nobres com boa infraestrutura.

Figura 4.7: Gráfico de dispersão de rendimento médio mensal versus população exposta ao risco de inundação



Nota-se ainda que há 4 bairros com baixa renda, próximo a 1,0 salário mínimo, e com alta concentração de pessoas exposta ao risco, entre 79% e 96%. São bairros com precárias condições de infraestrutura e desfavoráveis condições topográficas destacando se ainda unidades de saúde e ensino comprometidas.

O gráfico apresenta a Zona Leste como área mais vulnerável à inundação pois, a maioria dos seus bairros estão em área na zona estuarina, localizam-se em áreas de aterro de manguezal e são os mais desfavoráveis quanto às condições topográficas. Verifica-se ainda que, levando em consideração a faixa de rendimentos, a Zona Leste é a área vulnerável que apresenta o melhor poder aquisitivo.

Na Zona Administrativa Leste observa-se uma particularidade que está relacionada ao contraste entre poder aquisitivo e infraestrutura. Evidencia-se que a população mais exposta é a que tem menor rendimento e também a que está situada em áreas mais baixas, outrora parcialmente ocupadas por manguezal e que foram aterradas para urbanização.

É importante deixar claro que os valores aqui apresentados são baseados nos dados mais recentes do levantamento censitário, ou seja, não houve uma análise de evolução temporal quanto à ocupação das áreas nem uma simulação de crescimento desta população. Desse modo, o apresentado não condiz com uma projeção futura e sim com um cenário hipotético que projeta a situação atual implicando na recomendação de ações para a prevenção dos problemas relacionados à elevação do nível médio do mar. Para tanto, deixa-se claro que a elevação do NMM pode ter maior ou menor magnitude, o que não diminui a importância das medidas de prevenção para mitigação dos impactos causados por este fenômeno natural.

5 ANÁLISE POR TRECHO CONSIDERANDO OS CENÁRIOS DE ELEVÇÃO DO NMM.

Neste capítulo serão apresentados os 5 trechos da área de estudo dando ênfase aos cenários e as problemáticas elencadas para os 3 cenários de inundação.

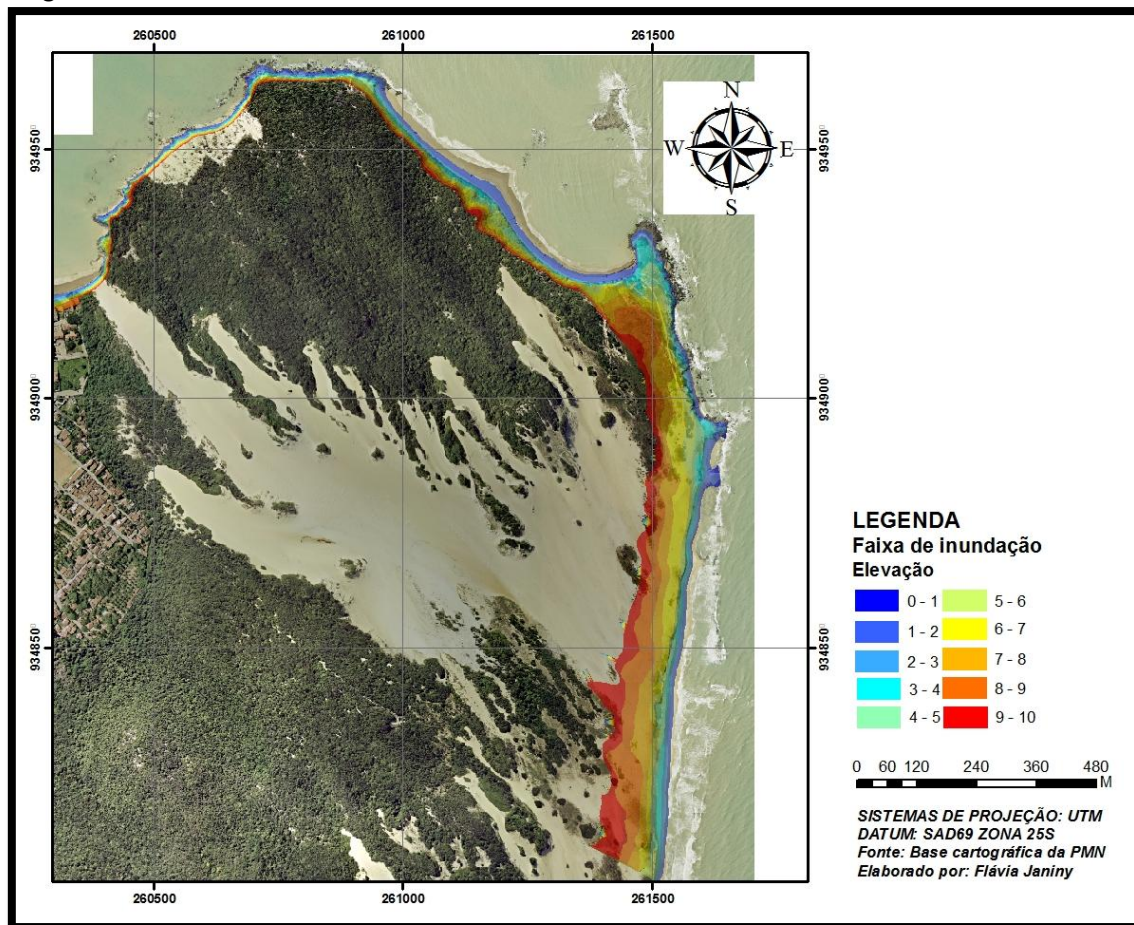
5.1 Trecho 1 – Contorno do Morro do Careca.

Esta é uma das áreas do município que se apresenta melhor conservada no tocante ao uso e ocupação urbana. Segundo o Plano Diretor de Natal (Lei Complementar nº 082 de 21 de junho de 2007) parte desta área foi definida como Unidade de Conservação conforme os termos e normas previstos na Lei Federal nº 9.985/2000. Tal área é parte da chamada ZPA 6 – Morro do Careca e dunas fixas contínuas. Por ser uma área nova que ainda não possui regulamentação legal o Plano Diretor não permite construções nesse espaço.

O Morro do Careca é uma duna com cerca de 100 metros de altura, que outrora tinha como atração turística sua escalada, a qual foi vetada na década de 90 devido à intensa erosão causada por esta atividade. A intervenção foi realizada pelo órgão ambiental do estado - IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente) e permanece até os dias de hoje. Atualmente existe uma cerca no pé da duna que proíbe o acesso à subida do morro.

Aqui não será apresentada toda a área da unidade de conservação mas sim o limite desta com o mar, visto que este é o espaço onde se deseja avaliar os possíveis efeitos da elevação do nível médio do mar (figura 5.1).

Figura 5.1: Trecho 1 – contorno do Morro do Careca, as cores indicam a área a ser inundada.



Neste espaço, por não haver ocupação residencial ou comercial, entende-se que não há grandes riscos quanto a áreas inundáveis pelas marés até porque hoje, quando em maré alta, não é possível o acesso por terra. Pode ser que no local haja erosão, mas por não existir nenhuma medida estrutural no local, não foi analisada a magnitude da ação no meio.

Nesse ambiente foi possível observar que, em alguns trechos, o sedimento da praia possui uma granulometria diferente das demais praias do município. Verifica-se que o grão possui um diâmetro bem maior se comparado com os sedimentos das outras praias da cidade, apresentando também seixos e uma quantidade, vista a olho nu, de calcário proveniente da decomposição de carapaças de crustáceos e conchinhas (figura 5.2).

Figura 5.2: Sedimento da área de estudo

Nas proximidades das formações rochosas (figura 5.3) desse ambiente o sedimento tem uma granulometria grossa, mas, também há áreas com sedimentos muito finos e um pouco lamosos formando um embaimento num espaço que se constatou espécies vegetais características de manguezal (figura 5.4).

Figura 5.3: Formação rochosa**Figura 5.4:** Embaimento em área de sedimento muito fino a lamoso. Em destaque vegetação característica de manguezal.

A área também apresenta o afloramento do Grupo Barreiras e formação de falésias já nas proximidades da Praia de Ponta Negra, no sopé da duna

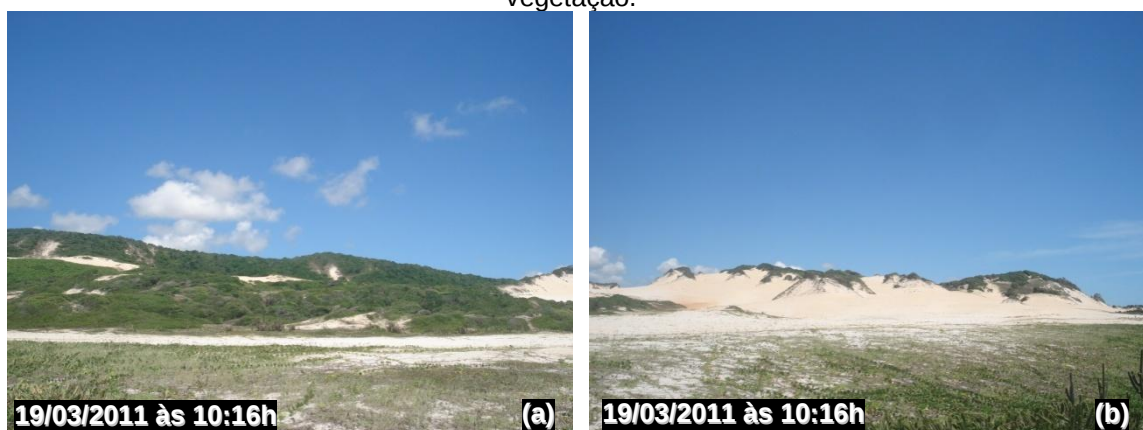
Morro do Careca. Na figura 5.5 observa-se o sedimento da duna depositado em cima do Grupo Barreiras e que a erosão provocada pelos ventos e movimento das marés atinge diretamente o sopé da duna.

Figura 5.5: Afloramento do Grupo barreiras no sopé do Morro do Careca



Por fim verifica-se que a vegetação do tipo gramínea e arbustos estão presentes nessa região. Alguns pontos de dunas estão totalmente cobertos por vegetação o que impede a movimentação de sedimentos do local; já em outros, a duna está completamente desnuda facilitando a movimentação dos sedimentos através da ação dos ventos. Como parte destas dunas desprovidas de vegetação está situada a Sul do Morro do Careca e existem ventos soprando de sudeste, pode se dizer que o local dispõe de sedimentos que podem servir de alimentação natural do Morro do Careca e consequentemente da enseada da Praia de Ponta Negra. A figura 5.6 exemplifica as duas situações encontradas.

Figura 5.6: – Em (a) duna totalmente coberta por vegetação; em (b) duna praticamente sem vegetação.



No tocante aos cenários de inundação esse trecho é o de menor preocupação haja vista ser uma área sem desenvolvimento urbano, sendo assim, para qualquer dos cenários não são calculadas perdas socioeconômicas nem mudanças catastróficas, no entanto, pode haver perdas dos valores cênico-paisagístico do local.

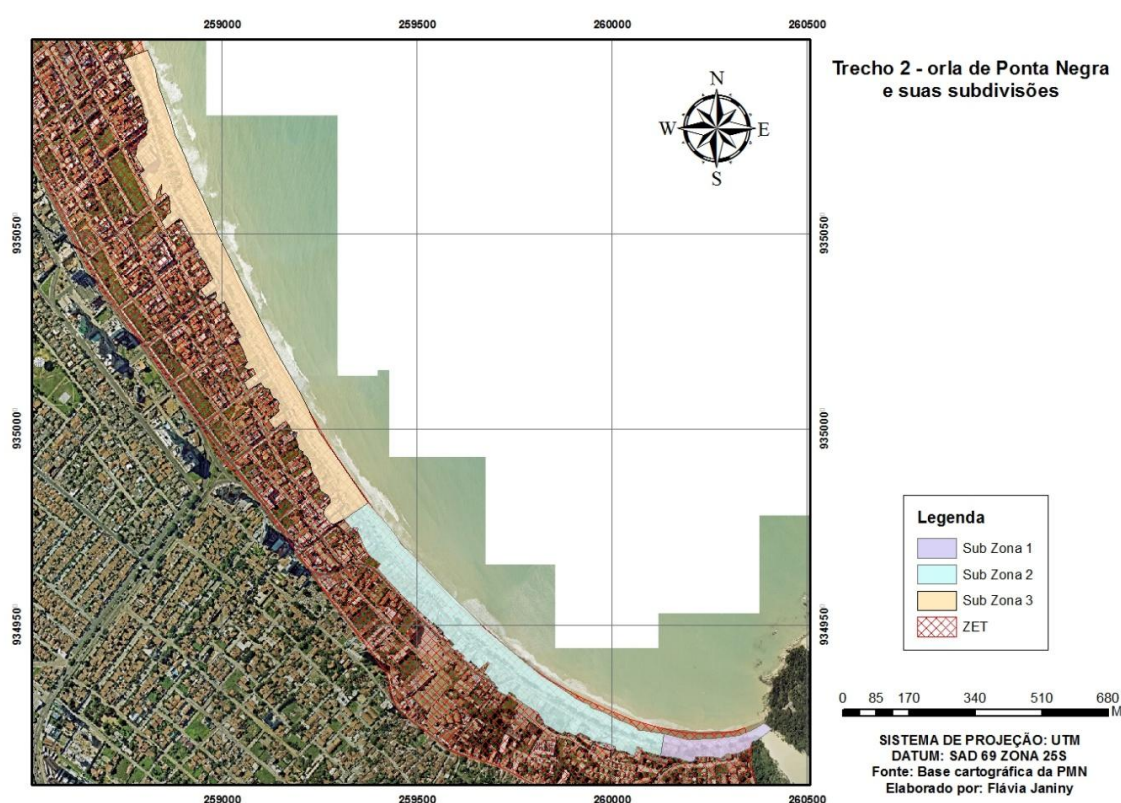
As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas no dia 19/03/2011 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de 0,0 metros às 9h53min. A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 8h30min e 10h30min.

5.2 Trecho 2 – Orla da Praia de Ponta Negra

Neste trecho será apresentada a orla da Praia de Ponta Negra, os impactos ambientais provocados pela ocupação urbana e as ações provocadas pela movimentação das marés. Para uma descrição mais criteriosa achou-se necessário subdividir esse trecho em 03 partes sendo a primeira (S1) compreendida entre a base do Morro do Careca e o início do calçadão que aqui será denominada o ponto zero da Avenida Erivam França, a segunda (S2) abrangendo toda a Avenida Erivam França e a terceira (S3) composta pelo espaço entre o final da avenida citada anteriormente e o início da Via Costeira. Na figura 5.7 se observa a praia de Ponta Negra, parte do bairro de mesmo nome e as sub zonas anteriormente mencionadas.

A Praia de Ponta Negra está inserida na zona administrativa sul da cidade do Natal distando 12 km do centro da capital em um bairro de mesmo nome. Possuindo cerca de 4 km de extensão, é uma das praias do município que se destaca devido à sua beleza e ao forte atrativo turístico, contribuindo significativamente para a economia municipal, através de prestação de serviços voltados para o turismo com ênfase nas atividades de bares, restaurantes, hotéis, pousadas e casas noturnas. Nela se encontra um dos principais cartões postais da cidade, o Morro do Careca.

Figura 5.7: Vista aérea da Praia de Ponta Negra onde pode ser observada a área de estudo referente ao trecho 2 e suas subdivisões.



Por se tratar de uma área com forte atrativo turístico faz-se necessário um controle quanto ao uso do espaço urbanizado. Na figura 5.7 verifica-se uma área hachurada em vermelho que delimita a Zona de Interesse Turístico (ZET). A ZET é uma área especial definida pelo Plano Diretor onde existe um controle específico com normas próprias para o uso e ocupação do solo. No município existem 3 áreas definidas como ZET e esta é denominada ZET-1. Ela foi criada pela Lei 3.175/84, primeira versão do Plano Diretor da cidade, e regulamentada

pela Lei 3.607/87 que define a densidade populacional em 122 hab/ha e um gabarito de 7,50 m que corresponde a edificações com até 2 pavimentos.

Primeiramente será apresentada a sub zona 1, esta é a faixa que tem como ponto inicial a base do Morro do Careca e como ponto final o início da avenida Erivam França. A principal característica dessa sub zona é que os imóveis estão inseridos na faixa de área da praia não havendo nenhum tipo de obra estrutural para conter a ação das ondas, ver figura 5.8.

Para o cenário atual (nível zero), iniciando a análise a partir do Morro do Careca, observa-se que este tem o acesso totalmente impedido quando em maré cheia e os imóveis mais próximos à duna quase não possuem faixa de areia, o que os tornam mais vulneráveis à dinâmica oceânica. A figura 5.9 apresenta a vista aérea do Morro do Careca, a sua frente em destaque com polígono vermelho, uma faixa de areia, escurecida, a qual fica exposta em maré baixa e quando em maré alta apresenta-se totalmente inundada, a água chega a atingir o pé do morro e dessa forma o acesso ao local fica impedido, ver figura 5.10 (b). A área à esquerda, com destaque laranja mostra uma mudança na conformação da praia (figura 5.9). Nesse local é possível observar uma berma suave e uma faixa de areia bem pequena que não é inundada na maré alta.

A área mostrada nas figuras 5.8 e 5.9 pode ser considerada ponto de fragilidade visto que os imóveis ali instalados estão praticamente na Linha de Costa, ou seja, quase no nível zero, e na maré alta a água chega muito próximo deles. Para se ter uma ideia da vulnerabilidade do local apresenta-se a figura 5.10, nela observa-se que o nível do mar se eleva significativamente quando em maré cheia ao ser comparado com a maré baixa. Outro comparativo é a figura 5.11, em (a), maré alta, verifica-se que o mar ultrapassa a cerca e chega ao pé do morro e, em (b) percebe-se a exposição da base dos blocos de fixação da cerca que provavelmente ocorre pela retirada de sedimentos pela ação do mar. As setas e a linha em vermelho indicam o local onde a maré de sizígia atinge.

