



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**JÔZE OLIVEIRA NALI**

**ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES:  
VULNERABILIDADES, IMPACTOS E POSSÍVEIS AÇÕES DE RESPOSTA**

**VITÓRIA**  
**2011**

JÔZE OLIVEIRA NALI

**ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES:  
VULNERABILIDADES, IMPACTOS E POSSÍVEIS AÇÕES DE RESPOSTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Gestão de Águas Interiores e Costeiras.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rigo.

VITÓRIA  
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

N171e Nali, Jôze Oliveira, 1984-  
Elevação do nível do mar no município de Vitória-ES :  
vulnerabilidades, impactos e possíveis ações de resposta / Jôze  
Oliveira Nali. – 2011.  
144 f. : il.

Orientador: Daniel Rigo.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Oceano. 2. Nível do mar - Vitória (ES). 2. Inundações. 3.  
Mudanças climáticas. I. Rigo, Daniel. II. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---

JÔZE OLIVEIRA NALI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Gestão de Águas Interiores e Costeiras.

Aprovada em 25 de agosto de 2011.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Daniel Rigo**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. José Antônio Tosta Reis**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Examinador Interno**

---

**Prof. Dr. Claudio Freitas Neves**  
**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
**Examinador externo**

*Aos meus pais, Helenaide e José Carlos, pelo amor incondicional.*

*Ao meu marido, Rennier, pelo amor e companheirismo.*

*Aos meus irmãos, Bruno e Loren, pela força e amizade.*

*Ao meu afilhado, Davi, por me proporcionar momentos tão felizes!*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e por permitir a realização de mais um sonho.

A PMV e CESAN pela disponibilização dados utilizados na pesquisa. E aos funcionários que tanto me ajudaram.

Ao Dr. Daniel Rigo, professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, por sua orientação nesta pesquisa, pela oportunidade, confiança e inestimável amizade.

Ao Professor Dr. José Antônio Tosta dos Reis cujo brilhantismo e camaradagem incentivaram meu ingresso no presente programa de pós-graduação. E pela honra de poder participar novamente da minha vida acadêmica, ao aceitar o convite de ser meu examinador interno.

Ao Professor Dr. Cláudio Neves por aceitar de tão boa vontade o convite para compor a banca examinadora do meu trabalho.

Aos meus colegas de trabalho da SEMMAM, em especial aos meus amigos Alan, Amaral, Marco Antônio, Bebel e Renilton pela ajuda e compreensão. Estarei sempre em QAP para qualquer QTC!!! 88 para vocês...

A todos os amigos que fiz durante esses dois anos: Christian, Pedro, Lorenza, Priscila, Lorena, Renata...Em especial as amigas: Andréia, Brunella e Amanda.

Aos meus velhos amigos por compartilhar comigo minhas angustias e alegrias, em especial ao Renato e a Michelli.

Ao Pelluzi e a Cris, pela camaradagem e amizade...

A toda a minha família, em especial aos meus avós, aos meus tios Marcos, Robson, Flávio e Helder, as minhas tias Tânia, Helenice, Délia, Heloisa, Marinete, Nelinha, Héliida e a todos os meus tios, tias, primos, primas e agregados que acompanharam e que contribuíram de alguma forma.

Ao corpo docente e aos profissionais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, em especial para Rose e para os professores Júlio Chacaltana, Antonio Sérgio e Edmilson pelos valiosos ensinamentos.

*“O mar não é um obstáculo, é um caminho.”*

*Amyr Klink*

## RESUMO

Há fortes evidências de que o nível médio do mar (NMM) elevou-se gradualmente no século XX e que irá elevar-se num ritmo ainda maior no século XXI. Essa sobrelevação terá forte impacto sobre as zonas costeiras, fato que exigirá enorme necessidade de adaptação e reorganização desses espaços urbanos. A fim de discutir os impactos potenciais que as inundações provocadas por essa sobrelevação irão ocasionar sobre a população e sobre cinco elementos que compõe a infraestrutura urbana da cidade de Vitória-ES (sistema de drenagem, sistema de esgoto, sistema viário, obras de proteção costeira e edificações de utilidade pública) foi feito um diagnóstico das áreas da cidade que atualmente são inundadas pelo nível do mar, e um prognóstico baseado em cenários de elevação do NMM de 0,40m, 0,60m e 1,50m, tendo como base a preamar média. Para cada impacto analisado foram propostas ações de resposta que foram agrupadas em três categorias: adaptação, proteção e recuo. A metodologia proposta permitiu determinar as áreas suscetíveis às inundações causadas pela ação atual e futura do mar e poderá ser aplicada em outras regiões costeiras com característica semelhante às de Vitória, desde que, tenham dados altimétricos em escala adequada e que as informações a serem avaliadas estejam mapeadas. Os resultados obtidos demonstram que a maré incidente na região já é capaz de inundar algumas áreas da cidade situadas, principalmente, na porção noroeste e sudoeste. Em todos os cenários simulados as áreas mais vulneráveis coincidem com as regiões ocupadas pelo sistema manguezal e com as áreas que foram aterradas no passado. Essas inundações serão agravadas à medida que o NMM aumentar. Neste contexto, o papel dos atores públicos é central, sendo fundamental a inserção das questões relacionadas à sobrelevação do NMM nos instrumentos de gestão do Município.

Palavras- Chaves: nível médio do mar, cenários, impactos, inundações, vulnerabilidade e ações de resposta.

## **ABSTRACT**

One of the most important consequences of climate change, especially for coastal cities, is the elevation of sea-level rise (SLR) which will cause enormous need for adaptation and reorganization of urban space. In order to discuss the potential impacts of floods will cause the elevation on the population and on five elements that make up the urban infrastructure of Vitória-ES (drainage system, sewer system, road system, coastal protection works and buildings utilities) a diagnosis of areas of the city are flooded by the current sea level, and predictions based on scenarios of rising SLR 0,40m, 0,60m and 1,50m, based on the average high tide. For each impact analysis have been proposed response actions have been grouped into three categories: adaptation, protection and retreat. The results showed that most of the population and the five elements of urban infrastructure are located in areas considered at risk, and the most vulnerable areas coincide with the regions occupied by the system and mangrove areas that were grounded in the past. Because the specifics of each site was not possible to define a unique solution, therefore, the proposed actions should be carefully studied and planned. The proposed methodology allowed us to determine areas susceptible to flooding caused by the action of the sea current and future and can be applied in other coastal regions with characteristics similar to Vitória, since, have altimetric data in appropriate scale and that the information is to be evaluated mapped.

**Key Words:** response actions, scenarios, impacts, infrastructure, urban flooding, sea-level rise, population and vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série de 30 dias de observações horárias da estação maregráfica de Macaé.....	23
Figura 2 - Triângulo de Risco.....	28
Figura 3 - Fluxograma simplificado das etapas seguidas para a elaboração do trabalho.....	41
Figura 4 - Localização de Vitória-ES, Brasil.....	42
Figura 5 - Localização e classificação das áreas de marinha acrescidas no município de Vitória.....	45
Figura 6 - Regionais Administrativas e áreas verdes de Vitória.....	47
Figura 7 - Dados da estação maregráfica Porto de Vitória-ES e descrição das constantes harmônicas.....	50
Figura 8 - Correlação de Níveis DHN e IBGE.....	51
Figura 9 - Gráfico ilustrativo da permanência dos níveis de maré no tempo.....	56
Figura 10 - Cenário Atual: curva de permanência de maré.....	65
Figura 11 - Cenário Otimista: curva de permanência de maré.....	67
Figura 12 - Cenário Intermediário: curva de permanência de maré.....	69
Figura 13 - Cenário Pessimista: curva de permanência de maré.....	72
Figura 14 - Áreas vulneráveis as inundações decorrentes do nível do mar atual e futuro....	74
Figura 15 - Inundação de Nova Palestina pela preamar média nos quatro cenários simulados. A imagem (a) mostra a topografia do bairro enquanto a imagem (b) mostra uma foto de satélite do local.....	80
Figura 16 - Comparação entre as áreas aterradas e as áreas inundadas pela preamar média considerando o nível atual e futuro do mar.....	81
Figura 17 - Rendimento em salário mínimo (SM) por regional administrativa.....	86
Figura 18 - Ocupação irregular dos mangues da região noroeste da Ilha de Vitória na década de 1980, região que ficou conhecida como a "Grande São Pedro".....	87
Figura 19 - Sistema viário de Vitória.....	89
Figura 20 - Sistema viário de Vitória vulnerável às inundações provocadas pela sobrelevação do mar, tendo como base a preamar média. A linha em azul indica as principais vias d cidade.....	90
Figura 21 - Formação de "ilhas" no bairro Resistência no Cenário Pessimista (área em vermelho). A imagem (a) mostra a topografia do bairro enquanto a imagem (b) mostra uma foto de satélite do local.....	93

Figura 22 - Formação de “ilhas” em diferentes bairros da cidade. As áreas em vermelho indicam as áreas que seriam inundadas pela preamar média no Cenário Pessimista .....	94
Figura 23 - Bacias de drenagem de Vitória .....	95
Figura 24 - Inundação observada às 16h05min na área próxima ao ponto de descarga da galeria situada na Rua da Galeria (ponto de descarga da galeria está indicado pela seta laranja) pertencente à Bacia 55. Essa inundação se deu em 19/03/2011 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,80m às 15h02min local, a área circulada em vermelho indica o local onde a fotografia foi tirada .....	97
Figura 25 - Comportas para retenção do fluxo da maré (em situação fechada), localizada na galeria do Bairro Bento Ferreira, à Rua Jair Etiene Dessaune. Registro fotográfico obtido às 16h00min do dia 02/03/2010, 11 minutos após a preamar.....	98
Figura 26 - Inundação no bairro Estrelinha verificada no dia 02/03/2010 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,70m às 15h49min local (a) e no dia 19/03/2011 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,80m às 15h02min local (b). A foto (a) foi tirada às 16h33min e a foto (b) foi tirada às 15h14min .....	99
Figura 27 - (a) Localização, (b) vista <i>in situ</i> do ponto de descarga, no Canal Principal da Baía de Vitória (junto à Ilha da Fumaça), da galeria de drenagem do Bairro Bento Ferreira, zona Sul da Ilha de Vitória 30 minutos após a baixa-mar prevista para o dia 19/03/2011 e (c) imagem da mesma galeria completamente inundada 10 minutos após a preamar prevista para dia 19/03/2011 .....	100
Figura 28 - Vulnerabilidade do sistema de drenagem de Vitória frente às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados .....	101
Figura 29 - Inundação provocada pela preamar média no sistema de esgoto de Vitória instalado no bairro Maria Ortiz (bacia B9) nos quatro cenários simulados .....	106
Figura 30 - Inundação provocada pela preamar média no sistema de esgoto de Vitória (Bacia B7) instalado no bairro Nova Palestina nos quatro cenários simulados .....	107
Figura 31 - Obras longitudinais aderentes existentes em Vitória: (a) calçadão na orla da Praia de Camburi e (b) paredão na orla da Av. Beira Mar.....	109
Figura 32 - Localização dos espigões e guia - corrente instalados na Praia de Camburi ...	109
Figura 33 - Inundação provocadas pela preamar média na orla dos bairros: (a) Santo Antônio e (b) Maria Ortiz nos quatro cenários simulados .....	112
Figura 34 - Inundações provocadas pelo nível do mar atual e futuro da faixa de areia e das obras de proteção costeira das praias de Camburi (elipse azul) e da Curva da Jurema (elipse amarela) e inundação da orla dos bairros que margeiam o canal da passagem (elipse verde) .....	113
Figura 35 - Localização das edificações de utilidade pública de educação, saúde, segurança, transporte e unidades administrativas da cidade de Vitória.....	114
Figura 36 - Áreas da UFES (área destacada em branco) passíveis de serem inundadas pela preamar média nos quatro cenários simulados.....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correlação entre os níveis de maré atingidos nas preamares e as cotas altimétricas inundadas .....	62
Tabela 2 - Cenário Atual: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e suas respectivas freqüências .....	64
Tabela 3 - Cenário Atual: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanencia e o risco de inundação de cada .....	64
Tabela 4 - Cenário Otimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas freqüências.....	66
Tabela 5 - Cenário Otimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanencia e o risco de inundação de cada .....	66
Tabela 6 - Cenário Intermediário: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas freqüências .....	68
Tabela 7 - Cenário Intermediário: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanencia e o risco de inundação de cada.....	68
Tabela 8 - Cenário Pessimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas freqüências .....	70
Tabela 9 - Cenário Pessimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanencia e o risco de inundação de cada.....	71
Tabela 10 - Cotas (referência IBGE) inundadas pela preamar média e suas respectivas áreas .....	75
Tabela 11 - Áreas da cidade inundadas pela preamar media nos quatro cenários simulados .....	79
Tabela 12 - População vulnerável às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados .....	83
Tabela 13 - População vulnerável às inundações provocadas pela preamar média por regional administrativa, considerando o nível atual e futuro do mar.....	85
Tabela 14 - Estruturas viárias vulneráveis à sobrelevação do NMM .....	91
Tabela 15 - Componentes do sistema de drenagem vulneráveis às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados .....	102
Tabela 16 - Componentes do sistema de esgoto de Vitória vulneráveis à sobrelevação do mar, considerando a preamar média .....	105
Tabela 17 - Obras de proteção costeiras vulneráveis à sobrelevação do mar em cada um dos cenários simulados .....	111
Tabela 18 - Edificações de utilidade pública que teriam sua estrutura física inundada e/ou vias de acesso comprometidas pelas inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados .....	115

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Estudos sobre projeções do nível do mar até o final do século XXI .....	21
Quadro 2 - Processos de natureza dinâmica responsáveis pela oscilação do NMM em diferentes escalas de tempo .....	25
Quadro 3 - Principais processos de natureza estática responsáveis pela oscilação do NMM .....	25
Quadro 4 - Classificação das obras de proteção costeira .....	30
Quadro 5 - Tipos de falhas que ocorrem no sistema de drenagem.....	32
Quadro 6 - Informações geográficas de Vitória .....	43
Quadro 7 - Aterros realizados em Vitória .....	44
Quadro 8 - Dados sobre as Vistorias .....	59
Quadro 9 - Edificações de pública consideradas .....	61
Quadro 10 - Bacias de drenagem que apresentam problemas .....	96
Quadro 11 - Cenário Atual: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória .....	103
Quadro 12 - Descrição das ETE em operação.....	104
Quadro 13 - Cenário Otimista: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória .....	142
Quadro 14 - Cenário Intermediário: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória .....	142
Quadro 15 - Cenário Pessimista: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória .....	143

## LISTA DE SIGLAS

CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CIRM	Comissão Interministerial para Recursos do Mar
CMEI	Centro Municipal de Educação Infantil
DNH	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
EEEB	Estações Elevatória de Esgoto Bruto
EMEF	Escola Municipal de Ensino Fundamental
ES	Espírito Santo
ETE	Estação de Tratamento de esgoto
FEMAR	Fundação de Estudos do Mar
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MDT	Modelo Digital do Terreno
MNT	Modelo Numérico de Terreno
NMM	Nível Médio do Mar
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDU	Plano de Diretor Urbano
PMV	Prefeitura Municipal de Vitória
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PV	Poço de visita
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TIN	Triangular Irregular Network
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

## LISTA DE ABREVIATURAS

Av.	Avenida
B.	Beco
Dep.	Deputado
Des.	Desembargador
Dr.	Doutor
Eng.	Engenheiro
Esc.	Escadaria
Gov.	Governador
Pç.	Praça
Pref.	Prefeito
Prof.	Professor
Prof. <sup>a</sup>	Professora
Pte.	Ponte
R.	Rua
Rod.	Rodovia
Ser.	Servidão
Sra.	Senhora
Tv.	Travessa

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1. <i>Geral</i> .....	19
2.2. <i>Específicos</i> .....	19
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
3.1. <i>Mudanças climáticas e a elevação do nível do mar</i> .....	20
3.2. <i>Nível Médio do Mar</i> .....	22
3.3. <i>Causas da variação do NMM</i> .....	24
3.4. <i>Efeitos da elevação do NMM sobre regiões costeiras</i> .....	26
3.4.1. <i>Inundação de planícies costeiras</i> .....	27
3.4.2. <i>Impactos decorrentes das inundações provocadas pela sobrelevação do NMM no município de Vitória-ES</i> .....	29
3.5. <i>Estudos sobre os efeitos da elevação do NMM em cidades costeiras</i> .....	35
3.5.1. <i>Estudos internacionais</i> .....	35
3.5.2. <i>Estudos nacionais</i> .....	38
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
4.1. <i>Área de estudo</i> .....	41
4.1.1. <i>Definição da área de estudo</i> .....	41
4.1.2. <i>Descrição da área de estudo</i> .....	42
4.2. <i>Base de dados</i> .....	48
4.2.1. <i>Base cartográfica</i> .....	48
4.2.2. <i>Níveis de maré</i> .....	48
4.2.3. <i>Transformação das cotas da DHN para IBGE</i> .....	50
4.3. <i>Cenários de inundação</i> .....	52
4.3.1. <i>Construção dos cenários</i> .....	52
4.3.2. <i>Simulação dos cenários</i> .....	52
4.4. <i>Análise dos cenários</i> .....	54

4.4.1. Análise de risco de inundação.....	54
4.4.2. Identificação e análise dos impactos .....	57
4.5. Ações de respostas.....	61
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
5.1. Análise do risco de inundação .....	62
5.1.1. Determinação do risco de inundação .....	62
5.2. Impactos potenciais da sobrelevação do NMM no município de Vitória .....	73
5.2.1. Áreas vulneráveis .....	73
5.2.2. População em risco .....	82
5.2.3. Vulnerabilidade do sistema viário .....	88
5.2.4. Vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana .....	94
5.2.5. Vulnerabilidade do sistema de esgoto .....	104
5.2.6. Vulnerabilidade das obras de proteção costeira.....	108
5.2.7. Vulnerabilidade das edificações de utilidade pública.....	114
5.3. Possíveis ações de resposta .....	118
5.3.1. Adaptação .....	118
5.3.2. Proteção .....	125
5.3.3. Recuo .....	127
5.3.4. Considerações finais .....	129
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>130</b>
6.1. Conclusões .....	130
6.2. Recomendações .....	132
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>142</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Há fortes evidências de que o nível do mar elevou-se gradualmente no século XX e que irá elevar-se num ritmo ainda maior no século XXI. Reflexo do aumento do volume de água nos oceanos, a sobrelevação do Nível Médio do Mar (NMM) é resultado principalmente da expansão térmica da água do mar e do derretimento das geleiras continentais, constituindo já uma resposta ao aquecimento global da atmosfera terrestre (HANSEN et al., 2005; NICHOLLS; TOL, 2006).

Em termos globais, as estimativas feitas pelo Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC) indicam que já houve um aumento entre 10 e 20 cm do nível dos oceanos durante o século XX. Em seu relatório mais recente, publicado em 2007, o IPCC prevê, em seus vários cenários de emissões, que até o final do século XXI a temperatura mundial deva subir entre 1,1°C e 6,4°C, que poderia resultar numa elevação do nível do mar entre 18 e 59 cm (IPCC, 2007).

No entanto, o aumento do NMM previsto pelo IPCC tem sido criticado por muitos especialistas por ser demasiadamente conservador e por não refletir adequadamente a incerteza em relação ao derretimento dos mantos de gelo da Groelândia e da Antártida (KRABILL et al., 2004; RAHMSTORF, 2007).

Apesar as divergências, uma elevação relativamente pequena do nível dos oceanos pode provocar a salinização de aquíferos, inundar planícies costeiras, aumentar os níveis dos lençóis freáticos, destruir construções e deixar milhões de pessoas desabrigadas (BARTH; TITUS, 1984).

Em diferentes regiões do planeta, algumas ilhas e cidades costeiras já estão sofrendo com os impactos advindos dessa sobrelevação. No Brasil, a sobrelevação do NMM poderá ocasionar inúmeras consequências em grande parte da sua zona costeira, áreas com alta densidade populacional (44 milhões de habitantes em 388.000 km<sup>2</sup>) e de grande importância econômica para o país (ARASAKI et al., 2008).

Toda essa problemática exercerá forte pressão sobre a base urbana existente, requerendo de todas as esferas de poder (Federal, Estadual e Municipal) alternativas eficazes para fazer frente a uma nova e urgente reorganização do espaço territorial, acompanhada da implantação de equipamentos e redes de infraestrutura compatíveis com a nova realidade a ser vivenciada, principalmente no que tange aos impactos decorrentes das inundações ocasionadas pela sobrelevação do NMM nas cidades costeiras.

Neste contexto, o presente estudo analisou como as inundações ocasionadas por um possível aumento do NMM iriam afetar o município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, a fim de discutir os impactos potenciais que essa sobrelevação causaria sobre a população e sobre cinco elementos que compõe a infraestrutura urbana da cidade. Neste sentido, foi feito um diagnóstico das áreas da cidade vulneráveis às inundações provocadas pelo atual nível do mar e um prognóstico das possíveis áreas que seriam inundadas pela sobrelevação do nível do mar em Vitória, considerando três cenários hipotéticos. Por fim, foi feita uma discussão sobre possíveis ações de resposta que foram agrupadas em três categorias (adaptação, proteção e recuo) de acordo com a nomenclatura proposta pelo IPCC.

**2. OBJETIVOS****2.1. Geral**

Analisar impactos e vulnerabilidades decorrentes das inundações provocadas pela sobrelevação do nível médio do mar no município de Vitória e discutir possíveis ações de resposta.

**2.2. Específicos**

- ✓ Apresentar um diagnóstico das áreas da cidade vulneráveis às inundações provocadas pelo atual nível do mar, e um prognóstico das possíveis áreas da cidade que seriam inundadas pela sobrelevação do nível do mar;
- ✓ Identificar e avaliar, em cada cenário simulado, os impactos das inundações ocasionadas pela sobrelevação do NMM sobre a população e sobre cinco elementos de infraestrutura urbana: sistema viário, sistema de drenagem, sistema de esgoto, obras de proteção costeira e principais edificações de utilidade pública; e
- ✓ Discutir possíveis ações de resposta.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Mudanças climáticas e a elevação do nível do mar

As mudanças climáticas globais podem ser entendidas como qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devido à variabilidade natural ou decorrente da atividade humana. Essas variações dizem respeito a alterações na temperatura, no regime dos ventos, na precipitação e em outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas (IPCC, 2007).

A ocorrência do processo de mudanças climáticas, principalmente aquelas devidas ao aquecimento global induzido pela ação humana, foi pela primeira vez alertada na década de 1950. Já no final do Século XIX, o pesquisador sueco Svante Arrhenius havia levantado a possibilidade de aumento de temperatura devido a emissões de dióxido de carbono (BRASIL, 2008).

Na década de 1980, as evidências científicas relacionando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) causadas por atividades antrópicas passaram a ser apontadas como a causa mais provável da elevação da temperatura e de outras mudanças climáticas observadas no século XX. Essas mudanças têm se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global que vem causando o aumento das temperaturas do ar e dos oceanos, a elevação do NMM e a retração das geleiras continentais, além do aumento da ocorrência de fenômenos meteorológicos extremos. Tal aquecimento é o resultado da amplificação de uma característica natural da atmosfera terrestre, o efeito estufa (NOBRE et al., 2008).

Na década de 1990, houve uma intensificação de estudos e debates sobre as origens e os efeitos das mudanças climáticas em escala global que resultaram no desenvolvimento de modelos que permitiram, de um lado, explicar a variabilidade de clima ocorrida ao longo do século, e, de outro lado, avaliar a contribuição de componentes naturais (como vulcanismo, alterações da órbita da Terra e explosões solares) e antropogênicos (como a emissão de GEE, desmatamento e queimadas) sobre essas variações (BRASIL, 2008).

Neste contexto, foi criado em 1988, por uma iniciativa da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o IPCC que além de contribuir para a evolução técnica e científica das questões relacionadas às alterações climáticas, identificou a dimensão dos impactos prováveis sobre o planeta por meio de cenários projetados para um futuro próximo (IPCC, 2007). Desde a sua criação já foram publicados quatro relatórios, sendo o último publicado em 2007.

Apoiado nas mais recentes pesquisas, o quarto relatório de avaliação publicado pelo IPCC, além de confirmar as tendências e incorporar novos conhecimentos aos relatórios anteriores, apresenta como característica especial a ampliação do nível de certeza referente às previsões de impactos de 60% para 90%. Neste relatório o IPCC prevê que a temperatura mundial tende a aumentar entre 1,1<sup>o</sup> C e 6,4<sup>o</sup> C, que poderá resultar em um aumento do nível do mar entre 18 e 59 cm até o final século XXI (IPCC, 2007).

No entanto, cientistas como Hansen et al. (2005), Rahmstorf (2007), Hansen (2007) e Stroeve et al. (2007) consideram as previsões feitas pelo IPCC demasiadamente conservadoras, por não considerar adequadamente as incertezas referentes ao degelo da Groenlândia e da Antártida. Esses cientistas acreditam que uma pequena variação nas taxas de degelo na Groenlândia e na Antártida poderia ter um efeito bastante significativo na elevação do NMM.

Estudos publicados entre 2001 e 2009 indicam que, até o final do século XXI, o aumento global do NMM pode atingir até 2m. Alguns desses estudos foram reunidos no Quadro 1.

**Quadro 1 - Estudos sobre projeções do nível do mar até o final do século XXI**

<b>Autor (ano da publicação)</b>	<b>Projeção da elevação do nível (m)</b>
IPCC (2001)	0,09 – 0,88
Church e White (2006)	0,28 – 0,34
IPCC (2007)	0,18 – 0,59
Rahmstorf (2007)	0,50 – 1,40
Pfeffer et al. (2008)	0,80 – 2,00
Miami-Dade CCATF Science/ Technical Committee (2008)	0,90 – 1,50
Jevrejeva al.(2008)	0,34
Yin et al. (2009)	0,52
Grinsted et al.(2009)	0,90 – 1,30

No Brasil, devido à falta de dados maregráficos confiáveis de longa duração, não há consenso sobre a ocorrência ou não da elevação do NMM mar no litoral

do país e sobre a taxa com que essas variações estão ocorrendo (NEVES; MUEHE, 2008).

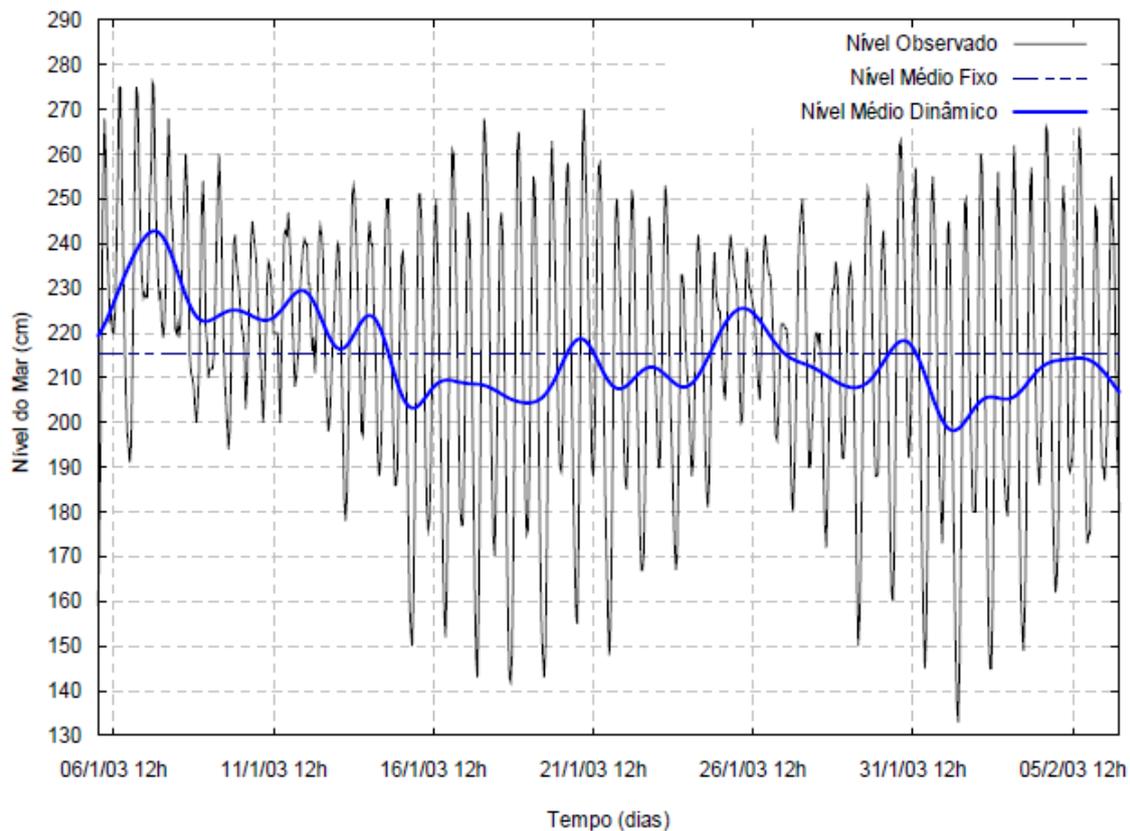
No entanto é crescente um número de pesquisadores, como Silva (1992), Silva e Neves (1993), Paiva (1993), Castro e Lee (1995), Harari e Camargo (1993), Mesquita et al (1995), Mesquita (1997) e Kalil (1999), que ao analisar registros maregráficos das décadas de 1960 a 1980 verificaram, em algumas estações maregráficas do país, uma elevação do nível relativo do mar.

Num estudo mais recente realizado por Franco et al. (2001), os autores relatam que nos últimos 50 anos foi observada uma tendência de aumento do nível relativo do mar na ordem de 40 cm/século ( ou 4mm/ano), em alguns locais da costa brasileira.

### 3.2. Nível Médio do Mar

Quando se faz referência ao NMM raramente se questiona o sentido da palavra “médio”. Inicialmente, acreditava-se que os oceanos oscilavam em torno de um valor médio estacionário, mas atualmente já está bem estabelecido o fato de que o NMM apresenta flutuações em várias escalas de tempo (FRANCO et al., 2007).

Desta forma, o NMM (Figura 1) pode ser analisado como um nível médio estático (o nível em torno do qual a maré oscila) ou como um nível médio dinâmico que é igual ao nível do mar observado, filtradas as perturbações astronômicas, inerciais, de gravidade e meteorológicas de alta frequência (frequências inferiores a três dias). O resíduo após a filtragem é denominado de NMM (REIS, 2004; NEVES, 2005).



**Figura 1 - Série de 30 dias de observações horárias da estação maregráfica de Macaé**  
Fonte: Menezes (2007).

Em outras palavras, o NMM corresponde à posição que a superfície livre do mar teria na ausência da maré astronômica e dos efeitos meteorológicos em relação a um nível de referência fixo, resultante de uma série de observações maregráficas de duração variável, de preferência iguais ou superiores a 19 anos (KRAUS; ROSATI, 1997).