Figura 5.8: – Área de inundação da sub zona 1

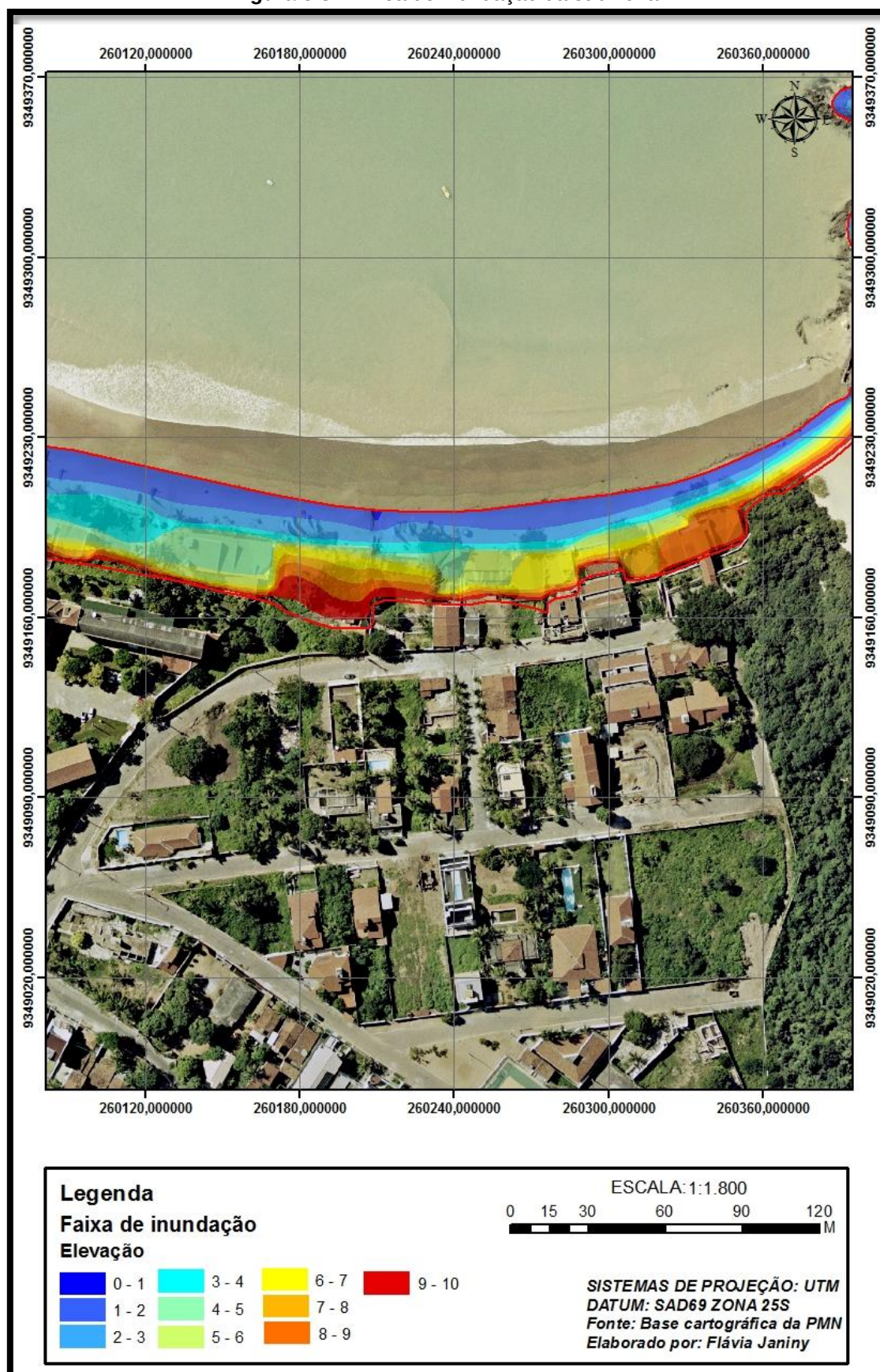


Figura 5.9: Semi baía da praia de Ponta Negra. Vista aérea do Morro do Careca.

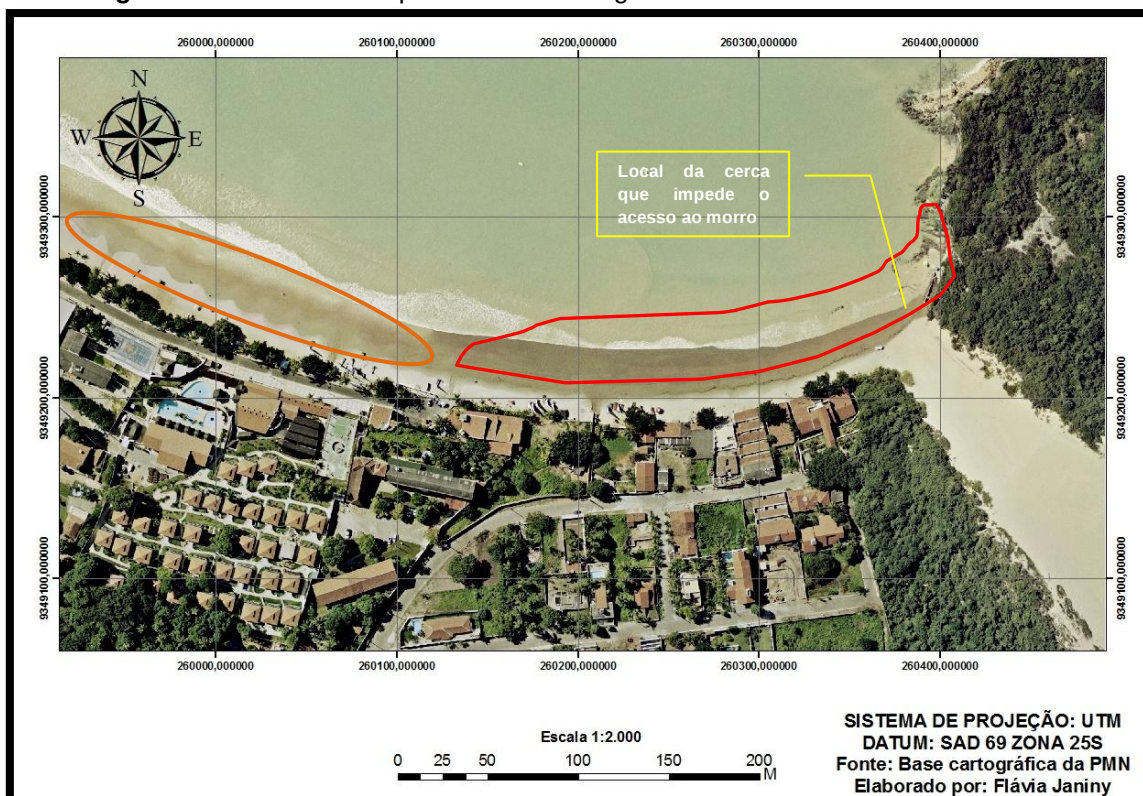


Figura 5.10: (a) área situada na frente do Morro do Careca, formação de piscinas em maré baixa. (b) mesma área em maré alta, verifica-se inundação total da faixa de areia.



Figura 5.11: Sopé do Morro do Careca, em destaque a visualização da marca d'água.



A figura 5.12 mostra um comparativo da base do Morro do Careca quando em maré baixa e maré alta. Porém esta é uma situação atípica já que para o mês de janeiro de 2011 foram registradas chuvas intensas em Natal que coincidiram com os períodos de marés de sizígia. Nela pode ser observada uma grande retirada de sedimentos do local apto de deixar exposto o Grupo Barreiras que é base da estrutura dunar.

Figura 5.12: Cerca de obstrução de acesso ao morro em (a) maré baixa em (b) maré alta combinada com chuvas intensas.



A figura 5.13 apresenta a mesma área só que por outro ângulo, aqui pode ser verificada a proximidade dos imóveis com o mar. Diante de tal situação verifica-se que algumas estruturas já sofrem as consequências dessa proximidade como, por exemplo, escadas de acesso aos imóveis, galerias de drenagem de águas pluviais, poços de visita da rede coletora de esgotos.

O imóvel observado na figura 5.14 foi construído bem ao lado do Morro do Careca, ou seja, muito próximo da área de inundação em maré alta e no pé

de uma duna. Por esse motivo foi instalado o muro de arrimo que para esse caso serve para conter a pressão da duna e a força das ondas.

Figura 5.13: Vista do Morro do Careca e dos imóveis de suas proximidades (a, b). Exemplos de estruturas comprometidas (c, d, e). Em (f) a linha vermelha indica o local onde a água atinge quando em maré alta.



Figura 5.14: –Imóvel comercial construído ao lado do Morro do Careca.



Ao longo da sub zona 1 (S1) só foi evidenciada uma galeria de drenagem a qual está situada ao lado de um poço de visita da rede coletora de esgoto (figura 5.13 c, d). Há indícios que a tubulação da rede de esgoto está conectada na galeria de drenagem, destaque em vermelho na figura 6.13 c, como forma de extravasamento caso exista sobrecarga no sistema. Considerando o cenário de elevação até 5,0 m, verifica-se que toda a faixa de areia fica submersa o que implica em dizer que os imóveis dessa área ficam comprometidos já que perdem seus acessos à praia.

E para o cenário mais crítico, até 10,0 m, observa-se que metade do quarteirão ali instalado fica submerso. Todos os imóveis pertencentes à quadra que localiza-se entre a praia e a Rua João Rodrigues de Oliveira ficam inundados havendo uma perda de aproximadamente 50% da área.

A sub zona 2 (S2), corresponde a toda a extensão da avenida Erivam França. Nesse trecho além da faixa de areia da praia existe um calçadão com pontos comerciais do tipo quiosques nele instalado, uma pista de rolamento para acesso veicular automotivo e imóveis comerciais situados em quadra, ver figura 5.15.

Verificam-se, para o cenário atual, muitos complicadores nesse trecho. Em todo o percurso foram identificados pontos de erosão em várias partes da estrutura do calçadão, escadas e rampas de acessos e galerias de drenagem,

ver figura 5.16. Outra situação constatada que pode está provocando colapso no sistema de drenagem está relacionado à obstrução de galerias. Há obstrução parcial ou total ocasionada por sedimentos da praia e ainda obstrução parcial, pela água do mar, quando em maré alta. Na figura 5.17 observam-se pontos com erosão e tentativas de contenção de colapso das estruturas.

Recentemente, para a condição de atual de elevação do NMM, as ressacas acontecidas na costa do município em fevereiro e julho de 2012 causaram sérios problemas nas estruturas instaladas na praia de Ponta Negra, ver figura 5.18.

Figura 5.15: – Zona de inundação sub zona 2

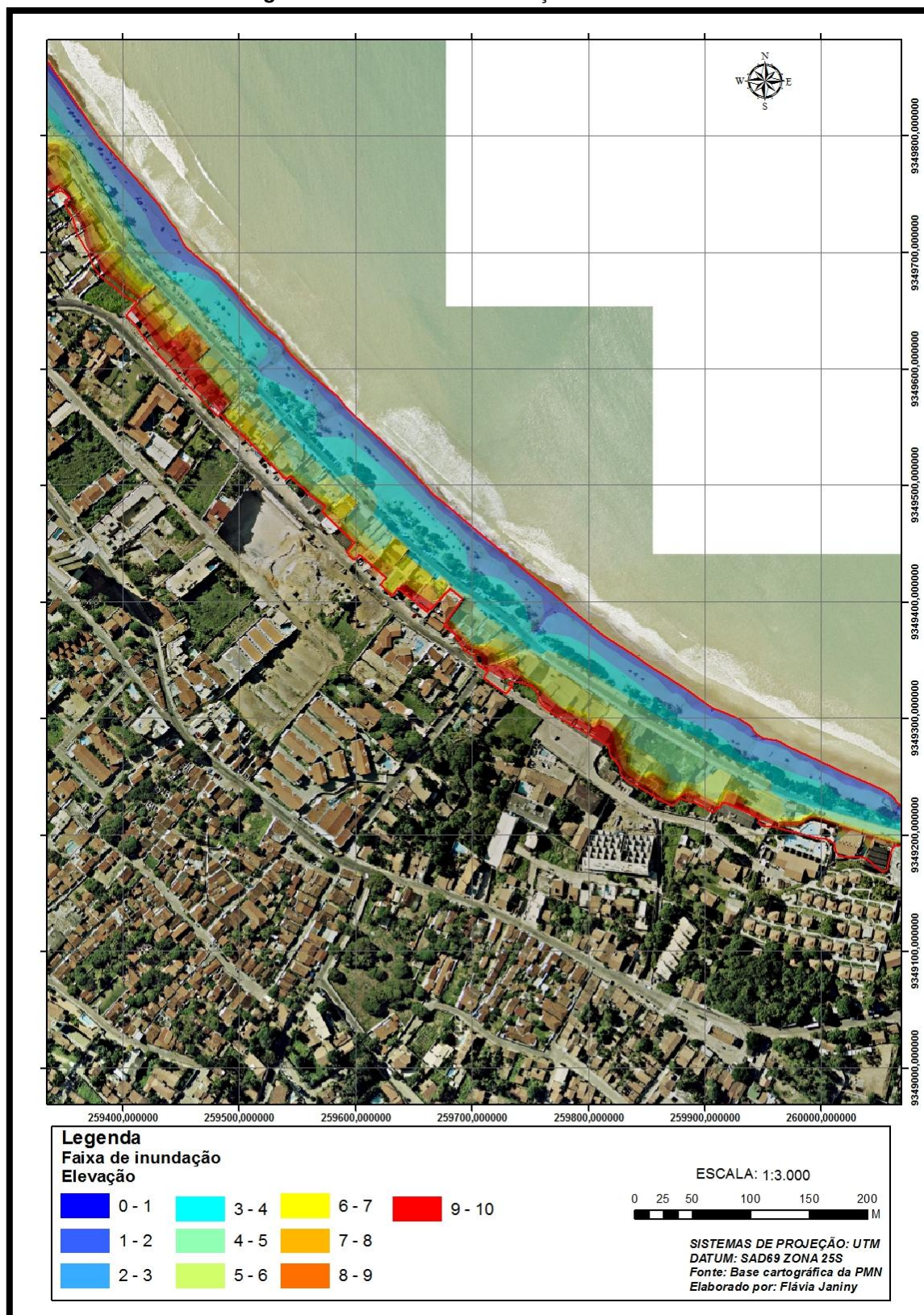


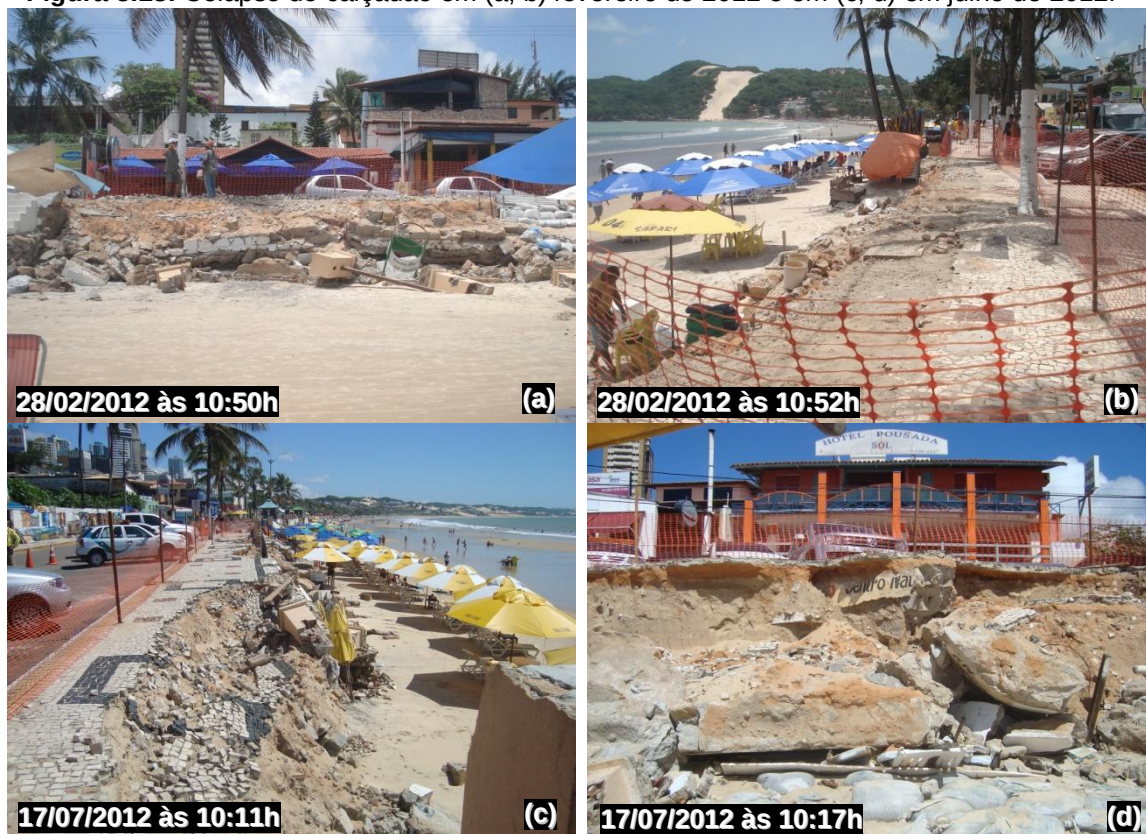
Figura 5.16: Bocas de lobo que, aparentemente em maré baixa, encontram-se em bom estado de conservação (a, b). Em (c, d) as mesmas bocas de lobo são atingidas em maré alta. Em (e, f) observa-se a mesma boca de lobo em (e) com deposição de sedimentos (maré baixa) e em (f) aparente remoção de sedimentos e tentativa da contenção do talude, maré alta. Em (g, h) obstrução de galeria de drenagem por sedimentos da praia.