A maré astronômica corresponde à variação periódica do nível do mar devido à influência da ação combinada dos movimentos de rotação e atração gravitacional que a Lua e o Sol exercem continuamente sobre o globo terrestre. As máximas variações ocorrem nas marés de sizígia (Lua Nova e Lua Cheia), quando a Terra se encontra alinhada na mesma direção com o Sol e com a Lua, enquanto que as mínimas variações (mares de quadratura) ocorrem quando estes três astros fazem um ângulo de  $90^\circ$  entre si, posições que se denominam de Quarto Minguante e Quarto Crescente (UAISSONE, 2004).

A maré meteorológica, por sua vez, pode ser definida como a diferença entre a maré observada e a maré astronômica (aquela prevista pela Tábua de Marés), de acordo com a equação (1):

$$S(t) = [X(t) - Z_0(t)] - T(t) \quad (1)$$

Onde a maré meteorológica  $S(t)$  é determinada através da diferença entre a variação do nível do mar  $[X(t) - Z_0(t)]$  e a componente astronômica da maré  $T(t)$ , ou maré prevista. Tal definição seria adequada à maioria dos propósitos, requerendo apenas um termo adicional para os casos em que a interação entre a maré astronômica e a maré meteorológica fosse importante (PUGH, 2004).

De uma forma geral, a ocorrência das marés meteorológicas deve-se, principalmente, à influência da pressão atmosférica e ao efeito da tensão do vento sobre a superfície do mar. Em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são inferiores a 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do oceano. Esses efeitos podem provocar um aumento ou uma diminuição do nível do mar em relação às marés astronômicas observadas num dado local (CAMARGO et al., 2000).

No entanto, a forte influência que os fatores meteorológicos exercem sobre a variação do nível do mar é, na maioria das vezes, desconsiderada nos modelos numéricos de previsão da maré, os quais levam em conta, sobretudo, os aspectos astronômicos resultantes em cada região geográfica (OLIVEIRA, 2004).

Por isso, devido ao impacto que os efeitos meteorológicos têm sobre as oscilações do nível do mar, a maré astronômica prevista, normalmente, difere dos registros de maré observados num mesmo local (UAISSONE, 2007).

### 3.3. Causas da variação do NMM

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).

Numa escala global, o NMM depende basicamente de três fatores: (1) da batimetria; (2) do volume total de água existente nas bacias oceânicas; e (3) da temperatura da água em diferentes profundidades. Qualquer variação desses fatores ocasiona uma variação correspondente no NMM. Essas variações são lentas à escala humana, sendo por isso denominada de variações seculares, objeto deste estudo (HANSEN et al. 2005; DASGUPTA et al., 2009).

A oscilação do NMM deve-se, portanto, a fenômenos de natureza dinâmica (Quadro 2) e a fenômenos de natureza estática (Quadro 3).

**Quadro 2 - Processos de natureza dinâmica responsáveis pela oscilação do NMM em diferentes escalas de tempo**

Escala de tempo	Fenômeno associados
$10^1$ a $10^2$ minutos	Oscilações mais curtas, associadas a fenômenos meteorológicos ou ação de ondas em eventos de ressaca.
$10^2$ a $10^3$ minutos	As oscilações de nível do mar associadas à maré astronômica que, no Brasil, possui características semidiurnas (dois ciclos por dia e seus harmônicos). Acredita-se que este fenômeno não seja influenciado por variações climáticas, a menos que ocorresse uma elevação ou rebaixamento do nível médio do mar de tamanha magnitude que viesse a afetar a propagação da onda de maré nas bacias oceânicas e plataforma continental.
$10^4$ minutos	Começam a ocorrer fenômenos que são diretamente vinculados a efeitos meteorológicos (maré meteorológica).
$\geq 10^6$ minutos	Correspondem à variação de longo prazo.

Fonte: adaptado de Neves e Muehe (2008).

**Quadro 3 - Principais processos de natureza estática responsáveis pela oscilação do NMM**

Processo	Descrição
Glácio – estáticos	As variações do volume das águas oceânicas devido à fusão ou crescimento das calotas glaciais e dos glaciares de montanha.
Glácio – isostáticos	Ajustamentos litosféricos causados por variações das massas glaciárias ou devidos a variações da espessura da coluna de água.
Hidro – isostáticos	Ajustamentos litosféricos causados por variações da espessura da coluna de água e por sua força exercida no fundo do mar.
Tectono – eustáticos	Variações do nível das águas causadas por modificações da capacidade das bacias oceânicas devido a deformações tectônicas ou à acumulação de sedimentos.
Geóido – eustáticos	Variações do nível das águas devido a deformações no relevo do geóide.

Fonte: adaptado de Dias e Taborda (1998).

A sobrelevação do nível do mar de natureza dinâmica se deve basicamente à ação do vento, pressão atmosférica, ressacas e correntes costeiras. Enquanto que a sobrelevação do nível do mar de natureza estática se deve essencialmente à expansão térmica da água do mar e à contribuição

decorrente do acréscimo do volume d'água dos oceanos devido ao derretimento das geleiras continentais (NEVES; MUEHE, 2008; TESSLER; GOYA, 2005).

Nesse sentido, o NMM é um parâmetro fundamental para o estudo das alterações climáticas, uma vez que as alterações no NMM observado ocorrem num largo espectro temporal: desde segundos a minutos (ondas geradas pelo vento, tremores de terra, tsunamis), desde algumas horas a dias (marés, tempestade), a nível de anos (ciclos sazonais, *El Niño*), até a alterações de longo período devido a mudanças climáticas e a movimentos verticais da Terra (WOODWORTH; AARUP, 2003 apud REIS, 2004).

A variação do NMM, portanto, tem grande importância para as populações costeiras, além de ser essencial para projetos de engenharia de estruturas costeiras e de engenharia hidráulica, os quais são elaborados com o objetivo de serem eficazes ao longo de várias décadas. É ainda fundamental para a compreensão dos processos costeiros, tais como a sedimentação e a erosão, que poderão trazer custos elevados para as populações ribeirinhas (REIS, 2004).

Se forem acrescidos os efeitos das marés meteorológicas e o efeito de galgamento das ondas mais fortes devido à maior interação de energia entre a atmosfera e os oceanos decorrente do efeito estufa, percebe-se que a sobrelevação do NMM pode atingir regiões continentais que antes eram inimagináveis (ZEE, 2009).

#### **3.4. Efeitos da elevação do NMM sobre regiões costeiras**

Existem várias definições de zona costeira, algumas baseadas nas características físicas, enquanto outras incluem aspectos demográficos, de funcionalidade ecológica e considerações geográficas.

Neste estudo foi adotada a definição proposta pela Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM) que define a zona costeira como sendo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais sendo constituída por uma faixa marítima, com 12 milhas náuticas de largura (mar territorial), e por uma faixa terrestre com 50 km de largura.

Apesar de a zona costeira abranger apenas cerca de 8% da extensão dos oceanos, é sobre ela que se concentram 80% da pesca do mundo (IUCN-UNEPWWF, 1991). Além disso, é nessa área que vive e trabalha a maioria da população mundial (POLETTE, 1997).

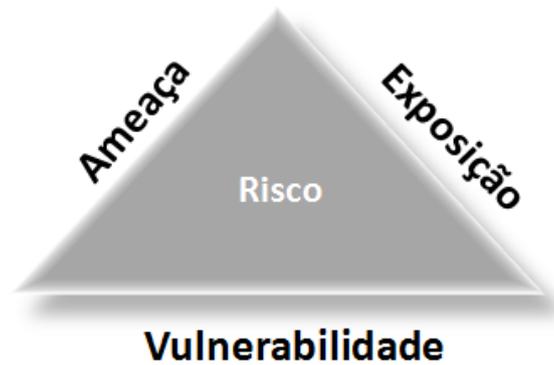
Como a zona costeira é a interface entre o continente, a atmosfera e o oceano, torna-se particularmente vulnerável a mudanças nestes três grandes sistemas. Por isso, muitos estudos como os relatórios publicados pelo IPCC ressaltam que são esperados altos impactos para essas regiões, dos quais destacam-se : o incremento da erosão, inundações mais frequentes e mais catastróficas, destruição de estruturas costeiras, salinização de aquíferos, ampliação de intrusões salinas nos estuários e nos sistemas fluviais (BARTH; TITUS, 1984).

Além dos impactos mencionados, o aumento do NMM irá proporcionar a degradação ambiental do espaço costeiro, ocasionando danos à fauna e à flora existente nesses ambientes, perdas de áreas de turismo e de lazer, depreciação imobiliária e o aumento da sensação de insegurança. Tais fatores poderão resultar em perdas econômicas e na desvalorização desses espaços (ZEE, 2009).

#### 3.4.1. *Inundação de planícies costeiras*

Como mencionado na seção 3.4.1, o risco de inundação refere-se à porcentagem de tempo que uma determinada área da cidade é inundada por um nível de maré. Quanto maior for o risco de inundação, maior será a vulnerabilidade do elemento analisado.

O risco de inundação (Figura 2) de um determinado local está relacionado a três fatores: vulnerabilidade, exposição e ameaça. Os três elementos descritos variam em função da localização geográfica e do tempo (ROAF et al., 2009).



**Figura 2- Triângulo de Risco**

Fonte: adaptado de Roaf et al. (2009).

As bruscas alterações do cenário climato-oceanográfico decorrente das mudanças climáticas e o risco da elevação do NMM associado à ocorrência de marés meteorológicas e de precipitações mais intensas compõem a natureza da “ameaça” (Figura 2).

Já o fator “exposição” (Figura 2) está relacionado com a localização geográfica e com o nível de interação existente entre o continente e o oceano (ROAF et al., 2009; ZEE, 2009).

O último elemento que compõe a tríade é a vulnerabilidade. A vulnerabilidade está relacionada às características físicas do cenário costeiro, fatores como disponibilidade de sedimentos, declividade, batimetria, cobertura vegetal, relevo e nível de ocupação antrópica constituem elementos que caracterizam a maior ou menor vulnerabilidade de um determinado local (ZEE, 2009).

Nota-se assim, que se for possível reduzir ao máximo qualquer uma das três variáveis que compõem o triângulo de risco (Figura 2) o risco de um determinado local ser inundado devido à sobrelevação do NMM tende a diminuir.

Muitos gestores e técnicos, por desconhecimento do assunto, analisam o risco de inundação decorrente da sobrelevação do NMM do mesmo modo que analisam o risco de inundação decorrente das precipitações. É importante ter em mente que esses fenômenos, apesar de terem consequências semelhantes (inundação de uma área), têm causas distintas e, principalmente, possuem tempos de recorrência distintos.

Portanto, a compreensão do comportamento das marés e dos efeitos de uma possível elevação do NMM é de suma importância para gestão das cidades costeiras, visto que, com o aumento do nível do mar as inundações seriam mais frequentes, além de conferir novas áreas de risco onde antes não existia.

*3.4.2. Impactos decorrentes das inundações provocadas pela sobrelevação do NMM no município de Vitória-ES*

Dentre os impactos mencionados, o presente estudo irá analisar apenas os impactos decorrentes das inundações provocadas da sobrelevação do NMM.

Nesta seção foram discutidos de forma mais detalhada os principais impactos que a elevação do NMM irá ocasionar sobre os cinco elementos de infraestrutura considerados neste estudo:

- ✓ Obras de proteção costeira
- ✓ Sistema viário
- ✓ Sistema de drenagem
- ✓ Sistema de esgoto
- ✓ Edificações de utilidade pública; e

**- Obras de proteção costeira**

As obras de defesa costeira podem ser definidas como intervenções estruturais que têm a função defender os sistemas naturais (como zonas úmidas e praias) contra a erosão e proteger as obras civis (edifícios, infraestruturas e rodovias) contra possíveis inundações e alagamentos (ALFREDINI, 2005). Podem ser classificadas de três formas (Quadro 4): quanto à natureza; quanto à característica do transporte litorâneo das areias; e quanto à localização à linha de costa.

**Quadro 4 - Classificação das obras de proteção costeira**

Tipo	Descrição
Natureza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naturais (praias e dunas), que são as linhas de defesa por excelência, sendo que as obras de defesa serão tanto mais eficientes quanto mais proporcionarem essas condições.</li> <li>- Artificiais com as funções de: revestimento contra ação erosiva; sustentação e terraplenos; assoreamento por obras; e alimentação artificial de areia nas praias.</li> </ul>
Transporte litorâneo das areias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costas com transporte litorâneo de rumo dominante devem dispor tipicamente de obras de defesa normais à costa;</li> <li>- Costas com transporte litorâneo insignificante ou nulo devem dispor tipicamente de obras paralelas à costa.</li> </ul>
Localização com referência a linha de costa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espigões: estruturas construídas aproximadamente normais (transversais) à costa e usualmente a ela conectada.</li> <li>- Quebra-mares destacados (isolados): estruturas destacadas (não enraizadas) da costa e aproximadamente a ela paralelas (longitudinais).</li> <li>- Obras longitudinais aderentes: estruturas construídas na entrância e aproximadamente paralelas à costa são genericamente conhecidas como paredões; e os calçadões, comuns na orla de praias, como Copacabana e Camburi;</li> <li>- Alimentação artificial de areia de praias;</li> <li>- Outros, como as obras de fixação de dunas de areia, ou proteção de escarpas sujeitas a solapamento;</li> <li>- Conjugação das anteriores.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Alfredini (2005).

A vulnerabilidade dessas obras consiste na inundação e na ocorrência de ondas com alturas e períodos que excedam as condições de projeto, ou que, por falta de manutenção, venham a ser gradualmente fragilizadas, a ponto de serem danificadas por condições de mar mais desfavoráveis do que as estipuladas no projeto (NEVES; MUEHE, 2008).

### - Sistema viário

O sistema viário caracteriza-se por ser uma dinâmica contínua entre as vias e o cidadão, sendo essencial para o desenvolvimento urbano, permitindo o deslocamento das pessoas para a satisfação de suas necessidades e o funcionamento da cidade (MELO, 2004).

Nessa perspectiva o sistema viário das cidades costeiras é particularmente vulnerável às inundações decorrentes da sobrelevação do mar. Essa vulnerabilidade deve-se ao fato de que grande parte das vias está instalada em terrenos planos com baixas altitudes, e em áreas bem rentes ao mar.

Em determinados locais as vias estão tão próximas ao mar que uma pequena variação em seu nível poderia comprometer o sistema viário de forma

temporária, no período em que são registrados os maiores níveis de maré, ou de forma permanente caso a elevação do mar se confirme.

De acordo com Ribeiro (2008), a sobrelevação do NMM em cerca de 1 metro já seria suficiente para impedir a circulação de carros em grande parte das vias construídas em “aterros” da faixa de praia de algumas cidades brasileiras, como Vitória e Rio de Janeiro.

Para lidar com os efeitos da sobrelevação do NMM sobre o sistema viário das cidades litorâneas será preciso rever o plano de circulação de veículos e reformular o sistema viário nas áreas comprometidas.

#### **- Sistema de drenagem**

Os sistemas de drenagem das cidades costeiras são altamente vulneráveis às inundações decorrentes da sobrelevação do NMM, principalmente, nas áreas planas que apresentam baixas elevações.

Nesses locais, durante as preamares, poderá ocorrer uma diminuição da diferença de altitude entre a área a ser drenada e o local para onde a água irá fluir, deixando o sistema mais lento, sobretudo, nos locais em que a drenagem for feita por gravidade o escoamento se tornará mais lento, pois, quanto menor for essa diferença de altitude menor será a inclinação da carga hidráulica, (TITUS et al, 1987). Nesses locais, a drenagem feita por gravidade terá que ser substituída pela drenagem forçada.

Além de comprometer o funcionamento do sistema de drenagem, a sobrelevação do NMM deixará o sistema mais vulnerável à ocorrência de falhas estruturais, hidráulicas e ambientais (Quadro 5).

**Quadro 5 - Tipos de falhas que ocorrem no sistema de drenagem**

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
Falha estrutural	Está relacionada: com o processo construtivo; com a sobrecarga do sistema; com a deficiência de suporte de base; com o tempo de vida das estruturas hidráulicas e principalmente com a falta de manutenção das mesmas.
Falha hidráulica	Ocorre quando o escoamento conduzido pela galeria é diferente do qual foi dimensionado pelo projeto, comprometendo assim, o funcionamento normal das galerias para o qual foram dimensionadas. Na maioria das vezes, a ocorrência de falhas hidráulicas provoca à saturação das galerias ou até mesmo o afogamento do sistema, o que resulta no aumento da pressão interna. Na situação mais desfavorável, a galeria pode passar a trabalhar em situação de conduto forçado (seção plena) em vez de superfície livre.
Falha ambiental	Relacionada com a qualidade da água drenada, que pode ser comprometida pela presença de efluentes contaminados, como esgoto doméstico ou pela presença de resíduos sólidos.

Fonte: adaptado de Mascarenhas, Miguez e Campos (2001).

Neste contexto, a sobrelevação do NMM poderá interferir no perfil hidráulico do escoamento das galerias que fazem descarga no mar, além de dificultar a descarga das águas drenadas devido à saturação e/ou afogamento das galerias, o que poderia resultar num aumento da pressão interna em muitos pontos do sistema. A ocorrência, combinada ou não, desses fatores poderia comprometer seriamente o sistema de drenagem urbana das cidades costeiras.

Vale ressaltar que as estruturas hidráulicas que compõem o sistema de drenagem poderiam sofrer um desgaste maior, passando a ter uma vida útil bastante inferior à estipulada pelo projeto.

Outro problema que seria agravado com o aumento do NMM está relacionado à presença de lençol freático aflorante em áreas costeiras. Como, normalmente, os lençóis freáticos nessas regiões estão bem próximos à superfície do terreno, a sobrelevação do NMM poderia saturar rapidamente o solo e fazer com que o lençol aflorasse na superfície, provocando o surgimento de grandes áreas cobertas com água (áreas alagadas) ou com água a poucos centímetros de profundidade, o que dificultaria ainda mais a drenagem desses locais. O solo saturado, por sua vez, diminui a capacidade de infiltração da água fato que prejudicaria a drenagem natural, além de aumentar o escoamento superficial, comprometendo seriamente o sistema de drenagem.

Portanto, é imprescindível que os responsáveis pela construção e pela manutenção dos sistemas de drenagem de áreas costeiras tenham pleno conhecimento das características únicas das inundações que ocorrem nessas

regiões, particularmente os efeitos das marés, das baixas elevações topográficas e dos lençóis freáticos elevados (KUO, 1980 apud TITUS et al., 1987).

#### **- Sistema de esgoto**

Outra dificuldade a ser enfrentada pelas cidades costeiras será o destino do esgoto. Os cálculos de vazão desse efluente foram realizados para níveis do mar mais baixo que os projetados pelas mudanças climáticas (RIBEIRO, 2008).

De uma maneira geral, a água do mar pode entrar no sistema de esgoto através: (1) dos poços de visita (PV); (2) das Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) bruto ou tratado; (3) do ponto de descarga do efluente tratado; (4) da infiltração na tubulação; e (5) da inundação das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) (ROSENZWEIG et al., 2007).

A entrada de um grande volume de água do mar no sistema poderá fazer com que os critérios de operação hidráulico-sanitária de todos os seus elementos sejam violados, podendo ainda resultar no refluxo interno dos esgotos nas instalações domiciliares e no aumento da pressão interna em diferentes pontos da rede (ROSENZWEIG et al., 2007). Além de ampliar a ocorrência de falhas hidráulicas, estruturais e ambientais.

Além dos problemas mencionados, a entrada da água do mar no sistema pode provocar (VOLSCHAN Jr., 2008):

- ✓ Aumento da corrosão das peças e/ou estruturas que compõe o sistema;
- ✓ Sobrecarga nas bombas que integram o sistema de elevatórias, podendo ocasionar a sua quebra ou diminuir sua eficiência;
- ✓ Falhas ambientais - quando o sistema trabalha com sobrecarga é necessário retirar o excesso de efluente. Na maioria dos casos, esse excesso é lançado nas galerias de águas pluviais, que por sua vez, despejam o efluente bruto (sem tratamento) juntamente com a água drenada no corpo receptor, comprometendo a sua qualidade d'água. Caso a sobrelevação do mar se confirme esse problema seria mais recorrente.

- ✓ Comprometer o tratamento do efluente (esgoto), em função da entrada de água salgada no sistema.
- ✓ Comprometer fisicamente as ETE instaladas em áreas próximas ao mar e passíveis de inundação.

A sobrelevação do NMM também poderá ocasionar a elevação do lençol freático. Isso podia expor as tubulações e os equipamentos (como bombas e válvulas) à corrosão, especialmente onde o ferro fundido ou tubos de concreto ficarem expostos à água salgada (DEYLE et al., 2007).

Além disso, as redes de esgotos que foram originalmente instaladas abaixo do lençol freático podem experimentar aumentos de infiltração. A exposição prolongada à infiltração das águas subterrâneas também pode causar a redução da capacidade de carga dos solos circundantes, devido à perda de atrito entre suas partículas, e provocar fissuras na rede que aumentariam progressivamente de tamanho, o que ampliaria a ocorrência de falhas estruturais na rede (TITUS et al., 1987).

A saturação do solo também poderia comprometer o escoamento hidráulico e prejudicar o funcionamento de sistemas de tratamento de esgoto do tipo fossa-filtro, fossas sépticas, ETE compactas e de poços absorventes tipo “sumidouros”, (DEYLE et al., 2007), fato que poderia acarretar numa série de transtornos para os moradores, como transbordamento das fossas e a necessidade de esvaziá-las com maior frequência.

#### **- Edificações de utilidade pública**

Serviço Público é todo aquele que é prestado pela administração pública ou seus por seus delegados sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou a simples conveniência do estado, sendo fundamental para o desenvolvimento social e para o desenvolvimento econômico de uma sociedade (MEIRELLES, 1990).

Caso a sobrelevação do NMM se confirme alguns dos serviços públicos prestados em Vitória poderiam ser comprometidos devido à inundação das edificações em que os serviços são prestados, além da inundação das vias que dão acesso as mesmas.

O comprometimento do funcionamento desses serviços traria uma série de transtornos para a população e para o poder público que teria que buscar alternativas de resposta eficazes para conter e/ou minimizar os efeitos dessa inundação sobre os serviços prestados na cidade.

### **3.5. Estudos sobre os efeitos da elevação do NMM em cidades costeiras**

#### *3.5.1. Estudos internacionais*

Estudos desenvolvidos por Titus et al. (1987), El Raey et al. (1999), Kumar (2006), Rosenzweig et al. (2007), Aunan e Romstad (2007), Herbeger et al. (2009) e Dasgupta et al. (2009) analisaram os impactos da elevação do NMM sobre regiões costeiras em diferentes regiões do planeta, avaliaram suas vulnerabilidades e propuseram medidas de adaptação capazes de atenuar os efeitos dessa sobrelevação sobre essas regiões. Destacam-se os estudos desenvolvidos por:

Titus et al. (1987) fizeram uma análise minuciosa sobre o impacto da elevação do NMM sobre o sistema de drenagem, através do estudo de caso em duas cidades dos Estados Unidos da América: Charleston (Carolinado Sul) e Fort Walton Beach (Flórida). Os autores sugeriram que o custo de projetar um novo sistema para acomodar um aumento do nível do mar, por vezes, pode ser pequeno quando comparado com o custo de se reconstruir uma obra, caso a mesma não tenha sido projetada para suportar o aumento do NMM. No caso Charleston, por exemplo, o custo para adaptar uma obra na bacia da Rua Grove para um aumento do NMM em 30 cm seria 2,41 milhões dólares, em quanto o custo para adaptar e melhorar o sistema considerando esse nível seria 260 mil dólares. Portanto, ao invés de ignorar o aquecimento global e as suas consequências firmemente estabelecidas, engenheiros e planejadores devem avaliar se valerá à pena garantir que os novos sistemas de drenagem sejam menos vulneráveis aos riscos das alterações climáticas e das mudanças no nível do mar.

Herbeger et al. (2009) fizeram uma análise da atual população, infraestrutura e bens que estariam em risco devido à elevação do NMM na costa da Califórnia, nos Estados Unidos da América. De acordo com os autores, independente das

políticas que seriam tomadas no futuro, o aumento do nível do mar iria inevitavelmente alterar a costa da Califórnia, comprometendo uma vasta gama de infraestrutura, tais como estradas, hospitais, escolas, instalações de emergência, sistema de tratamento de esgoto, usinas de energia, além das áreas úmidas. Os autores relatam que dentro de 100 anos, o aumento do NMM em 1,40 metros iria colocar 480 mil pessoas em risco (valor baseado na atual população), entre os afetados grande parte corresponde a pessoas de baixa renda e a comunidades de cor, que de acordo com os autores seriam mais vulneráveis devido às infraestruturas críticas, tais como estradas, hospitais, escolas, estações de tratamento de esgoto, dentre outros equipamentos urbanos. Os autores também avaliaram o custo decorrente dos impactos ocasionados pelo aumento do NMM, estimaram, por exemplo, que o custo para proteger áreas vulneráveis de inundações através da construção de diques e barragens custaria cerca de 14 bilhões de dólares, juntamente com um adicional de 1,4 bilhão de dólares por ano (em custos de manutenção). Saliendam ainda que o contínuo desenvolvimento em áreas vulneráveis iria colocar recursos adicionais de risco e aumentar os custos de proteção. Por fim, relatam algumas medidas estruturais e não estruturais que poderiam ser adotadas para reduzir esses riscos.

Dasgupta et al. (2009) avaliaram as consequências da elevação do NMM em 84 países costeiros em desenvolvimento distribuídos nas seguintes regiões do planeta: Ásia Oriental, Pacífico, Oriente Médio, Norte da África, América Latina, Caribe, sul da Ásia e África subsariana. Consideraram cenários hipotéticos de elevação do nível do mar de 1m a 5m, e utilizaram seis indicadores para avaliar os impactos dessa sobrelevação: solo, população, produto interno bruto (PIB), área urbana, área agrícola e zonas úmidas. De acordo com os autores os resultados obtidos foram extremamente distorcidos, com graves impactos limitados, relativamente, a um pequeno número de países, tais como: Vietnã, Egito e Bahamas. Para esses países, no entanto, as consequências da elevação do NMM seriam potencialmente catastróficas. Para muitos outros, incluindo alguns dos maiores como a China, a magnitude dos impactos potenciais seria muito grande. Entre as regiões, a Ásia Oriental, o Pacífico, o Oriente Médio e o Norte da África apresentariam os maiores impactos relativos.

Diante dos resultados encontrados, os autores relataram que neste século, milhões de pessoas poderiam ser deslocadas por causa da elevação do NMM e dos danos econômicos e ecológicos que iriam acompanhar essa elevação. A solução que propuseram para o problema seria a adoção imediata de ações de adaptação e de planejamento na tentativa de minimizar os impactos decorrentes dessa elevação

Já os estudos desenvolvidos por Nicholls e Mimura (1998), Barnett e Beckman (2007), Nicholls e Klein (2005), Tol et al.(2008), Mote et al. (2008), Cooper et al. (2008) avaliaram como as cidades poderiam se adaptar aos efeitos dessa sobrelevação. Destacam-se os estudos desenvolvidos por:

Nicholls e Mimura (1998) analisaram as implicações regionais do aumento acelerado do nível do mar, na Europa, no Oeste África, no Sul, no Sudeste, no Leste da Ásia e nas pequenas ilhas do Pacífico. Segundo os autores, essa perspectiva regional trás benefícios aparentes, visto que, um problema em escala regional oferece respostas mitigadoras mais significativas, além disso, os impactos comuns compartilhados entre os países poderiam oferecer oportunidades para reunir recursos, partilhar experiências e integrar os esforços de investigação para o desenvolvimento soluções adaptativas mais eficazes.

Nicholls e Klein (2005) abordaram em seu estudo o desafio do gerenciamento costeiro frente à problemática das alterações climáticas e a subida do nível do mar na zona costeira europeia. De acordo com os autores, um pequeno número de países europeus estava envolvido em planejamento proativo, enquanto que a maioria ainda ignorava o problema, ou apenas começava a reconhecer a sua importância. Isso representa um grande desafio, visto que, as alterações climáticas e a subida do nível do mar iriam causar problemas com dimensões diferentes em cada região, por isso as soluções devem ser conciliadas com os objetivos mais vastos da gestão costeira. Sugerem assim, que a gestão deve ter metas explícitas e devem ser 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. Segundo os autores, a adaptação poderia reduzir significativamente o impacto da subida do

nível do mar, além de outras mudanças costeiras, embora seja necessário ajustamento das políticas de gestão costeira às novas circunstâncias, conseqüentemente, a adaptação seria um processo social, político e econômico, ao invés de ser apenas um exercício técnico, como muitas vezes é concebida.

#### 3.5.2. Estudos nacionais

Uaissone (2004) apresentou uma abrangente revisão bibliográfica de estudos sobre a variação do NMM realizados no Brasil.

Neves e Muehe (2008), por sua vez, fizeram uma avaliação da vulnerabilidade da zona costeira brasileira. Para isso, identificaram os agentes físicos que atuam sobre a zona costeira, descrevendo os impactos decorrentes, suas escalas espaciais e temporais. Por fim, apresentaram um elenco de ações de mitigação dentro do contexto de mudanças climáticas, agrupadas em três categorias – recuo, acomodação ou proteção.

Já os trabalhos desenvolvidos por Carmo (2005), Carmo e Nunes (2005), Marengo et al. (2007) e Carmo e Young (2007) avaliaram de maneira mais exata o conjunto de população exposta ao risco de uma possível sobrelevação do nível do mar.

Carmo e Young (2007), por exemplo, consideraram variáveis para identificar qual o contingente populacional estaria mais exposto ao risco da elevação do NMM. As variáveis escolhidas foram a distância da sede municipal em relação à linha da praia e à altitude da sede municipal. Foram selecionados os municípios brasileiros cujas sedes se encontravam a 5 km da linha do mar, e com uma altitude inferior a 20 metros. Dentre os municípios litorâneos brasileiros, 165 se encaixam nessa categoria, totalizando um contingente de 24,30 milhões de habitantes. Esse seria o contingente populacional mais diretamente exposto ao risco de elevação do NMM, de acordo com dados do censo feito no ano de 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), supondo que as populações urbanas se concentram primordialmente nos locais definidos como sede municipal.

Por sua vez, os trabalhos desenvolvidos por Muehe e Neves (1995), Muehe e Neves (2007), Azevedo et al.(2008), Volschan Jr. (2008), Mendonça e Silva (2008) e Zee (2009) consideraram cenários hipotéticos de elevação do NMM para avaliar os possíveis impactos da sobrelevação do nível do mar sobre a população e sobre diferentes elementos que compõem a infraestrutura urbana das cidades costeiras. Destacam-se os estudos desenvolvidos por:

Muehe e Neves (1995) 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. De acordo com os autores, nos dois censos, apenas cerca de 20% da população residia de fato nos municípios costeiros, resultados que contrapõem a idéia difundida de que a população brasileira se concentra na região costeira; tal paradoxo é facilmente compreendido quando se consideram os estados de São Paulo e Paraná, cuja população em municípios costeiros é inferior a 10% da população estadual.