Figura 5.17: Pontos de erosão e tentativas de contenção de estruturas.



Figura 5.18: Colapso do calçadão em (a, b) fevereiro de 2012 e em (c, d) em julho de 2012.



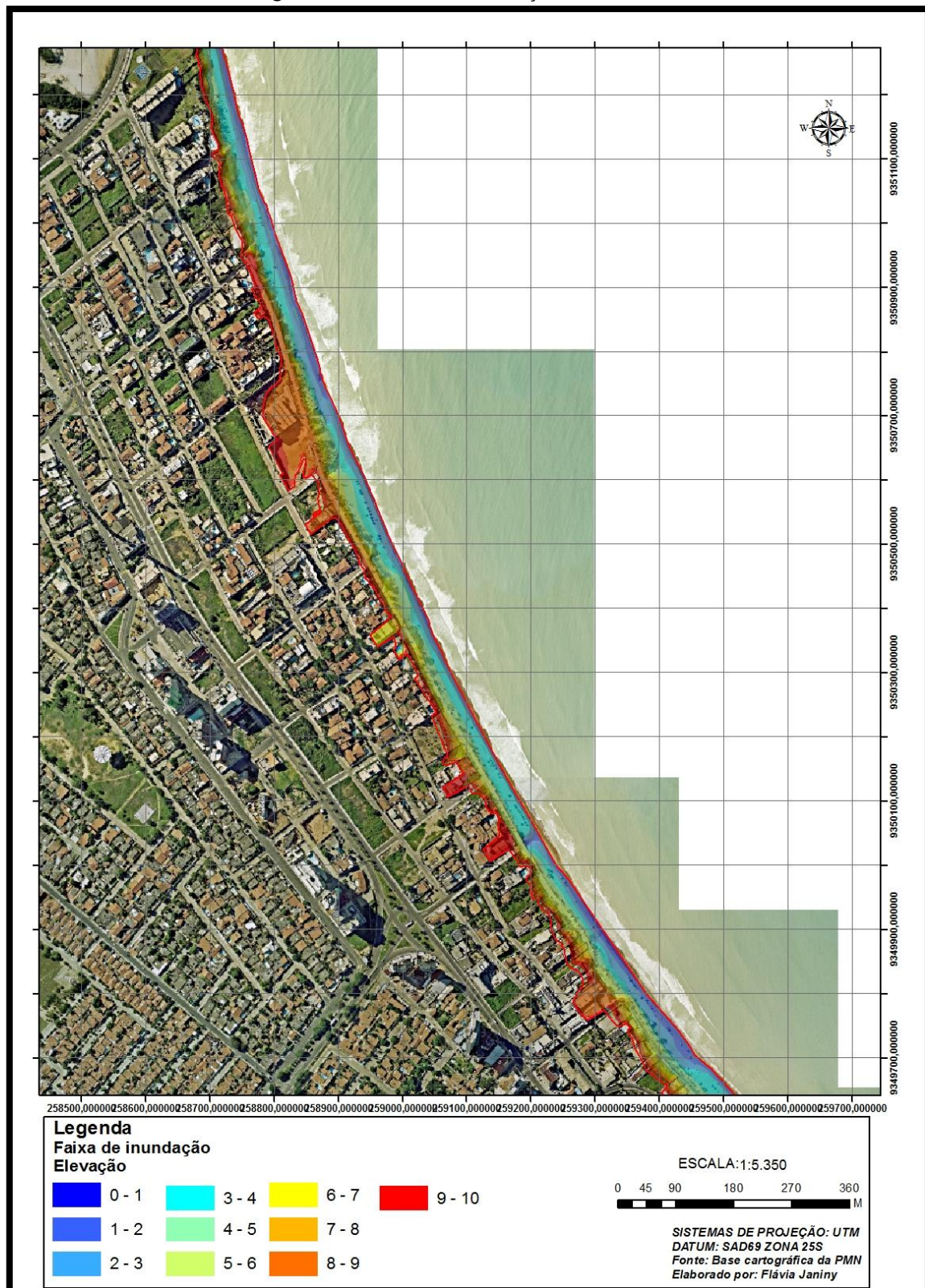
Para o cenário de elevação até 5,0 m, na sub zona S2 tem-se: o nível médio do mar atingindo a cota de 3,0 m implicará na inundação superficial da Avenida Erivam França, único acesso do local, ficando em alguns trechos uma lâmina d'água cobrindo a superfície asfaltada. A partir da cota de 4,0 m a avenida anteriormente citada ficará submersa assim como todo o quarteirão, gradualmente a cada metro. Para o cenário mais crítico, elevação até 10,0 m a parte mais baixa da Avenida Engenheiro Roberto Freire é atingida e, desse modo, todo o quarteirão fica submerso.

É importante ressaltar que o trecho S2 é uma área de comércio variado da Praia de Ponta Negra ficando assim prejudicados estabelecimentos comerciais do tipo restaurantes, bares, pousadas, lojas de artesanato dentre outras de relevante importância para a economia local tendo em vista a atratividade turística para o desenvolvimento desses ramos de atividade.

A subdivisão S3 inicia-se a partir do ponto onde termina a Avenida Erivam França e termina onde se inicia a Via Costeira (figura 5.19). Nesse trecho a conformação da praia modifica-se um pouco variando o comprimento e a altura do perfil. Aparentemente apresenta-se como a menos impactada já que parte da infraestrutura instalada no trecho está em cotas superiores a 3 metros. Considerando o cenário atual, o ponto mais crítico limita-se com a S2, área mais baixa do trecho S3. Para a elevação de 1,0 m e 2,0 m, do citado ponto até o fim (início da Via Costeira), ainda existe faixa de areia e não há perda de acesso à praia nem o comprometimento das galerias de drenagem tendo em vista que ainda pode ser evidenciada uma estreita faixa de areia ocasionada pela conformação natural da praia.

Como a declividade do terreno vai variando, seguindo na direção norte, o calçadão e as edificações encontram-se na cota de 8,0 m de altura sendo possível permanecer uma estreita faixa de praia havendo uma elevação do NMM de até 3,0 m. Entretanto, a faixa de praia fica um pouco comprometida devido à declividade natural do terreno.

Figura 5.19: Zona de inundação sub zona 3



Nesta subdivisão verifica-se também o desenvolvimento de atividades econômicas voltadas ao turismo como, por exemplo, a prestação de serviços de hotéis e venda de bebidas e alimentos pelos quiosques situados no calçadão da praia. Observa-se ainda um grande problema erosivo nas estruturas de acesso à praia, tal situação ocorre principalmente pela movimentação dos sedimentos provocada pelos ventos e escoamento de águas pluviais. Ao atingir a elevação de 10 m não há comprometimento da principal via de acesso que é a Rua Francisco Gurgel e parte dos lotes situados nas quadras instaladas entre a citada rua e o calçadão sofrerão uma inundação inferior a 50% do lote se considerada uma situação estática do nível médio do mar. Alguns lotes poderão ficar totalmente submersos considerando que para a construção das edificações foram realizadas obras de terraplenagem no local.

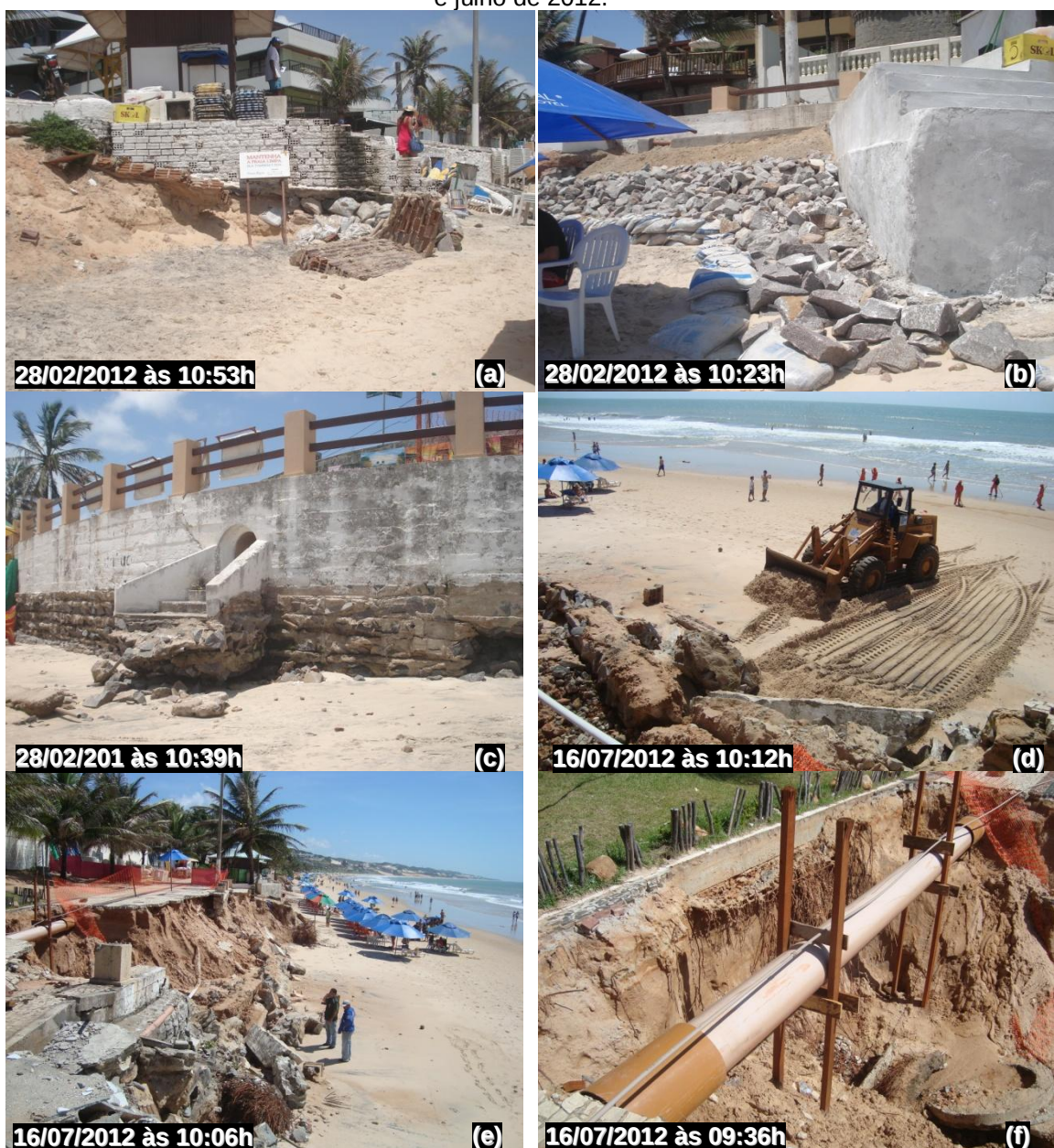
Ainda considerando o cenário atual, para subzona 03, observa-se um estágio crítico de erosão que acaba sendo agravado com as alterações das marés. Recentemente foram registradas imagens do calçadão colapsado devido à ação das ondas e marés de fevereiro e julho 2012, ver figura 5.20.

As figuras 5.20 (a, b, d), apresentam tentativas de contenção das obras instaladas. Em c, observa-se uma galeria de drenagem totalmente em balanço já que sua base foi descalçada. As imagens d, e, são partes do calçadão caído da subzona 3 respectivamente, a figura 5.20 (f) apresenta uma tubulação de esgoto que passou por reparos pois foi rompida quando o calçadão cedeu.

As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas nos dias: 08/10/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de – 0,1 metros às 9h36min de acordo com as informações do site da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação); e 23/01/2011 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,3 m às 07h00min de acordo com as informações do site da DHN.

A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 8h30min e 11h30min, manhã do dia 08/10/201 e entre às 07h20min e 08h 50min, manhã do dia 23/01/2011.

Figura 5.20: Danos causados ao calçadão de Ponta Negra provocados pelas marés de março e julho de 2012.



5.3 Trecho 3 – Via Costeira

Inaugurada no ano de 1985, a Via Costeira é uma avenida com cerca de 12 km de extensão e está localizada entre o mar e o Parque das Dunas ligando as praias de Ponta Negra a Areia Preta. Ao longo de sua extensão, estão instalados 11 hotéis com padrão de 3 a 5 estrelas, todos a beira mar, e existe um hotel inacabado o qual teve sua obra embargada devido a exceder o

gabarito definido em lei. Este ambiente não é muito frequentado pela comunidade local, seus principais transeuntes são os hóspedes dos citados hotéis. No ano de 2009 foi iniciada a obra de reforma e ampliação da Via Costeira que teve como objetivo a melhoria nas condições de pavimento e tráfego da região.

A Via Costeira está totalmente inserida na ZET-2 a qual foi criada pela Lei 3.175/1984 e regulamentada pela Lei 4.547/1994. Este também é um espaço de controle de uso e ocupação do solo devido ao seu valor cênico-paisagístico e importância turística para o município. De acordo com a lei de regulamentação os usos permitidos são: prestação de serviços, comércio varejista e usos institucionais.

No trecho da Via Costeira os principais problemas evidenciados foram: problemas de erosão pluvial e marinha principalmente no sistema de drenagem de águas pluviais; além disso, observou-se que a estrutura hoteleira está situada na zona de estirâncio da praia, também sofrendo com a erosão marinha, pois está instalada em área provável de inundação ou de ataque pelas ondas.

Considerando que neste trecho está instalada a melhor rede hoteleira do município e que é rota turística, ressalta-se a importância econômica de tal região.

Na situação atual, verifica-se que a proximidade do mar é algo que já atinge algumas estruturas dos hotéis e traz preocupações quanto à estabilidade de algumas obras. Em virtude disso, há uma constante manutenção das estruturas de fundações dos hotéis no limite entre o lote e o mar. Tal situação é ocasionada pelo galgamento das ondas nessas estruturas causando a retirada de sedimentos, mesmo que lentamente, provocando colapso nos muros de contenção ou nos taludes que os protegem.

Na figura 5.21 verifica-se que o mar, em maré cheia se aproxima do sopé da duna onde o hotel está instalado. É importante observar a remoção de

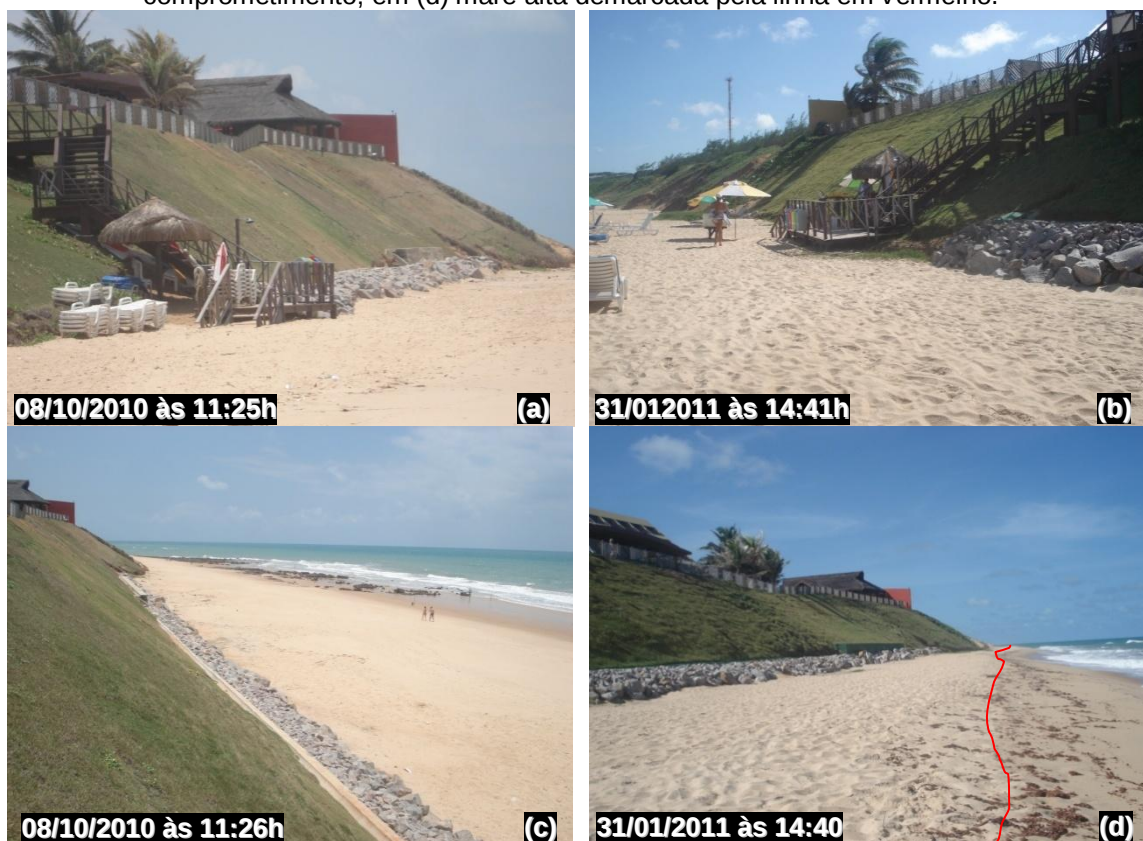
sedimento no muro de contenção que serve de base para a galeria do sistema de drenagem pluvial do empreendimento (figura 5.21 d).

Figura 5.21: – Vista do Hotel Ocean Palace, em (a, c) situação de maré baixa, aparentemente com uma larga faixa de praia; em (b, d) situação de maré alta, a lâmina de água atinge o muro de contenção e quase alcança o sopé da duna.