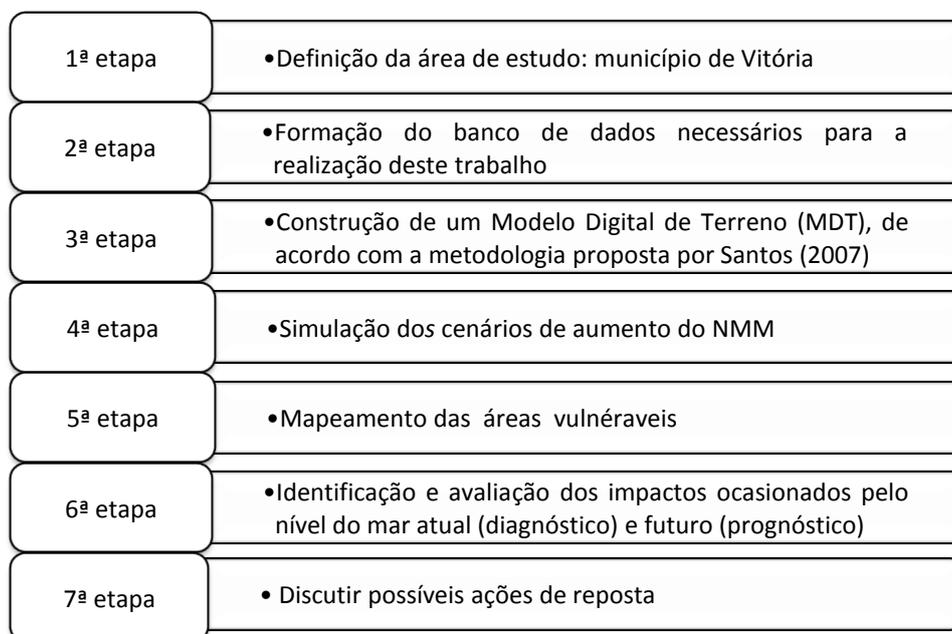
Mendonça e Silva (2008) elaboraram um documento indicativo de áreas da cidade do Rio de Janeiro que poderiam ser atingidas pela sobrelevação do mar. Consideraram a inundação decorrente da sobrelevação do NMM em faixas altimétricas distribuídas a cada 0,5 m até a cota IBGE 2,0m. De acordo com os autores, a elevação do NMM poderia trazer para a cidade do Rio de Janeiro sérios impactos nas áreas de saúde (epidemias de leptospirose), transporte urbano, abastecimento de água e tratamento de esgoto.

Zee (2009) analisou os impactos decorrentes da elevação do nível dos oceanos em três cidades brasileiras urbano-costeiras representativas em função da sua importância regional, densidade urbana, equipamentos portuários e de sua representatividade geomorfológica. As cidades escolhidas foram Recife (Pernambuco), Rio de Janeiro (Rio de Janeiro) e Itajaí (Santa Catarina). As análises feitas foram abrangentes e qualitativas e abordaram os riscos e os potenciais prejuízos que as áreas estariam sujeitas até 2030. De acordo com o autor, para efeito de uma análise comparada em termos de

ameaça, a região Sul (Itajaí) seria mais suscetível a eventos extremos (ciclones e ressacas), que passariam a potencializar a elevação do nível dos oceanos. Segue-se a região Sudeste (Rio de Janeiro) em decorrência das marés meteorológicas e ressacas frequentes. Por fim, a região Nordeste (Recife) que qualitativamente sofria a menor ameaça de potencialização do efeito estufa em termos de elevação do nível do mar na região.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 3 mostra de forma simplificada, as principais etapas seguidas neste estudo.



**Figura 3 - Fluxograma simplificado das etapas seguidas para a elaboração do trabalho**

Todas as etapas descritas foram sumariamente descritas nas seções subsequentes.

### 4.1. Área de estudo

#### 4.1.1. Definição da área de estudo

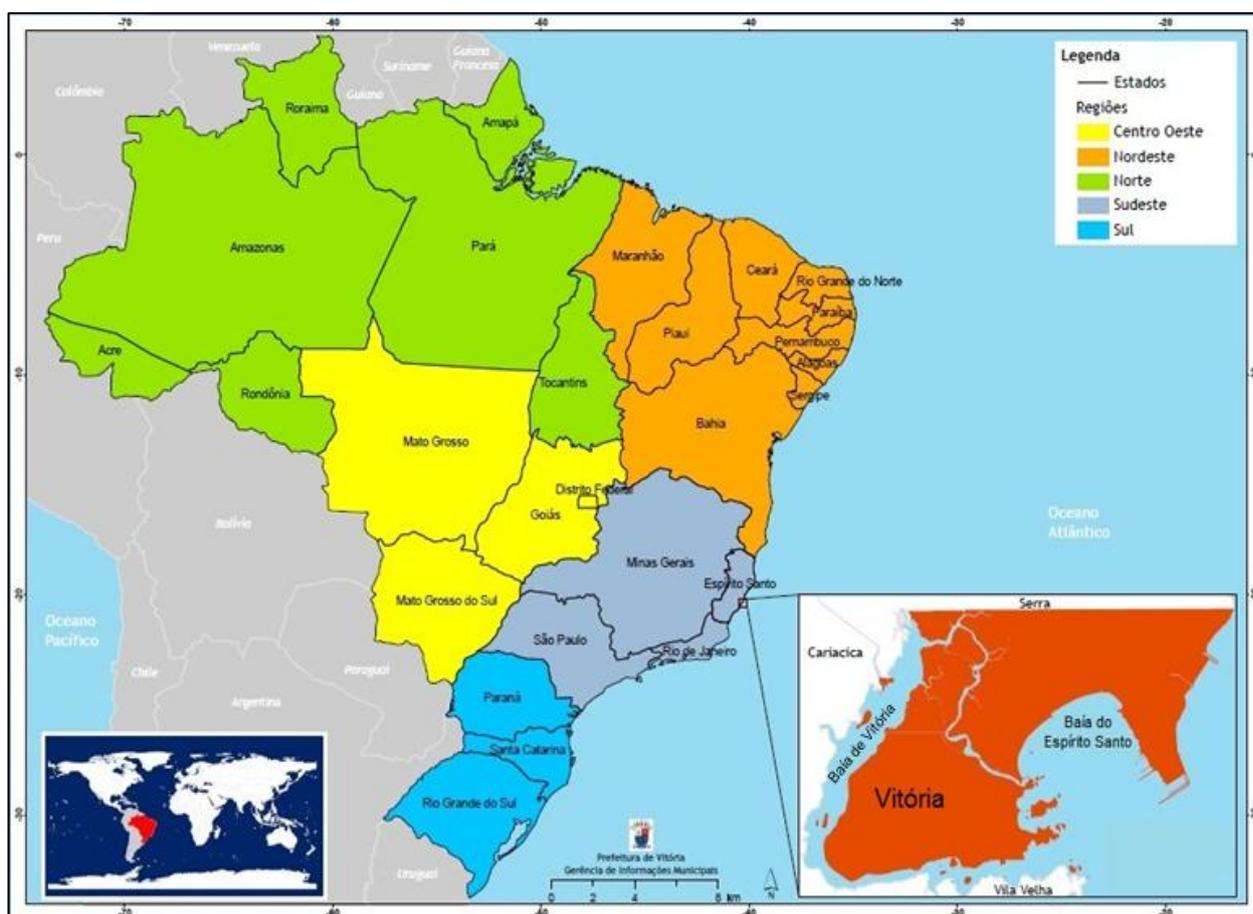
A área de estudo escolhida foi o município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo - Brasil. Quatro fatores foram considerados para a escolha dessa área:

- ✓ Existência de uma vasta base de dados;
- ✓ Facilidade de acesso a esses dados;
- ✓ Localização geográfica do município; e
- ✓ Importância social e econômica da cidade para o estado do Espírito Santo.

## 4.1.2. Descrição da área de estudo

Localizada no litoral da Região Sudeste do Brasil, Vitória (Figura 4) é a capital do Espírito Santo, sendo um das três ilhas-capitais do Brasil. Limita-se ao norte com o município de Serra, ao sul com município de Vila Velha, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o município de Cariacica (PMV, 2010).

Com cerca de 319.031 habitantes <sup>1</sup>, Vitória integra juntamente com os municípios de Serra, Cariacica, Viana, Vila Velha, Fundão e Guarapari a Região Metropolitana da Grande Vitória composta por aproximadamente 1.687.704 habitantes (IBGE, 2010).



**Figura 4 - Localização de Vitória-ES, Brasil**

Fonte: Adaptado de PMV (2010).

Sob o ponto de vista geográfico a cidade é composta por um território continental e por um arquipélago de 34 ilhas, incluindo ilhas costeiras,

<sup>1</sup> Se forem considerados os bairros Carapina, De Fátima, Hélio Ferraz e Parque Industrial que estão em uma área de litígio entre o município de Serra e o município de Vitória, a população da cidade passa para 327.801 habitantes.

estuarinas e oceânicas (MORAIS, 2008), como pode ser observado na Figura 4. O Quadro 6 reúne informações geográficas da cidade.

**Quadro 6 - Informações geográficas de Vitória**

<b>Informações geográficas</b>	
Extensão geográfica	93,38 km <sup>2</sup>
Densidade demográfica	3.485 hab/km <sup>2</sup>
Latitude Sul	20°10'09''
Longitude Oeste	40°20'50''
Fuso horário	UTC* 3
Clima	Tropical úmido
Temperatura média	Max. 34,4°C e Mín. 24,4°C

Nota: \*Tempo Universal Coordenado

Fonte: PMV (2010).

Topograficamente, Vitória está situada em um trecho da costa capixaba em que os afloramentos cristalinos alcançam a linha de costa, sendo responsáveis por um litoral recortado, em que são identificados trechos expostos e protegidos das ações diretas das ondas (MARTIN et al., 1996).

Até o final do século XIX, o desenho da cidade seguia os limites impostos por sua topografia e por suas barreiras naturais. Ao longo do século XX, a necessidade de ampliar a malha urbana, levou à realização de inúmeras intervenções, principalmente através da construção de aterros que modificaram a paisagem da cidade. Aos poucos, inúmeras áreas originalmente pertencentes ao sistema litorâneo ou a encostas íngremes foram gradativamente ocupadas (KLUG, 2009). A ampliação física da Ilha de Vitória, como mencionado, foi primordial para o processo de expansão da cidade.

A diminuição das áreas ocupadas originalmente por manguezais e a redução do espelho d'água da baía, devido à construção de aterros, ocorreram ao longo de todo o perímetro da Baía de Vitória. Essas obras, destinadas à ampliação do espaço urbano, foram realizadas pelo poder público e foram apoiadas nos conceitos de desenvolvimento e de salubridade então correntes (KLUG, 2009).

O Quadro 7 trás a localização de todas as áreas de marinha acrescidas no município de Vitória e o período em que foram construídas.

**Quadro 7 - Aterros realizados em Vitória**

Período	Área onde ocorreu a intervenção
1815 - 1860	Entre 1812 e 1819, foram realizados aterros nas regiões alagadas próximas ao núcleo central, abrindo possibilidade de ocupação de novas áreas da cidade. Tem início o aterro de parte do manguezal do Campinho (atual Parque Moscoso) e do Largo da Conceição (atual Praça Costa Pereira). Esses aterros foram concluídos respectivamente nos anos de 1830 e 1860.
1860 – 1890	Construção de vários cais junto ao mar, com pequenos aterros.
1890 – 1900	Construção da via litorânea no trecho do Cais do Imperador à Rua da Alfândega pondo em comunicação as vias marítimas.
1900 - 1910	Aterro total do largo da Conceição.
1911 - 1920	Aterro total do Parque Moscoso.
1921 - 1930	Construção de um dique para o Porto.
1931 - 1950	Aterro do Porto de Vitória. Acréscimo do centro com a Esplanada Capixaba. Construção do enrocamento entre o Clube Saldanha e a Ilha do Boi.
1951 - 1970	Aterro das áreas do Forte São João, Ilha de Santa Maria, Álvares e Praia do Canto.
1971 - 1980	Aterro da Enseada do Suá, Ilha do Príncipe, Vila Rubim, Santo Antônio, Bento Ferreira, Andorinhas, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Joana D'Arc, Porto de Tubarão.
1981 - 1992	Grande São Pedro, Goiabeiras, Pontal Camburi, Maria Ortiz, Inhanguetá, Grande Vitória, Resistência.

Fonte: Adaptado do mapa confeccionado em 2009 pelo Núcleo de Informação e Geoprocessamento da PMV.

Ao todo foram aterrados 9.790.493 m<sup>2</sup> de áreas incluindo manguezais, áreas alagadiças, restingas e áreas antes ocupadas pelo mar. A maior parte das áreas aterradas 54,90% (5.373.104 m<sup>2</sup>) corresponde a aterros hidráulicos, seguidos respectivamente pelos aterros de material inerte com 27,20% (2.666.287m<sup>2</sup>) e pelos aterros sanitários com 17,90% (1.751.092 m<sup>2</sup>). Na Figura 5 é possível visualizar as áreas aterradas e os tipos de aterros que foram construídos.

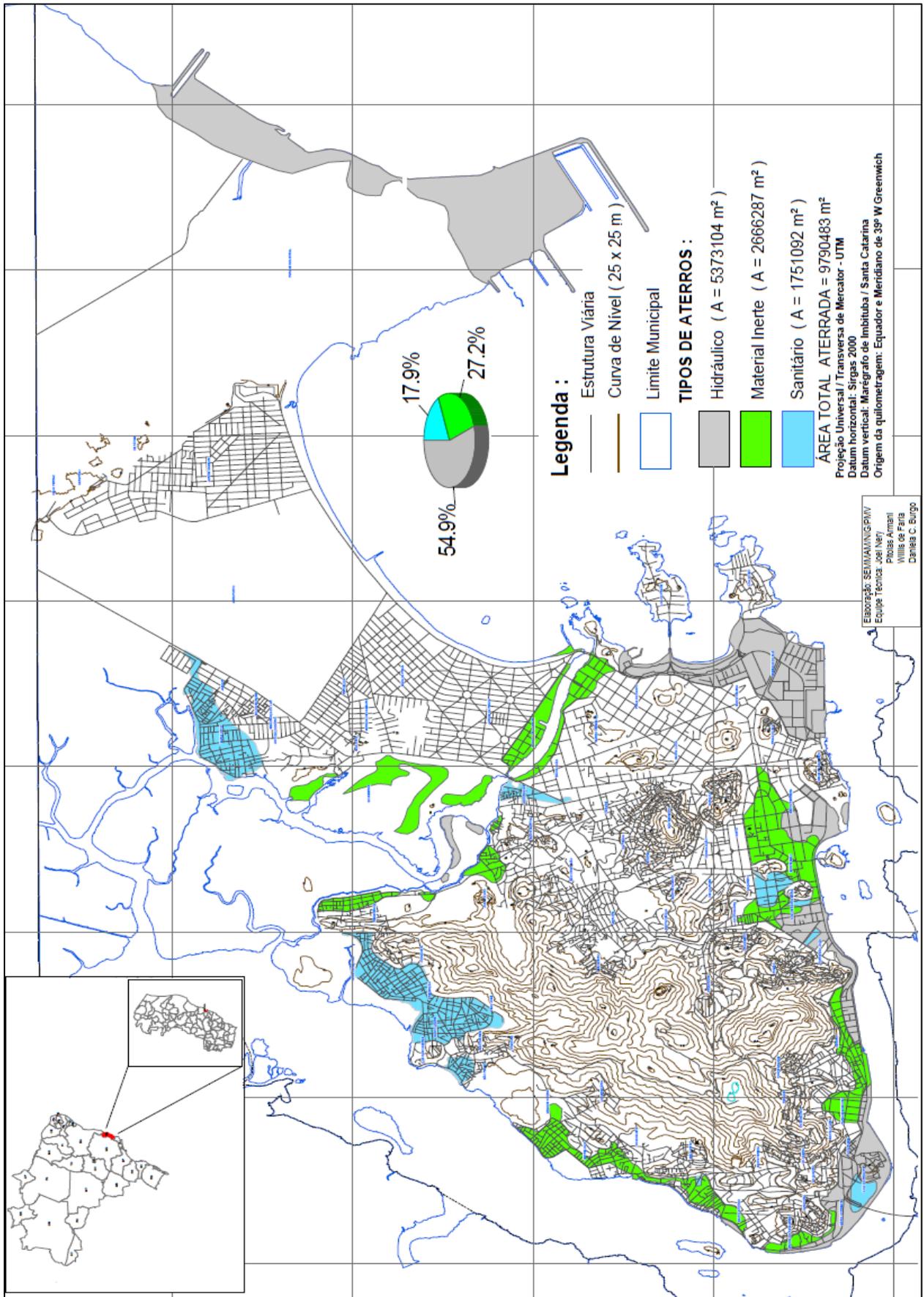


Figura 5- Localização e classificação das áreas de marinha acrescidas no município de Vitória

Fonte: PMV (2009).

Atualmente, o território do município é dividido em oito regiões administrativas que englobam os 83 bairros da cidade (Figura 6), reunidos numa extensão de 93,38 km<sup>2</sup> (somado as áreas dos bairros, das ilhas e de manguezal da cidade). No entanto, neste estudo foram considerados apenas 79 bairros, uma vez que, os bairros Hélio Ferraz, De Fátima, Carapina e Parque Industrial estão em uma área de litígio entre o município de Serra e o município de Vitória.

A área total dos quatro bairros descritos corresponde a 18,21 km<sup>2</sup>, ao diminuir esse valor da área total da cidade (93,38 km<sup>2</sup>) chega-se a área adotada neste estudo, 75,17km<sup>2</sup>.

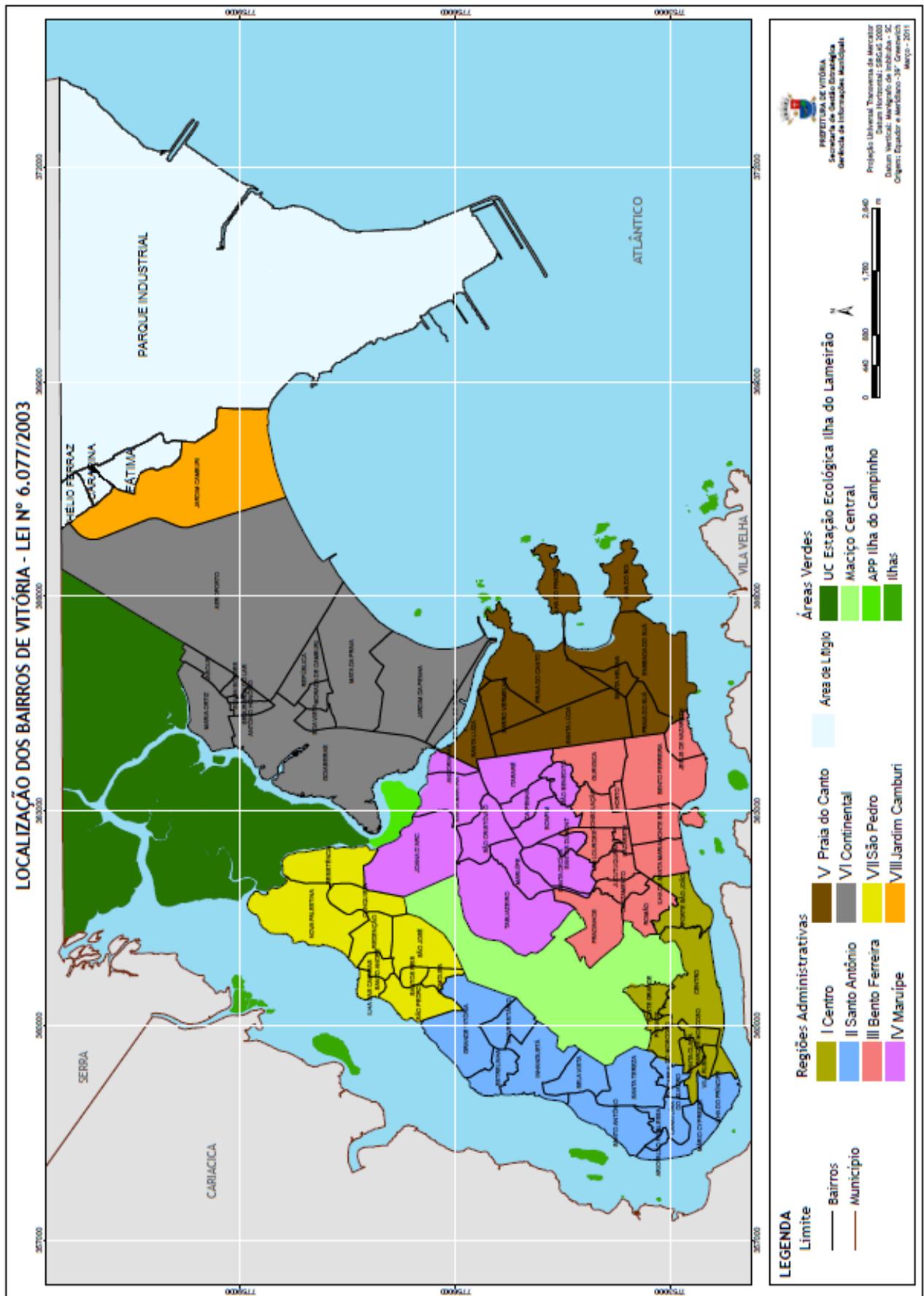


Figura 6 - Regionais Administrativas e áreas verdes de Vitória  
 Fonte: adaptada da PMV (2010).

## 4.2. Base de dados

### 4.2.1. Base cartográfica

Todas as informações cartográficas necessárias para o mapeamento das áreas passíveis de inundação da cidade foram cedidas pela Prefeitura Municipal de Vitória (PMV).

A PMV disponibilizou uma base cartográfica digital na escala de 1:1.000. Todos os arquivos estão no formato *shapefile* (.shp) e referenciados no sistema de projeção cartográfica Universal Transversal de Mercator (UTM), fuso 24S e referencial *South American Datum 1969* (SAD-69). Os seguintes arquivos foram disponibilizados:

- ✓ Pontos Cotados no Município;
- ✓ Curvas de nível com equidistância vertical de 1 metro;
- ✓ Hidrografia;
- ✓ Limites de Bairro;
- ✓ Limite do município;
- ✓ Edificações;
- ✓ Estrutura viária; e
- ✓ Lotes e Quadras.

Além dos dados descritos, a PMV disponibilizou uma imagem da cidade tirada pelo satélite IKONOS em 2005 com resolução de 50 centímetros e 22 plantas digitalizadas contendo informações sobre o sistema de drenagem da cidade, todas em formato DWG (AutoCAD).

Também foi utilizada a planta digitalizada (formato DWG) referente ao sistema de esgoto do município. Essa planta foi cedida pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

### 4.2.2. Níveis de maré

Os dados sobre a maré local foram obtidos a partir da:

- Previsão numérica feita pela Diretoria de Hidrografia e Navegação<sup>2</sup> (DHN) para o Porto de Vitória-ES, compreendendo o período de 01/01/2010 a

---

<sup>2</sup> Disponível no sitio da Marinha do Brasil: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>

31/12/2010. Para o ano de 2010 obteve-se um total de 1.410 registros de maré, a maior variação positiva da maré astronômica prevista para a região foi de 1,70 m, enquanto a menor variação negativa foi de - 0,20m. Destas previsões: 705 são referentes às baixa-mares, que corresponde aos níveis de maré de -0,20 a 0,80 metros; e 705 referentes às preamares, que correspondem, por sua vez, aos níveis de maré de 0,90 a 1,70 metros. Isso ocorre porque em Vitória, a maré incidente é semidiurna, apresentando assim, duas baixa-mares e duas preamares bem definidas.

- Previsão numérica feita através da aplicação do programa computacional Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SisBAHIA<sup>®</sup>), desenvolvido pelo Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A série de níveis de maré foi obtida em intervalos de 10 minutos, compreendendo o período de 01/01/2010 a 31/12/2010, totalizando 52.560 registros. A maior variação positiva da maré astronômica prevista para a região foi de 1,70 m, enquanto a menor variação negativa foi de - 0,26m. Os níveis de maré foram previstos a partir da análise dos componentes harmônicos disponibilizados no sítio da Fundação de Estudos do Mar (FEMAR) para a estação maregráfica Porto de Vitória-ES (Figura 7).

<b>Nome da Estação :</b>		<b>VITÓRIA (PORTO) – ES</b>			
<b>Localização :</b>		Na Ilha do Urubu - Baía de Vitória			
<b>Organ. Responsável :</b>		INPH / DHN			
<b>Latitude :</b>		20° 19,2' S	<b>Longitude :</b>		40° 19,1' W
<b>Período Analisado :</b>		01/03/61 a 21/02/62	<b>Nº de Componentes :</b>		32
<b>Análise Harmônica :</b>		Método Tidal Liverpool Institute.			
<b>Classificação :</b>		Maré Semidiurna.			
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		III H 42 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		80 cm acima do NR.
<b>Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :</b>		146 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :</b>		106 cm acima do NR.
<b>Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :</b>		13 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :</b>		54 cm acima do NR.
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componentes	Semi- amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi- amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	5,5	002	MU <sub>2</sub>	2,1	107
Ssa	0,7	074	N <sub>2</sub>	6,8	097
Mm	1,5	274	NU <sub>2</sub>	1,3	103
Mf	0,4	288	M <sub>2</sub>	46,2	089
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	1,4	088
Msf	1,1	214	T <sub>2</sub>	0,8	143
Q <sub>1</sub>	2,6	067	S <sub>2</sub>	20,4	099
O <sub>1</sub>	8,8	098	K <sub>2</sub>	6,1	097
M <sub>1</sub>	0,1	146	MO <sub>3</sub>	0,5	243
P <sub>1</sub>	1,8	150	M <sub>3</sub>	0,7	097
K <sub>1</sub>	5,2	158	MK <sub>3</sub>	0,2	195
J <sub>1</sub>	0,3	275	MN <sub>4</sub>	0,4	008
OO <sub>1</sub>	0,1	296	M <sub>4</sub>	0,3	340
MNS <sub>2</sub>	0,6	098	SN <sub>4</sub>	0,1	071
2N <sub>2</sub>	1,6	112	MS <sub>4</sub>	0,6	273
<b>Referências de Nível:</b> RN localizada na quina final do Cais, próximo aos trilhos do guindaste.					
<b>Obs:</b> Outros Períodos: 03/08/83 a 02/09/83; 03/05/83 a 03/01/83; 01/07/80 a 31/12/80; 01/07/29 a 04/07/30; 01/03/61 a 21/02/62; 01/10/47 a 01/11/47. Existem no INPH observações desde 1917 Consta das Tábuas das Marés.					

Figura 7 – Dados da estação maregráfica Porto de Vitória-ES e descrição das constantes harmônicas

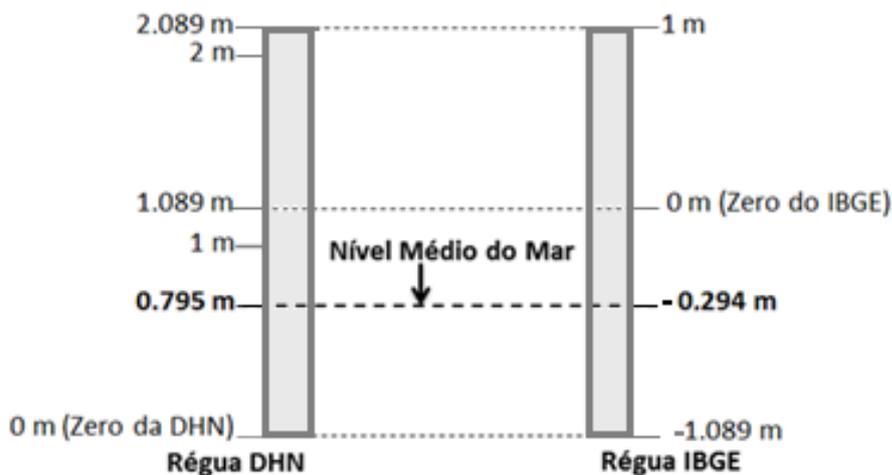
Fonte: FEMAR (2010)

#### 4.2.3. Transformação das cotas da DHN para IBGE

Para correlacionar os níveis de maré com a parte física da cidade (como ruas, residências e prédios) é necessário compatibilizar as cotas utilizadas na previsão de marés feitas pela DHN e as cotas utilizadas pelo IBGE. Como base

nessa correlação foi possível traçar a cota IBGE que um determinado nível de maré irá alcançar.

Neste estudo foi utilizado o nivelamento feito pela Maplan em 1998 para a cidade de Vitória. Nesse nivelamento foi utilizado o marco correspondente ao Porto de Vitória (Ilha do Urubu) que são os dados utilizados pela DHN na Tábua de Marés (Figura 8).



**Figura 8- Correlação de Níveis DHN e IBGE**

Fonte: adaptado de Maplan (1998).

O zero do IBGE corresponde ao nível médio do mar no marégrafo de Imbituba-Santa Catarina, enquanto que o nível de redução da DHN da Marinha do Brasil, também denominado de zero da DHN ou zero hidrográfico, corresponde à média das baixa-mares de sizígia do local. De acordo com a Figura 8 a cidade de Vitória obedece a uma diferença de níveis de 1,089 m entre o zero da DHN e o zero do IBGE. O resultado obtido foi:

$$\text{COTA\_DHN} = \text{COTA\_IBGE} + 1,089 \quad (2)$$

Subtraindo o valor da altitude nivelada (1,089m) a partir do zero da DHN, do valor correspondente ao nível NMM (0,795m) obtém-se que o NMM atual está a 0,29m abaixo da cota altimétrica zero (zero do IBGE), como pode ser observado na Figura 8.

Essa informação condiz com as informações constantes na Tábua de Marés e no catálogo das estações maregráficas produzidos pela FEMAR que estabelecem que o NMM no Porto de Vitória é de 0,80 m cujo valor está em relação ao nível de redução da DHN (Zero da DHN), como pode ser observado na Figura 7 da seção 4.2.2.

### 4.3. Cenários de inundação

#### 4.3.1. Construção dos cenários

A primeira etapa do trabalho foi à construção do Modelo Numérico de Terreno (MNT) para toda a cidade, com auxílio de um sistema de informações geográficas (SIG).

O MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001). A representação no formato raster do MNT é denominada de Modelo Digital do Terreno (MDT).

Para a construção do MDT de Vitória foi utilizada a metodologia proposta por Santos (2007) que pode ser simplificada em duas etapas:

#### **1ª. Elaboração do MNT em formato TIN (*Triangular Irregular Network*):**

Interpolação dos dados de referência (curvas de nível, pontos cotados, limite municipal e hidrografia) com o intuito de gerar uma estrutura de grade triangular ou TIN que consiste num modelo em que os pontos amostrais são conectados por linhas e definem triângulos. Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z, que corresponde ao valor de elevação ou altitude.

**2ª. Conversão do MNT em formato TIN para o formato raster (MDT):** essa conversão foi feita no menu *3D Analys/Convert/TIN to Raster*.

O MDT gerado é representado por uma grade retangular composta de pixels (ou células) distribuídos em linhas e colunas. Por isso foi necessário adotar uma resolução espacial (tamanho do pixel) que atendesse a precisão esperada do modelo. Neste estudo, foi fixado o valor de 0,60 metros de resolução de célula.

#### 4.3.2. Simulação dos cenários

Após a construção do MDT para toda a cidade, com auxílio do *software ArcGIS® versão 9.2* (módulo *ArcMap*), foram simulados os quatro cenários de inundação ocasionados pelo NMM atual e futuro no município. Antes de

realizar esta simulação foi necessário definir o nível de referência, no intuito de se trabalhar com o mesmo nível de maré em todos os cenários simulados.

O nível de referência adotado neste estudo foi à média das preamares de sizígia (1,46m) estabelecida pela FEMAR para o Porto de Vitória, por representar um valor médio dos níveis de maré capazes de inundar áreas da cidade. A média das preamares de sizígia foi denominada neste estudo de preamar média.

Através do nivelamento geométrico entre o zero da DHN e o zero do IBGE, foi possível determinar que a preamar média inunda todas as áreas da cidade situadas em cotas abaixo de 0,31m(referência IBGE). Essa cota corresponde ao primeiro cenário de inundação simulado, denominado de Cenário Atual por representar as áreas da cidade que atualmente são inundadas pela preamar média. Em seguida, foram simulados três outros cenários de elevação do NMM:

- I. **Cenário Otimista:** elevação do NMM em 0,40m
- II. **Cenário Intermediário:** elevação do NMM em 0,60m
- III. **Cenário Pessimista:** elevação do NMM em 1,50m.

Tanto no Cenário Otimista quanto no Cenário Intermediário foram utilizados índices propostos pelo IPCC (2007). A fim de facilitar as análises o valor máximo previsto pelo IPCC de 0,58m foi arredondado para 0,60m (Cenário Intermediário). Já o valor de 0,40m (Cenário Otimista) foi adotado porque há número significativo de estudos que defendem este valor como sendo o mais provável de acontecer até o final do século XXI.

No Cenário Pessimista foi utilizado um valor mais extremo baseado em estudos científicos como do climatologista alemão Stefan Rahmstorf que propõem valores próximos a 1,50 m. Salienta-se que fenômenos tais como precipitação, marés meteorológicas não foram considerados.

Vale salientar que Nunes (2007) realizou um estudo detalhado sobre os efeitos das marés metrológicas na região de Vitória. De acordo com o autor, a análise estatística das componentes não astronômicas da maré incidente sobre a Baía do Espírito Santo permite afirmar que o nível de influência dos fenômenos meteorológicos sobre a variação do nível do mar na região da Baía de Vitória é

medianamente situado entre os exemplos extremos desta influência, presentes na literatura, desconsiderando-se as grandes sobrelevações do nível do mar causadas por severas tempestades tropicais (*storm surges*). São equilibradas as distribuições de frequência da totalidade dos eventos de marés meteorológicas negativas e positivas, mas sua distribuição sazonal aponta para o predomínio dos eventos negativos, de janeiro a abril, e dos eventos positivos, de maio a dezembro. Seus valores podem atingir patamares significativos, principalmente se analisados sob o enfoque de seu potencial incremento as preamares astronômicas de mesma distribuição sazonal e das eventuais consequências sobre as regiões litorâneas baixas e densamente povoadas, existentes na região.

Segundo o autor as marés metrológicas podem provocar uma sobrelevação do nível do mar de até 30 cm. Se esse valor fosse somado aos cenários de sobrelevação do NMM propostos, os impactos decorrentes dessa sobrelevação seriam potencialmente ampliados.

#### **4.4. Análise dos cenários**

Com base nos cenários simulados foi possível:

- ✓ Mapear as áreas vulneráveis;
- ✓ Identificar os pontos críticos de inundação da cidade; e
- ✓ Discutir os impactos potenciais das inundações provocadas pelo nível do mar atual e futuro em Vitória.

Os resultados obtidos foram avaliados em termos de magnitude dos alagamentos e da extensão da área atingida. Ressalta-se que todos os cenários propostos tratam dos mesmos problemas, porém espacialmente ampliados e com maior número de pessoas atingidas.

##### *4.4.1. Análise de risco de inundação*

Como mencionado na seção 3.4.1, o risco de inundação refere-se à porcentagem de tempo que uma determinada área da cidade é inundada por um nível de maré.

A análise de risco de inundação proposta neste estudo pode ser dividida em quatro etapas:

- 1) A primeira etapa foi determinar a primeira cota da cidade que é inundada e o nível de maré correspondente. De posse dessa informação foi possível determinar, para cada cenário, os níveis de maré capazes de inundar áreas da cidade. Os níveis de maré foram obtidos através da previsão de maré feita no programa SisBHAIA<sup>®</sup>.
- 2) A segunda etapa foi determinar a frequência absoluta anual (equação 3) e a frequência absoluta anual acumulada (equação 4) de cada nível de maré que causa inundação:

$$f_i = n \quad (3)$$

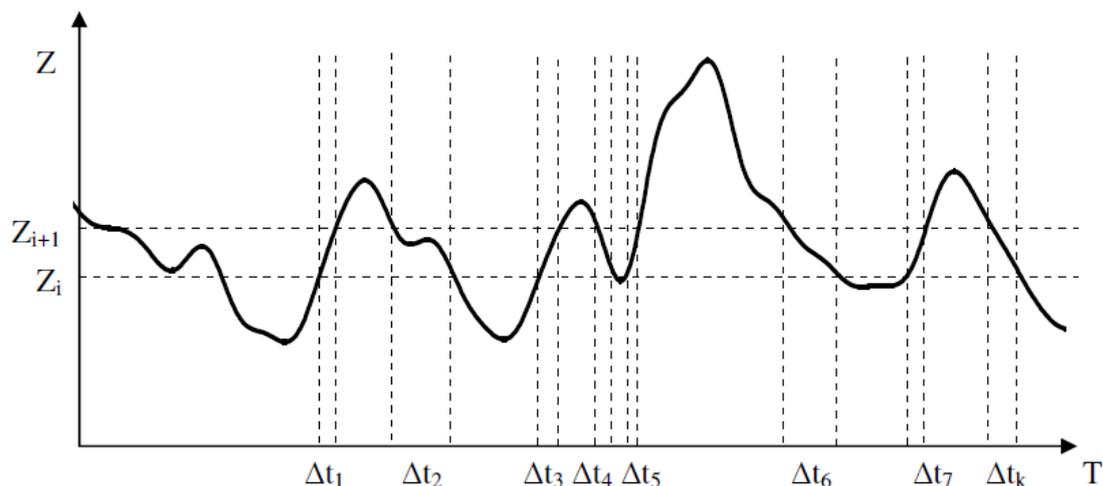
$$F_i = \sum_{i=1}^n f_i \quad (4)$$

Nas equações (3) e (4),  $n$  corresponde ao número de vezes que um determinado nível de maré foi previsto.

A frequência absoluta anual, estabelecida pela equação (3), corresponde ao número de vezes que um determinado nível de maré foi previsto, enquanto que, a frequência absoluta acumulada, estabelecida pela equação (4), representa o efeito acumulativo da maré, sendo obtida através da soma da frequência absoluta anual anterior com a frequência absoluta anual do nível de maré em análise.

- 3) Como a abordagem pontual, não representa a evolução real de um fenômeno contínuo no tempo (UAISSONE, 2004), além de quantificar os níveis de maré que causam inundação foi determinado o tempo de permanência de cada nível de maré considerado. Para isso, foi adotada a metodologia proposta por Uaissone (2004):

Seja  $Z(t)$  um processo estocástico qualquer (no caso o nível de maré), cujos valores variam continuamente (Figura 9).



**Figura 9 – Gráfico ilustrativo da permanência dos níveis de maré no tempo**

Fonte: Uaissone (2004).

Considera-se um intervalo de variação  $\Delta z = z_{i+1} - z_i$  associado a uma classe limitada pelos valores  $Z_i$  e  $Z_{i+1}$  e  $\Delta t_j = t_{ij+1} - t_{ij}$  seja o tempo de permanência correspondente, onde  $T_i$  é dado pela seguinte expressão:

$$T_z = \sum_{i=1}^k \Delta t_i \quad (5)$$

Somando-se os  $j$ -ésimos intervalos de tempo de permanência em cada classe, são somados e dividindo-se pelo tempo total, a fim de se achar a probabilidade de permanência na classe. Os níveis de maré foram agrupados em intervalos de classe de 0,10 cm e as previsões foram geradas em intervalos de 10 minutos.

- 4) Com base nos dados obtidos foi feita a curva de permanência de maré, para cada um dos cenários simulados. A curva de permanência, também denominada de curva de duração-freqüência, expressa a relação entre um determinado nível d'água e a freqüência com que este nível é superado ou igualado. Salienta-se que ao invés de utilizar o nível de maré no eixo da ordenada foi utilizada a cota IBGE correspondente. Através das curvas de maré obtidas e da correlação de níveis descrita na seção 4.2.3 foi determinado o risco de inundação de cada cota (referência IBGE) da cidade que foi inundada.

#### 4.4.2. Identificação e análise dos impactos

De acordo com o IPCC (2007), os impactos referem-se aos efeitos das mudanças climáticas nos sistemas naturais e humanos. Dependendo do nível de adaptação, podem ser divididos em dois tipos:

- a) **Impacto potencial:** todos os impactos que podem ocorrer devido às mudanças projetadas, sem considerar a adaptação.
- b) **Impacto residual:** os impactos das mudanças climáticas que podem ocorrer após a adaptação.

Toda análise de impacto feita neste estudo refere-se ao impacto potencial.

Em cada cenário simulado, foi avaliado o impacto das inundações decorrentes do nível do mar atual e futuro sobre a população e sobre cinco elementos de infraestrutura urbana da cidade.

#### - Áreas vulneráveis

Com auxílio do *software ArcGIS® versão 9.2* foi possível determinar as áreas da cidade que atualmente são inundadas pela preamar média, e as áreas que possivelmente seriam inundadas caso haja um aumento do NMM de 0,40m, 0,60m e 1,50m.

#### - População em risco

Para determinar a população em risco foi feita uma suposição comum em análises regionais que utilizam o *software ArcGIS®*. Considera-se que a população esteja distribuída uniformemente no interior das fronteiras de um bloco (HERBEGGER et al., 2009).

Este método pode subestimar (quando as casas estão agrupadas na costa) ou superestimar (quando as casas estão afastadas da costa) o risco real, visto que, o método adotado considera que a população esteja distribuída uniformemente no interior das fronteiras de um bloco (HERBEGGER et al., 2009). Nesse estudo, o bloco corresponde aos bairros de Vitória.

Assim como nos estudos realizados por Herbegeger et al.(2009), Mendonça e Silva (2008) foi feita uma superposição do mapa contento as áreas da cidade

vulneráveis, com dados de população agregados por bloco do censo (dados do censo de 2010 feito pelo IBGE).

Todas as áreas que integram os bairros foram consideradas, tanto as áreas edificadas como as áreas não edificadas. As áreas que não pertencem ao limite físico dos bairros (às áreas pertencentes à Estação Ecológica Ilha do Lameirão, ao Maciço Central e às ilhas) foram desconsideradas.

#### **- Vulnerabilidade do sistema viário**

A partir da sobreposição dos dados do sistema viário da cidade com o mapa de inundação gerado para cada cenário, foi possível identificar as áreas em que o sistema viário seria comprometido pelo nível do mar atual e futuro.

A vulnerabilidade do sistema viário do município de Vitória foi avaliada sob os seguintes aspectos:

- ✓ Quantificação das vias (Avenidas, Ruas, Travessas, Alameda, Becos e Servidão), Pontes e Praças da cidade que seriam inundadas pela preamar média.
- ✓ Identificação dos locais em que haveria a formação de “ilhas”, ou seja, áreas que apesar de não sofrerem diretamente com a inundação provocada pela preamar média ficariam cercadas por áreas inundadas, inviabilizando o acesso e prejudicando a circulação de veículos e transeuntes na região.

#### **- Vulnerabilidade do sistema de drenagem**

As informações sobre a localização dos elementos que compõem o sistema de drenagem de Vitória foram obtidas através da análise da planta digitalizada contendo todo o sistema de drenagem da cidade disponibilizada pela PMV.

Ao sobrepor essa planta com o mapa de inundação de cada cenário foi possível identificar áreas passíveis de inundação e, conseqüentemente, os elementos do sistema vulneráveis às inundações provocadas pelo nível atual e futuro do mar. Neste contexto, a vulnerabilidade do sistema de drenagem do município de Vitória foi avaliada sob os seguintes aspectos:

- ✓ Macrodrenagem: identificação e quantificação das bacias de drenagem, das galerias, dos pontos de descarga e dos poços de visita que seriam inundados pela preamar média nos cenários simulados;
- ✓ Microdrenagem: foram contabilizadas todas as vias da cidade inundadas pela preamar média. Como o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Vitória só considerou o sistema de macrodrenagem, neste estudo foi considerado que todas as vias da cidade compõem o sistema de microdrenagem, visto que, a água do mar empoçada nas vias acaba sendo drenada para o sistema de macrodrenagem. Essa análise por ser muito abrangente, pode englobar vias que atualmente são desprovidas de sistema de microdrenagem.

Também foram realizadas quatro visitas *in situ*, em grande parte dos bairros que fazem fronteira com o mar, no intuito de fazer um registro fotográfico para ilustrar os efeitos das marés nos pontos de descarga das principais galerias da cidade. Os dados sobre cada vistoria foram reunidos no Quadro 8.

**Quadro 8 - Dados sobre as Vistorias**

Previsão de maré feita pela DHN para o Porto de Vitória-ES		Bairros Vistoriados
Data	Nível máximo da maré	
02/03/2010 [2ª preamar após a Lua Cheia]	1,7m às 15h49min	Praia do Canto, Santa Luíza e Pontal de Camburi
28/04/2010 [2ª preamar após a Lua Cheia]	1,6m às 15h02min	Bento Ferreira, Ilha de Monte Belo, Ilha de Santa Maria, Forte São João, Centro, Santo Antônio, Inhanguetá, Estrelinha, Grande Vitória, São Pedro, Ilhadas Caieiras, Santo André, Nova Palestina, Maria Ortiz, Goiabeiras.
06/11/2011 [1ª preamar da Lua Nova]	1,4m às 14h56min	Bento Ferreira, Ilha de Monte Belo, Ilha de Santa Maria, Forte São João, Centro, Santo Antônio, Inhanguetá, Estrelinha, Grande Vitória, São Pedro, Ilhadas Caieiras, Santo André, Nova Palestina, Redenção, Santa Martha, Joana D'Arc, Andorinhas, Praia do Canto, Santa Luíza, Enseada do Suá, Jardim Camburi, Jardim da Penha, Mata da Praia, Maria Ortiz, Goiabeiras.
19/03/2011 [1ª preamar da Lua Cheia]	1,8m às 15h02min	Bento Ferreira, Ilha de Monte Belo, Ilha de Santa Maria, Forte São João, Centro, Santo Antônio, Inhanguetá, Estrelinha, Grande Vitória, São Pedro, Santo André.

#### - Vulnerabilidade do sistema de esgoto

As informações sobre a localização dos elementos que compõem o sistema de esgoto de Vitória foram obtidas através da análise da planta digitalizada contendo todo o sistema de esgoto da cidade disponibilizada pela CESAN.

Ao sobrepor essa planta com o mapa de inundação de cada cenário foi possível identificar áreas passíveis de inundação e, conseqüentemente, os

elementos do sistema vulneráveis às inundações provocadas pelo nível atual e futuro do mar.

A vulnerabilidade do sistema esgoto do município de Vitória foi avaliada sob o seguinte aspecto:

- ✓ Identificação e quantificação as bacias de esgotamento sanitário, as Estações Elevatórias de Esgoto, as Estações de Tratamento de Esgoto e os Poços de Visita que seriam inundados pela preamar média.

#### **- Vulnerabilidade das obras de proteção costeira**

Antes de avaliar os efeitos da ação do mar sobre as obras de proteção costeira da cidade, foi necessário identificar, classificar e localizar cada uma das obras existentes em Vitória. As obras de proteção costeira existentes em Vitória foram classificadas em:

- a) Obras longitudinais aderentes: calçadões e paredões;
- b) Obras transversais: espigões e guia - corrente; e
- c) Alimentação artificial de areia de praias.

De posse dessas informações e com base nos mapas de inundação gerados para cada cenário simulado, foi possível identificar as obras de proteção costeira vulneráveis às inundações decorrentes do nível do mar atual e futuro, ou seja, foi verificado quais obras seriam inundadas pela preamar média.

#### **- Vulnerabilidade das edificações de utilidade pública**

Por ser uma capital, Vitória abriga os principais serviços prestados pelo poder público no estado, abrangendo todas as esferas de governo (Federal, Estadual e Municipal). Para a análise não ficar demasiadamente longa, os serviços prestados foram divididos em cinco categorias (Quadro 9), priorizando os serviços prestados pelo Município.

Quadro 9 - Edificações de pública consideradas

Serviços	Edificações consideradas	Descrição
Educação	100	52 Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI), 46 Escolas Municipais de Ensino Fundamental (EMEF), 02 Instituições federais de ensino superior (campus de Goiabeiras da UFES e o campus de Jucutuquara do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)).
Saúde	44	28 Unidades de saúde, 02 Pronto-atendimento, 02 Centros de Especialidades, 02 Centros de Atenção Psicossocial, 01 Centro de Prevenção e Tratamento de Toxicômanos, 02 Centros de Referência, 01 Centro de Controle de Zoonoses e 06 Hospitais.
Segurança pública	05	Quartel do Corpo de Bombeiros, Corregedoria Geral de Polícia Civil, Batalhão de Polícia de Trânsito Rodoviário e Urbano, Quartel da Polícia Militar do ES e Quartel da Guarda Municipal e Guarda Civil.
Transporte	03	Aeroporto de Vitória, Terminal aquaviário e Terminal rodoviário.
Unidades administrativas	26	Sede do governo estadual, sede do governo municipal, Câmara Municipal de Vitória e 23 Secretarias Municipais.

Após identificar e localizar as edificações de utilidade pública (Quadro 9) foi possível determinar, com base nos mapas de inundação gerados para cada cenário, as edificações vulneráveis às inundações decorrentes do nível do mar atual e futuro. Os seguintes aspectos foram considerados:

- ✓ Se as edificações de utilidade pública consideradas seriam inundadas pela preamar média; e
- ✓ Se as principais vias de acesso seriam inundadas pela preamar média.

#### 4.5. Ações de respostas

As ações de resposta propostas foram agrupadas em três categorias de acordo com a nomenclatura proposta pelo IPCC (2007):

- I. **Adaptação:** refere-se ao ajustamento de sistemas naturais ou humanos, em resposta às mudanças climáticas reais ou esperadas, ou seus efeitos, o qual regula ou explora oportunidades benéficas.
- II. **Proteção:** construção de obras de engenharia costeira que impeçam à destruição do patrimônio construído e/ou a invasão da plataforma litoral pelo mar.
- III. **Recuo:** significa abandonar a faixa costeira que previsivelmente virá a ser afetada nas próximas décadas, transferindo para local seguro o patrimônio construído mais importante e destruindo (ou deixando que o mar o faça) as construções menos importantes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise do risco de inundação

#### 5.1.1. Determinação do risco de inundação

##### - Cenário Atual

Através da previsão de maré feita através do programa SisBAHIA<sup>®</sup> para o Porto de Vitória-ES, foi possível quantificar o número de vezes que um determinado nível de maré foi alcançado ao longo deste ano.

Dentre os níveis de maré previstos para o ano de 2010 foi necessário determinar os níveis de maré capazes de inundar áreas pertencentes ao Município. Para fazer essa análise foi necessário fazer a compatibilização de níveis discutida na seção 4.2.3 deste estudo. Por meio dessa compatibilização foi possível identificar as cotas altimétricas da cidade que, atualmente, são inundadas por cada nível de maré previsto para o ano de 2010 (Tabela 1). Os níveis de maré foram agrupados em intervalos de classe de 0,10 cm.

**Tabela 1- Correlação entre os níveis de maré atingidos nas preamares e as cotas altimétricas inundadas**

Níveis de maré (m)	Cota altimétrica inundada (m)
-0,2	-1,29
-0,1	-1,19
0	-1,09
0,1	-0,99
0,2	-0,89
0,3	-0,79
0,4	-0,69
0,5	-0,59
0,6	-0,49
0,7	-0,39
0,8	-0,29
0,9	-0,19
1	-0,09
1,1	0,01
1,2	0,11
1,3	0,21
1,4	0,31
1,5	0,41
1,6	0,51
1,7	0,61

Na Tabela 1 às baixa-mares correspondem aos níveis de maré de -0,20 a 0,80 metros, às preamares, por sua vez, correspondem aos níveis de maré de 0,90 a 1,70 metros. Vale ressaltar que a oscilação diária das marés faz com que diferentes cotas altimétricas sejam inundadas, ou seja, durante o dia diferentes áreas da cidade são inundadas.

Para o ano de 2010 obteve-se um total de 1.410 registros de maré, a maior variação positiva da maré astronômica prevista para a região foi de 1,70 m, enquanto a menor variação negativa foi de - 0,20m. Esses níveis de maré corresponderam, respectivamente, as cotas IBGE de -1,29 m e 0,61 m. Nesse sentido, toda área da cidade de Vitória situada entre essas cotas são passíveis de inundação.

Todas as cotas obtidas (Tabela 1) foram tratadas através do *software ArcGIS® versão 9.2* (modulo *ArcMap*) no intuito de identificar, por meio de tentativas, a primeira cota da cidade que é inundada e o nível de maré correspondente.

O resultado desse procedimento foi que a primeira cota da cidade inundada é a de 0,11 metros. Essa cota é inundada toda vez que a maré atinge níveis iguais ou superiores a 1,20m. Níveis de maré inferiores a 1,20m foram desconsiderados dessa análise estatística.

Após determinar os níveis de maré que causam inundação foi necessário quantificar o número de vezes que um determinado nível de maré foi previsto ao longo do ano de 2010, esse número corresponde à frequência absoluta anual de cada nível de maré previsto. Em seguida foi determinada a frequência absoluta acumulada que representa o efeito acumulativo da maré, sendo obtidas através da soma das frequências absolutas anteriores com a frequência absoluta do nível de maré em análise. Essas informações foram reunidas na Tabela 2. Os níveis de maré previstos foram agrupados a cada 0,10 m.

Tabela 2- Cenário Atual: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e suas respectivas frequências

Preamares (m)	$f_i^1$	$F_i^2$
1,2	3753	8967
1,3	2723	5214
1,4	1700	2491
1,5	640	791
1,6	148	151
1,7	3	3

Notas: <sup>1</sup> Frequência absoluta anual<sup>2</sup> Frequência absoluta acumulada

Seguindo os procedimentos apresentados no “item 3” da seção 4.4.1 foi determinado o tempo de permanência de cada nível de maré. De posse dessa informação foi possível determinar, ao fazer correlação de níveis descrita na seção 4.2.3, o risco de inundação de cada cota da cidade, ou seja, foi determinada a porcentagem de tempo em que áreas, situadas em diferentes cotas da cidade, permaneceram inundadas (Tabela 3).

Tabela 3- Cenário Atual: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanência e o risco de inundação de cada

Preamares (m)	Cota IBGE inundada (m)	Tempo de permanência (minutos)	Risco de inundação (%)
1,2	0,11	89670	17,06
1,3	0,21	52140	9,92
<b>1,4</b>	<b>0,31</b>	24910	<b>4,74</b>
1,5	0,41	7910	1,50
1,6	0,51	1510	0,29
1,7	0,61	30	0,01

Como base na Tabela 3 foi feita a curva de permanência de maré ilustrada na Figura 10. Salienta-se que ao invés de utilizar o nível de maré no eixo da ordenada foi utilizada a cota IBGE correspondente.

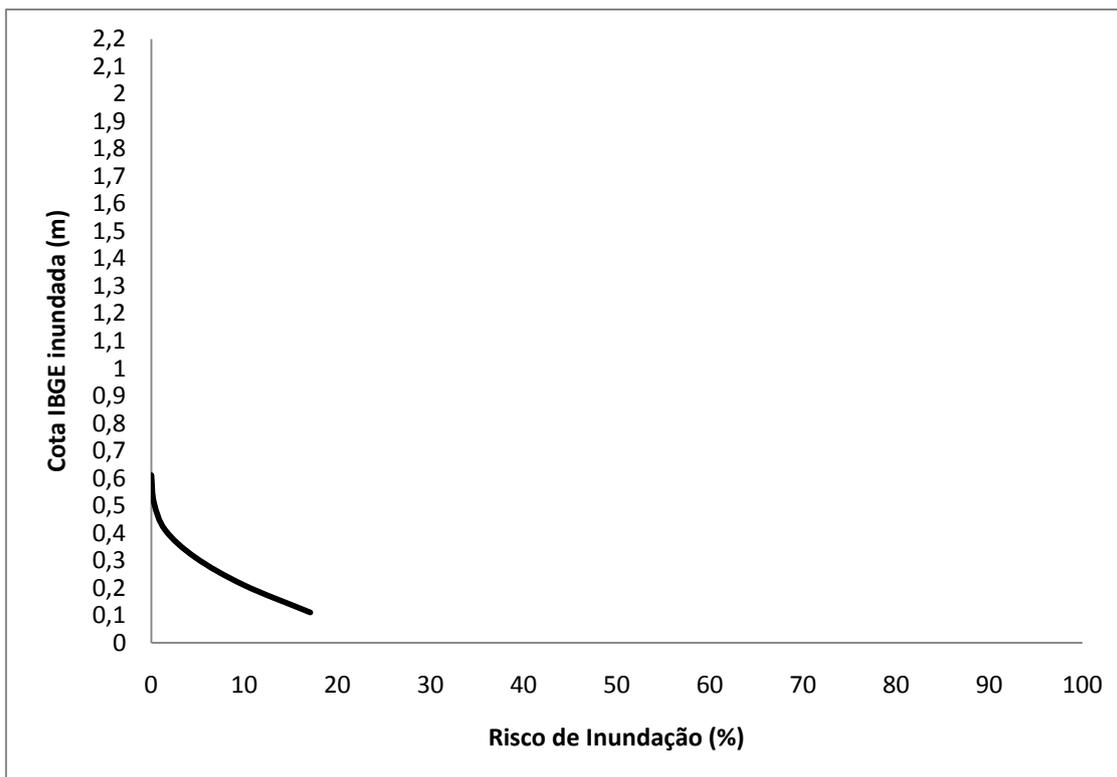


Figura 10 – Cenário Atual: curva de permanência de maré

#### - Cenário Otimista

Ao se projetar uma elevação do NMM em 0,40m haverá um aumento significativo das áreas vulneráveis à inundação em relação ao Cenário Atual. Conseqüentemente, todos os níveis de maré previstos teriam seu alcance ampliado em 0,40 m.

Como mencionado no Cenário Atual que a primeira cota da cidade inundada é a de 0,11 metros. Essa cota é inundada toda vez que a maré atinge níveis iguais ou superiores a 1,20m. Portanto, níveis de maré inferiores a 1,20m foram desconsiderados da análise estatística feita para este cenário.

Após determinar os níveis de maré que causariam inundação foi determinada a frequência absoluta anual e a frequência absoluta acumulada de cada nível de maré previsto. Essas informações foram reunidas na Tabela 4. Os níveis de maré previstos foram agrupados a cada 0,10 m.

**Tabela 4- Cenário Otimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas frequências**

Nível de maré (m)	Cota IBGE inundada (m)	$f_i^1$	$F_i^2$
1,2	0,11	4348	26920
1,3	0,21	4549	22572
1,4	0,31	4620	18023
1,5	0,41	4436	13403
1,6	0,51	3753	8967
1,7	0,61	2723	5214
1,8	0,71	1700	2491
1,9	0,81	640	791
2	0,91	148	151
2,1	1,01	3	3

Notas: <sup>1</sup> Frequência absoluta anual

<sup>2</sup> Frequência absoluta acumulada

Seguindo os procedimentos apresentados no “item 3” da seção 4.4.1 foi determinada o tempo de permanência de cada nível de maré. De posse dessa informação foi possível determinar, ao fazer correlação de níveis descrita na seção 4.2.3, o risco de inundação de cada cota da cidade, ou seja, foi determinada a porcentagem de tempo em que áreas, situadas em diferentes cotas da cidade, permaneceram inundadas (Tabela 5).

**Tabela 5- Cenário Otimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanência e o risco de inundação de cada**

Preamares (m)	Cota IBGE inundada (m)	Tempo de permanência (minutos)	Risco de inundação (%)
1,2	0,11	269200	51,22
1,3	0,21	225720	42,95
1,4	0,31	180230	34,29
1,5	0,41	134030	25,50
1,6	0,51	89670	17,06
1,7	0,61	52140	9,92
1,8	0,71	24910	4,74
1,9	0,81	7910	1,50
2	0,91	1510	0,29
2,1	1,01	30	0,01

Como base na Tabela 5 foi feita a curva de permanência de maré ilustrada na Figura 11. Salienta-se que ao invés de utilizar o nível de maré no eixo da ordenada foi utilizada a cota IBGE correspondente.

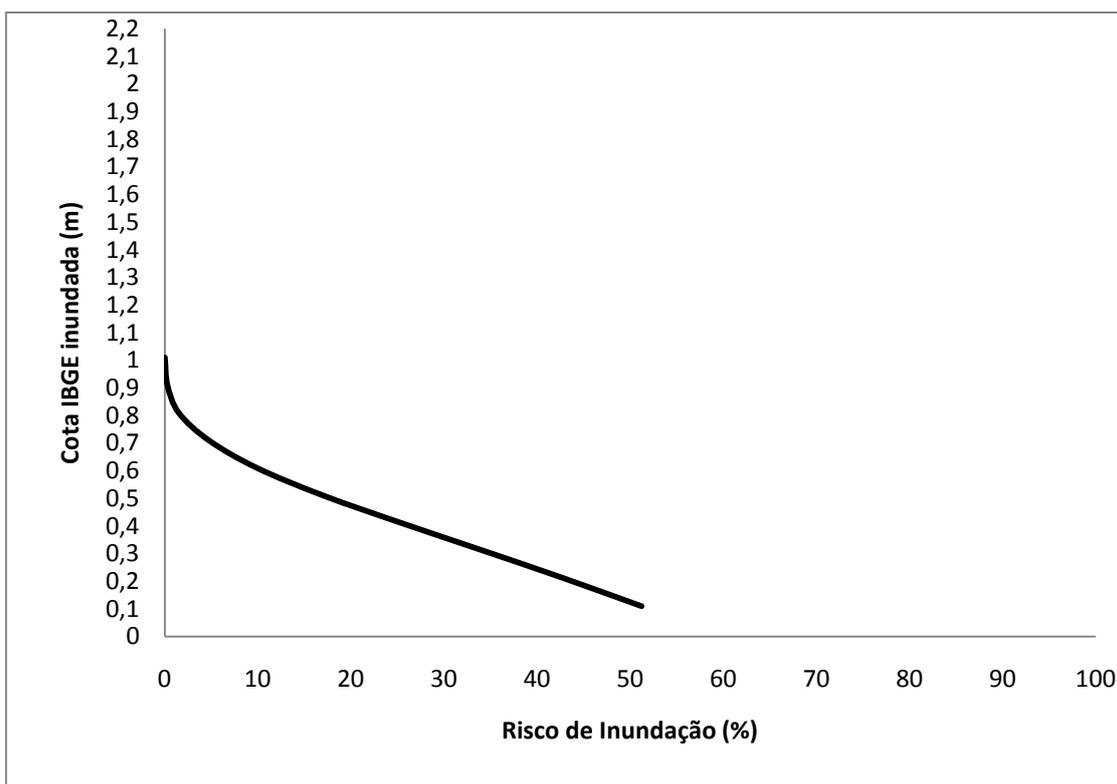


Figura 11 – Cenário Otimista: curva de permanência de maré

#### - Cenário Intermediário

Ao se projetar uma elevação do NMM em 0,60m uma área maior da cidade passaria a ser inundada, uma vez que, os níveis de maré previstos teriam seu alcance ampliado em 0,60 m.