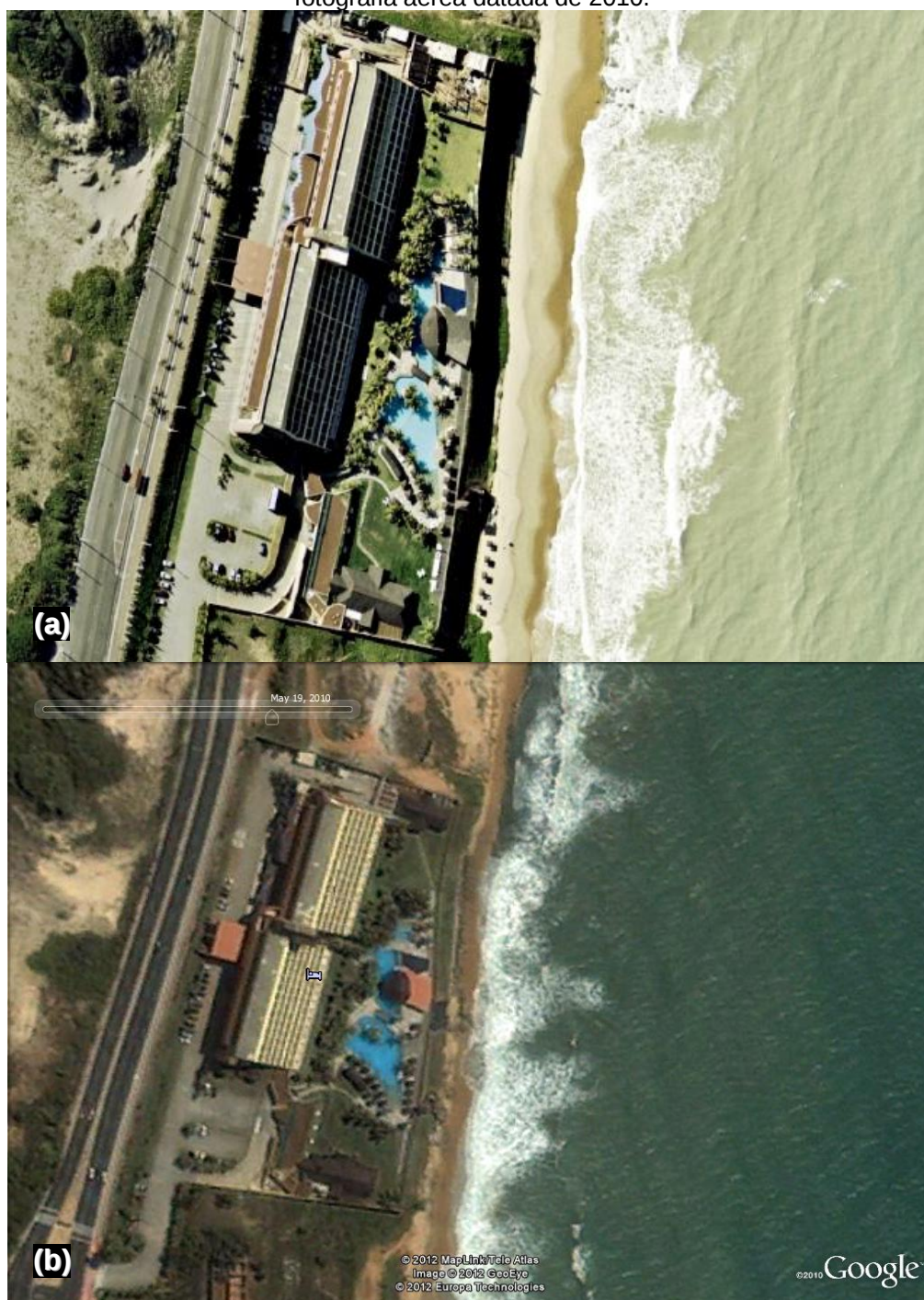
A figura 5.22 mostra muro de contenção em frente ao Hotel Pestana e o comportamento da maré alta e baixa para esta área. Observando a figura 5.22 (a) e (b) percebe-se a manutenção do muro de contenção com enrocamento para amortecerem o impacto das ondas. Verifica-se também a base da escada sendo soterrada pela movimentação de sedimentos do local que é ocasionada pela maré e também pela ação dos ventos. Na figura 5.22 (c) tem-se uma idéia da extensão da estrutura que necessita ser protegida. Para a situação de maré alta, figura 5.22 (d), não ficou evidente uma aproximação da maré ao ponto de atingir a base da estrutura, a linha em vermelho demarca o local de limite da maré cheia na ocasião da visita de campo.

Figura 5.22: Vista do Hotel Pestana, em (a), (b) e (c) situação de maré baixa mostrando pontos de fragilidade da construção, medidas de proteção e escada de acesso com estágio inicial de comprometimento; em (d) maré alta demarcada pela linha em vermelho.



Para melhor exemplificar a dinâmica do ambiente costeiro e entender a motivação da proteção da estrutura observe a figura 5.23. Em (a) tem-se uma foto aérea datada de 2006 onde é possível observar os tons de coloração da faixa de areia em frente ao hotel sendo admitido 3 (três) tons, o mais claro, área mais próxima do limite da edificação é o local que não é atingido pela água. Para a situação (b), no ano de 2010 o cenário é totalmente diferente ficando evidente que o mar toca ou fica no limiar de atingir a base do muro de contenção do hotel. Considerando que, segundo as informações existentes no Google Earth, a imagem é datada de maio de 2010 e que as primeiras fotografias para o presente estudo são datadas de outubro do mesmo ano, pode se sugerir que a estrutura anteriormente apresentada estivesse passando por manutenção devido a danos sofridos recentemente.

Figura 5.23: Vista aérea do Hotel Pestana, em (a) fotografia datada de 2006 e, em (b) fotografia aérea datada de 2010.



Fonte: SEMURB e Google Earth.

Outra situação verificada é a edificação instalada tendo como base o Grupo Barreiras, ambiente de falésia viva onde há constante interação das ondas e correntes marítimas. Na figura 5.24 verifica-se a situação anteriormente citada para o Hotel Serhs Natal, nessas condições percebe-se que, quando em maré alta (b), a base da falésia é totalmente banhada pelo mar

enquanto que, na baixa (a), existe uma extensa faixa de areia. Tal cenário embasa a idéia de fragilidade na estrutura da obra visto que o empreendimento está posicionado em uma área provável de inundação considerando os cenários de elevação do NMM.

Além dos problemas claramente apontados pela ação da movimentação da maré, é importante lembrar que neste ambiente as estruturas também estão expostas as intempéries próprias do ambiente, calor, ventos, e chuvas. A região é composta por dunas descaracterizadas, ricas em sedimentos quartzosos ora livres para serem movimentados pela ação dos ventos, ora fixados por vegetação típica. A condição em tela expõe as fundações das construções a processos erosivos que podem deixá-las vulnerável a colapsos, a figura 5.25 pode ser apresentada como exemplo.

Figura 5.24: Hotel Serhs Natal posicionado em cima do Grupo Barreiras, área provável de inundação, em (a) situação de baixa-mar e em (b) preamar.



Figura 5.25: Estruturas expostas as intempéries do ambiente.



A sequência de fotos apresentadas na figura 5.26 apresenta uma galeria, que deveria drenar as águas pluviais provenientes da Via Costeira para o mar, mas que se encontra quase totalmente destruída. Por se tratar de um local com grãos não compactados é provável que a parte da galeria que está destruída tenha sofrido erosão na parte inferior da tubulação. Com a intensa movimentação dos sedimentos que pode ter sido provocada tanto pela ação dos ventos quanto da chuva, a tubulação sofreu um solapamento na sua base e cedeu. A atual situação agrava a erosão pluvial no local já que as águas não são direcionadas ao seu destino final. Em (a) verifica-se o local em um período de estiagem e maré baixa, já em (b) observa-se o local após uma chuva e em maré alta.

Outra situação de comprometimento do sistema de drenagem ocorre quando da erosão provocada nas fundações das estruturas dissipadoras de energia. Tal ocorrência pode ser provocada pelo escoamento das águas pluviais por fora das galerias de drenagem e/ou pela ação das ondas, provocando a remoção de pequenas camadas de solo que desestabiliza a fundação da estrutura deixando-a vulnerável, até atingir colapso. A figura 5.27 pode ser citada como um exemplo disso.

Para melhor visualização e entendimento dos cenários de elevação do nível do mar segue a lista dos hotéis instalados na Via Costeira e a sua situação para cada cenário apresentado a partir da linha de 1,0 metro de elevação.

Figura 5.26: Sequência de imagens de uma galeria de drenagem pluvial totalmente destruída.



Figura 5.27: Galeria de drenagem pluvial (a) em período de estiagem e maré baixa, (b) depois de uma noite de chuva e maré alta



1. **Natal Mar Hotel** – apresenta-se em uma situação aparentemente confortável quanto à elevação do nível do mar já que suas instalações estão em um nível acima de 10 metros. O talude de contenção do hotel tem o seu limite mínimo próximo à cota de 3,0 m, tal condição indica que as instalações poderão sofrer danos estruturais quando o nível do mar atingir a altura de 3,0 m. Provavelmente ocorrerá a erosão na base da duna onde a estrutura está posicionada havendo remoção de parcelas do solo. Atualmente o mar ainda não atinge a base do talude dunar e existe uma vegetação fixadora como medida de contenção da movimentação dos sedimentos pela ação dos ventos.
2. **Ocean Palace Hotel** – apresenta situação semelhante à descrita anteriormente sendo que as áreas destinadas aos leitos têm sua altura mínima situada no limite da cota de 8,0 m o que implica concluir que, para o cenário onde a elevação alcance a cota dos 10m, parte do hotel ficará totalmente inundada.
3. **Serhs Natal Grand Hotel** – diferente das situações anteriormente apresentadas o Hotel Serhs possui suas instalações distribuídas em várias cotas do terreno onde a mínima está próxima ao nível da cota 3,0 m, toda a área de lazer encontra-se entre as cotas 6,0 m e 8,0 m e partes dos leitos acabam sendo englobados pelas cotas mais elevadas, 9,0 m e 10m. Considerando uma elevação de 1,0 m a dinâmica das

ondas poderá atingir áreas de uso coletivo. Devido o empreendimento ter sua fundação está embasada no Grupo Barreiras a erosão não é um problema de grande relevância visto que a falésia é mais estável que uma duna, ou seja, a movimentação de sedimentos e/ou remoção de parcelas do solo normalmente ocorre mais lentamente. Entretanto, a área é considerada vulnerável no tocante a elevação do nível médio do mar já que na situação atual (cota zero) a maré cheia já atinge a falésia. Considerando um cenário de elevação de 6m a área de lazer do complexo turístico fica comprometida sendo totalmente inundada quando no cenário com elevação de 7,0 m. A partir dos 7,0 m os dormitórios passam a ficarem comprometidos e quando atingido o nível máximo, 10 m, os andares inferiores da estrutura ficam totalmente submersos e o hotel se perde completamente.

4. **Pestana Natal Hotel** – grande parte de sua estrutura está entre as cotas de 9,0 m e 10m, atualmente já apresenta problema com a erosão marinha. A elevação do nível médio do mar a partir de 3,0 m atinge diretamente a base do talude dunar provocando danos à estrutura de fundação. Antes que se atinja a cota de 8,0 m problemas nas fundações podem surgir considerando que o talude de proteção estará em contato direto com a dinâmica das marés. Acima da cota de 8,0 m a área de lazer do empreendimento e alguns dormitórios ficam comprometidos. Considerando que o mar atinja a cota de 10m grande parte da estrutura sofre inundação ficando emersos alguns dormitórios mais superiores e os acessos do empreendimento.
5. **Obra da BRA** – estrutura inacabada devido a problemas legais em sua construção. Encontra-se com desgaste provocado pelas intempéries do ambiente costeiro. O empreendimento tem grande parte da sua estrutura posicionada entre as cotas de 5,0 m e 6,0 m. Provavelmente poderá sofrer danos estruturais quando o oceano atingir a elevação de 3,0 m. Considerando que a elevação alcance a cota de 6,0 m, a estrutura fica totalmente comprometida e chegando a 10m o empreendimento fica com pelo menos todos os andares inferiores totalmente submersos.

6. **Hotel Vila do Mar** – este estabelecimento possui sua estrutura edificada entre as cotas de 6m e 10m sendo que para um cenário com elevação de 3,0 m já pode ser verificado desestabilidade no sopé da duna onde este hotel está instalado. A partir da cota de 6,0 m uma lâmina de água já pode ser verificada em partes da área coletiva. Se considerar uma elevação de até 10m toda a estrutura do estabelecimento ficará submersa restando apenas o estacionamento e algumas poucas edificações construídas em cota superior, ainda assim, não se exime de comprometimento e perda já que ficará dentro da faixa de inundação quando em maré alta.
7. **Imirá Plaza Hotel** – Este estabelecimento possui sua área construída, quase que totalmente, acima da cota de 10m. A elevação do nível médio do mar pode causar algum comprometimento à estrutura a partir da cota de 3,0 m já que este é o nível da base dunar onde este está edificado. A partir da cota de 6,0 m a estrutura passa a ter invasão marinha na área de lazer. É importante citar que a área de uso coletivo destinada ao parque aquático, SPA (salão de beleza, academia e massagem) e auditório que passam a ter uma lâmina de água a partir da cota 6,0 m sendo totalmente inundada quando atingir a cota 10m. A área de jardim, a quadra de esportes e a edificação onde ficam os apartamentos, recepção e restaurantes foram todos edificados em uma cota acima de 10 metros logo não ficarão submersos, mas poderão sofrer alguns danos causados pela dinâmica das marés.
8. **Hotel Parque da Costeira** – Não diferente dos cenários citados anteriormente, este empreendimento também apresentará problemas quando a elevação atingir a cota de 3,0 m já que as águas do mar poderão atingir diretamente as estruturas de sustentação do deck de madeira posicionado em todo o limite da área do hotel. O piso do deck está à altura da cota de 4,0 m, havendo uma elevação de até 5,0 m há a perda do citado deck, jardinagem, algumas piscinas e uma quadra de esportes. Gradativamente, com a elevação metro a metro, e estrutura de parque aquático, restaurantes, bares e SPA perderiam espaço para o

mar. Como a edificação está quase que totalmente construída na cota máxima de 10m, chegando a esse patamar, o mar terá atingido também os apartamentos comprometendo assim toda a estrutura hoteleira. Para o empreendimento em questão somente uma quadra de esportes e a área destinada ao estacionamento não ficarão inundadas, porém permanecerá dentro da faixa molhada quando em maré alta.

9. **Hotel Mar Sol Resort** – nesse empreendimento grande parte de sua estrutura está situada acima da cota de 10m. As áreas que ficam totalmente inundadas são dois blocos de apartamentos, com seus respectivos espaços de jardinagem e área de lazer com parque aquático. O restante do hotel fica com a área não inundada, mas vulnerável ao comportamento da dinâmica marinha visto que o nível médio fica muito próximo às áreas construídas, ou seja, dentro da faixa de inundação quando em maré alta podendo alguns trechos ficarem desabilitados para uso devido serem parcialmente atingidos.
10. **Pirâmide Natal Resort & Convention** – este empreendimento está edificado quase que totalmente entre as cotas de 3,0 m e 10m. Não diferente dos empreendimentos instalados na mesma área a estrutura do hotel que primeiramente sofre colapso é a área de lazer já que fica situada nas cotas mais baixas. Neste, a partir da altura de 4,0 m o nível médio do mar atinge a parede que limita a estrutura com a praia o que implica que quando em maré alta já podem ser evidenciados pontos de inundação. Considerando o cenário mais crítico que é a elevação de 10m o hotel fica com toda a sua estrutura comprometida. Diferente dos quadros já mencionados, em frente a este estabelecimento existe uma estrutura rochosa de pequenas proporções que pode ser visualizada quando em maré baixa. Tal composição pode servir para a dissipação de energia das ondas.
11. **Hotel Porto do Mar** – Este estabelecimento foi edificado totalmente acima da cota dos 10m o que não significa dizer que esteja livre da zona de risco, haja vista parte do seu lote estar dentro da faixa de inundação.

O hotel não tem acesso direto à praia, acredita-se que isso se deve ao fato de, nas proximidades do empreendimento, existir uma formação rochosa que alcança a cota máxima de 3,0 m inviabilizando a área para banhistas. Devido à pequena formação dunar existe um muro de arrimo que limita o estabelecimento com a faixa de praia. Considerando os cenários de elevação a partir da cota de 6,0 m o mar começa a atingir o muro de hotel. Para o cenário de 10 m, mais crítico, uma parte da estrutura de apartamentos poderá ser atingida e inutilizada, como a área construída fica numa faixa de altura superior a 10 m provavelmente o empreendimento não será inutilizado em sua totalidade.

12. Hotel Escola Barreira Roxa – SENAC – A situação deste empreendimento é muito semelhante a do citado anteriormente, a diferença é na perda de área construída já que este tem uma parte da sua edificação entre as cotas 9,0 m e 10 m e a delimitação do seu espaço de área construída muito se aproxima da cota dos 10 m.

Além da rede hoteleira instalada na Via Costeira existe um restaurante que também se encontra na zona de inundação. Diferente dos outros estabelecimentos comerciais, o Tábuia de Carne está edificado um pouco distante da atual linha de costa, o ponto mais próximo deste com o nível médio do mar atual dista cerca de 100m. Embora pareça uma situação confortável o empreendimento é considerado vulnerável já que a cota de 10 m, cenário mais crítico da elevação do nível do mar, ao norte, muito se aproxima das delimitações do lote enquanto que a leste parte dela passa por dentro da área construída, desse modo pode se inferir que parte do estabelecimento terá sua edificação inundada, mesmo que parcialmente, pela dinâmica do oceano.

Diante do apresentado constata-se que haverá grandes perdas econômicas para o município tendo em vista que os estabelecimentos instalados no trecho da Via Costeira estão quase que em sua totalidade sujeitos às perdas provocadas pela elevação do nível médio do mar, sua dinâmica e os fenômenos naturais existentes na zona costeira. Considerando que o setor de serviços tem um relevante valor no PIB municipal, a economia

da cidade poderá ficar comprometida. É importante lembrar que dentro dessa faixa de inundação também existe uma instalação da UFRN onde são realizadas pesquisas nas áreas das ciências biológicas voltadas para a oceanografia e liminologia. Para esta situação também há uma preocupação quanto às perdas financeiras já que trata-se de uma entidade pública que tem como missão a formação acadêmica e o desenvolvimento da pesquisa.