Após determinar os níveis de maré que causariam inundação (como mencionado no Cenário Atual) foi determinada a frequência absoluta anual e a frequência absoluta acumulada de cada nível de maré previsto. Essas informações foram reunidas na Tabela 6. Os níveis de maré previstos foram agrupados a cada 0,10 m.

**Tabela 6- Cenário Intermediário: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas frequências**

Nível de maré (m)	Cota IBGE inundada (m)	$f_i^1$	$F_i^2$
1,2	0,11	4404	35629
1,3	0,21	4305	31225
1,4	0,31	4348	26920
1,5	0,41	4549	22572
1,6	0,51	4620	18023
1,7	0,61	4436	13403
1,8	0,71	3753	8967
1,9	0,81	2723	5214
2	0,91	1700	2491
2,1	1,01	640	791
2,2	1,11	148	151
2,3	1,21	3	3

Notas: <sup>1</sup> Frequência absoluta anual

<sup>2</sup> Frequência absoluta acumulada

Seguindo os procedimentos apresentados no “item 3” da seção 4.4.1 foi determinada o tempo de permanência de cada nível de maré. De posse dessa informação foi possível determinar, ao fazer correlação de níveis descrita na seção 4.2.3, o risco de inundação de cada cota da cidade, ou seja, foi determinada a porcentagem de tempo em que áreas, situadas em diferentes cotas da cidade, permaneceram inundadas (Tabela 7).

**Tabela 7- Cenário Intermediário: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanencia e o risco de inundação de cada**

Preamares (m)	Cota IBGE inundada (m)	Tempo de permanência (minutos)	Risco de inundação (%)
1,2	0,11	356290	67,79
1,3	0,21	312250	59,41
1,4	0,31	269200	51,22
1,5	0,41	225720	42,95
1,6	0,51	180230	34,29
1,7	0,61	134030	25,50
1,8	0,71	89670	17,06
1,9	0,81	52140	9,92
2	0,91	24910	4,74
2,1	1,01	7910	1,50
2,2	1,11	1510	0,29
2,3	1,21	30	0,01

Como base na Tabela 7 foi feita a curva de permanência de maré ilustrada na Figura 12. Salienta-se que ao invés de utilizar o nível de maré no eixo da ordenada foi utilizada a cota IBGE correspondente.

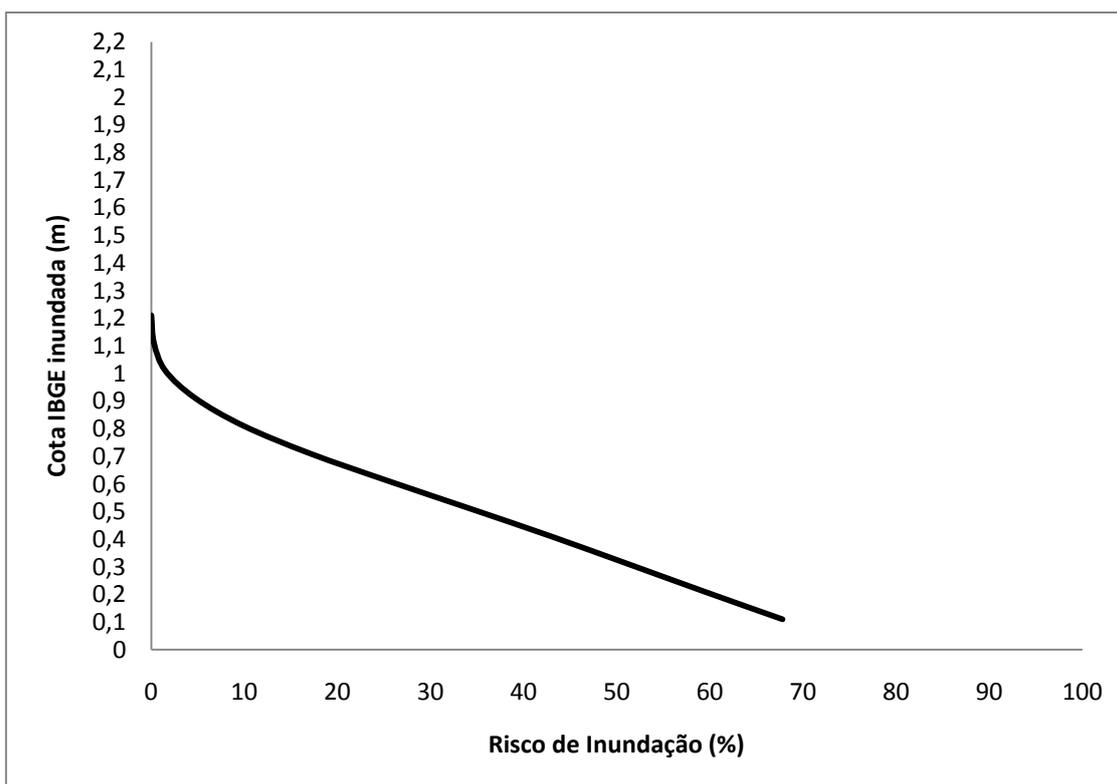


Figura 12 – Cenário Intermediário: curva de permanência de maré

#### - Cenário Pessimista

O Cenário Pessimista corresponde ao pior cenário de elevação do NMM proposto neste estudo, uma vez que, os níveis de maré previstos teriam seu alcance ampliado em 1,50 m.

Após determinar os níveis de maré que causariam inundação (como mencionado no Cenário Atual) foi determinada a frequência absoluta anual e a frequência absoluta acumulada de cada nível de maré previsto. Essas informações foram reunidas na Tabela 8. Os níveis de maré previstos foram agrupados a cada 0,10 m.

**Tabela 8- Cenário Pessimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas e suas respectivas frequências**

Nível de maré (m)	Cota IBGE inundada (m)	$f_i^1$	$F_i^2$
1,2	0,11	17	52560
1,3	0,21	139	52543
1,4	0,31	413	52404
1,5	0,41	890	51991
1,6	0,51	1473	51101
1,7	0,61	2386	49628
1,8	0,71	3166	47242
1,9	0,81	3953	44076
2	0,91	4494	40123
2,1	1,01	4404	35629
2,2	1,11	4305	31225
2,3	1,21	4348	26920
2,4	1,31	4549	22572
2,5	1,41	4620	18023
2,6	1,51	4436	13403
2,7	1,61	3753	8967
2,8	1,71	2723	5214
2,9	1,81	1700	2491
3	1,91	640	791
3,1	2,01	148	151
3,2	2,11	3	3

Notas: <sup>1</sup> Frequência absoluta anual

<sup>2</sup> Frequência absoluta acumulada

Seguindo os procedimentos apresentados no “item 3” da seção 4.4.1 foi determinada o tempo de permanência de cada nível de maré. De posse dessa informação foi possível determinar, ao fazer correlação de níveis descrita na seção 4.2.3, o risco de inundação de cada cota da cidade, ou seja, foi determinada a porcentagem de tempo em que áreas, situadas em diferentes cotas da cidade, permaneceram inundadas (Tabela 9).

Tabela 9- Cenário Pessimista: correlação entre os níveis de maré que causam inundação e as cotas (referência IBGE) inundadas, tempo de permanência e o risco de inundação de cada

Preamares (m)	Cota IBGE inundada (m)	Tempo de permanência (minutos)	Risco de inundação (%)
1,2	0,11	525600	100,00
1,3	0,21	525430	99,97
1,4	0,31	524040	99,70
1,5	0,41	519910	98,92
1,6	0,51	511010	97,22
1,7	0,61	496280	94,42
1,8	0,71	472420	89,88
1,9	0,81	440760	83,86
2	0,91	401230	76,34
2,1	1,01	356290	67,79
2,2	1,11	312250	59,41
2,3	1,21	269200	51,22
2,4	1,31	225720	42,95
2,5	1,41	180230	34,29
2,6	1,51	134030	25,50
2,7	1,61	89670	17,06
2,8	1,71	52140	9,92
2,9	1,81	24910	4,74
3	1,91	7910	1,50
3,1	2,01	1510	0,29
3,2	2,11	30	0,01

Como base na Tabela 9 foi feita a curva de permanência de maré ilustrada na Figura 13. Salienta-se que ao invés de utilizar o nível de maré no eixo da ordenada foi utilizada a cota IBGE correspondente.

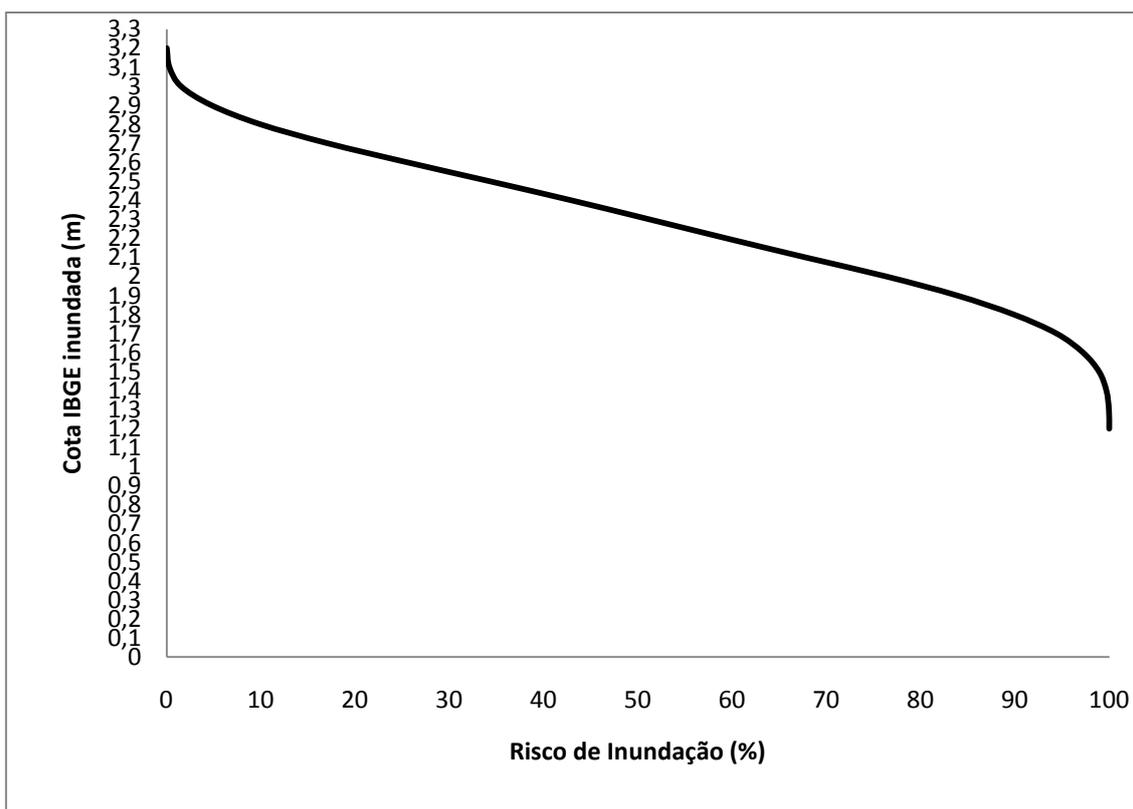


Figura 13 – Cenário Pessimista: curva de permanência de maré

Em virtude do aumento significativo das áreas passíveis de inundação em Vitória, os impactos advindos dessa sobrelevação serão ainda mais críticos. Acarretando assim, uma série de prejuízos sociais, ambientais e econômicos para a cidade e seus habitantes.

Se nenhuma providência for tomada pelas autoridades competentes, a única barreira física que irá proteger a cidade da ação das marés será a própria topografia do terreno. Áreas mais elevadas serão menos vulneráveis do que as áreas mais planas com menores altitudes, que por sua vez terão maior risco de inundação.

## 5.2. Impactos potenciais da sobrelevação do NMM no município de Vitória

Toda análise de impacto feita neste estudo refere-se ao impacto potencial. Além disso, três considerações importantes devem ser ressaltadas:

1. Análise dos impactos decorrentes das inundações ocasionadas pela sobrelevação do NMM sobre a população e sobre os cinco elementos de infraestrutura urbana (sistema viário, sistema de drenagem, sistema de esgoto, obras de proteção costeira e principais edificações de utilidade pública) foi baseada na cota altimétrica inundada pela média das preamares de sizígia, estabelecida pela FEMAR para o Porto de Vitória.
2. A média das preamares de sizígia, denominada neste estudo de preamar média, foi adotada por representar um valor médio dos níveis de maré que causam inundação. Vale salientar que por ser um valor médio há valores de maré superiores a esse nível que, quando considerados podem provocar um aumento significativo das áreas inundadas, comprometendo um número maior de pessoas e de elementos de infraestrutura urbana;
3. Fenômenos naturais como marés meteorológicas (ressacas), precipitações, ventos extremos, nível de lençol freático e demais aspectos geotécnicos não foram considerados neste estudo. Salienta-se que os níveis atingidos pela preamar, combinados com a ocorrência de desses fenômenos poderiam inundar áreas da cidade que não foram consideradas;

### 5.2.1. Áreas vulneráveis

Com base nos cenários simulados foi possível mapear as áreas da cidade de Vitória passíveis de inundação. Na Figura 14 é possível visualizar as diferentes áreas da cidade passíveis de serem inundadas pela preamar média nos quatro cenários simulados.

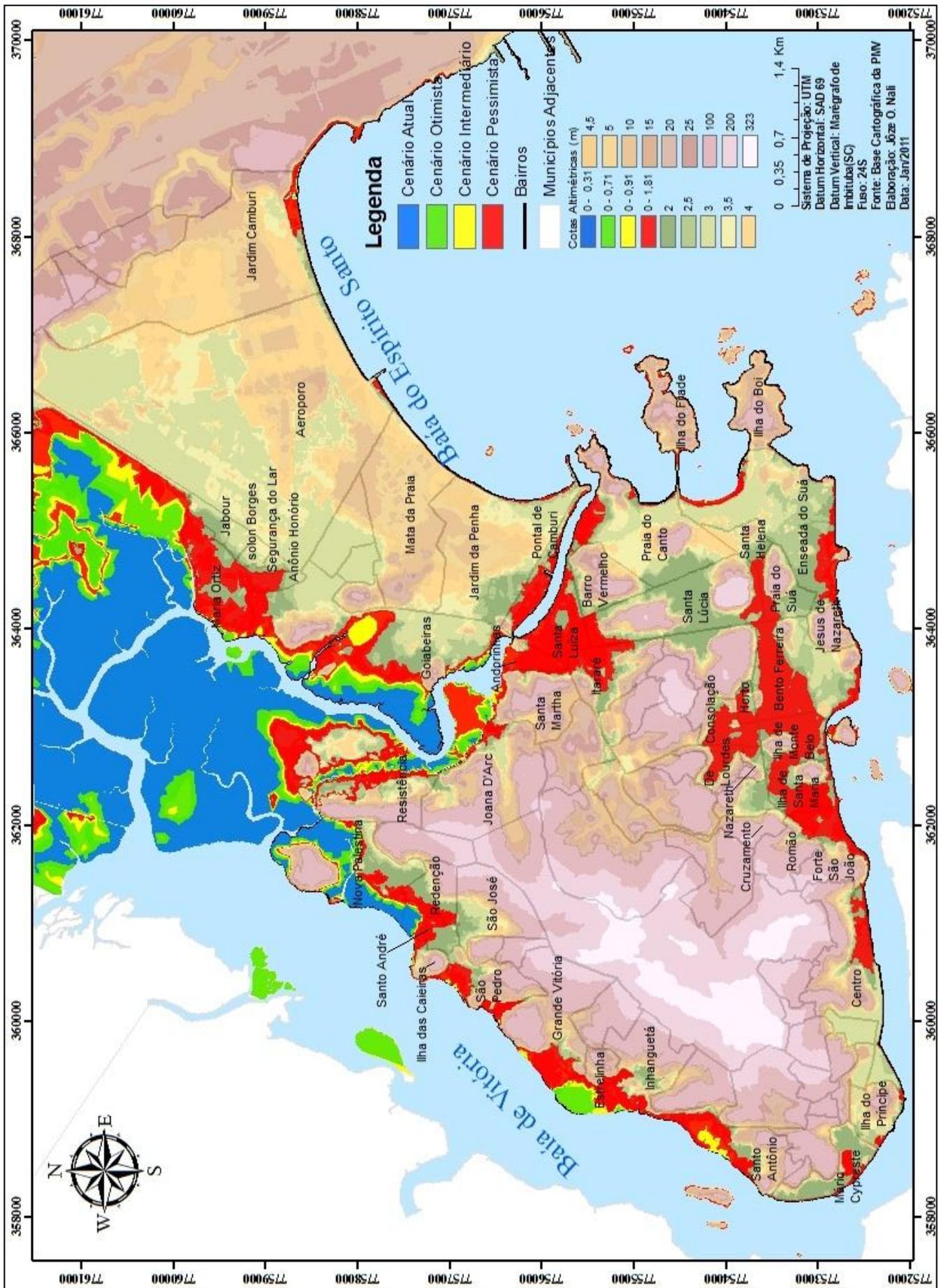


Figura 14 - Áreas vulneráveis as inundações decorrentes do nível do mar atual e futuro

Nota-se que ao se projetar um aumento do NMM de até 0,60m a mancha de inundação ficaria restrita às áreas que fazem limite com mar. Todavia, ao considerar um aumento do NMM de 1,50m haveria uma interiorização da mancha de inundação, afetando desta forma, uma maior área da cidade e, conseqüentemente, um maior contingente populacional.

Salienta-se que o quantitativo das áreas atingidas é cumulativo. A cota 1,81 m (área em vermelho da Figura 14), por exemplo, inclui todas as cotas inferiores (áreas em amarelo, verde e azul da Figura 14), relação válida para as demais cotas descritas. Esse efeito acumulativo pode ser observado na Tabela 10 que mostra as cotas (referência IBGE) e as áreas inundadas em cada um dos cenários simulados.

**Tabela 10 - Cotat (referência IBGE) inundadas pela preamar média e suas respectivas áreas**

Cenário de Inundação	Cota (IBGE) inundada (m)	Área inundada	
		Km <sup>2</sup>	%
Atual: Situação Atual	0,31	6,90	9,18
Otimista: elevação do NMM de 0,40 m	0,71	9,38	12,48
Intermediário: elevação do NMM de 0,60 m	0,91	10,24	13,62
Pessimista: elevação do NMM de 1,50 m	1,81	16,31	21,70

Observa-se na Tabela 10 que do cenário “Atual” para o “Pessimista” há um crescimento significativo da área de inundação. Um dado importante é que no Cenário Atual à preamar média inunda apenas áreas não edificadas da cidade - que representam neste estudo as áreas que não possuem nenhum tipo de benfeitoria, como áreas de mangue, praias (faixa de areia) e paredões rochosos-, ou seja, a inundação projetada não chega a comprometer e/ou destruir a estrutura física da cidade (área edificada), como edificações e equipamentos urbanos. Nos demais cenários, além das áreas não edificadas, a preamar média passaria a inundar também áreas edificadas da cidade.

No Cenário Atual (área em azul na Figura 14), a preamar média inunda toda área da cidade situada em cotas abaixo de 0,31m que corresponde 6,90 km<sup>2</sup> do território da cidade, ou seja, 9,18% da área total do município está sujeita às inundações decorrentes da preamar média. Neste cenário a preamar média inundada somente as áreas não edificadas de 11 bairros da cidade, além da Estação Ecológica Ilha do Lameirão e da Ilha do Campinho.

No Cenário Otimista (área verde na Figura 14), a preamar média passaria a inundar todas as áreas da cidade situadas em cotas abaixo de 0,71m o que corresponde a 9,38 km<sup>2</sup> da área de Vitória, ou seja, 12,48% da área total do município passaria a ser inundada. Áreas pertencentes a 17 bairros da cidade, além da Estação Ecológica Ilha do Lameirão e de 06 ilhas passariam a ser inundadas. Haveria impactos significativos nas áreas de manguezal da cidade e, principalmente, nos bairros localizados na porção noroeste e sudoeste da cidade.

No Cenário Intermediário (área amarelo na Figura 14), a sobrelevação do mar em 0,60m inundaria áreas pertencentes a 23 bairros da cidade, além da Estação Ecológica Ilha do Lameirão e de 22 ilhas. Desta forma, a preamar média passaria a inundar todas as áreas da cidade situadas em cotas abaixo de 0,91m, o que corresponde a 10,24 km<sup>2</sup> da área de Vitória, ou seja, 13,62% da área do município passaria a ser inundada. Haveria impactos significativos nas áreas de manguezal da cidade, praticamente toda extensão da Estação Ecológica Ilha do Lameirão e das áreas de manguezal pertencentes aos bairros Goiabeiras, Redenção, Resistência, Nova Palestina e Estrelinha seriam inundadas. Na Figura 14 é possível perceber que os bairros que ficam na porção noroeste e sudoeste da cidade seriam os mais vulneráveis à sobrelevação do mar.

Se houver um aumento do NMM de 1,50m, praticamente toda extensão costeira da cidade seria inundada. A preamar média passaria a inundar todas as áreas da cidade situadas em cotas abaixo de 1,81m, o que corresponderia a 16,31 km<sup>2</sup> da área de Vitória, ou seja, 21,70% da área do município seria inundada. Áreas pertencentes a 51 bairros da cidade, além da Estação Ecológica Ilha do Lameirão e de 22 ilhas seriam inundadas. Haveria uma ampliação das áreas inundadas, principalmente, nos bairros localizados nas porções noroeste, sudoeste e centro-leste da cidade, ao passo que novos bairros, como Andorinhas e Centro, que não foram inundados nos cenários anteriores passariam a sê-lo. Praticamente toda área de manguezal da cidade seria inundada.

Nos tópicos a seguir foram discutidos os impactos decorrentes da sobrelevação do NMM sobre a área de manguezal e sobre os bairros da cidade.

### **- Efeitos da elevação do nível do mar sobre as áreas de manguezal de Vitória**

Como mencionado, em todos os cenários as áreas de manguezal poderiam sofrer impactos significativos em virtude da sobrelevação do NMM.

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeito ao regime das marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Caracterizado por uma vegetação lenhosa típica, adaptada às condições limitantes de salinidade, substrato inconsolidado e pouco oxigenado e freqüente submersão pelas marés, esse ecossistema possui alto grau de especialização e alta plasticidade (SOARES, 1997).

Neste contexto, esse ecossistema é particularmente vulnerável ao aumento do NMM. De acordo com Soares et al. (2000) o comportamento dos manguezais frente a uma possível sobrelevação do mar dependeria de fatores primários locais, tais como: (1) topografia; (2) fonte de sedimento; (3) taxa de aporte de sedimento; (4) área da bacia de drenagem; (5) amplitude marés; (6) dinâmica costeira; (7) taxa de elevação do NMM. Esses fatores determinariam basicamente o balanço entre elevação do nível do mar e sua compensação através de processos de deposição de sedimentos, bem como a existência de áreas planas para uma possível acomodação/retração dos manguezais.

Se a inclinação do terreno for suave, a taxa de elevação não for muito elevada e houver aporte de sedimentos aliado à disponibilidade de áreas mais interiores, ocorreria apenas um deslocamento da área de manguezal sem perda significativa. Se houver aumento rápido das cotas para o interior, a área de manguezal a ser colonizada seria restrita, ocorrendo perda em extensão desse ecossistema. Caso a inclinação seja pequena e haja aporte de sedimentos, a área permanentemente inundada seria maior, não havendo possibilidade de colonização de novas áreas e a perda seria significativa (TITUS; RICHMAN, 2001).

Em Vitória, o processo de migração dos manguezais seria prejudicado. A forte ocupação urbana no entorno das áreas de manguezais existentes na cidade não disponibilizaria áreas para uma possível migração dos manguezais,

criando dessa forma obstáculos ao processo de migração e acomodação do ecossistema.

Portanto, pode-se esperar, com maior probabilidade, uma redução das áreas de mangue da cidade. Cabe ressaltar que análise feita torna-se subjetiva em função da falta de dados, de informações e de estudos específicos que levem em conta as peculiaridades das áreas de manguezal existentes em Vitória.

#### **- Bairros vulneráveis**

Na Tabela 11 é possível visualizar área inundada pela preamar média em cada bairro da cidade. Os bairros foram agrupados por regionais administrativas.

Tabela 11 – Áreas da cidade inundadas pela preamar media nos quatro cenários simulados

Regional - Bairro	Área total (km <sup>2</sup> )	Área inundada em cada cenário:								
		Atual		Otimista		Intermediário		Pessimista		
		Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	
I	Centro	0,94	*	*	*	*	3,2.10 <sup>-5</sup>	3,4.10 <sup>-3</sup>	0,11	12,04
I	Forte São João	0,42	*	*	*	*	*	*	0,15	35,98
II	Estrelinha	0,26	*	*	0,09	35,63	0,11	43,01	0,15	58,68
II	Grande Vitória	0,94	*	*	*	*	3,9.10 <sup>-3</sup>	0,41	0,16	17,44
II	Ilha do Príncipe	0,29	*	*	*	*	*	*	0,01	4,14
II	Inhanguetá	0,64	3,6.10 <sup>-5</sup>	5,5.10 <sup>-3</sup>	3,5.10 <sup>-3</sup>	0,54	0,01	2,15	0,15	22,94
II	Mário Cypreste	0,33	*	*	*	*	*	*	0,05	15,21
II	Santo Antônio	0,53	*	*	2,5.10 <sup>-4</sup>	0,05	3,5.10 <sup>-2</sup>	6,63	0,2	37,07
II	Santa Tereza	0,57	*	*	*	*	*	*	4.10 <sup>-4</sup>	0,07
III	Bento Ferreira	0,94	*	*	*	*	*	*	0,41	43,90
III	Consolação	0,30	*	*	*	*	*	*	0,15	49,15
III	Cruzamento	0,18	*	*	*	*	*	*	1,8.10 <sup>-4</sup>	0,10
III	De Lourdes	0,21	*	*	*	*	*	*	0,08	37,90
III	Gurigica	0,52	*	*	*	*	*	*	1,4.10 <sup>-3</sup>	0,27
III	Horto	0,07	*	*	*	*	*	*	0,05	61,90
III	Ilha de M. Belo	0,41	*	*	*	*	9,5.10 <sup>-4</sup>	0,23	0,23	56,75
III	Ilha de S. Maria	0,34	*	*	*	*	*	*	0,20	57,31
III	Romão	0,33	*	*	*	*	*	*	0,01	3,09
III	Jesus de Nazareth	0,20	*	*	*	*	*	*	0,02	7,93
III	Nazareth	0,08	*	*	*	*	*	*	0,02	21,16
IV	Andorinhas	0,14	*	*	*	*	5,7.10 <sup>-4</sup>	0,41	0,12	88,27
IV	Itararé	0,49	*	*	*	*	*	*	0,16	32,48
IV	Joana D'Arc	1,09	*	*	3,2.10 <sup>-4</sup>	0,03	1,3.10 <sup>-3</sup>	0,12	0,03	3,11
IV	Santa Martha	0,51	*	*	*	*	3,0.10 <sup>-4</sup>	0,02	0,05	8,84
V	Barro Vermelho	0,38	*	*	*	*	*	*	3,5.10 <sup>-3</sup>	0,92
V	Enseada do Suá	1,23	*	*	*	*	3,0.10 <sup>-4</sup>	0,02	0,16	13,21
V	Praia do Suá	1,12	*	*	*	*	*	*	0,10	9,32
V	Santa Helena	0,17	*	*	*	*	*	*	0,01	3,61
V	Ilha do Boi	0,38	*	*	*	*	*	*	0,01	3,54
V	Ilha do Frade	0,35	1,5.10 <sup>-6</sup>	4,2.10 <sup>-4</sup>	5,6.10 <sup>-5</sup>	0,02	4,5.10 <sup>-4</sup>	0,13	0,03	7,48
V	Praia do Canto	0,30	3,6.10 <sup>-7</sup>	3,2.10 <sup>-5</sup>	1,0.10 <sup>-5</sup>	9,0.10 <sup>-4</sup>	2,1.10 <sup>-5</sup>	7,0.10 <sup>-3</sup>	0,06	18,51
V	Santa Luíza	0,34	3,8.10 <sup>-6</sup>	1,1.10 <sup>-3</sup>	2,2.10 <sup>-5</sup>	6,4.10 <sup>-3</sup>	3,3.10 <sup>-5</sup>	9,6.10 <sup>-3</sup>	0,28	82,85
VI	Aeroporto	6,00	*	*	*	*	*	*	0,02	0,26
VI	Antônio Honório	0,09	*	*	*	*	*	*	0,06	64,41
VI	Goiabeiras	2,37	0,33	14,03	0,54	22,89	0,70	29,68	1,17	49,53
VI	Jabour	0,19	*	*	*	*	*	*	0,01	6,52
VI	Jardim da Penha	1,46	*	*	*	*	*	*	0,02	1,55
VI	Maria Ortiz	0,56	7,9.10 <sup>-5</sup>	0,14	0,01	2,36	0,02	4,03	0,43	78,05
VI	Mata da Praia	1,35	*	*	*	*	*	*	6.10 <sup>-3</sup>	0,45
VI	Pontal de Camburi	0,23	6,4.10 <sup>-6</sup>	2,7.10 <sup>-3</sup>	2,7.10 <sup>-4</sup>	0,11	6,7.10 <sup>-4</sup>	0,28	0,14	60,44
VI	Segurança do Lar	0,06	*	*	*	*	*	*	0,01	16,47
VI	Sólon Borges	0,07	*	*	*	*	*	*	8,8.10 <sup>-4</sup>	1,24
VII	Ilha das Caieiras	0,12	*	*	7,4.10 <sup>-5</sup>	0,06	7,4.10 <sup>-4</sup>	0,64	0,02	17,07
VII	Resistência	0,55	*	*	1,9.10 <sup>-5</sup>	3,510 <sup>-3</sup>	4,8.10 <sup>-4</sup>	0,09	0,09	16,39
VII	Redenção	0,32	0,04	11,63	0,05	14,52	0,05	15,81	0,13	40,22
VII	Nova Palestina	1,00	0,29	28,82	0,41	41,13	0,45	45,42	0,57	56,50
VII	Santo André	0,13	*	*	1,9.10 <sup>-4</sup>	0,15	6,7.10 <sup>-4</sup>	0,54	0,05	43,14
VII	São José	0,56	*	*	*	*	*	*	1,4.10 <sup>-3</sup>	0,24
VII	São Pedro	0,40	2,1.10 <sup>-6</sup>	5,3.10 <sup>-4</sup>	2,5.10 <sup>-4</sup>	0,06	4,7.10 <sup>-3</sup>	1,16	0,10	24,87
VIII	Jardim Camburi	2,61	8,7.10 <sup>-5</sup>	3,3.10 <sup>-3</sup>	1,4.10 <sup>-3</sup>	0,05	3,5.10 <sup>-3</sup>	0,13	0,07	2,53
<b>Área inundada total</b>		<b>33,09</b>	<b>0,66</b>		<b>1,11</b>		<b>2,11</b>		<b>6,06</b>	

Fonte: áreas dos bairros PMV (2010).