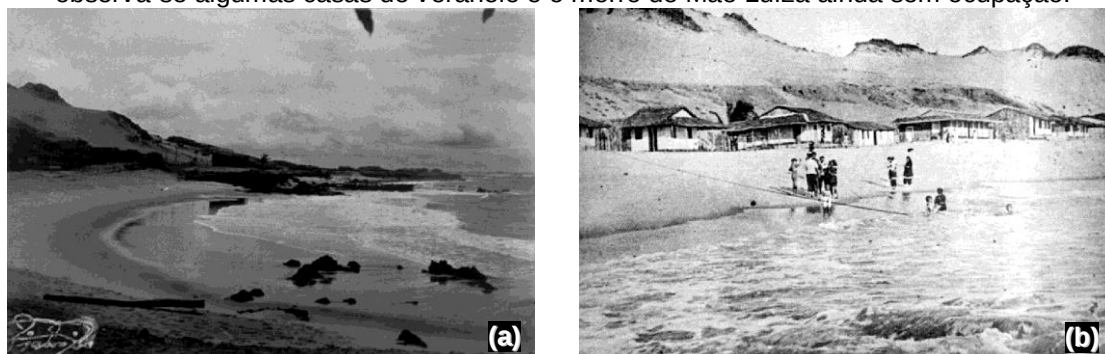
As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas nos dias: 08/10/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de – 0,1 metros às 9h36min de acordo com as informações do site da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação); e 24/01/2011 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,2 m às 07h47min de acordo com as informações do site da DHN.

A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 8h30min e 11h30min, manhã do dia 08/10/201 e entre às 08h20min e 09h 20min, manhã do dia 24/01/2011.

5.4 Trecho 4 – Praia de Areia Preta e Praia do Meio

A Praia de Areia Preta está situada logo após a Via Costeira na direção norte da cidade apresentando uma extensão de aproximadamente 1.200 m de faixa costeira. Seu nome tem como origem a cor escura das falésias, e de acordo com Araújo (2006), a geomorfologia do local é característica de praias geralmente calmas o que favoreceu o desenvolvimento da pesca artesanal e a ancoragem de jangadas, além disso, por localizar-se próximo ao centro da cidade o escoamento da produção de entreposto pescado foi favorecido. A existência de promontórios e baías condiciona a conformação em Zeta da praia o que propiciou ao local o desenvolvimento de atividades recreativas.

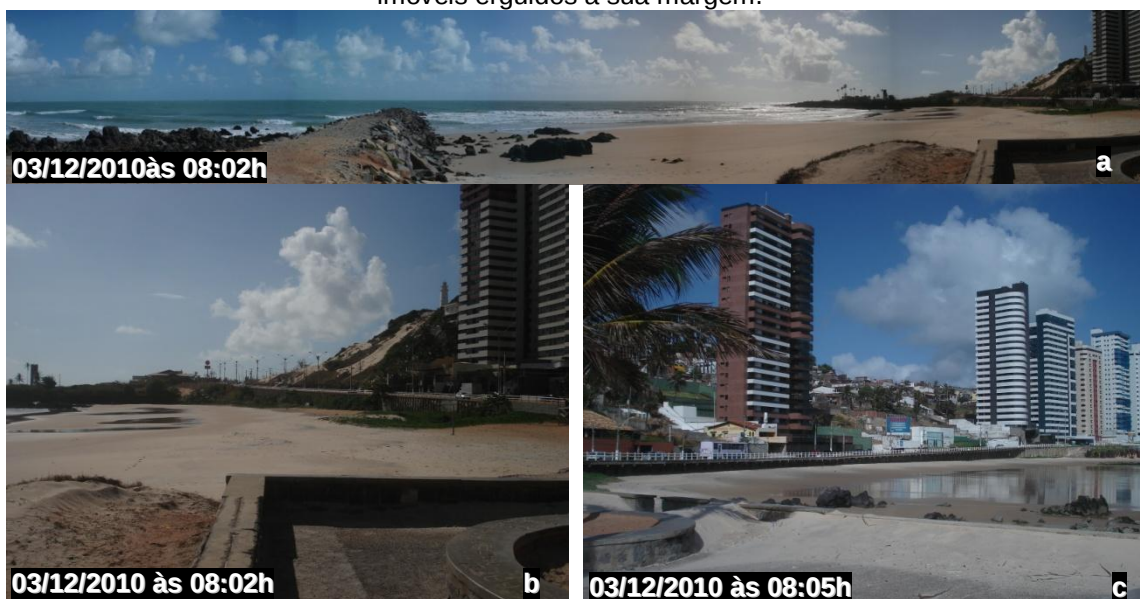
Figura 5.28: Praia de Areia Preta no início da sua urbanização. Em (a) se verifica a praia sem interferência da urbanização. Em (b) observa-se o início da ocupação urbana, ao fundo observa-se algumas casas de veraneio e o morro de Mãe Luíza ainda sem ocupação.



Fonte: SEMURB

Como pode ser observado nas figuras 5.28 e 5.29 a Praia de Areia Preta, desde a década de 20, início de sua urbanização, até os dias atuais, sofreu um adensamento urbano acelerado provocado pelos atrativos turísticos do local, principalmente a partir da década de 70, quando o setor turístico se consolidou na cidade. Após a instalação de infraestrutura de transporte, a praia ganhou popularidade e a vila de pescadores passou a ser urbanizada com casas de veraneio. Hoje a Praia de Areia Preta abriga vários condomínios residências de luxo e estabelecimentos de serviços voltados ao turismo como hospedagem e alimentação (figura 5.29).

Figura 5.29: Vista da Praia de Areia Preta. Em (a) vista da faixa de praia, ao fundo o morro de Mãe Luiza. Em (b, c) vista da orla onde se verifica a Av. Governador Silvio Pedrosa e os imóveis erguidos a sua margem.



Dentro das condições de desenvolvimento urbano do local verificou-se uma grande valorização fundiária dos espaços que margeavam o mar. Assim o cenário que atualmente se apresenta são edifícios de luxo que encobrem parcialmente as casas populares instaladas no Morro de Mãe Luíza. A ocupação urbana de forma desordenada foi impulsionada pela construção da Avenida Governador Sílvio Pedrosa, principal acesso à Areia Preta. A rodovia foi instalada no sistema de dunas frontais que existia na praia. Tal situação provocou o desequilíbrio sedimentar do sistema haja vista a faixa de praia ter sua manutenção sedimentar garantida pelas dunas ali existentes.

Embora existisse uma preocupação de ordenamento urbano, pode se afirmar que, à época da construção, não foram analisadas situações ambientais hoje amplamente discutidas. Provavelmente as concepções teóricas e ideológicas não podiam mensurar os impactos ambientais negativos que poderiam atingir a área, isso porque estavam distantes do conhecimento atual.

Segundo Araújo, 2006, a modificação do sistema natural, dunas, por ocupação urbana, estrada e imóveis, causou um desequilíbrio no balanço sedimentar das porções transportadas pelo movimento cíclico das massas de

sedimentos que compõem o perfil praial, acelerando e maximizando o processo de erosão costeira na área.

Conforme rege o Plano Diretor de Natal, Lei Complementar nº 82 de 21 de junho de 2007, o bairro de Areia Preta está inserido em uma zona adensável e possui uma área de 30,57 hectares. O bairro contém a ZET-3 (Zona de Interesse Turístico) que dispõe sobre o uso do solo e prescrições urbanísticas como estabelece a Lei nº 3.639/1987, uma Área Especial de Interesse Social (AEIS) denominada Alto do Juruá e uma Área de Risco denominada Aparecida a qual localiza-se na encosta do morro de Mãe Luíza, sujeita a risco alto de deslizamento, por trás do paredão de edifícios instalados na Av. Governador Sílvio Pedrosa.

Atualmente o bairro de Areia Preta não contribui significativamente para a economia do município, mas é um dos bairros que detém um rendimento médio mensal 4,56 salários mínimos ficando no 4º lugar do ranking de classificação por renda (Anuário Natal, 2012).

Os principais impactos observados na área em questão estão relacionados aos processos de erosão que trazem danos às estruturas físicas ali instaladas. Isso ocorre devido às construções estarem dentro de uma zona que outrora servia de fonte natural para a reposição de sedimentos da praia, sopé da duna hoje descaracterizada.

No cenário atual, nível de elevação zero, já se evidencia equipamentos urbanos com sua estrutura comprometida como, por exemplo, a escadaria próxima à Praça da Jangada. Parcialmente alicerçada nas falésias, a escadaria sofre constantemente a ação das ondas o que a torna um ponto vulnerável e que constantemente carece de manutenção. Na figura 5.30 verifica-se que a citada escada, a qual funcionava como mirante já que o local não é apropriado para banho devido à formação rochosa ali existente, chegou a ruir após processo de erosão da falésia.

Figura 5.30: Escada da Praça da Jangada. Em (a) destaca-se em vermelho a rocha da falésia que apoia a estrutura, situação de maré baixa. Em (b), situação de maré alta, observa-se a fragilidade da construção já que esta ruiu após constante ação das ondas.



Outra fragilidade evidenciada são as obras de drenagem pluvial. No local existe uma importante galeria de drenagem que destina parte das águas de chuvas escoadas pelo Morro de Mãe Luíza. Na figura 5.31 pode ser observada a área da praia onde a galeria de drenagem deságua. É importante ressaltar que o sistema de drenagem ali instalado trabalha como um conduto livre o que implica em dizer que para haver o escoamento das águas na vazão projetada as bocas de saída das galerias precisam estar totalmente desobstruídas.

A construção de imóveis sobre as áreas de falésia foi outro ponto de vulnerabilidade observado, estes são pontos frágeis já que é uma zona onde a ação das ondas tem forte intensidade (figura 5.32).

Figura 5.31: Praia de Areia Preta em destaque galeria de drenagem pluvial. Em (a) e (c) maré baixa e em (b) e (d) maré alta.



Figura 5.32: Praia de Areia Preta (a) maré baixa, (b) maré alta, ao fundo imóveis construídos alicerçados na falésia.



A erosão costeira causa danos aos equipamentos urbanos e obras ali instaladas, mas, além disso, existe a depreciação ocasionada pelo efeito da maresia que provoca a corrosão de estruturas principalmente metálicas e devido a isso se faz necessário uma constante manutenção.

Considerando uma elevação de até 5,0 m verifica-se que há perda gradativa da faixa de areia da praia e o comprometimento de estruturas ali

instaladas como, por exemplo, os espigões e um pequeno trecho da Av. Governador Sílvio Pedrosa, único acesso da área. Além disso, a via pode sofrer danos na sua estrutura já que as ondas estariam incidindo na sua fundação.

A partir da cota de 6,0 metros, estaticamente falando, o mar atinge quase que totalmente a citada via. Gradualmente até completar a cota de 10,0 m o mar vai se apropriando da rodovia e de imóveis instalados às suas margens, sendo eles comerciais como, por exemplo, bares, restaurantes e hospedaria e alguns residenciais. Nesse cenário o acesso a Praia de Areia Preta fica totalmente comprometido para qualquer tipo de atividade assim como interrompe os acessos entre a Praia dos Artistas e a Via Costeira.

As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas nos dias: 03/12/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de 0,3 metros às 8h11min de acordo com as informações do site da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação); e 31/01/2011 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,2 m às 15h08min de acordo com as informações do site da DHN.

A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 8h00min e 11h00min, manhã do dia 03/12/2010 e entre às 14h30min e 15h30min, tarde do dia 31/01/2011.

5.4.1.1 *Praia do Meio*

Inserida na zona administrativa leste, a Praia do Meio, que dá nome ao bairro, ocupa uma área de 48,93 hectares abrigando uma população residente de 4.770 habitantes (IBGE, 2010), nele há também a Praia dos Artistas. Outrora, ambas as praias foram vilas de pescadores que no período entre 1910 e 1920 foram descobertas pela elite natalense e passou a ser povoada e habitada por veranistas que lá erguiam suas casas.

As duas praias apresentam formação natural de recifes, exceto em um trecho da Praia dos Artistas. Tal conformação tanto é apropriada tanto para o

banho, devido à formação de piscinas naturais quando em maré baixa, como é adequada para a prática do surf, nas áreas onde não existe a formação rochosa. Além disso, a quebra do paredão de recife modifica um pouco a chegada das ondas na costa, formando correntes de retorno as quais são perigosas para os banhistas.

A economia do bairro é diversificada tendo ênfase o setor de serviços principalmente voltado para o ramo do turismo. O bairro conta com intensa atividade noturna devido à existência de serviços de bares, boates, restaurantes e venda de produtos artesanais com pequenos empreendimentos instalados no Centro Municipal de Artesanato. Somado a isso, evidencia-se uma economia informal representada por quiosqueiros e ambulantes. Devido a seus atrativos o local é frequentado, diuturnamente, por turistas e moradores.

Dentro dos aspectos urbanísticos verifica-se que o bairro está inserido em uma Zona Adensável e abriga uma parcela da Zona Especial Turística (ZET – 3). Possui ainda uma Área Especial de Interesse Social (AEIS) denominada de Jacó- Rua do Motor, situada em uma encosta com elevado risco de queda de barreira.

Considerando que a área mais frágil do bairro situa-se no limite deste com o oceano as primeiras observações colocadas serão as verificadas para o cenário atual. Nas praias dos Artistas e Meio, pode ser observada uma grande quantidade de acessos comprometidos, quebrados ou com leve soterramento. Na figura 5.33 (a) verifica-se que uma rampa de acesso está sendo refeita e na (b) mostra o mar já atingindo a base da estrutura.

Figura 5.33: Praia dos Artistas, acesso à praia (a) maré baixa e (b) maré alta.



A Praia do Meio constantemente passa por manutenção nos calçadões e acessos à praia. Na figura 5.34 (c) é possível observar algumas pedras soltas na faixa de areia da praia e máquinas trabalhando no local o que deixa evidente uma recente queda da estrutura. Na figura 5.34 (d) verifica-se o mesmo local quando em maré alta onde as ondas atingem diretamente o muro do calçadão. Tais pontos são considerados críticos visto que passam constantemente por manutenção devido à intensa ação das ondas.

Diante do apresentado percebe-se que o cenário atual já causa o comprometimento de algumas estruturas, considerando os outros cenários de elevação verifica-se que, a partir da cota de 4,0 metros, a via de acesso local, Av. Presidente Café Filho, fica parcialmente coberta com uma lâmina de água o que em 5,0 metros esta se apresenta totalmente submersa. Também há a perda de imóveis, o que interfere na economia local já que estes são em sua maioria para fins comerciais.

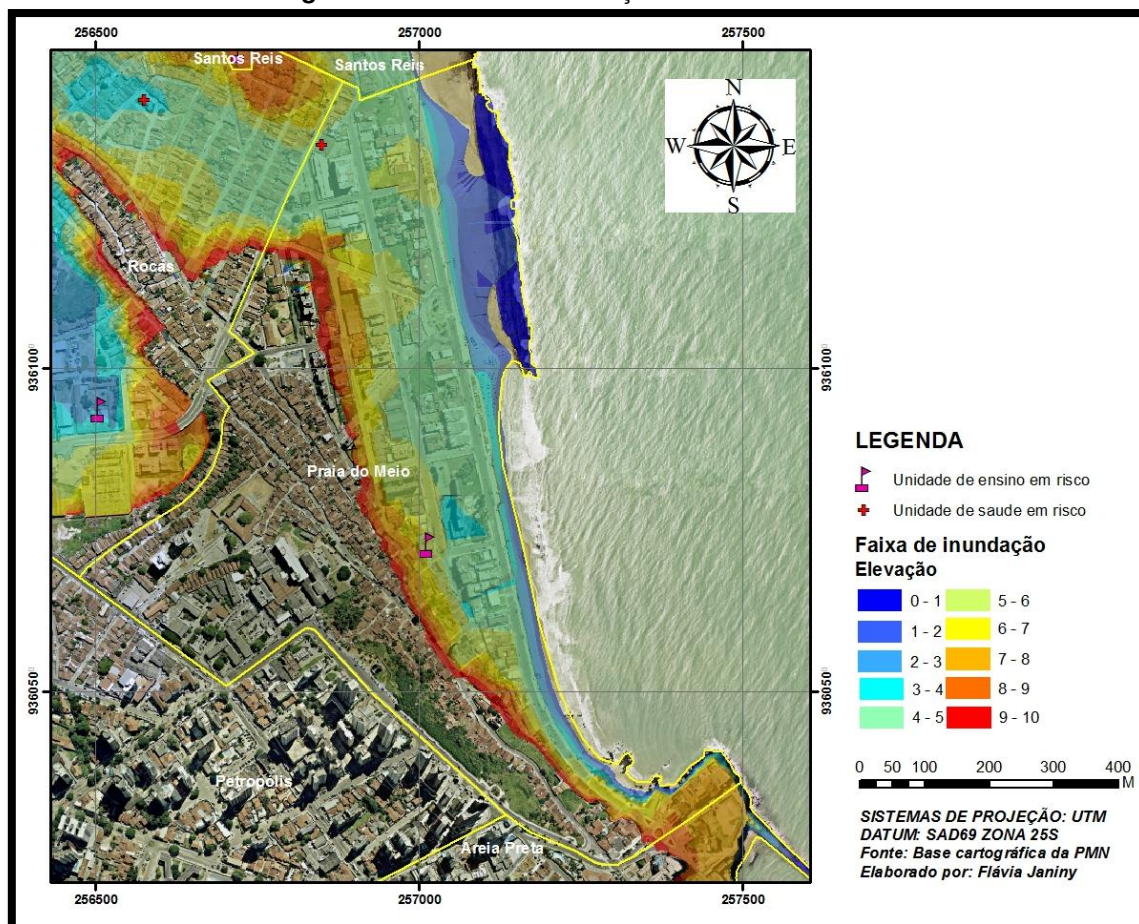
Figura 5.34: Praia do Meio, muro de arrimo, base do calçadão (a, c) maré baixa e (b, d) maré alta.