Nota:\*sem inundação

A partir da análise dos cenários gerados (Figura 14) e de uma avaliação considerando as áreas passíveis de inundação em cada bairro (Tabela 11), observou-se que em termos de área inunda, em todos os cenários simulados, Goiabeiras seria bairro mais afetado.

Se for considerado o percentual da área inundada, Nova Palestina (Figura 15) seria o bairro mais afetado nos cenários “Atual”, “Otimista” e “Intermediario”. No Cenário Pessimista Andorinhas passaria a ter o maior percentual de área inundada.

A vulnerabilidade dos bairros descritos na Tabela 11 em função da população em risco foi discutida na seção 5.2.2.

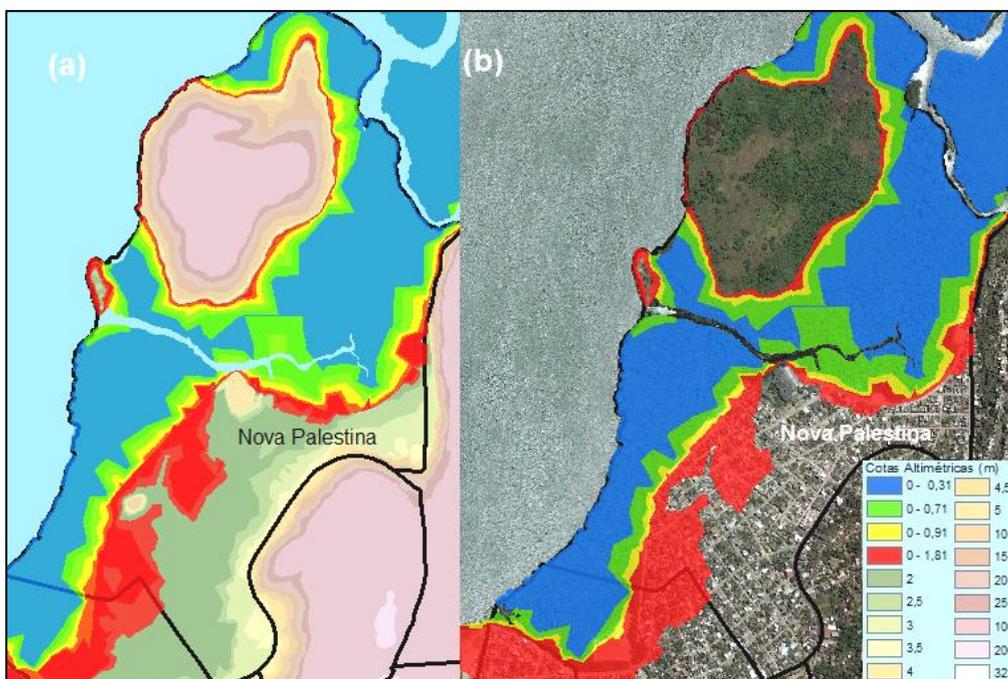


Figura 15 – Inundação de Nova Palestina pela preamar média nos quatro cenários simulados. A imagem (a) mostra a topografia do bairro enquanto a imagem (b) mostra uma foto de satélite do local

Uma constatação importante foi que as áreas mais vulneráveis coincidem com as regiões ocupadas pelo sistema manguezal e com as áreas que foram aterradas no passado. Nesse sentido, a compreensão do processo histórico de ocupação e de ampliação de Vitória descrito na seção 4.1 foi de extrema importância para a análise dos cenários de elevação do NMM propostos neste estudo. Na Figura 16 foi feita uma comparação entre o mapa de aterros feitos em Vitória com o mapa das áreas inundadas em cada cenário simulado.

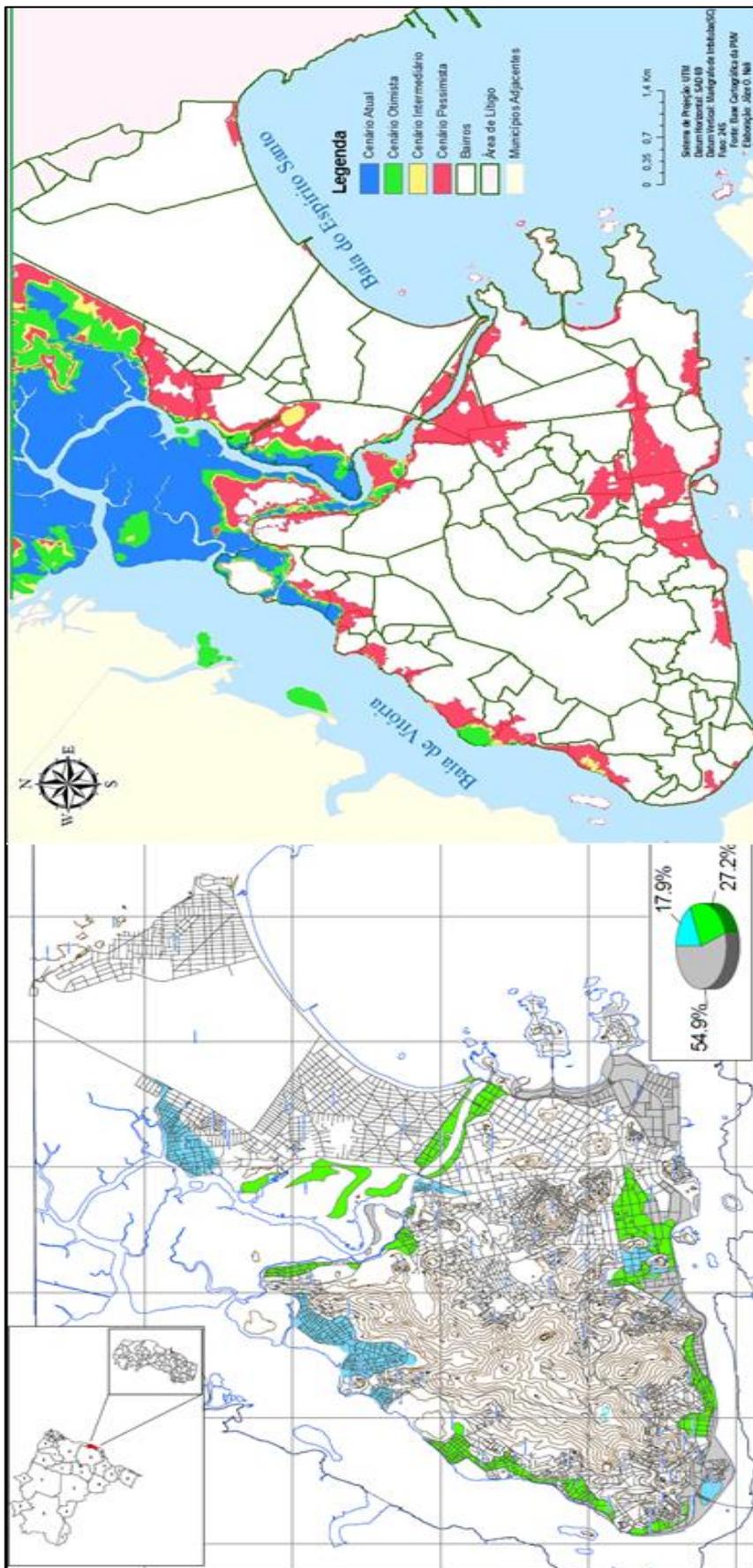


Figura 16 – Comparação entre as áreas aterradas e as áreas inundadas pela preamar média considerando o nível atual e futuro do mar

Como pode ser observado na Figura 16 há uma grande semelhança entre o mapa das áreas de Vitória que foram aterradas com o mapa das áreas da cidade inundadas pela preamar média nos quatro cenários simulados.

A explicação para essa grande semelhança deve-se ao fato de que as áreas aterradas no passado foram convertidas em terrenos urbanos de pouca elevação em relação ao nível médio do mar, sendo por isso, constantemente inundadas durante as maiores marés (NUNES; BARROSO, 2005). Com a sobrelevação do NMM praticamente todas as áreas da cidade que foram aterradas seriam passíveis de inundação.

### 5.2.2. População em risco

Para estimar a população em risco foi feita uma suposição comum em análises regionais que utilizam o *software ArcGIS*<sup>®</sup>. Foi considerado que a população de cada bairro da cidade está distribuída de forma uniforme no interior das fronteiras de cada bairro. Ao cruzar essa informação com o percentual da área inundada em cada bairro, foi possível quantificar a população em risco.

O bairro Centro, por exemplo, teria 12,04% de sua área inundada se houvesse um aumento do NMM em 1,50m (Tabela 11). Com uma população de 9.240 habitantes, a sobrelevação do NMM em 1,50m 12,04% de sua população viveria em áreas de risco, valor que corresponde a 1.184 habitantes (Tabela 12).

É fundamental compreender que as estimativas feitas sobre a população em risco são baseadas em dados da população atual, e não uma projeção de populações que possam estar em risco no futuro. Como o intuito desta pesquisa é dar uma visão preliminar sobre o assunto, análise proposta atende aos objetivos propostos.

Com base nessa premissa e nos dados sobre o percentual da área inundada pela preamar em cada bairro da cidade (Tabela 11) foi feita uma estimativa da população em risco (vulnerável a sobrelevação do mar) em cada cenário simulado, essas informações foram reunidas na Tabela 12.

Tabela 12 - População vulnerável às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados

Regionais	Bairros	População total (hab.)	Cenário Atual (hab.)	População em risco (hab.) com o aumento do NMM de:		
				0,40m	0,60m	1,50m
I	Centro	9.838	*	*	0	1.184
I	Forte São João	1.553	*	*	*	559
II	Estrelinha	2.381	*	848	1.024	1.397
II	Grande Vitória	4.402	*	*	18	768
II	Ilha do Príncipe	4.402	*	*	*	182
II	Inhanguetá	4.154	0	22	89	953
II	Mário Cypreste	1.145	*	*	*	174
II	Santo Antônio	5.947	*	3	394	2.205
II	Santa Tereza	3.343	*	*	*	2
III	Bento Ferreira	5.569	*	*	*	2.445
III	Consolação	2.766	*	*	*	1.359
III	Cruzamento	2.407	*	*	*	2
III	De Lourdes	1.920	*	*	*	728
III	Gurigica	5.997	*	*	*	16
III	Horto	98	*	*	*	61
III	Ilha de Monte Belo	1.988	*	*	5	1.128
III	Ilha de Santa Maria	2.325	*	*	*	1.332
III	Romão	3.096	*	*	*	96
III	Jesus de Nazareth	2.565	*	*	*	203
III	Nazareth	586	*	*	*	124
IV	Andorinhas	2.031	*	*	8	1.793
IV	Itararé	7.913	*	*	*	2.570
IV	Joana D'Arc	889	*	0	1	28
IV	Santa Martha	8.456	*	*	2	748
V	Barro Vermelho	5.629	*	*	*	52
V	Enseada do Suá	1.062	*	*	0	140
V	Praia do Suá	2.885	*	*	*	269
V	Santa Helena	2.372	*	*	*	86
V	Ilha do Boi	1.111	*	*	*	39
V	Ilha do Frade	418	0	0	1	31
V	Praia do Canto	15.147	0	0	1	2.804
V	Santa Luíza	1.245	0	0	0	1.031
VI	Aeroporto	73,00	*	*	22	0
VI	Antônio Honório	1.347	*	*	*	868
VI	Goiabeiras	2.633	369	603	782	1.304
VI	Jabour	1.066	*	*	*	70
VI	Jardim da Penha	30.571	*	*	*	474
VI	Maria Ortiz	13.197	19	311	532	10.300
VI	Mata da Praia	10.594	*	*	*	48
VI	Pontal de Camburi	889	0	1	3	537
VI	Segurança do Lar	550	*	*	*	91
VI	Sólon Borges	1.523	*	*	*	19
VII	Ilha das Caieiras	889	*	1	6	152
VII	Resistência	6.620	*	0	6	1085
VII	Redenção	3.125	363	454	494	1257
VII	Nova Palestina	6.471	1.865	2.661	2.939	3.656
VII	Santo André	3.054	*	5	16	1317
VII	São José	4.480	*	*	*	11
VII	São Pedro	4.294	0	3	50	1068
VIII	Jardim Camburi	39.157	1	21	53	991
<b>Total</b>			<b>2.618</b>	<b>4.933</b>	<b>6.446</b>	<b>47.756</b>

Fonte: Dados sobre população (IBGE, 2010)

Nota:\*sem inundações

Os resultados obtidos (Tabela 12) demonstram que a população de Vitória não seria muito vulnerável à sobrelevação do NMM.

Atualmente, menos de 1% da população de Vitória (2.618 habitantes) considerada neste estudo reside em áreas vulneráveis à sobrelevação do mar. A população mais vulnerável reside nos bairros Nova Palestina, Goiabeiras e Redenção, sendo que mais da metade desses moradores vivem em Nova Palestina.

Em Goiabeiras e Redenção a população em risco pode estar superestimada, já que grande parte das áreas inundadas nesses bairros corresponde a áreas de manguezal com baixa ou nenhuma ocupação humana.

Nota-se também que as inundações provocadas pela sobrelevação do mar nos bairros Inhanguetá, Ilha do Frade, Praia do Canto, Santa Luíza, Pontal de Camburi, Jardim Camburi e São Pedro inundariam menos de 1% da população desses bairros, além disso, as inundações ficariam restritas a áreas não edificadas desses bairros oferecendo, desta forma, baixo risco para os seus habitantes.

No Cenário Otimista cerca de 1,60% da população (4.933 habitantes) viveria em áreas de risco, sendo a população residente nos bairros Nova Palestina e Estrelinha as mais vulneráveis. Em Goiabeiras, Maria Ortiz e Redenção haveria um crescimento significativo do número de habitantes vivendo em áreas de risco. A população residente em Inhanguetá e Jardim Camburi também passariam a ser vulneráveis à sobrelevação do NMM. Nos demais bairros as áreas inundadas pela preamar média não chegariam a oferecer risco à população.

Com o aumento do NMM de 0,40m a população vulnerável seria ainda maior em Goiabeiras, Maria Ortiz, Redenção, Inhanguetá e Jardim Camburi. Enquanto que a população residente nos bairros Grande Vitória, Santo Antônio, Santa Martha, Nova Palestina, Santo André e São Pedro que nos cenários anteriores não foram impactadas passariam a ser. Nos demais bairros as áreas inundadas pela preamar média não chegaria a oferecer risco à população. Neste cenário cerca de 2% da população (6.446 habitantes) viveria em áreas de risco.

Se o NMM aumentasse em 1,50 m (Cenário Pessimista) cerca de 15% da população de Vitória viveria em áreas de risco. Neste cenário de todos os bairros listados na Tabela 12, apenas em quatro (Santa Tereza, Cruzamento, Aeroporto e São José) a inundação ofereceria pouco risco à população, visto que, nesses bairros as inundações ficariam restritas a áreas não edificadas.

Um dado interessante é que nos cenários anteriores o maior contingente populacional em risco estaria concentrado no bairro Nova Palestina, apenas no Cenário Pessimista a população mais vulnerável estaria no bairro Maria Ortiz. Isso ocorre porque com o aumento do NMM em 1,50m toda área do bairro Maria Ortiz seria inundada, portanto, toda a sua população estaria em área de risco.

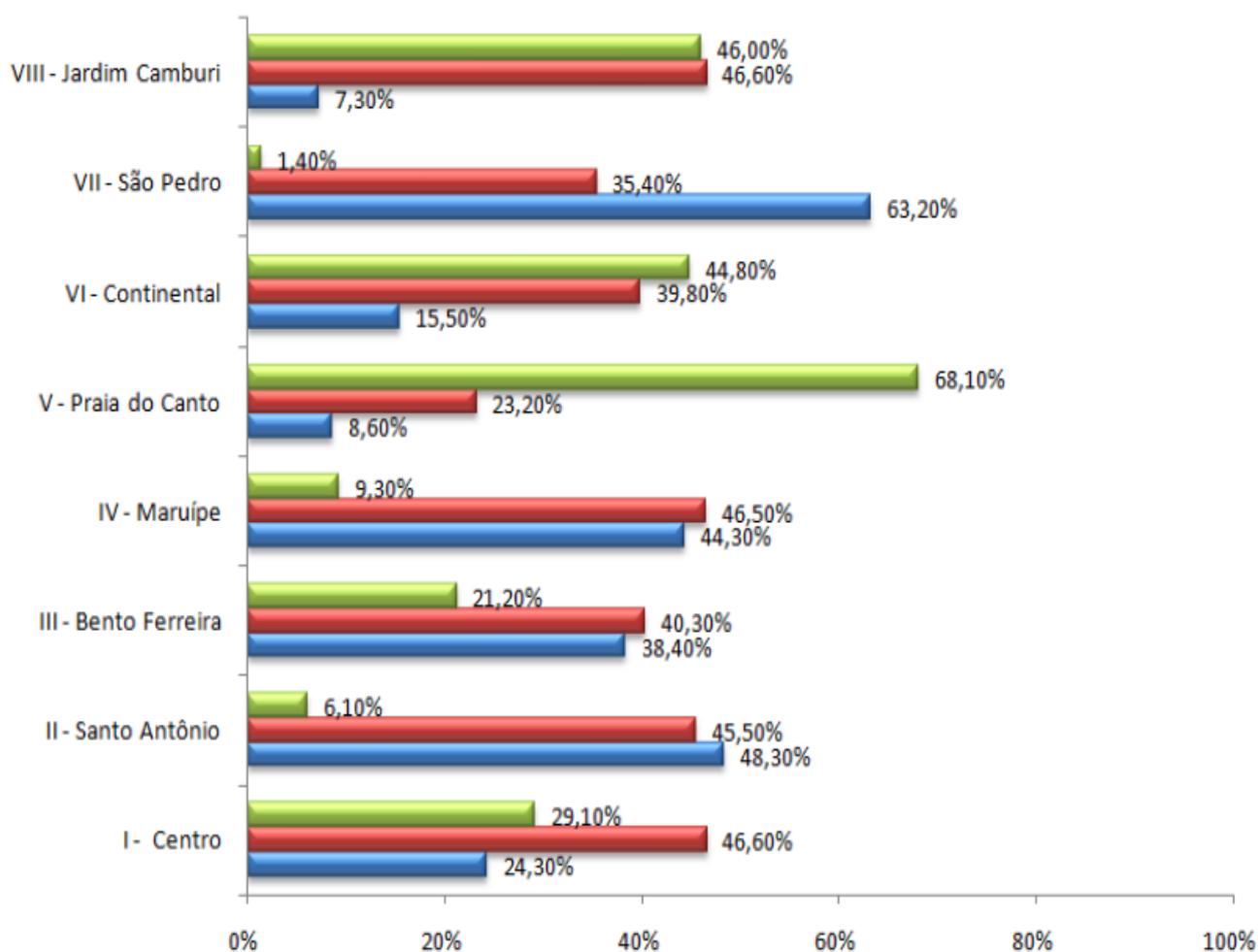
A através da soma da população em risco de cada bairro, verificou-se que nos cenários Atual, Otimista e Intermediário a regional administrativa mais vulnerável à sobrelevação do NMM corresponde a Regional VII (São Pedro). Enquanto que no Cenário Pessimista a regional mais vulnerável seria a Regional VI, como pode ser observado na Tabela 13.

**Tabela 13 - População vulnerável às inundações provocadas pela preamar média por regional administrativa, considerando o nível atual e futuro do mar**

Regional	População Total (hab.)	Cenário Atual (hab.)	População (hab.) em risco com o aumento do NMM de:		
			0,40m	0,60m	1,50m
I	18.551	0	0	0	1.843
II	37.874	0	795	1465	5.582
III	32.588	0	0	0	7.143
IV	54.402	0	0	55	5.119
V	34.236	0	0	0	4.511
VI	68.477	411	938	1346	14.133
VII	33.746	2.261	3169	3564	8.886
VIII	39.157	0	20	52	992
<b>Total</b>		<b>2.672</b>	<b>4.922</b>	<b>6.483</b>	<b>48.208</b>

Fonte: IBGE (2010) e PMV (2010).

Ao cruzar os dados sobre a população atingida em cada regional administrativa (Tabela 13) com os dados de renda mensal (rendimento em salários mínimos) por regional administrativa feita pelo IBGE (Figura 17) foi possível traçar o perfil socioeconômico de cada regional impactada



**Figura 17 – Rendimento em salário mínimo (SM) por regional administrativa**

Fonte: adaptado de PMV (2010).

Além da maior vulnerabilidade física, a Regional VII é também a regional que apresenta maior vulnerabilidade socioeconômica, pois 63,20% da população que reside nessa regional recebe até 2 salários mínimos, portanto, é a regional administrativa de Vitória que apresenta menor renda.

A maior vulnerabilidade socioeconômica dos bairros que compõem a Regional VII está intimamente ligada às precárias condições que marcaram a ocupação e o desenvolvimento desses bairros, como a ocupação do manguezal na região noroeste e centro-leste da ilha através de palafitas (Figura 18) e aterros.



**Figura 18 - Ocupação irregular dos mangues da região noroeste da Ilha de Vitória na década de 1980, região que ficou conhecida como a "Grande São Pedro"**

Fonte: PMV (2010).

Com o aumento do nível do mar, as inundações costeiras seriam cada vez mais recorrentes, resultando numa maior interrupção de atividades comerciais e de evacuações devido à inundações de residências e de outras propriedades.

Portanto, se fizermos uma análise baseada apenas no aspecto econômico, pode-se dizer que a população de Vitória mais vulnerável a sobrelevação do NMM residem, em sua maioria, em bairros que apresentam menor renda.

Como a vulnerabilidade é uma função da magnitude do impacto, da sensibilidade do sistema a esse impacto, e da capacidade do sistema para se adaptar (HEWITT, 1997 apud HERBEGGER et al., 2009), conclui-se que, quanto maior o menor for o poder aquisitivo da população e pior for a infraestrutura do local onde estão instaladas, menor seria a capacidade dessa população de se resguardar contra os efeitos das inundações provocadas pelo mar, e maior seria sua dependência com o poder público.

Vale ressaltar que a análise da população em risco ficou limitada ao fator renda. Uma análise mais abrangente do impacto da elevação do NMMM poderia ser feita para todos os subgrupos vulneráveis ou para outros fatores como IDH, idade e nível de instrução.

### 5.2.3. Vulnerabilidade do sistema viário

#### - Estrutura Viária

De acordo com Plano Diretor de Transporte e Mobilidade do Município de Vitória (PDTMUV) as barreiras físicas naturais constituem o principal fator limitante para a expansão do seu sistema viário. Cercado por mar, orlado por áreas alagáveis protegidas, dominado pelo Maciço Central e afloramentos montanhosos e pressionado pela expansão da ocupação urbana, o sistema viário da cidade é restrito e sem alternativas de expansão para acompanhar o crescimento da demanda (PDTMUV, 2007).

A situação se agrava ainda mais na área central, constituída por vias estreitas e sinuosas em áreas de topografia acidentada, comprimidas entre a orla da Baía de Vitória e as encostas do Maciço Central e que, no seu ponto mais estreito, contam com apenas duas vias longitudinais. A área central abriga o núcleo fundacional e também grande proporção dos serviços, comércio e atividades de gestão, o que a faz um dos principais destinos das viagens geradas em toda a Região Metropolitana. Além disso, desempenha a função de passagem para os deslocamentos individuais e coletivos interbairros e intermunicipais da Grande Vitória (PDTMUV, 2007). Na Figura 19 é possível visualizar as principais vias da cidade e as sete pontes existentes que ligam à ilha de Vitória a parte continental da cidade e aos municípios adjacentes.



**Figura 19 – Sistema viário de Vitória**

Fonte: adaptado de PMV(2010).

### - Análise dos cenários

O impacto das inundações provocadas pela sobrelevação do mar poderia comprometer seriamente o sistema viário de Vitória nas áreas passíveis de inundação. Nesse sentido, foram contabilizadas as vias, praças e pontes da cidade que seriam vulneráveis as inundações decorrentes da sobrelevação do NMM. Essa análise permitiu identificar os locais que teriam o seu fluxo prejudicado e/ou interrompido (Figura 20).

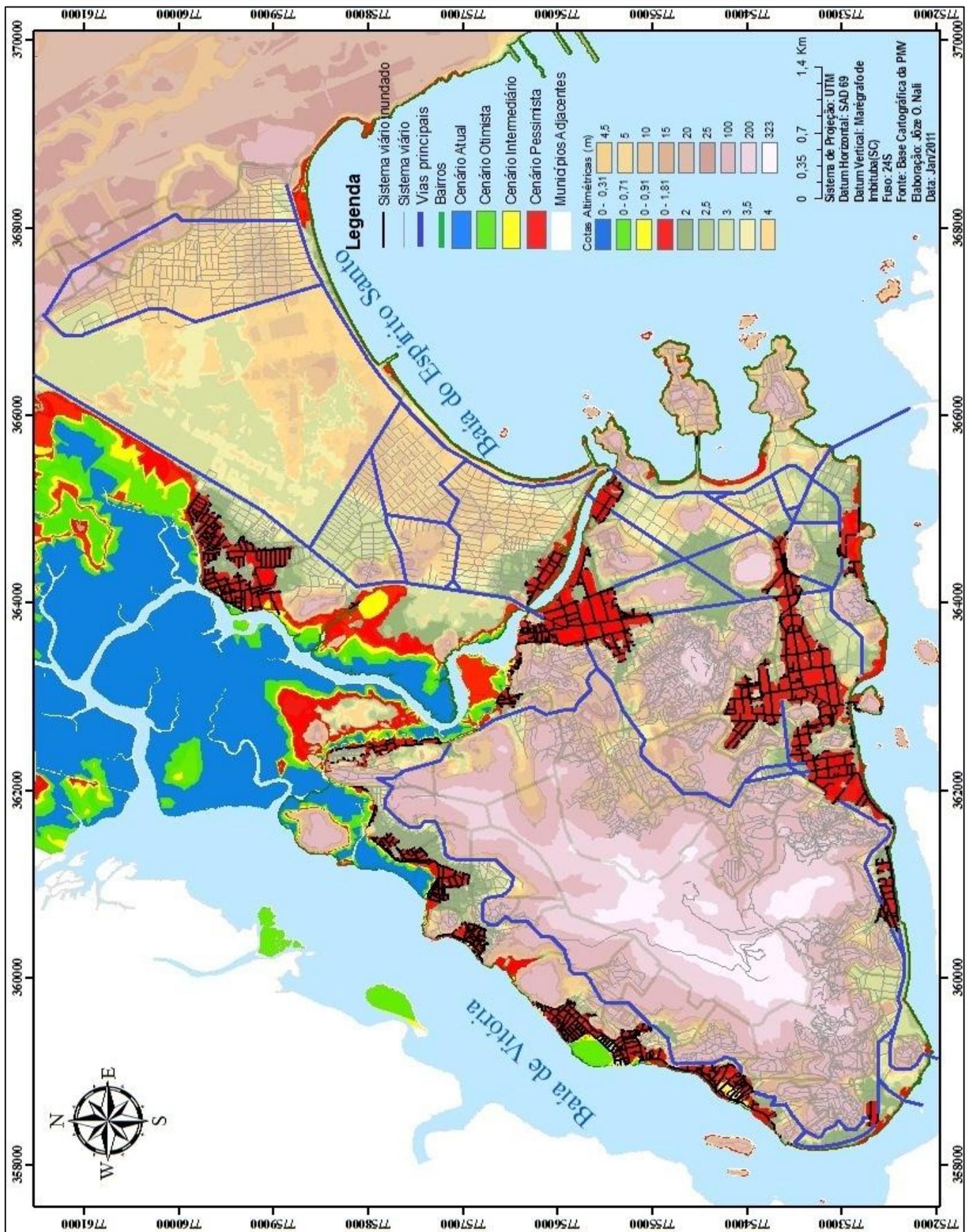


Figura 20 - Sistema viário de Vitória vulnerável às inundações provocadas pela sobrelevação do mar, tendo como base a preamar média. A linha em azul indica as principais vias d cidade

No Cenário Atual (área em azul da Figura 20) a preamar média inunda apenas as áreas não edificadas da cidade, não afetando dessa forma o seu sistema viário. Nos demais cenários, em função do aumento do NMM projetado, o sistema viário passaria a ser comprometido em vários bairros.

Na Figura 20, as áreas em verde com linhas pretas indicam as vias e praças da cidade que seriam inundadas se houvesse um aumento do NMM de 0,40m. Já as áreas em amarelo com linhas pretas indicam as vias e praças da cidade que seriam inundadas se houvesse um aumento do NMM de 0,60m. Por fim, as áreas em vermelho com linhas pretas indicam as vias e praças da cidade que seriam inundadas se houvesse um aumento do NMM de 1,50m.

Salienta-se que nem todos os bairros inundados descritos na seção 5.2.1 teriam o seu sistema viário comprometido. A explicação para essa diferença é simples, a inundação provocada pela preamar média ficaria restrita as áreas não edificadas de alguns bairros, não oferecendo assim, risco ao sistema viário dos mesmos. A Tabela 14 reúne as estruturas viárias passíveis de inundação nos três cenários de sobrelevação do NMM propostos.

**Tabela 14 - Estruturas viárias vulneráveis à sobrelevação do NMM**

Estrutura viária	Estrutura viária em risco com o aumento do NMM:		
	0,40 m	0,60m	1,50m
Alameda	0	1	3
Avenida	0	2	29
Beco	0	4	64
Escadaria	0	0	17
Ponte	0	0	6
Praça	1	1	13
Rua	15	34	422
Servidão	0	1	10
Travessa	1	11	36

No Cenário Otimista a sobrelevação do mar iria comprometer apenas 15 ruas da cidade, além da Tv. Oito de Junho (Inhanguetá) e a Praça Dom João Batista (São Pedro). Portanto, as principais vias de acesso da cidade (avenidas e pontes) não seriam comprometidas. Neste cenário a inundação ficaria restrita a pontos específicos da cidade trazendo transtornos, principalmente, para os moradores e/ou comerciantes que possuem residências e/ou estabelecimentos comerciais próximos as vias inundadas. Nenhuma das vias inundadas cruzam e/ou dão acesso as vias principais.

No Cenário Intermediário haveria um crescimento do número de estruturas inundadas em relação ao Cenário Otimista. No entanto, apesar de agravado, o comprometimento do sistema viário ainda ficaria restrito a pontos específicos da cidade, principalmente em Maria Ortiz, Santo Antônio e Estrelinha. O trânsito nesses bairros ficaria bastante comprometido, trazendo inúmeros transtornos para população.

As avenidas principais da cidade e as vias de acesso às pontes também não seriam comprometidas, apenas duas avenidas (Av. Beira Mar em São Pedro e Av. Adelpho Poli Monjardim em Santo Antônio) seriam completamente inundadas pelo mar, prejudicando o fluxo de veículos e de transeuntes na região. Nenhuma das vias inundadas cruzam e/ou dão acesso as vias principais.

No Cenário Pessimista o sistema viário seria seriamente comprometido. Cinco das sete pontes existentes na cidade teriam o trânsito comprometido devido à inundações das vias que dão acesso as mesmas. A Ponte Ayrton Senna, Ponte da Passagem, Ponte de Camburi e Ponte Desembargador Paes Barreto teriam todas as suas vias de acesso inundadas prejudicando o trânsito entre a ilha e a parte continental de Vitória. Na Terceira Ponte, o trânsito seria comprometido no sentido Vitória-Vila Velha, por causa da inundações parcial da Rua Dukla de Aguiar, impedindo o fluxo de veículos para Vila Velha, além de provocar congestionamento em vários pontos de Vitória.

Alguns trechos das principais avenidas da cidade também seriam inundados, além disso, muitas ruas que dão acesso a estas avenidas seriam inundados, o trânsito nessas áreas ficaria caótico.

Em bairros residenciais como Santo Antônio, Inhanguetá e Grande Vitória a inundações dificultaria o trânsito nas áreas inundadas e nas áreas mais afetadas poderia dificultar o acesso (entrada e saída) dos moradores em suas residências. A população também teria dificuldade de chegar a repartições públicas instaladas nas áreas inundadas, os serviços prestados também poderiam ser comprometidos, principalmente os serviços que dependem dos meios de transporte como os serviços de saúde (ambulâncias) e de segurança (viaturas de patrulhamento e corpo de bombeiros).

Além dos problemas descritos, a inundação de áreas e, conseqüentemente, do sistema viário fariam com que alguns locais ficassem isolados, formando verdadeiras “ilhas” dentro da cidade (Figura 21).

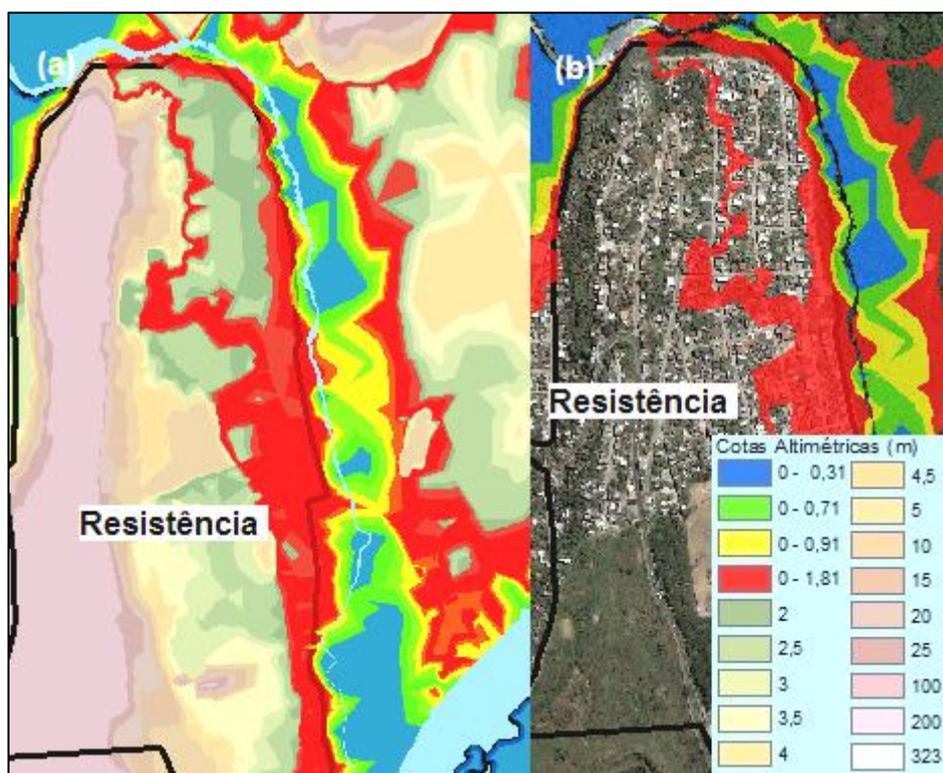


Figura 21 – Formação de “ilhas” no bairro Resistência no Cenário Pessimista (área em vermelho). A imagem (a) mostra a topografia do bairro enquanto a imagem (b) mostra uma foto de satélite do local

A formação das “ilhas” seria verificada de forma temporária (durante a ocorrência das preamares), nesse período pessoas e veículos teriam dificuldade em chegar e sair desses locais. Essa situação só foi verificada no Cenário Pessimista, nos bairros Maria Ortiz, Resistência, Enseada do Suá, Ilha do Frade, Santa Luíza e Andorinhas, como pode ser observado na Figura 22.

As setas amarelas (Figura 22) indicam as áreas que seriam isoladas. Os casos mais graves localizam-se na Ilha do Frade, Resistência e em Maria Ortiz. Na Ilha do Frade, devido à inundação da rua de acesso à Ponte Desembargador Paes Barreto, a ligação da Ilha com a parte continental da cidade ficaria comprometida. Em Maria Ortiz e Resistência a gravidade está relacionada ao tamanho da área que ficaria ilhada e ao fato das mesmas serem densamente ocupadas.



Figura 22 – Formação de “ilhas” em diferentes bairros da cidade. As áreas em vermelho indicam as áreas que seriam inundadas pela preamar média no Cenário Pessimista

#### 5.2.4. Vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana

##### - Sistema de drenagem de Vitória

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Vitória dividiu o sistema de drenagem do município em 98 bacias (Figura 23), e identificou que 34 bacias apresentam problemas em seu sistema de drenagem devido à ocorrência simultânea de precipitações e do aumento do nível do mar (maiores níveis de maré). Enquanto que em 12 das 34 bacias (Quadro 10), os problemas de drenagem estão relacionados apenas ao aumento do nível do mar durante a ocorrência das maiores marés.

Ressalta-se que o PDDU de Vitória realizou apenas o cadastro topográfico das redes de drenagem do município com dimensão igual ou superior a 0,60 m (macrodrenagem). A questão da elevação do NMM não foi considerada.

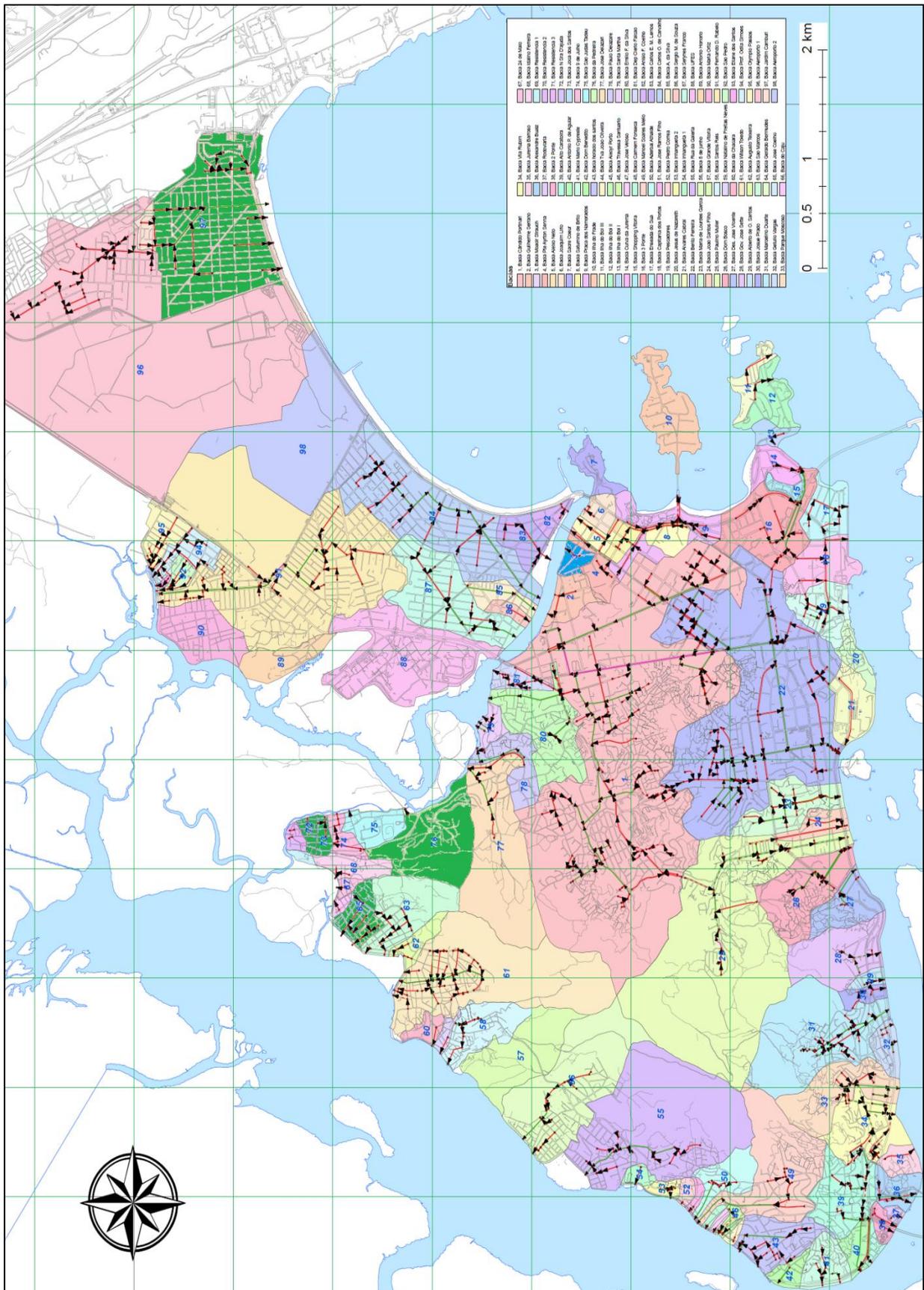


Figura 23 - Bacias de drenagem de Vitória  
 Fonte: PDU (2008).

**Quadro 10 - Bacias de drenagem que apresentam problemas**

<b>Classificação das bacias de acordo com o PDDU de Vitória:</b>	<b>Identificação das bacias de drenagem</b>
Bacias que possuem problemas de drenagem devido as chuvas <sup>1</sup> e as marés que ocorrem na região <sup>2</sup>	1.Cândido Portinari, 2.Guilherme Serrano, 3.Moacir Strauch, 4.Ponte Ayrton Senna, 5.Aleixo Neto, 6.Joaquim Lírio, 7.Sacre Coeur, 8.Saturnino de Brito, 9.Praça dos Namorados, 22.Bento Ferreira, 23.Maria de Lourdes Garcia, 24.João Santos Filho, 25.Paulino Muller, 26.Dom Bosco, 29.Alberto O. Santos, 32. Getúlio Vargas, 33. Parque Moscoso, 34. Vila Rubim, 39. Alto Caratoira, 40. Antonio P. de Aguiar, 43. Horácio dos Santos, 46.Travessa Santuário, 47. Jose Veloso, 49. Manoel Soares Mello, 51. José Ramos Filho, 55.Rua da Galeria, 56.Rua 8 de junho, 58.Santos Reis, 59.Natalino de Freitas Neves, 60.Chácara, 61.Wilson Toledo, 77.José Delazari, 91.Fernando Duarte Rabelo e 97.Jardim Camburi.
Bacias que possuem problemas de drenagem devido às marés <sup>2</sup>	1. Cândido Portinari, 22. Bento Ferreira, 23. Maria de Lourdes Garcia, 25. Paulino Muller, 26. Dom Bosco, 39. Alto Caratoira, 40. Antonio P. de Aguiar, 55. Rua da Galeria, 56. Rua 8 de junho, 59. Natalino de Freitas Neves, 60. Chácara, 61. Wilson Toledo, 91. Fernando Duarte Rabelo e 97. Jardim Camburi.

Fonte: PDDU de Vitória (2008).

Notas: <sup>1</sup>informações obtidas através da comparação das vazões de capacidade das galerias com as vazões de pico, considerando uma precipitação de 60 minutos de duração e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

<sup>2</sup> O efeito da maré foi avaliado através do cálculo do remanso por meio do *Standard Step Method*, foi considerado a cota de maré na saída da galeria equivalente ao nível de 10 % da curva de permanência das marés. O cálculo só não foi efetuado para a bacia 1.

De uma forma geral, os problemas de drenagem verificados nas bacias mencionadas no Quadro 10 devem-se ao subdimensionamento do sistema de drenagem da cidade, ou seja, os elementos que compõem o sistema (como galerias e as estações de bombeamento) possuem capacidades incompatíveis com as vazões de pico atuais que ocorrem na cidade, principalmente durante as precipitações mais intensas combinadas com as preamares de sizígia.

Além de estarem subdimensionadas, as 12 bacias que apresentam problemas de drenagem devido à ação exclusiva do mar (desconsiderando o efeito das precipitações) têm como características a proximidade com o mar (limitam-se com o mar) e o baixo gradiente topográfico (presença de áreas planas e com baixas elevações). Esses fatores fazem com essas bacias sejam, extremamente vulneráveis aos níveis de maré que causam inundação. Portanto, uma pequena variação no nível do mar poderia comprometer ainda mais o sistema de drenagem dessas bacias..

O comprometimento das bacias de drenagem devido à ação exclusiva do mar foi verificada durante a vista *in situ* realizada em vários bairros de Vitória nos dias 02/03/2010 (o nível da maré previsto atingiu um máximo de 1,70m, às 15h49min local) e 19/03/2001 (o nível da maré previsto atingiu máximo de 1,80m às 15h02min local). Nos dias que antecederam as visitas não foram registradas precipitações pluviométricas, ficando caracterizada a influência exclusiva da maré como agente causador dos alagamentos observados.

Na Bacia 55, por exemplo, a galeria instalada na Rua da Galeria no bairro Estrelinha funciona por gravidade. No entanto, existem terrenos implantados abaixo do nível da maré na Rua Itabira (rua transversal a Rua da Galeria que margeia a orla do bairro Estrelinha) que inviabiliza esse tipo de sistema, por isso, são frequentes as inundações provocadas pela ação exclusiva da maré (Figura 24) na região.

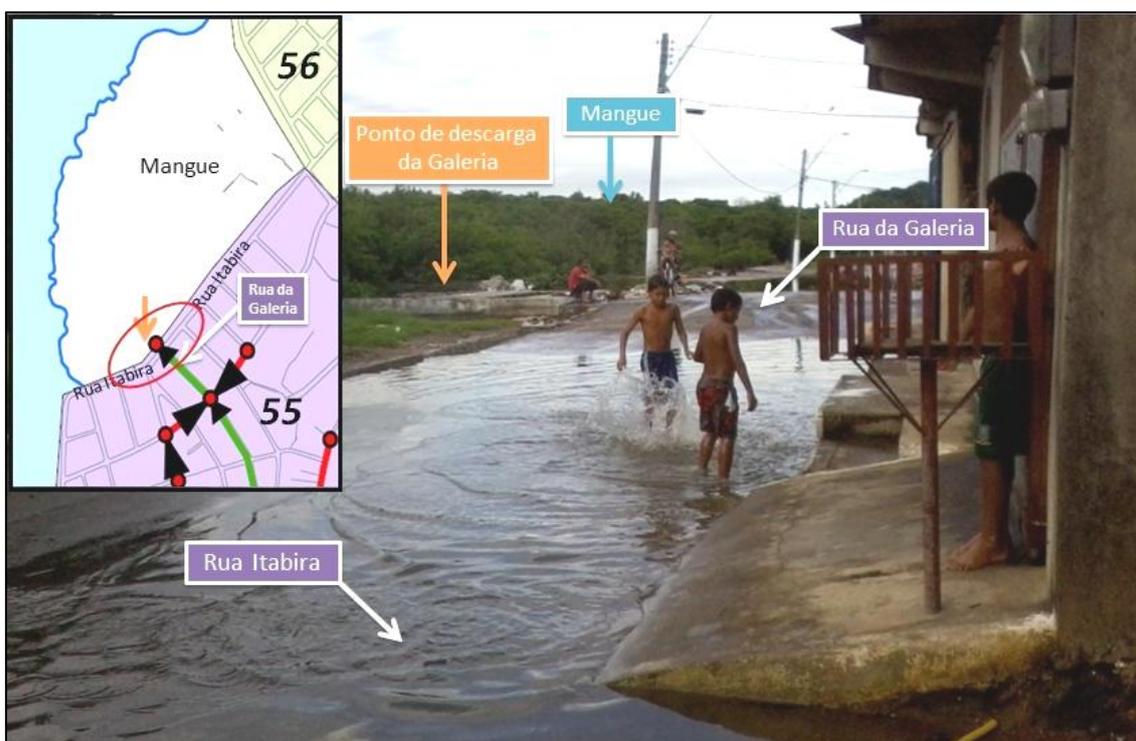


Figura 24 – Inundação observada às 16h05min na área próxima ao ponto de descarga da galeria situada na Rua da Galeria (ponto de descarga da galeria está indicado pela seta laranja) pertencente à Bacia 55. Essa inundação se deu em 19/03/2011 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,80m às 15h02min local, a área circulada em vermelho indica o local onde a fotografia foi tirada

Também foi observado que o sistema de drenagem dos bairros situados na porção noroeste e sudoeste de Vitória são os que mais sofrem com as inundações decorrentes das preamares que incidem na região.

A maior vulnerabilidade do sistema de drenagem na porção noroeste e na porção sudoeste de Vitória também foi relatada no estudo de Nunes (2007). De acordo com o autor, a maré incidente na região é capaz, por seu exclusivo efeito, de levar parte do sistema de drenagem pluvial do município de Vitória, tanto à simples saturação, como a condições onde é excedida a capacidade de drenagem. Nessas áreas, o efeito da maré ultrapassa a simples influência sobre a drenagem de águas continentais, passando a desempenhar o papel ativo de agente causador de alagamentos nos bairros situados às margens da Bahia de Vitória

Sobre esse efeito da maré, verifica-se a preocupação do poder municipal em impedir o acesso das águas estuarinas ao ambiente urbano, mediante a construção de comportas em algumas galerias de drenagem da cidade para conter os níveis das preamares (Figura 25).



**Figura 25 - Comportas para retenção do fluxo da maré (em situação fechada), localizada na galeria do Bairro Bento Ferreira, à Rua Jair Etiene Dessaune. Registro fotográfico obtido às 16h00min do dia 02/03/2010, 11 minutos após a preamar**

Foi verificado *in situ* que níveis de maré superiores a 1,50m já são suficientes para prejudicar o sistema de drenagem em vários bairros situados na porção noroeste e sudoeste da cidade, deixando as áreas mais próximas ao mar parcialmente e em alguns casos completamente inundadas (Figura 26).



Figura 26 – Inundação no bairro Estrelinha verificada no dia 02/03/2010 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,70m às 15h49min local (a) e no dia 19/03/2011 quando a maré prevista atingiu um máximo de 1,80m às 15h02min local (b). A foto (a) foi tirada às 16h33min e a foto (b) foi tirada às 15h14min

Nesses dois dias, a inundação ocasionada pela maré trouxe inúmeros transtornos para população residente nessas áreas. Muitos moradores tiveram dificuldade de entrar e de sair de suas residências, de transitar nas vias inundadas, além de prejuízos materiais. Em algumas residências a inundação chegou danificar alguns móveis e eletrodomésticos.

Durante a visita realizada no 19/03/2010 cerca de 50 moradores reclamaram dos transtornos causados por esse tipo de inundação (inundações causadas pela ação exclusiva das preamares). De acordo com os moradores, esse tipo de inundação é um problema frequente, e a PMV não toma nenhuma providência para resolvê-lo de forma definitiva. Relataram também que as piores inundações são registradas em março, mês em que se observam, normalmente, as maiores preamares que ocorrem ao longo do ano e em setembro período em que são registrados altos índices pluviométricos na região.

Os sistemas de drenagem das demais porções da cidade (norte, nordeste, centro-leste, sul e sudeste) mostraram-se pouco vulneráveis às inundações decorrentes das preamares durante os dias em que foi feito o registro

fotográfico. Foi verificado que nesses locais, a pesar de haver o afogamento dos pontos de descarga das galerias, as áreas próximas a esses pontos de descarga não ficaram inundadas (Figura 27).



Figura 27 - (a) Localização, (b) vista *in situ* do ponto de descarga, no Canal Principal da Baía de Vitória (junto à Ilha da Fumaça), da galeria de drenagem do Bairro Bento Ferreira, zona Sul da Ilha de Vitória 30 minutos após a baixa-mar prevista para o dia 19/03/2011 e (c) imagem da mesma galeria completamente inundada 10 minutos após a preamar prevista para dia 19/03/2011

#### - Análise dos cenários

As simulações da sobrelevação do NMM sobre o sistema de drenagem de Vitória demonstram que o sistema seria extremamente vulnerável ao aumento do NMM, como pode ser observado na Figura 28.

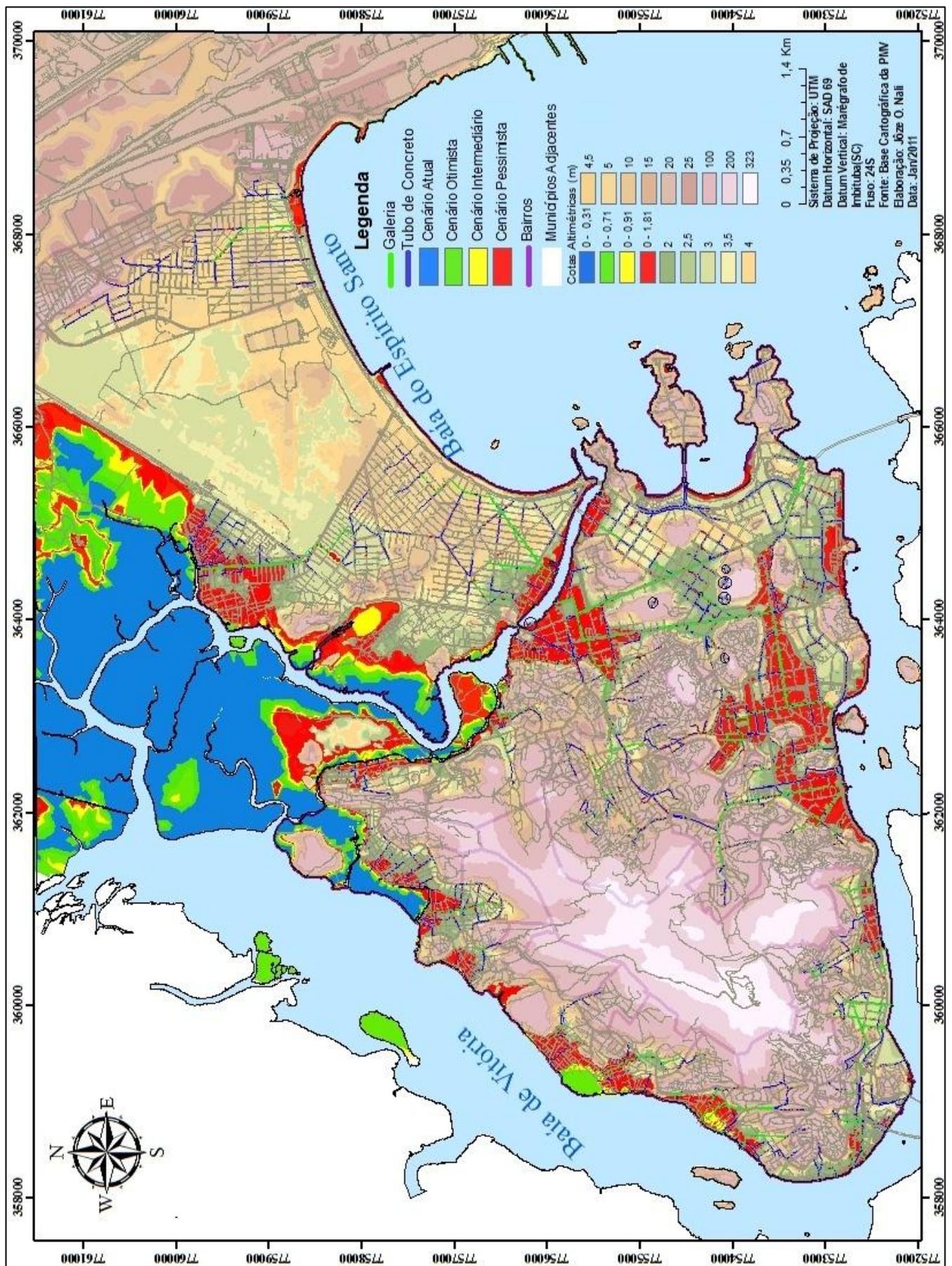


Figura 28 - Vulnerabilidade do sistema de drenagem de Vitória frente às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados

Na Tabela 15 foram quantificados todos os elementos que compõem o sistema de drenagem da cidade, considerados neste estudo, vulneráveis às inundações provocadas pela preamar média em cada cenário simulado. A vulnerabilidade das galerias, dos PV, das estações elevatórias e dos pontos de descarga indica que houve uma inundação de 100% desses elementos. Já a vulnerabilidade das bacias de drenagem e das vias indica a inundação parcial ou total desses elementos.

**Tabela 15 - Componentes do sistema de drenagem vulneráveis às inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados**

Elementos	Cenário Atual	Elementos em risco com o aumento do NMM:		
		0,40m	0,60m	1,50
Bacias	7	18	32	82
Galerias	7	20	41	248
PV	0	0	11	671
Pontos de descarga	7	20	38	110
Estações de Elevatórias	0	0	0	2
Vias	0	17	54	600

No Cenário Atual a mancha de inundação (área em azul da Figura 28) fica restrita às áreas mais próximas aos pontos de descarga de sete galerias instaladas em sete bacias de drenagem da cidade (Tabela 15). Os demais componentes considerados não são comprometidos, ou seja, inundados.

Salienta-se que o número de bacias que atualmente ficam inundadas, difere-se do número apresentado no PDDU (12 bacias), uma vez que, apenas as áreas das bacias de drenagem inundadas pela preamar média foram consideradas, os demais níveis de maré foram desconsiderados. Detalhes sobre as bacias e as galerias inundadas no Cenário Atual foram reunidos no Quadro 11. Quadros similares foram elaborados para os três cenários de elevação do NMM propostos neste estudo (Apêndice A).

**Quadro 11 - Cenário Atual: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória**

Bacia	Detalhes
03. Moacir Strauch	Galeria que passa pela Rua Moacir Strauch e deságua no Canal da Passagem
64. Geraldo Bermudês	Galeria que passa pela Rua Doutor José Geraldo Bermudês (Nova Palestina) e deságua no mangue.
65. José Coelho	Galeria que passa pela Rua José Coelho (Nova Palestina) e deságua no mangue.
72. Nossa Sra. D'ajuda	Galeria que passa pela Rua N Sra. D'ajuda (Resistência) e deságua no mangue
73. Joca dos Santos	Galeria que passa pela Rua Joca P. dos Santos (Resistência) e deságua no mangue.
76. Da Pedreira	A galeria deságua próximo ao trecho entre as ruas Beatriz Francisco Batista e São Sebastião, localizadas no bairro Resistência. A galeria deságua no mangue.
97. Jardim Camburi	Galeria da Av. Dante Michelini próxima à esquina com a Rua Munir Helal (Jardim Camburi) e deságua na Praia de Camburi.

Assim como no Cenário Atual, no Cenário Otimista a mancha de inundação (área em verde na Figura 28) ficaria restrita às áreas mais próximas aos pontos de descarga de 20 galerias instaladas em 18 bacias de drenagem da cidade (Tabela 15), a única diferença é que um número maior de bacias e, conseqüentemente, de galerias passariam a ser inundadas (Tabela 15). Além disso, o aumento do NMM de 0,40m faria com que 17 vias da cidade fossem inundadas, o que possibilitaria a entrada de água do mar no sistema através de dos elementos que compõem a microdrenagem da cidade, como as bocas de lobo. Os demais elementos não seriam comprometidos, como pode ser observado na Tabela 15.

No Cenário Intermediário (área em amarelo da Figura 28) 32 bacias de drenagem teriam parte de suas áreas inundadas pela preamar média. O aumento do NMM em 0,60m poderia ocasionar a restrição ao escoamento em 38 pontos de descarga, situados em diferentes áreas da cidade, além de provocar um aumento da pressão interna na rede, proporcionando uma maior ocorrência de falhas hidráulicas e estruturais.

Neste cenário, a água do mar empoçada em 54 vias da cidade penetraria no sistema através de 11 PV e dos elementos que compõe o sistema de microdrenagem, aumentando substancialmente o volume de água a ser drenada (detalhes sobre os efeitos da sobrelevação do mar no sistema de drenagem encontram-se na seção 3.4.2).

Todos os problemas descritos seriam agravados no Cenário Pessimista (área em vermelho da Figura 28). Com a elevação do NMM de 1,50m, 82 bacias de drenagem teriam o seu sistema de drenagem comprometido. Como resultado, diversas áreas da cidade, principalmente as de menor altitude, ficariam inundadas por mais tempo impedindo e/ou dificultando o fluxo de veículos e de pessoas nas áreas inundadas. Áreas que não apresentavam problemas de drenagem passariam a tê-los. Além disso, em muitos locais o sistema de drenagem teria que ser readequado às novas condições impostas pela sobrelevação do NMM.

#### 5.2.5. Vulnerabilidade do sistema de esgoto

##### - Sistema de esgoto de Vitória

Atualmente, 60,1% da população de Vitória conta com coleta e tratamento de esgoto sanitário. Após a conclusão da ampliação do sistema de esgotamento sanitário que está sendo feito através do Programa Águas Limpas, Vitória será a primeira Capital do país a atender 100% dos moradores com coleta e tratamento de esgoto, a previsão é que essas obras sejam concluídas até o final de 2012 (CESAN, 2011).

O sistema de esgotamento de Vitória possui 10 bacias denominadas de: B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9 e B10. Atualmente o sistema de esgoto da cidade conta com seis ETE, cujas principais características foram reunidas no Quadro 12.