Após a elevação de 5,0 metros até atingir a cota máxima de 10 metros o bairro perde gradativamente residências, importantes vias locais como, por exemplo, a Av. 25 de dezembro, parte da Av. Presidente Getúlio Vargas (Ladeira do Sol), parcialmente a Rua do Motor (figura 5.35). Uma das três escolas existentes no bairro ficará totalmente submersa assim como uma unidade básica de saúde. O importante Hospital Universitário situado no bairro por estar acima da cota de 10 metros aparentemente não sofrerá comprometimento em sua estrutura.

As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas nos dias: 03/12/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de 0,3 metros às 8h11min de acordo com as informações do site da DHN; e 04/12/2010 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,3 m às 15h32min de acordo com as informações do site da DHN.

Figura 5.35: Zona de inundação da Praia do Meio



A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 08h00min e 10h46min, manhã do dia 03/12/2010 e entre às 15h26min e 16h48min, tarde do dia 04/12/2010.

5.5 Trecho 5 – Zona Estuarina

A zona estuarina formada pelo encontro do Rio Potengi e o Oceano Atlântico tem em suas margens 13 dos 36 bairros da capital potiguar. Para melhor entender a importância socioeconômica, a infraestrutura existente, a importância na economia municipal e os impactos causados pela elevação do nível médio do mar, em cada bairro, o trecho foi subdividido em 2, sendo estes denominados de Zona Estuarina Interna e Zona Estuarina Externa.

A Zona Estuarina Externa é formada pelos bairros: Redinha, Praia do Meio e Santos Reis, essa área está sujeita da ação das ondas, ventos e outros agentes. Já a Zona Estuarina Interna não sofre diretamente a ação do mar, mas por está às margens do Rio Potengi, tem interferência das marés. Ela é composta pelos bairros: Salinas, Rocas, Ribeira, Cidade Alta, Alecrim, Quintas, Nordeste, Bom Pastor e Guarapes. a nesse trecho será apresentada a seguir.

5.5.1 Zona Estuarina Externa

5.5.1.1 *Praia da Redinha*

Na zona administrativa norte da cidade existe uma única praia pertencente ao município de Natal, a Redinha, ela está situada na desembocadura do Potengi à margem esquerda do estuário, limitando-se ao norte com o município de Extremoz. Trata-se de uma antiga vila de pescadores que passou por urbanização em 2004 após a construção do guia corrente, ver figura 5.36. Como em outras áreas da cidade o bairro Redinha é regulamentado por diplomas legais que disciplina o uso e ocupação do solo. De acordo com o plano diretor de Natal, a Redinha é integrante da zona adensável 2 e da ZPA 08, área a ser regulamentada.

Figura 5.36: Vista aérea da Praia da Redinha



Em 2007, com a inauguração da Ponte Newton Navarro, esperava-se que o local passasse a ter forte atrativo turístico, no entanto, as vias de acesso da obra não favoreceram a acessibilidade à praia. Consequentemente, não se desenvolveu o turismo no local e seus principais frequentadores são os moradores do bairro. A economia é baseada em atividades industriais como pesca, criação de camarões; comércio do tipo atacado e varejo e ainda serviços de bares, artesanato dentre outras atividades.

Considerando que a praia da Redinha é uma estreita faixa de terra que limita-se com o oceano Atlântico e o estuário do Potengi e que seu relevo apresenta-se com formas dunares suaves não superior a 10,0 metros pode se inferir que este ambiente é extremamente frágil no tocante a elevação do nível médio do mar.

Para o cenário atual onde não se considera elevação do mar verifica-se que o lado leste possui uma faixa de areia onde os imóveis, em sua maioria residências, localizam-se em uma altura média de 3,0 metros o que implica afirmar que a partir de uma elevação de 3,0 m algumas casas já sofreriam com a inundação. Analisando a parte sul, a qual se limita com o estuário, a situação

é mais preocupante já que a praia não apresenta a sua conformação natural e a faixa de praia existente é formada pelos sedimentos detidos entre o guia corrente e um pequeno espigão.

As obras de dragagem do Rio Potengi, a construção do guia corrente e da ponte modificaram significativamente a conformação natural da Praia da Redinha devido à modificação da dinâmica sedimentar e da nova conformação do local, a qual foi estabelecida pelo calçadão. O calçadão, nas proximidades do mercado, serve como muro de arrimo já que este é quem estabelece a conformação da costa neste setor, ver figura 5.37 (a) e (b). Aqui se verifica que o mercado está em um nível de cota inferior ao calçadão. Além disso, é possível observar uma mudança no comportamento do fluxo de sedimentos possivelmente provocado pelas citadas obras. Em um lado da praia, no ambiente estuarino, se verifica o elevado nível do mar e em outro ambiente, lado da praia posterior ao guia corrente a deposição de sedimentos que acabam formando pequenas dunas que se acumulam contra os muros e paredes das construções residenciais (figura 5.37 c, d).

Na faixa de praia que margeia o Rio Potengi se observa o comprometimento da drenagem e dos acessos à praia que deveria ser faixa de areia, ver figura 5.38.

Embora o bairro Redinha não contribua significativamente para a economia do município, ele foi oficializado pela Lei nº 4.328/1993 e possui toda a infraestrutura já consolidada. Ocupa uma área de 878,87 há com uma população residente de 16.630 segundo dados do IBGE de 2010. O bairro conta com 02 unidades básicas de saúde e 07 unidades de ensino de educação básica segundo o Anuário Natal (2010). Parte do Bairro é composta por uma área de manguezal que comumente sofre a influência de cheia das marés.

Figura 5.37: Calçadão do mercado da Redinha se limitando com o estuário, em (a) maré baixa, em (b) maré alta. Em (c, d) área leste da praia, movimentação de sedimentos.



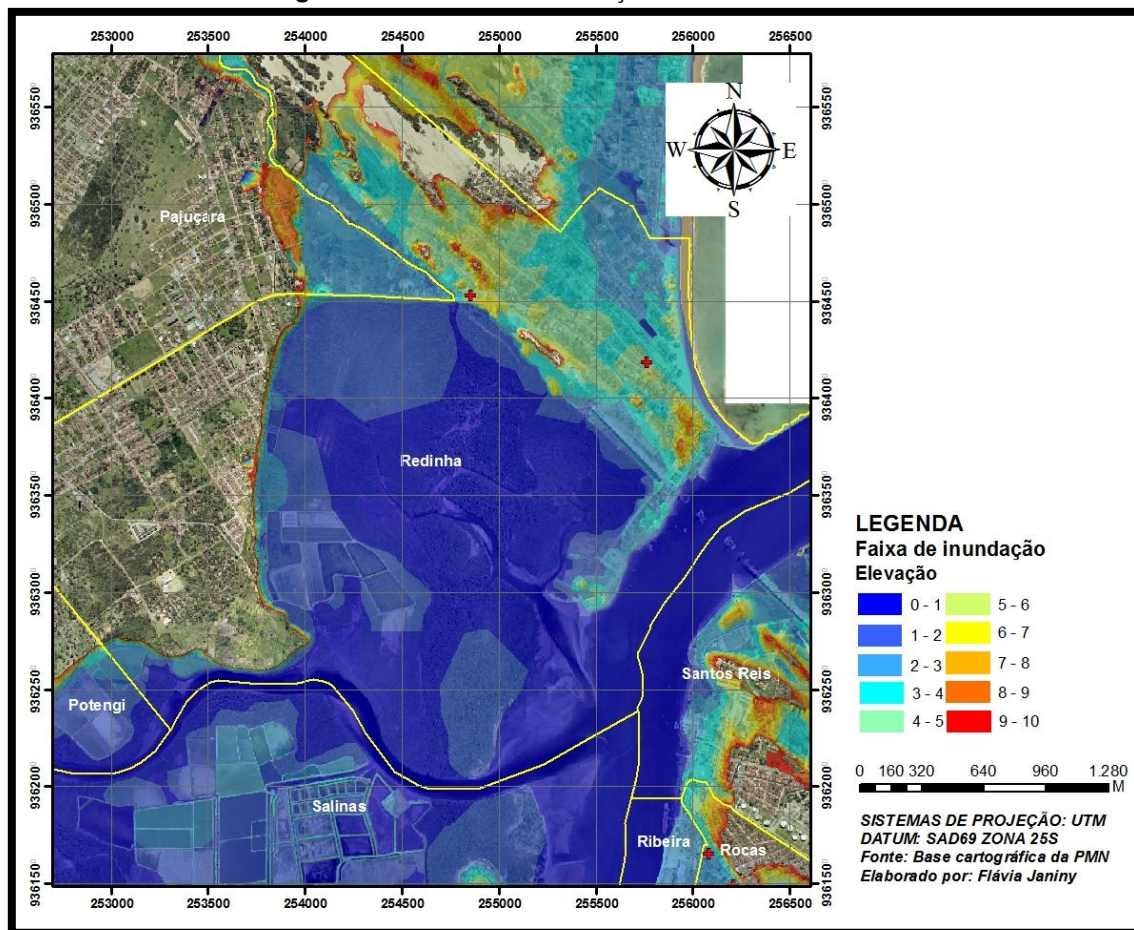
Figura 5.38: Em (a) galeria de drenagem comprometida tanto com a deposição de sedimentos como com a entrada de água quando em maré alta. Em (b) acesso à praia comprometido quando em maré alta.



Conforme análise das zonas de inundação constata-se que, para os cenários a partir da cota de 3,0 m, os imóveis da Redinha passam a ter comprometimento, não sendo mais possível seu uso. De acordo com o mapa, toda a área do bairro está em cotas inferiores a 10 metros, assim conclui-se

que a região fica totalmente comprometida considerando todos os cenários de inundação, ver figura 5.39.

Figura 5.39: Zona de inundação do Bairro Redinha



As fotografias utilizadas nesse tópico foram feitas nos dias: 20/10/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de 0,4 metros às 8h32min de acordo com as informações do site da DHN; e 16/05/2011 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,5 m às 15h53min de acordo com as informações do site da DHN.

A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre às 9h20min e 10h20min, manhã do dia 20/10/2010 e entre às 16h00min e 16h30min, tarde do dia 16/05/2011.

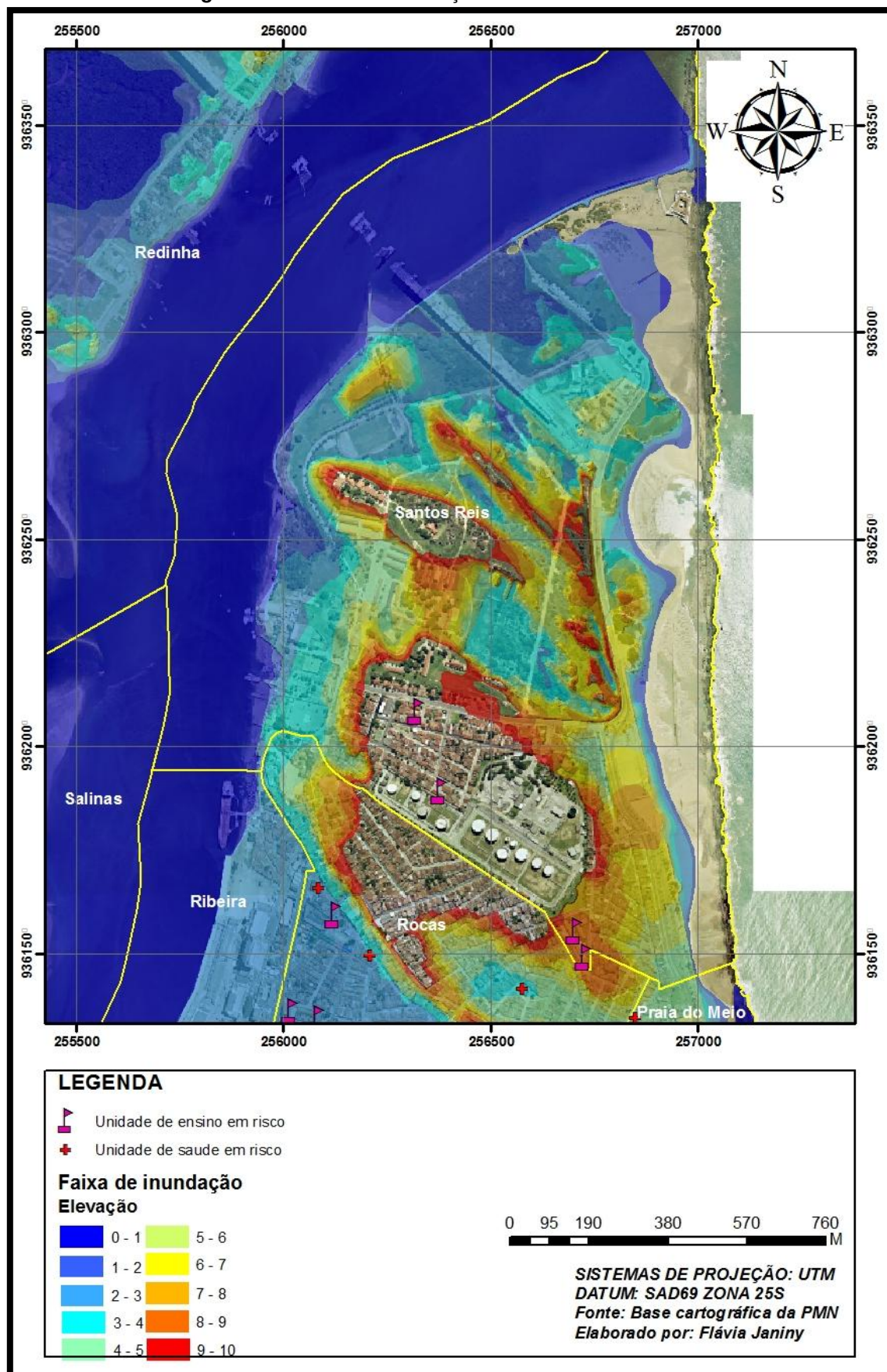
5.5.1.2 Santos Reis

Santos Reis é um bairro da zona administrativa leste oficializado desde 1946, possui 222,09 ha de território ocupado por 5.641 moradores e 4 unidades de ensino (IBGE, 2010). De acordo com o Plano Diretor de Natal, está inserido em uma zona adensável e detém em sua área a ZPA-7, a ser regulamentada. Além disso, o bairro abriga uma Área Especial de Interesse Social (AEIS) denominada de Santos Reis e a ZET-3, Zona Especial Turística, instituída pela Lei 3.175/84 e mantida pelo PDN/2007, disciplinando a ocupação e uso do solo bem como prescrições urbanísticas. A praia do Forte está aqui inserida, situada a margem direita da foz do Rio Potengi, recebeu este nome devido a Fortaleza dos Reis Magos edificação erguida na época da fundação da cidade. A conformação da praia, protegida por paredões de recifes, é favorável a formação de piscinas naturais e um mar de águas calmas.

O bairro tem importantes estruturas e imóveis de relevância para o município sendo eles: o Forte dos Reis Magos de grande importância turística para a cidade e valor histórico para o País já que é considerado um marco da fundação da Capital; instalações militares como, por exemplo, o late Clube e a infra-estrutura do seu entorno; e, pátio de tancagem da Petrobrás. Além dessas estruturas existem vias de acesso importantes sendo elas: a Av. Presidente Café Filho, a Rua Geraldo Nogueira Nicácio e a ponte Newton Navarro que ligam Santos Reis a Praia do Meio, Rocas e a Redinha, respectivamente.

Considerando os cenários de inundação o bairro vai gradativamente sendo inundado por todos os lados e pode-se afirmar que as perdas são totais haja vista a perda de residências, escolas e as estruturas anteriormente mencionadas. Para o cenário mais drástico, elevação de 10,0 m, observa-se a formação de uma ilha no entorno do parque de tancagem da Petrobrás. Duas unidades de ensino ficam totalmente submersas assim como toda a área militar e o entorno da Fortaleza dos Reis Magos, ver figura 5.40.

Figura 5.40: Zona de inundação do bairro de Santos Reis



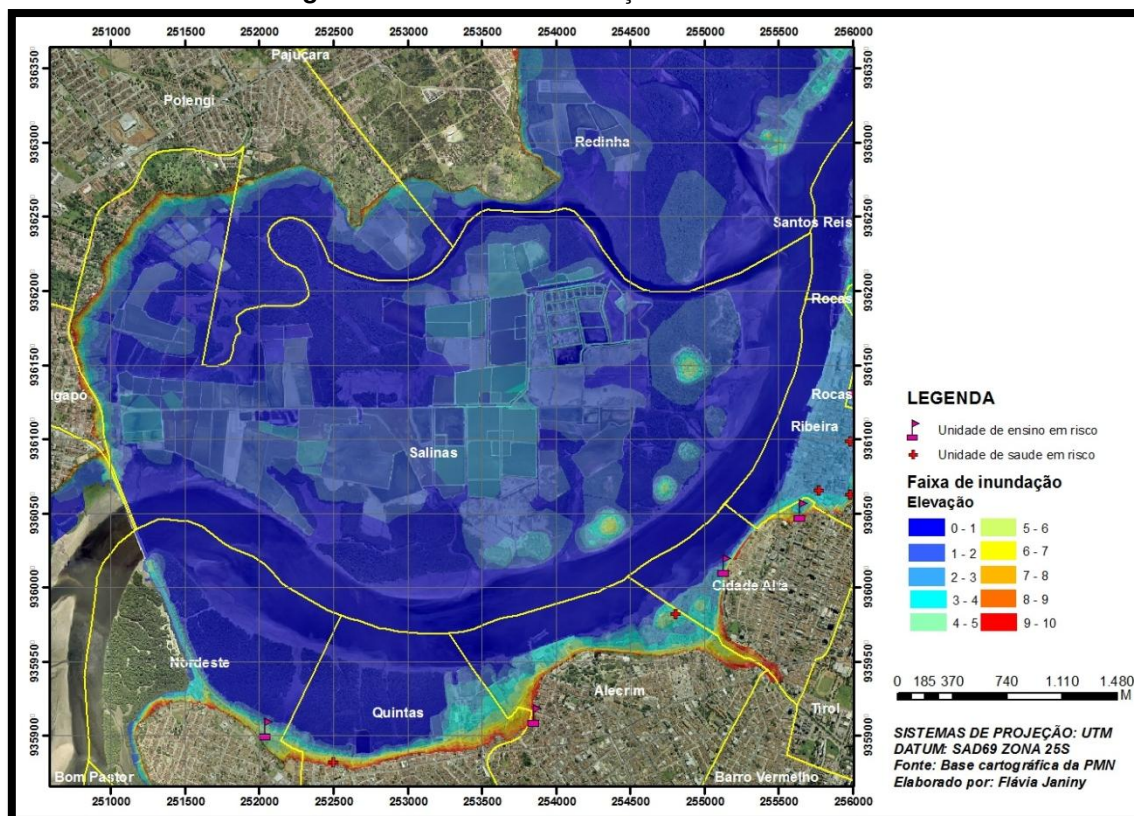
5.5.2 Zona Estuarina Interna

5.5.2.1 Salinas

Bairro da zona administrativa norte localizado à margem esquerda do Rio Potengi, todo o seu território está inserido na área definida pelo Plano Diretor de Natal como Zona de Proteção Ambiental – ZPA 8. No tocante a questões ambientais, a região possui características frágeis e ainda não possui regulamentação para definição dos seus usos. É um bairro de classe média baixa e classe baixa com pouca distribuição residencial considerando o total de seu território, 331 domicílios particulares, segundo censo do IBGE de 2010. Devido à sua localização privilegiada para o cultivo de camarão e produção de sal, entre a década de 70 até meados da década de 80 o local teve seu desenvolvimento econômico maior e, nos dias atuais, comporta apenas uma pequena produção do crustáceo através do Projeto Camarão (SEMURB, 2009).

Como o a área é muito próxima do mangue, a elevação do nível médio do mar, que influencia diretamente no aumento do volume do Rio Potengi, atinge o bairro quase que em sua totalidade. Como a maior parte do território é ocupada pela atividade de carcinicultura, para o nível de elevação mais baixo, 1,0 m, os tanques ficam totalmente submersos perdendo assim sua função. Somente com o cenário de inundação a partir de 5,0 m é que se verificam domicílios que começam a ser atingidos (figura 5.41).

Figura 5.41: Zona de inundação do bairro Salinas



5.5.2.2 Rocas

Também situado na zona administrativa leste o bairro das Rocas teve sua ocupação ainda no século XVIII, a princípio por pescadores, tornando-se bairro através da Lei nº 251/47. Ocupa 66,1 ha do território natalense abrigando uma população residente de 10.452 habitantes (IBGE, 2010). É um importante bairro da cidade pelo seu valor histórico. A infraestrutura hoje existente conta com 7 (sete) unidades de ensino e 3 (três) unidades de saúde sendo uma destas o Hospital dos Pescadores de importante significado para o município já que é uma unidade de urgência e pronto atendimento que recebe a população do bairro e do entorno.

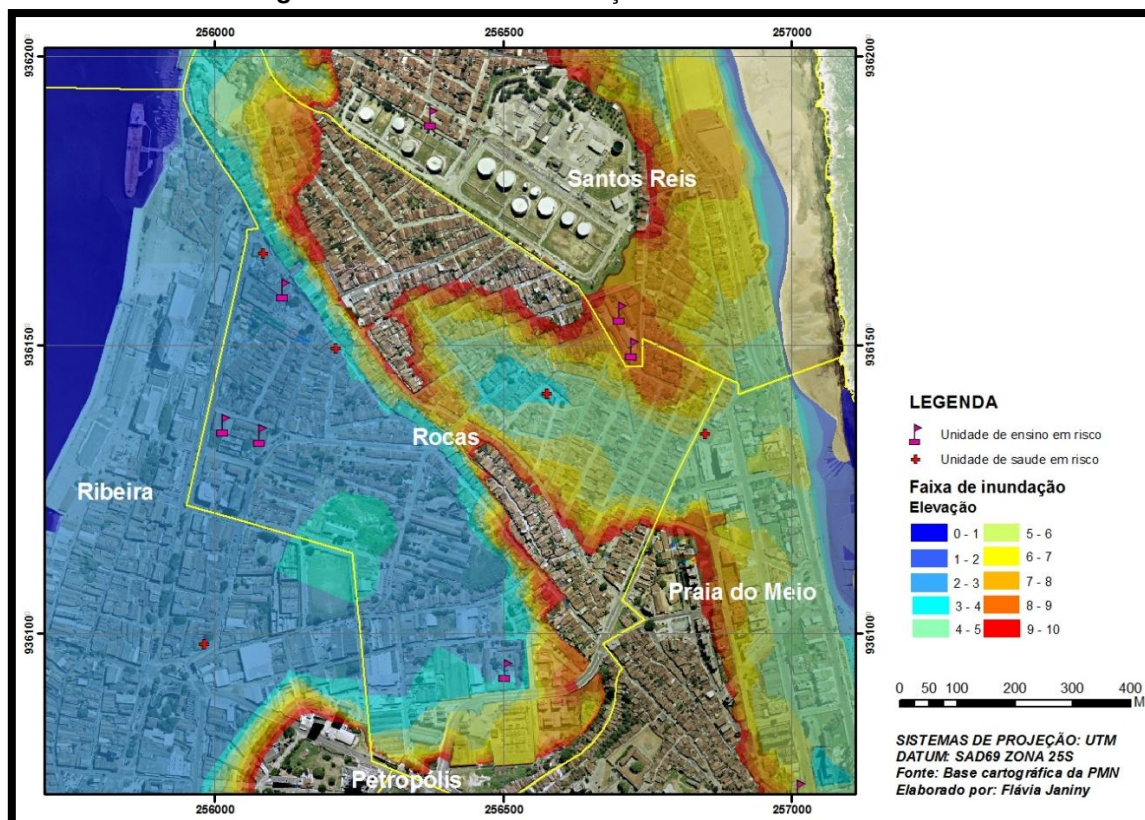
O bairro das Rocas também está inserido em uma Zona Adensável como determina o PDN/2007 e abriga uma Área de Interesse Social AEIS Rocas, que cobre todo seu território, bem como a Zona Especial de

Preservação Histórica (ZEPH) definida pela Lei nº 3.175/84 disciplinando o zoneamento de uso do solo da referida área.

No cenário atual, verifica-se que já existe comprometimento na instalação de drenagem de águas pluviais. Como o lançamento das galerias tem como destino as cotas mais baixas e normalmente sai projetadas para funcionarem como condutos livres, ou seja, a galeria para seu pleno funcionamento necessita estar totalmente desobstruída. Para o bairro das Rocas, onde normalmente as águas pluviais são direcionadas para o estuário do Potengi, quando em maré alta e fortes chuvas há o acúmulo de água nas vias públicas, pois os condutos que drenam as águas pluviais ficam obstruídos temporariamente.

Assim como na situação do bairro de Santos Reis, a inundação para as Rocas é de elevação gradual com perda de áreas. Para o cenário de elevação a partir da cota de 2,0 m, as escolas do bairro já passam a sofrer os danos. Duas das unidades de saúde, uma delas o hospital, ficam comprometidas a partir da cota de 3,0 metros. Os cenários de elevação para o bairro mostram perdas significativas já que o seu território é perdido quase que totalmente. Apenas uma pequena área com cota acima de 10 metros, nos limites entre o bairro de Santos Reis e próximo à área de tancagem da Petrobrás, fica livre da inundação, mesmo assim, é um local que ficará ilhado já que todas as vias de acesso, sendo as principais a Av. Duque de Caxias e Rua Floriano Peixoto, acabam sendo perdidas a partir da inundação de 3,0 metros, ver figura 5.42.

Figura 5.42: Zonas de inundação do bairro das Rocas



5.5.2.3 Ribeira

Bairro histórico inserido na zona leste do município, a Ribeira é de relevante importância para Natal devido ao perfil das edificações ali instaladas. O local conta com imóveis residenciais, comércio de modo geral, atividades industriais e serviços públicos e privados. Além disso, tem um grande valor histórico para a capital.

A Ribeira ocupa uma área de 94,39 hectares abrigando importantes instituições públicas e privadas, podendo ser citados alguns exemplos como: o Porto de Natal, a Superintendência de Trens Urbanos de Natal (STU/NAT), a junta comercial, o PROCON municipal, a Receita Federal, o ITEP, o juizado de pequenas causas, a Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana (SEMOB), área militar representada pela Capitania dos Portos, 06 unidades de segurança pública dentre elas a Delegacia do Trabalho, 04 unidades de saúde, 02

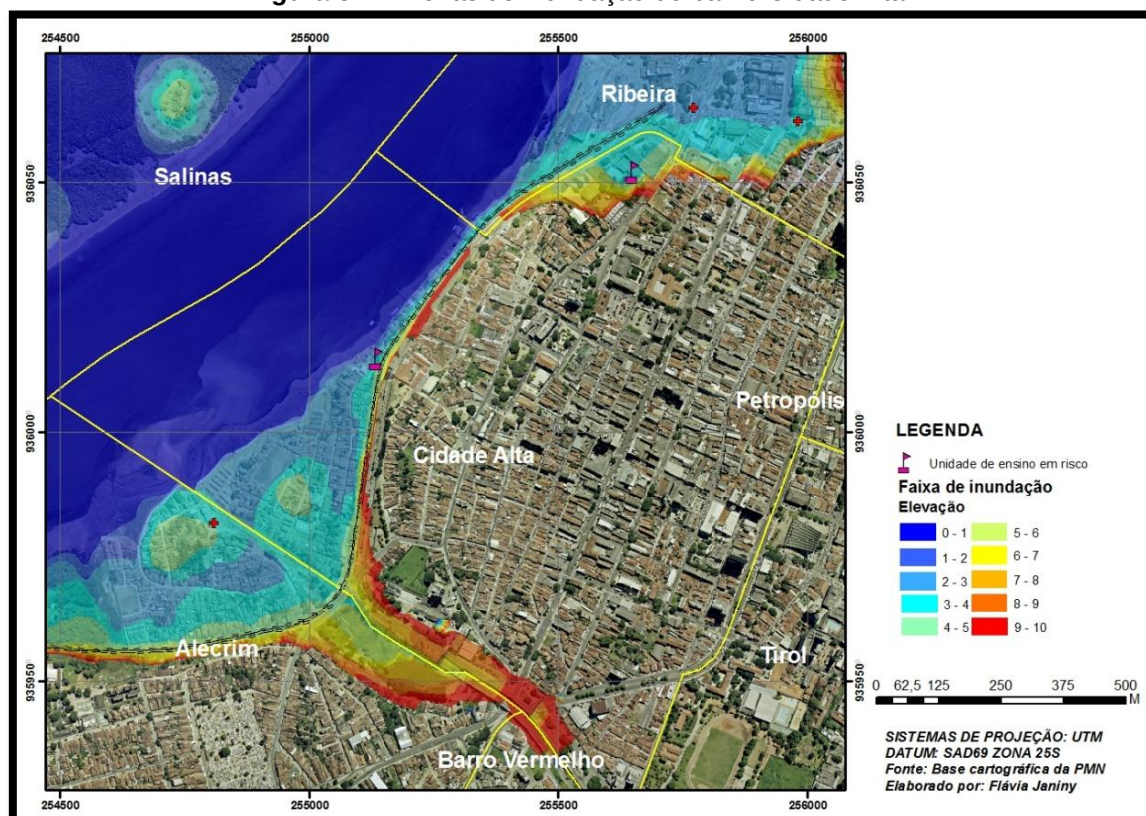
unidades de ensino sendo uma delas a Escola Salesiano, Banco do Brasil, Correios, entidades religiosas como a Igreja do Bom Jesus e Assembléia de Deus, espaço destinado a eventos culturais como o Largo da Rua Chile, a Casa da Ribeira, o Teatro Alberto Maranhão, produtores de mídia impressa aqui representado pelo Diário Oficial do Estado (A República) e a Tribuna do Norte.

Conforme regulamenta o PDN/2007, a Ribeira está inserida em uma Zona Adensável; devido a suas características físicas, o local foi definido como uma Área Especial de Operação Urbana através da Lei nº 4.932/97 a qual objetiva a urbanização do bairro, incentiva o uso residencial, estimula as atividades artísticas, culturais, turísticas e de lazer, bem como a recuperação do patrimônio histórico-cultural, arquitetônico, urbanístico e a qualidade ambiental como um todo. A região abriga ainda a Zona Especial de Preservação Histórica (ZEPH) regulamentada pela Lei nº 3.942/90.

Como a elevação do nível médio do mar interfere diretamente na elevação do nível do estuário, como ocorre nos outros bairros, a Ribeira vai gradualmente sendo inundada e o cenário pode ser considerado crítico pois grande parte o seu território está na cota de 2,0 metros e todos os exemplos citados estão nessa área. Pode ser observado que ocorrendo uma elevação de até 5,0 m o bairro perde quase que totalmente o seu território, ver figura 5.43.

provocadas por chuvas mais intensas. Para o cenário de até 5,0 metros de elevação do NMM, toda a comunidade fica submersa e há o comprometimento da linha férrea e duas unidades de ensino. Para o cenário de 10,0 m observa-se que o nível do canal do Baldo eleva-se comprometendo as áreas às suas margens, ver figura 5.44.

Figura 5.44: Zonas de inundação do bairro Cidade Alta



5.5.2.5 Alecrim

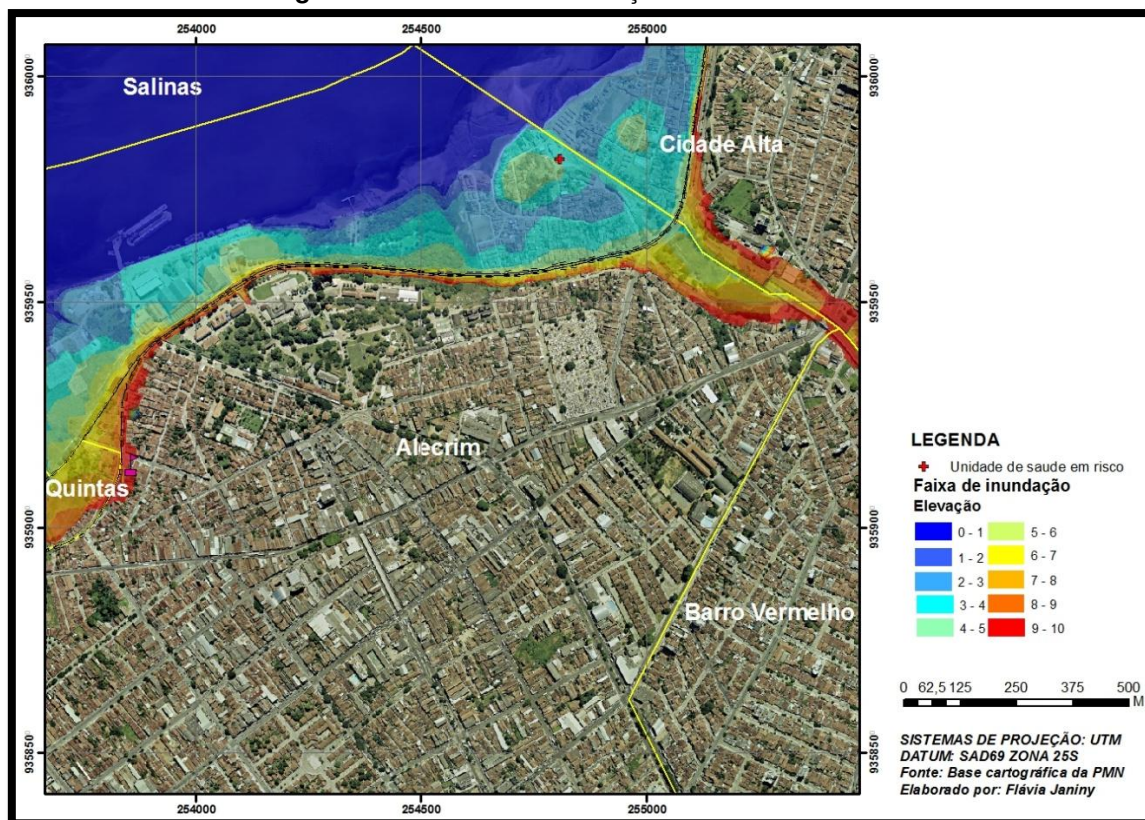
Localizado na zona administrativa leste o bairro do Alecrim, quarto bairro fundado na capital, possui uma área de 344,73 hectares onde abriga uma população de 28.705 habitantes (IBGE 2010). Outrora foi um lugar distante da antiga Natal e caracterizava-se por ser uma região formada por granjas e casebres. Local pouco habitado constituído por famílias humildes, em sua maioria imigrantes, em busca da sobrevivência. (SEMURB, 2009). Atualmente o Alecrim é um grande centro comercial e empresarial composto por vários ramos de atividades do tipo formal e informal. Dentre os equipamentos urbanos

ali instalados constam 23 unidades de ensino e 4 unidades de saúde sendo uma delas o Hospital Naval.

Quanto aos aspectos urbanísticos diz-se que o bairro está inserido em uma Zona Adensável conforme regulamenta o PDN/2007 e está dentro da faixa de controle de gabarito da Embratel que delimita a altura máxima de edificações entre as torres de transmissão. Além disso, o Alecrim abriga a AEIS da Comunidade do Passo da Pátria.

Dá para ser evidenciado que a parte mais urbanizada do bairro está em uma elevação acima da cota de 10 metros, assim, pode se inferir que o Alecrim não sofrerá grandes impactos com a elevação do nível estuarino (figura, 5.45). Porém, verifica-se que as AEIS estão situadas dentro da faixa de inundação o que é considerado um impacto significativo visto que há moradias nesse espaço. Uma unidade básica de saúde, situada na comunidade do Passo da Pátria, também está dentro da zona de inundação, bem como uma escola. O trecho de linha férrea que cobre a parte mais baixa do bairro, próximo à cota de 6,0 m, também está localizado dentro da faixa de inundação que, para um cenário de 10 metros de elevação, o transporte ferroviário fica totalmente comprometido e inutilizável.

Figura 5.45: Zonas de inundação do bairro Alecrim



5.5.2.6 Bairros da Zona Oeste

Dentro do trecho denominado de zona estuarina verifica-se que três zonas administrativas são atingidas, os bairros situados na zona Norte e Leste já foram descritos anteriormente e neste trecho serão descritos os bairros da zona Oeste que poderão sofrer com a elevação do nível de água do estuário.

A Zona Oeste desde sua criação abriga uma população mais desfavorecida. O rendimento médio mensal é o mais baixo do município, em relação a maioria dos bairros que compõem a zona estuarina. Os bairros são classificados como predominantemente residencial, mas, com significativa presença de comércio informal. Dos dez bairros pertencentes à zona Oeste, ficou evidenciado que metade deles estão dentro da zona de inundação sendo 3 deles enquadrados nas piores faixas de renda mensal de Natal. A tabela 5.1 relaciona os bairros afetados, seu território, população residente e posição no

ranking de rendimento mensal, todos os dados foram baseados no censo de 2010 realizado pelo IBGE.

Tabela 5.1: Área territorial, população residente e ranking do rendimento mensal nos bairros afetados pela zona de inundação.

Bairro	Área (Ha)	População residente	Posição no ranking municipal de rendimento mensal
Quintas	248,54	27.375	24º
Nordeste	298,44	11.521	22º
Bom Pastor	346,09	18.224	34º
Felipe Camarão	654,40	50.997	33º
Guarapes	865,95	10.250	35º

Fonte: SEMURB (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo) com base nos dados do IBGE de 2010.

Os bairros Quintas e Nordeste se assemelham nos aspectos urbanísticos fazendo parte de uma Zona Adensável conforme estabelece o PDN/2007. Estão inseridos na ZPA 8, área de manguezal existente nas margens do Rio Potengi, sendo apenas definida pelo PDN/2007 e carecendo de regulamentação para definição dos seus usos. A ZPA 8 tem importância ambiental já que se trata de um local de reprodução de espécies marinhas e socioeconômica por ser fonte de renda e alimento para algumas populações que habitam nas suas margens. Além disso, há também o controle de gabarito por parte da Embratel devido às linhas de transmissão.

Como as partes mais baixa dos citados bairros localizam-se próximo à área de mangue, a principal perda com a elevação do nível da água são residências ribeirinhas e a linha férrea que os atende com o transporte ferroviário. Nas Quintas, das cinco unidades de saúde, apenas uma unidade básica de saúde fica dentro da possível área de inundação. No bairro Nordeste, sua única unidade de saúde está livre do risco. De todas as unidades de ensino existentes, 25 nas Quintas e 6 no Nordeste, o segundo sofre maiores perdas já que uma de suas unidades está situada dentro da zona de inundação e outra na área muito próxima sendo assim possível afirmar que está na eminência do risco considerando a taxa de variação entre maré baixa e alta.

O Riacho das Quintas, que aflora no bairro, passa pelo bairro Nordeste e deságua no Rio Potengi, também é um trecho vulnerável no tocante à elevação

do nível médio do mar já que sofre influência da maré. Em suas margens estão situadas duas áreas de risco denominadas de Japão e Curtume. Na primeira, ponto da nascente do riacho, a área está sujeita à queda de barreira, já que os imóveis estão situados em uma parte baixa da encosta. A segunda é uma área insalubre devido à identificação de pontos de lançamento clandestino de esgotos domésticos e da atividade industrial de curtume, bem como deposição de resíduos sólidos.

Os Bairros de Bom Pastor, Felipe Camarão e Guarapes se assemelham quanto aos aspectos urbanísticos já que todos estão enquadrados na Zona de Adensamento Básico conforme PDN/2007 e inseridos na ZPA 8. A ZPA 4, regulamentada pela Lei nº 4.912/1997, tem partes inseridas no Guarapes e em Felipe Camarão.

Analizando os cenários de inundação, assim como nos outros bairros da zona Oeste, a maior interferência está na área próxima ao manguezal. Em Bom Pastor essa zona de inundação coincide com a área da ZPA 8 e nela estão inseridas duas áreas de risco: a Vila São Pedro, localizada entre o mangue e uma encosta, e a Salgadinho, também conhecida por Maré, instalada totalmente dentro da área de mangue. Verifica-se também que um pequeno trecho de uma importante via local, Av. Industrial João Francisco Motta, pode sofrer com a inundação, porém, mesmo para o cenário mais crítico (10,0 m) as 2 unidades de saúde e as 12 escolas ficam protegidas da inundação.

Felipe Camarão, não diferente do citado anteriormente, sofre nas partes mais baixas, ou seja, a área próxima ao mangue. Considerando o cenário de inundação observa-se que das 23 unidades de ensino existentes no bairro, uma fica totalmente submersa. Além disso, a Av. Presidente Raniere Mazille fica com pontos de alagamento prejudicando assim um dos importantes acessos do bairro.

Por fim o Guarapes, com aspectos parecidos com os dois últimos bairros citados, porém com menos residências e comércios instalados na zona de inundação. Possuindo 5 escolas e apenas uma unidade básica de saúde os

quais estão fora da área inundável, duas áreas de risco se perdem quase que totalmente. As áreas de risco inseridas no bairro são Água Doce e Sítio Guarapes ambas situadas às margens do Rio Jundiá e com pontos de deslizamento de terra.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O poder público deve trabalhar na aplicação de medidas de adaptação e proteção do meio urbano. Para qualquer decisão tomada, dada a complexidade em tela, é importante conhecer plenamente os impactos e as áreas atingidas já que os projetos a serem desenvolvidos no tocante a adaptação e proteção do meio envolvem altos custos. O gerenciamento costeiro é uma questão desafiadora e que devido a isso se faz necessário um trabalho multidisciplinar nas pesquisas e estudos relacionados à proteção e adaptação do meio já instalado bem como, a integração de políticas municipais.

No trabalho apresentado foi possível mapear os cenários de elevação do NMM através da simulação de inundação das áreas mais suscetíveis tendo como base a linha de costa definida. Destaca-se que o nível de maré considerado é o médio (média das preamares) e estático (sem interferência das ondas), portanto, modificando a mudança de cenários considerando as marés mais altas e a dinâmica do mar (ondas) há mudança significativa das áreas inundadas o que comprometerá uma maior faixa de perda continental, maior número de pessoas atingidas e conseqüentemente maiores transtornos em elementos da infraestrutura.

Verificou-se que até para o cenário atual já são apresentados problemas como a perda de faixa de praia e derrubada de instalações como, por exemplo, o calçadão. Além disso, verifica-se que num cenário mais crítico, os bairros situados nas margens da zona estuarina são amplamente prejudicados com perda de valores históricos, econômicos e principalmente valores humanos, já que o adensamento nessas áreas é bem significativo. Tal situação acarretaria em transtornos a população e a administração pública.

Por fim, verifica-se que para encarar a problemática decorrente da elevação do NMM e a mitigação do quadro de vulnerabilidade apresentado, faz-se necessária a aplicação de medidas políticas e ações que contribuam para a proteção e adaptação das áreas mais frágeis e, quando necessário, restrinjam a ocupação destas. Ressalta-se a importância da destinação de

recursos financeiros públicos em medidas adequadas e bem embasadas em estudos locais haja vista que o custo da reparação do dano pode ser mais elevado que o monitoramento do ambiente costeiro.

Diante do exposto verifica-se que o município é uma área frágil e que necessita de ações que visem minimizar as vulnerabilidades existentes. Para tanto se recomenda que algumas ações sejam adotadas podendo ser citadas:

- ✓ O monitoramento do nível do mar a partir da instalação de estações maregráficas a fim de monitorar em tempo real o comportamento das marés. Tal situação possibilitará o registro das oscilações do nível do mar local que poderão ser comparados com os dados das marés previstas pela DHN. O monitoramento acarretará ainda, em longo prazo, a criação de uma série histórica de dados que auxiliará em outros estudos para a região;
- ✓ Na ocasião da adoção de projetos de obras costeiras deverá ser exigido, das empresas interessadas na execução, a apresentação de propostas que tenham o melhor custo/benefício sendo consideradas as condições de adequação e/ou proteção da área em questão;
- ✓ A aplicação de políticas públicas e elaboração de diplomas legais que balizem o gerenciamento costeiro, ação imprescindível para a cidade. Essa gestão deve ter a integração entre os poderes legislativo, executivo e judiciário e, quando necessário, políticas públicas integradas com outros municípios. Tal situação servirá de base para preparar o município contra os efeitos provenientes da sobrelevação no NMM e de outras mudanças climáticas;
- ✓ Adoção de obras que objetivem a adaptação dos sistemas de drenagem e de esgoto sanitário os quais já estão com pontos comprometidos para o cenário atual;

- ✓ A metodologia aqui aplicada sirva de base para dar continuidade aos estudos relacionados a elevação do NMM para o município de Natal;
- ✓ Estudos semelhantes sejam desenvolvidos para as demais áreas costeiras, da Região Metropolitana de Natal;
- ✓ Desenvolvam-se métodos para melhor quantificar as perdas causadas pela sobrelevação do NMM como, por exemplo, população, sistema viário, sistema de drenagem, sistema de esgotamento sanitário dentre outros;

Dentre as vulnerabilidades aqui apresentadas merecem destaque as interferências no sistema viário, no sistema de drenagem, no sistema de esgotamento sanitário e no sistema de abastecimento de água. Como a capital encabeça a Região Metropolitana, recomenda-se que o gerenciamento costeiro seja integrado com os municípios que a compõe para que o sistema tenha melhor eficácia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

ARAÚJO, Tarik de Sousa. **Estudo da morfologia costeira da praia de Areia Preta em Natal/RN, frente aos processos de uso e ocupação do solo**. Monografia de graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia, 2006. 70 p.

BIRD, Eric. **Coastal Geomorphology**. 2ª edição Inglaterra: Geostudies, 2008.

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. 2005. **Shoreline Definition and Detection: A Review**. Journal of Coastal Research, v.21, n. 4, p. 688-703.

BOORI, Mukesh Singh. **Avaliação de impacto ambiental e gestão dos recursos naturais no estuário Apodi – Mossoró, Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, 2011. 172p

CARMO, R. L.; YOUNG, A. F.. **Hazards and Vulnerability for the population in the Brazilian Coast: Sea Level Rising and Reasons for Concern**. In: The 4th International Conference on Population Geographies. Hong Kong, v.1, 2007.

CARVALHO, Vitor Celso de/ RIZZO, Hidely Grassi. **A zona costeira brasileira: subsídios para uma avaliação ambiental**. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal – Brasília, MMA, 1994.

CUNHA, Eugênio Marcos Soares. **Evolución actual del litoral de Natal – RN (Brasil) y sus aplicaciones a la gestión integrada**. Tese de doutorado. (Doutorado em Ciências do Mar). Universidade de Barcelona. Programa de Doutorado em Ciências do Mar. Departamento de Ecologia. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, 2004. 128p.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira – **Geomorfologia do Brasil** – 4ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

DALRYMPLE, R.A.; KIRBY, J.T. (1991). REFDIF 1, Version 2.3, **Documentation Manual. Combined Refraction/Diffraction Model**. CARC Report 91-91, University of Delaware, January. BERKHOFF, J.C.W. (1972). "Computation of Combined Refraction-Diffraction". Proc.13th Int. Conf. Coastal Engrg. ASCE, Vancouver.

DASGUPTA, S.; LAPLANTE, B.; MEISNER, C.; WHEELER, D.; YAN, J.. **The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis.** Climatic Change, v. 93, p.379–388, 10 Oct.2009.

DUARTE, M. I. M.: **Mapeamento Geológico e Geofísico do Litoral Leste do RN: Grande Natal (Área 1).** Relatório de Graduação, Departamento de Geologia, UFRN, 1995, 55p.

FIGUEIREDO, Lícia Regina Ramalho. **Estudo da circulação hidrodinâmica do Estuário do Rio Potengi, Natal/RN.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, 2007. 115p.

GORNITZ, V. **Vulnerability of the east coast, USA to future sea level rise.** Journal of Coastal Research, v. 1, n. 9, p. 201–37, 1990.

GORNITZ, V.M. et. al. **The development of a coastal vulnerability assessment database, vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast.** Journal of Coastal Research, n. 12, p. 327-338, 1994.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de formação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós_Graduação em Geodinâmica e Geofísica, 2003. 222p.

HERBEGGER, M.; COOLEY, H.; HERRERA, P.; GLEICK, P. H.; MOORE, E.. **The impacts of sea-level rise on the California coast.** California: California Climate Change Center, 2009.

HOGBEN, N. (1986). Global Wave Statistics.

HOMSI, A. **Wave climate in some zones off the brazilian coast.** Coastal Engineering. 114-133p. 1978.

IBGE, Censo Demográfico 2000. In **Natal: meu bairro, minha cidade.** Prefeitura Municipal do Natal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. 2009.

KAMPHUIS, J. Willian. **Introduction to coastal engineering and management.** 2ª edição Londres: Word Scientific, 2010.

KLEIN, Antonio H. F; NEVES, Claudio F.; MUEHE, Dieter C. E. H.; CARVALHO, João L. B.; ARAÚJO, Moacyr; ROSMAN, Paulo C.C. **Vulnerabilidade da zona costeira brasileira às mudanças climáticas.** COPPETEC FUNDAÇÃO. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

MENDONÇA, M. L. F.; SILVA, L. R. A.. **Documento indicativo de áreas da cidade que podem ser atingidas pela elevação do nível do mar devido às mudanças climáticas.** In: GUSMÃO, P. P.; CARMO, P. S.; VIANNA, S.B (Orgs). Rio Próximos 100 anos. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008.

MUEHE, D.; NEVES, C. F.. **The implications of sea-level rise on the Brazilian coast: a preliminary assessment.** Journal of Coastal Research, SI-14, p. 54-78, 1995.

NALI, Jôze Oliveira. **Elevação do nível do mar no município de vitória-es: vulnerabilidades, impactos e possíveis ações de resposta.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. Programa de Pós_Graduação em Engenharia Ambiental, 2011. 142p.

NASCIMENTO, Kleiton Cassemiro do. **Monitoramento por DGPS e análise dos processos erosivos da linha de Costa na Praia de Pirangi do Norte – Parnamirim (RN).** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, 2009. 112p.

Natal. Lei complementar nº 082, de 21 de junho de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Município**, Natal, RN, ano VII, n. 1169, p. 24. 23 jun 2007. Edição especial.

NAZARÉ Jr., D.: **Mapeamento Geológico e Gravimétrico da Região de Natal.** Relatório de Graduação, Departamento de Geologia, UFRN, 1993, 68p.

NEVES, C. F. **O nível do médio do mar: uma realidade física ou um critério de engenharia?**.Vetor, Rio Grande, v.15, n.2, p.19-33, 2005.

NEVES, C.F.; MUEHE, D.. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira.** Parcerias Estratégicas, Brasília, DF, v. 1, n. 27, p. 217 – 295, 2008.

NICHOLLS, R. J.; KLEIN, R. J. T.. **Climate change and coastal management on Europe's coast.** In: VERMAAT, J.E.et al. (eds.), Managing European Coasts: Past, Present and Future. Berlin, Germany: Springer (Environmental Science Monograph Series), p.199–225, 2005.

NICHOLLS, R. J.; MIMURA, N.. **Regional issues raised by sea-level rise and their policy implications.** Journal Climate Research, v.11, n.17, p. 5–18, Dec.1998.

PIERRE, Guilherme Cherem Schwarz. **Relatório de atividades em campo / análises para implantação do Emissário submarino do sistema de drenagem de capim macio / Natal-RN.** 2009. 57p

QUEIROZ, Oc. Eduardo Vitarelli de. **Caracterização dos sedimentos superficiais de fundo do complexo recifal de Maracajaú, RN, Brasil.**

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, 2008. 164 p.

REIS, J. C. M. L.. **O Nível Médio do Mar: de 1910 a 2004**. In: Jornadas do Mar 2002 – “O mar: um oceano de oportunidades”, p.521-529, 200.

Rowley, R.J.; Kostelnick, J.C.; Braaten, D.; LI, X.; Meisel, J. **Risk of Rising Sea Level to Population and Land Area**. Eos Transactions 88, nº 9 (27 February 2007): 105-107.

SCUDELARI, A. C.; FORTES, C. J. E. M.; DANTAS, A. L. S. S (2007). **Análise da agitação marítima na zona costeira do estuário do Rio Potengi**, in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

SCUDELARI, A.C.; FORTES, C.J.E.M.; DANTAS, A.L.S.S. (2007). **Propagação da Agitação Marítima na Região da Foz do Rio Potengi, Brasil**, in Anais do IV Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Funchal - Madeira, Outubro de 2007, pp 1-20

SILVEIRA, J.D., 1964.- Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. (ed.). Brasil: a terra e o homem. Cia Ed. Nacional, São Paulo, 253-305p.

SOUTO. Michael Vandesteen Silva. **Análise da evolução costeira do litoral setentrional do estado do rio grande do norte, região sob influência da indústria petrolífera**. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009.

THIELER, E. R.; HAMMER-KLOSE, E. S. **National assessment of coastal vulnerability to sea level rise, U.S. Atlantic coast**. U.S. geological survey open-file report, p. 99- 593, 1999.

TOL, R. S. J.; KLEIN, R. J. T.; NICHOLLS, R. J.. **Towards successful adaptation to sea- level rise along Europe's coast** . Journal of Coastal Research, Flórida, v. 24, n. 2, p.432- 442, 2008.

ZEE, D. M. W.. **Elevação do nível do mar e adaptação em grandes cidades costeiras do Brasil**. 2009. Disponível em:<[www.fbds.org.br/cop15/FBDS_Mudancas Climaticas. pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)> Acesso em: 8 jan. 2010.