**Quadro 12 - Descrição das ETE em operação**

Nome da ETE	Tipo de Tratamento	Vazão Nominal (l/s)	Responsável pela Operação
Camburi	Lagoas de Estabilização Aeradas Mecanicamente	300	CESAN
Grande Vitória	Filtros Anaeróbios e Leitões de Secagem	25	PMV
Mulembá	Lodo Ativado com Aeração Escalonada	210	CESAN
Nova Palestina	Filtros Anaeróbios	17	CESAN
Resistência	Filtros Anaeróbios e Leitões de Secagem	8	PMV
Santa Tereza	Tanque de Aeração Mecânica e Leito de Secagem	8	CESAN

Fonte: PDDU (2008).

Os esgotos da Bacia B4 são recalçados à ETE Mulembá, localizada no bairro Joana D'Arc. Os esgotos das bacias B9 e B10 são recalçados à ETE Camburi,

localizada no bairro Jardim Camburi. Os esgotos das demais bacias são recalcados para as demais ETE (PDDU, 2008).

Como o sistema de esgoto da cidade ainda não atende grande parte de seus bairros há um grande número de contribuições indesejadas, esgoto proveniente de instalações prediais, no sistema de drenagem da cidade comprometendo o sistema e a qualidade d'água do corpo receptor, resultando em falhas ambientais.

A situação é mais grave nos bairros desprovidos de sistema de esgoto ou que possuem um sistema incompleto, principalmente em: Santo Antônio, Inhanguetá, Estrelinha, Grande Vitória, São Pedro e Santo André. Com o aumento do NMM esses problemas seriam cada vez mais frequentes e potencialmente agravados.

#### -Análise dos Cenários

As simulações da sobrelevação do NMM sobre o sistema de esgoto de Vitória demonstram que o sistema não seria muito vulnerável se houvesse uma sobrelevação do NMM de até 0,40m. Os problemas mais graves começariam a ser diagnosticados se houvesse uma sobrelevação do NMM acima de 0,60m.

Em função da escala e dos detalhes da planta de esgoto da cidade, ao invés de mostrar o mapa sobre a vulnerabilidade do sistema de esgoto da cidade foram selecionados alguns locais para ilustrar o comprometimento do sistema nos diferentes cenários simulados. Na Tabela 16 é possível visualizar os componentes do sistema, considerados neste estudo, passíveis de inundação.

**Tabela 16- Componentes do sistema de esgoto de Vitória vulneráveis à sobrelevação do mar, considerando a preamar média**

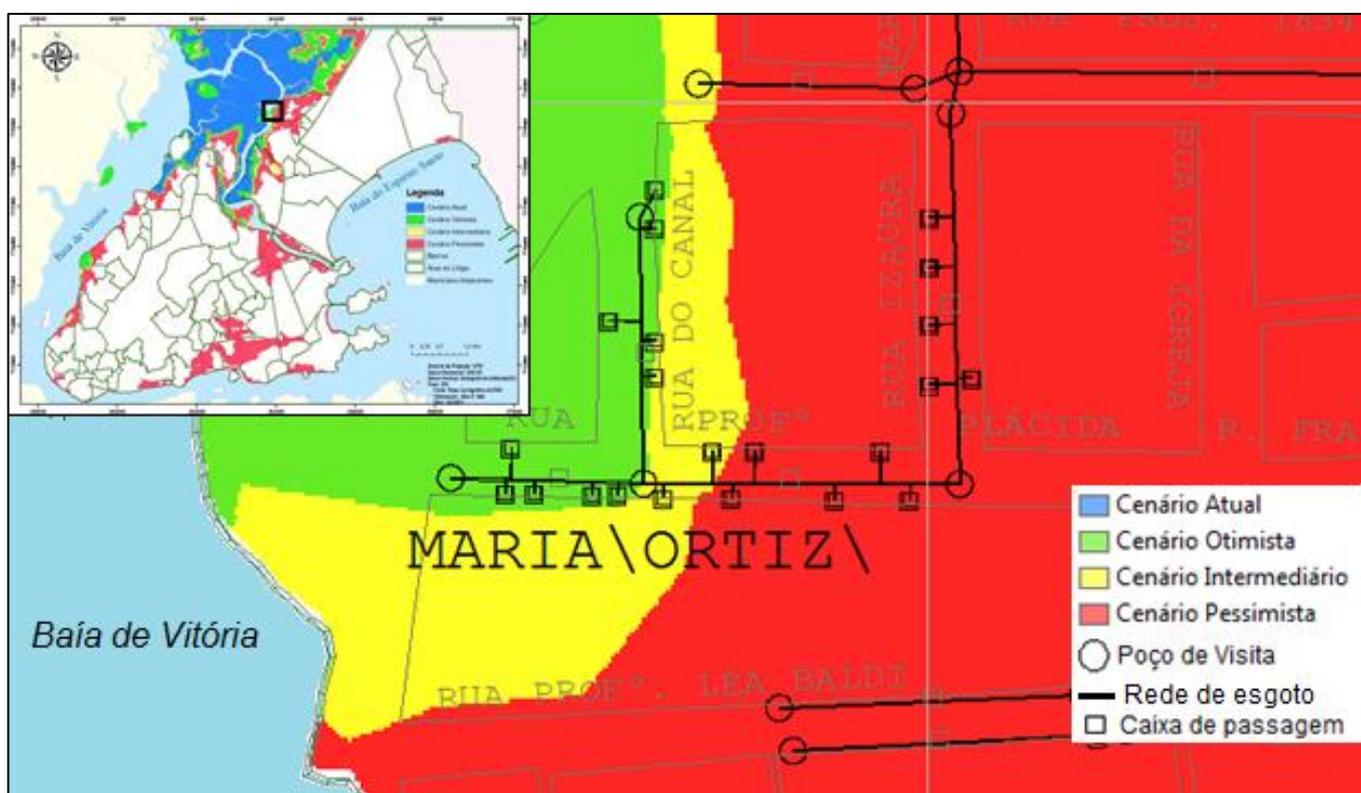
Sistema de esgoto	Componentes considerados	Cenário Atual	Componentes em risco com o aumento do NMM:		
			0,40m	0,60m	1,50m
Bacias	7	5	6	7	10
EEEEB	25	0	3	5	9
ETE	6	0	1	1	5
PV	*	0	8	18	109

Nota: \* Em virtude do elevado número de PV existentes, só foram contabilizados os PV que seriam inundados pela preamar média.

De acordo com a Tabela 16, no Cenário Atual áreas pertencentes a cinco bacias de esgoto são inundadas, a saber: B7, B8, B9 e uma pequena área das

bacias B4 e B10. No entanto os demais componentes analisados não foram comprometidos, ou seja, inundados.

Com aumento do NMM de 0,40m (Cenário Otimista) alguns dos elementos que compõem o sistema de esgoto de Vitória passariam a ser comprometidos. Neste cenário, a preamar média inundaria áreas pertencentes a seis bacias: B4, B6, B7, B8, B9 e B10. Em alguns pontos, a água do mar poderia penetrar no sistema de esgoto da cidade através da inundação de 8 PV, de 3 EEEB e da ETE Grande Vitória (Tabela 16), podendo comprometer o funcionamento do sistema como apresentado na seção 3.4.2. Salienta-se que todos os PV inundados estão localizados na Bacia B9 (Figura 29).

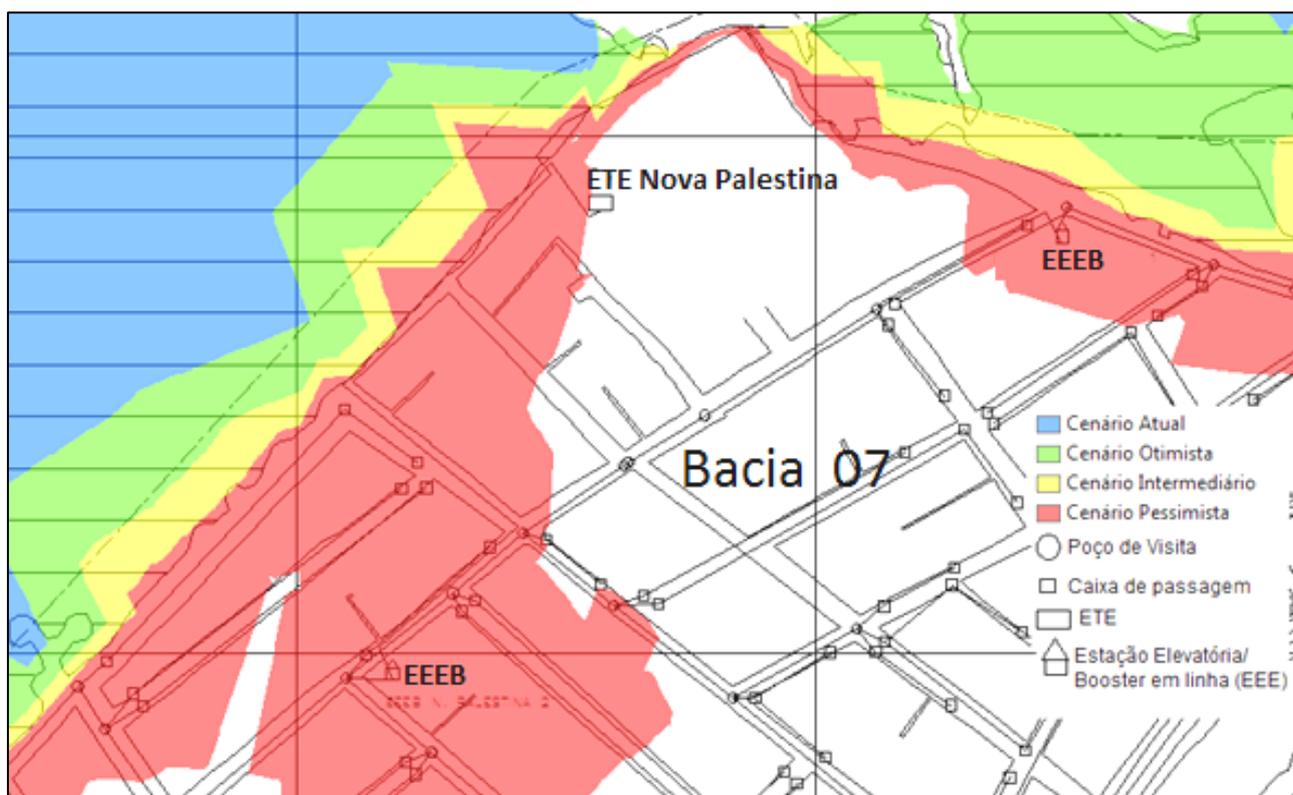


**Figura 29 - Inundação provocada pela preamar média no sistema de esgoto de Vitória instalado no bairro Maria Ortiz (bacia B9) nos quatro cenários simulados**

Se o NMM aumentasse em 0,60m (Cenário Intermediário) áreas pertencentes às bacias B2, B4, B6, B7, B8, B9 e B10 seriam inundadas. Assim como no Cenário Otimista a água do mar entraria no sistema através da inundação de 18 PV, de 5 EEEB e da ETE Grande Vitória (Tabela 16). Em função do maior número de componentes inundados o sistema seria mais comprometido do que no Cenário Otimista devido ao maior aporte de água salgada no sistema.

No Cenário Pessimista, todas as dez bacias de esgotamento da cidade seriam inundadas. O aumento do nível do mar em 1,50m iria comprometer de forma significativa o sistema de esgoto de Vitória, devido ao maior aporte de água salgada no sistema através da inundação de 109 PV, de 9 EEEB e de 5 ETE: Nova Palestina (Figura 30), Grande Vitória, Resistência, Santo Antônio e Santo André.

O maior aporte de água salgada poderia sobrecarregá-lo, o que poderia resultar em uma maior suscetibilidade a falhas estruturais, hidráulicas e ambientais, além de aumentar o custo de manutenção do sistema.



**Figura 30 - Inunda o provocada pela preamar média no sistema de esgoto de Vitória (Bacia B7) instalado no bairro Nova Palestina nos quatro cenários simulados**

A inunda o das ETE além de comprometer a estrutura física do sistema, também comprometeria o tratamento do efluente. Como o tratamento   feito através de sistemas biológicos, o aumento das concentra es de sais prejudicaria a a o das bactérias responsáveis pela depura o do esgoto afetando diretamente na qualidade do efluente tratado, que por sua vez, poderia comprometer a qualidade d' água do corpo receptor.

Para evitar ou minimizar os impactos da elevação do NMM sobre o sistema de esgoto da cidade, medidas teriam que ser tomadas pela CESAN juntamente com a PMV no intuito de proteger ou adaptar o sistema, e principalmente considerar a questão da sobrelevação do NMM nas obras que ainda não foram implantadas na cidade, no sentido de verificar se os locais em que as estruturas serão instaladas estariam ou não em áreas passíveis de inundação.

#### 5.2.6. Vulnerabilidade das obras de proteção costeira

##### - Breve descrição das obras de proteção costeira de Vitória

Vitória apresenta as seguintes obras de proteção costeira:

##### a) Obras longitudinais aderentes

Em Vitória, as obras longitudinais aderentes foram muito empregadas durante a construção dos principais aterros que foram feitos na cidade e em grande parte de sua orla.

As obras longitudinais aderentes existentes na cidade (Figura 31) foram divididas em:

- ✓ **Paredão (presente na orla de 13 locais da cidade)** - Enseada do Suá (trecho entre a Ilha do Boi e a Terceira Ponte), Bento Ferreira, Ilha de Monte Belo, Ilha de Santa Maria, Forte São João, Centro, Santo Antônio, Ilha das Caieiras, Andorinhas, Santa Martha e nos bairros que margeiam o Canal da Passagem (Praia do Canto, Pontal de Camburi e Santa Luiza).
- ✓ **Calçadão (presente na orla de 06 locais da cidade)** - Maria Ortiz e na orla de 05 praias da cidade, a saber:
  - Orla da Praia de Camburi (composta pelos bairros Jardim da Penha, Mata da Praia, Aeroporto e Jardim Camburi);
  - Orla da Praia da Curva da Jurema na Enseada do Suá;
  - Orla da Praia da Esquerda na Ilha do Boi;
  - Orla da Praia das Castanheiras na Praia do Canto; e
  - Orla da Praia da Enseada na Enseada do Suá.



Figura 31 – Obras longitudinais aderentes existentes em Vitória: (a) calçadão na orla da Praia de Camburi e (b) paredão na orla da Av. Beira Mar

### b) Obras Transversais

Em Vitória existem dois espigões e um guia - corrente (guia - corrente de Iemanjá), como pode ser observado na Figura 32. Essas três estruturas são erroneamente denominadas pela população de “píers” (estruturas portuárias de acostagem).



Figura 32 - Localização dos espigões e guia - corrente instalados na Praia de Camburi  
Fonte: Albuquerque (2004).

Os dois espigões foram instalados na Praia de Camburi para atenuar os problemas de erosão causados por mudanças no regime das correntes no local (MELO; GONZALES, 1995).

Num estudo detalhado feito por Albino et al. (2001), o autor relatou que esses problemas de erosão foram ocasionados pela mudança no padrão de ondas

local, devido às obras de aterramento do Porto de Tubarão. A mudança do padrão de ondas refletiu na praia na forma de erosão que foi intensificado nos últimos anos da década de 1990. Para conter o processo erosivo ao longo da Praia de Camburi foi feita a reposição artificial de sedimentos na praia (como veremos a seguir), por meio de aterro hidráulico e a construção do guia-corrente de lemanjá e do espigão 2. Em 1999, foi realizada mais uma intervenção na praia onde foi construído o espigão 3 com 180 m (próximo ao Hotel Canto do Sol) e foi feito o prolongamento de 70m do espigão 2.

### **c) Alimentação artificial de praias**

Em Vitória, a alimentação artificial de praia foi empregada com sucesso na Praia de Camburi e, mais recentemente, está sendo implantada na Praia da Curva da Jurema.

Em Camburi o material utilizado para o engordamento da praia era o mesmo dragado do canal da Ponta do Tubarão, que era assoreado justamente pelo sedimento que era perdido da praia por processo de erosão sendo então levados para a região. Ao todo foram despejados 730 mil m<sup>3</sup> de areia, retiradas de jazidas da Baía do Espírito Santo, entre o guia-corrente de lemanjá e o espigão 2 (até 2800m a partir do Canal da Passagem) e 240 mil m<sup>3</sup> de areia entre os espigões 2 e 3 (até 3500m) (ALBINO, 2001).

A técnica empregada no engordamento da Praia de Camburi consistiu em despejar o material no talude da praia (zona de espraiamento) através de tubulações ligadas a uma embarcação de dragagem, desta maneira, preenchendo de sedimento o intervalo entre o guia-corrente de lemanjá e o espigão 2, e logo em seguida, o espaço entre o segundo e terceiro espigão (PMV, 2010).

De uma forma geral o engordamento, proporciona uma praia recreativa mais larga e proteção para estruturas da linha de costa (ALFREDINI, 2005). O engordamento foi, portanto, uma boa opção de intervenção utilizada para a Praia de Camburi.

No engordamento da Praia da Curva da Jurema está sendo empregada a mesma técnica adotada no engordamento da Praia de Camburi, mas por ser

recente (obra em andamento), ainda não foram desenvolvidos estudos para avaliar se essa alternativa foi ou não uma boa solução para conter o atual processo erosivo verificado na praia em questão.

### -Análise dos Cenários

Como bases nos cenários propostos neste estudo foram identificadas as obras de proteção costeira vulneráveis às inundações provocadas pelo nível atual e futuro do mar.

Foi observado que as obras de proteção costeira de Vitória seriam pouco vulneráveis se houvesse uma sobrelevação do NMM de até 0,60m, no entanto, passariam a ser bastante comprometidas caso o nível do mar aumentasse em 1,50m (Tabela 17). Assim como no sistema de esgoto, não foi confeccionado um mapa sobre a vulnerabilidade das obras de proteção costeira inundadas pelo nível atual e futuro do mar. Para ilustrar o comprometimento das obras de proteção costeira de Vitória nos diferentes cenários simulados foram selecionados alguns locais em que as obras seriam inundadas.

**Tabela 17 - Obras de proteção costeiras vulneráveis à sobrelevação do mar em cada um dos cenários simulados**

Tipos	Obras consideradas	Cenário Atual	Obras de proteção costeira em risco com o aumento do NMM:		
			0,40m	0,60m	1,50m
Paredão	13	0	1	2	13
Guia-corrente	1	0	0	0	1
Espigões	2	0	0	0	1
Engordamento de Praia	2	0	0	0	2
Calçadão	6	0	1	2	4
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>21</b>

Como pode ser observado na Tabela 17 atualmente nenhuma obra de proteção costeira é inundada pela ação da preamar média. Essa situação seria modificada se for considerado um aumento no NMM.

No Cenário Otimista dois tipos de obras seriam inundadas: paredão em Santo Antônio (área em verde da Figura 33a) e calçadão em Maria Ortiz (área em verde da Figura 33b). Ambas seriam inundadas em todos os cenários de aumento do NMM propostos.



Figura 33 – Inundação provocadas pela preamar média na orla dos bairros: (a) Santo Antônio e (b) Maria Ortiz nos quatro cenários simulados

No Cenário Intermediário dois tipos de obra de proteção costeira passariam a ser comprometidas: um pequeno trecho do calçadão da Praia da Curva da Jurema (próximo à ponte Desembargador Paes Barreto); paredão na orla dos bairros Santo Antônio (área em amarelo da Figura 33a) e Ilha das Caieiras; e calçadão em Maria Ortiz (área em amarelo da Figura 33b). Neste cenário a inundação dessas obras ficaria restrita a pequenos trechos (áreas em amarelo na Figura 33) a exceção da orla de Santo Antônio, em que uma grande parcela seria comprometida.

No Cenário Pessimista todos os tipos de obra de proteção costeira descritas na Tabela 17 seriam parcial ou totalmente inundadas pela sobrelevação do nível do mar. O aumento do NMM em 1,50m iria comprometer o engordamento feito na Praia de Camburi (principalmente em seu trecho inicial e final) e na Praia da Curva da Jurema (Figura 34).

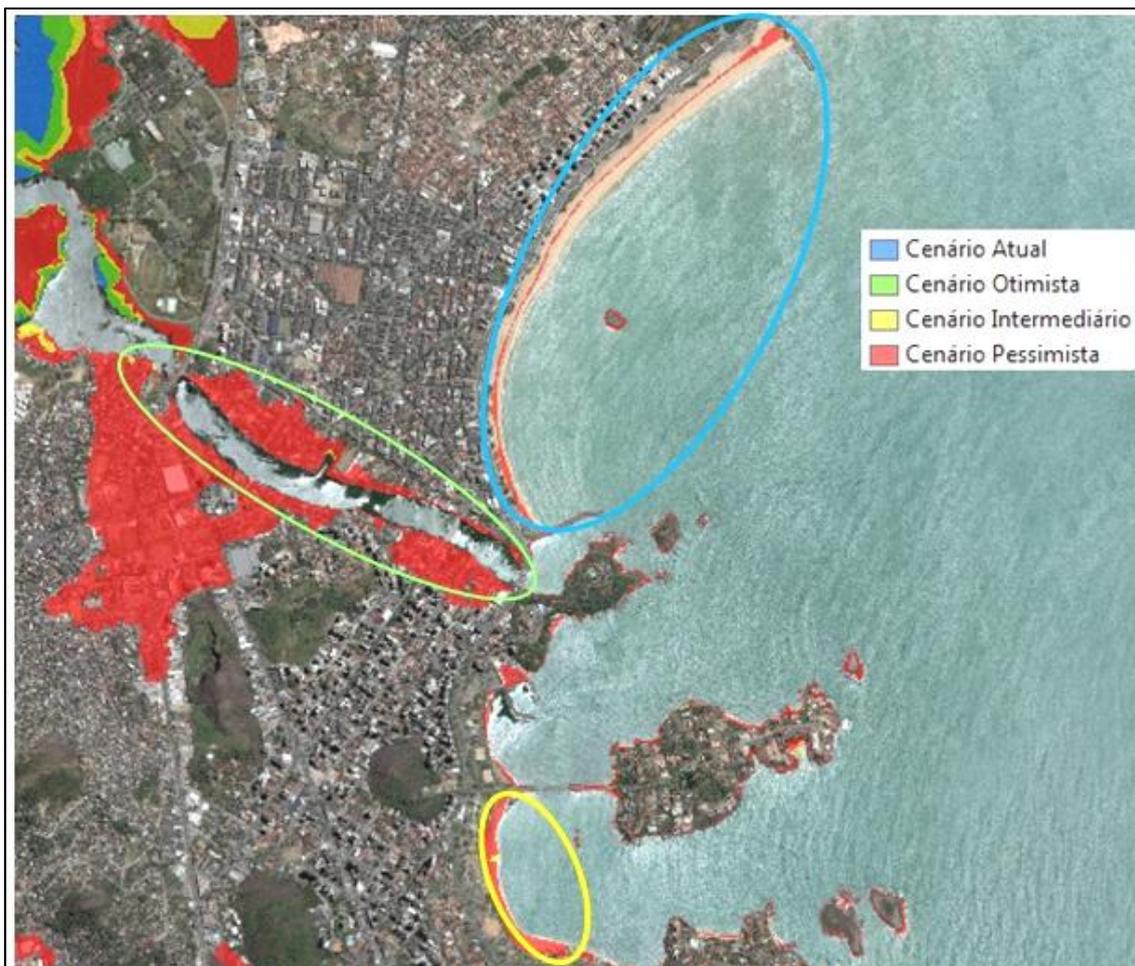


Figura 34 – Inundações provocadas pelo nível do mar atual e futuro da faixa de areia e das obras de proteção costeira das praias de Camburi (elipse azul) e da Curva da Jurema (elipse amarela) e inundações da orla dos bairros que margeiam o canal da passagem (elipse verde)

Como toda faixa de areia da Praia de Camburi ao redor do guia - corrente de lemanjá e dos espigões 2 e 3 seria inundada pela preamar média (elipse em vermelho da Figura 34), a estrutura física e a função (conter o processo erosivo) dessas obras poderiam ser comprometidas.

A sobrelevação do mar em 1,50m também irá inundar grande parte do calçadão e toda a faixa de areia presente nas praias da Curva da Jurema, das Castanheiras e da Enseada, somente o calçadão das praias da Esquerda e de Camburi não seriam comprometidos, uma vez que, a inundação ficaria restrita à faixa de areia destas praias.

Já o calçadão da orla do bairro Maria Ortiz seria completamente inundado (área em vermelho da Figura 33b), bem como, em todos os bairros costeiros que possuem paredão. Nesses locais, as obras não seriam capazes de conter

o avanço do mar, fato que proporcionaria a expansão da mancha de inundação para o interior desses bairros, exceto na Enseada do Suá (trecho entre a Ilha do Boi e a Terceira Ponte).

#### 5.2.7. Vulnerabilidade das edificações de utilidade pública

Por ser uma capital, Vitória abriga os principais serviços prestados pelo poder público no Estado, abrangendo todas as esferas de governo (Federal, Estadual e Municipal), como pode ser observado na Figura 35.

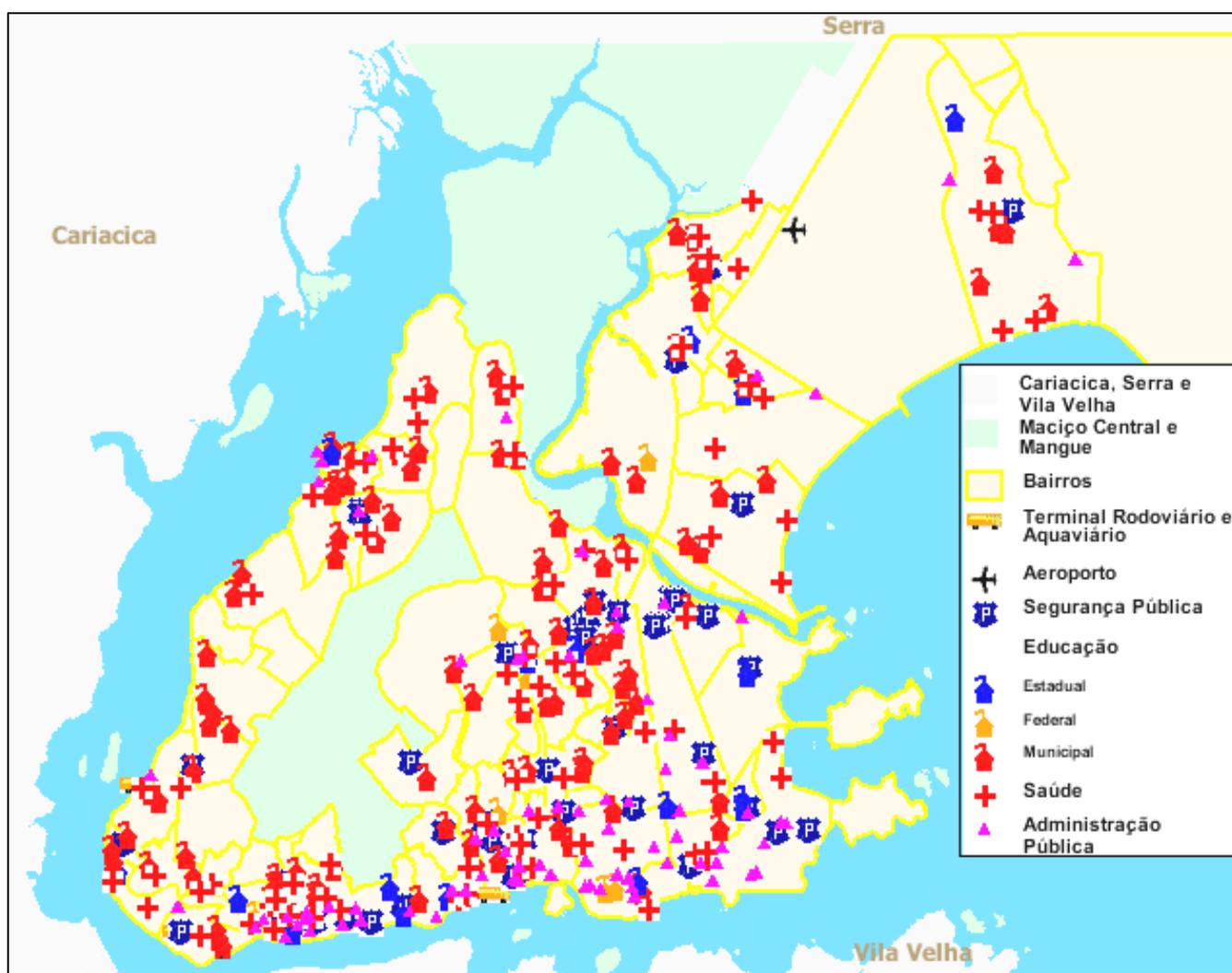


Figura 35 – Localização das edificações de utilidade pública de educação, saúde, segurança, transporte e unidades administrativas da cidade de Vitória

Para a análise não ficar demasiadamente longa, foram selecionados os principais serviços (Figura 35) prestados nas áreas de saúde, educação, transporte, segurança pública e unidades administrativas, priorizando os serviços prestados pelo Município. Na Tabela 18 foram reunidas as edificações

de utilidade pública que seriam inundadas pela preamar média e as que teriam suas vias de acesso comprometidas.

Assim como na análise de esgoto e das obras de proteção costeira, ao invés de mostrar o mapa sobre a vulnerabilidade das edificações de utilidade pública, foram selecionados alguns locais para ilustrar o comprometimento das edificações nos diferentes cenários simulados.

**Tabela 18 - Edificações de utilidade pública que teriam sua estrutura física inundada e/ou vias de acesso comprometidas pelas inundações provocadas pela preamar média nos quatro cenários simulados**

Edificações de utilidade pública	Edificações consideradas	Cenário Atual	Edificações de utilidade pública em risco com o aumento do NMM:		
			0,40m	0,60m	1,50m
Educação	100	1	1	2	44
Saúde	44	0	0	0	19
Segurança	5	0	0	0	2
Transporte	3	0	0	0	2
Unidades administrativas	25	0	0	0	14
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>81</b>

Nota-se que no Cenário Atual e ao se projetar um aumento do NMM de até 0,60m apenas as edificações de educação estariam localizadas em áreas vulneráveis à sobrelevação do mar. As demais edificações passariam a ser comprometidas apenas se o NMM aumentasse em 1,50m (Cenário Pessimista).

No Cenário Atual a única instituição vulnerável foi a UFES, no campus localizado em Goiabeiras. Neste cenário, as inundações provocadas pela preamar média ficam restritas as áreas de manguezal pertencentes à universidade (Figura 36). A mesma situação foi observada no Cenário Otimista.

No Cenário Otimista além da UFES o CMEI Yolanda Lucas da Silva (localizado no bairro Inhanguetá) teria seu funcionamento comprometido em virtude de inundação da sua rua de acesso, inviabilizando o fluxo de alunos e funcionários à instituição.

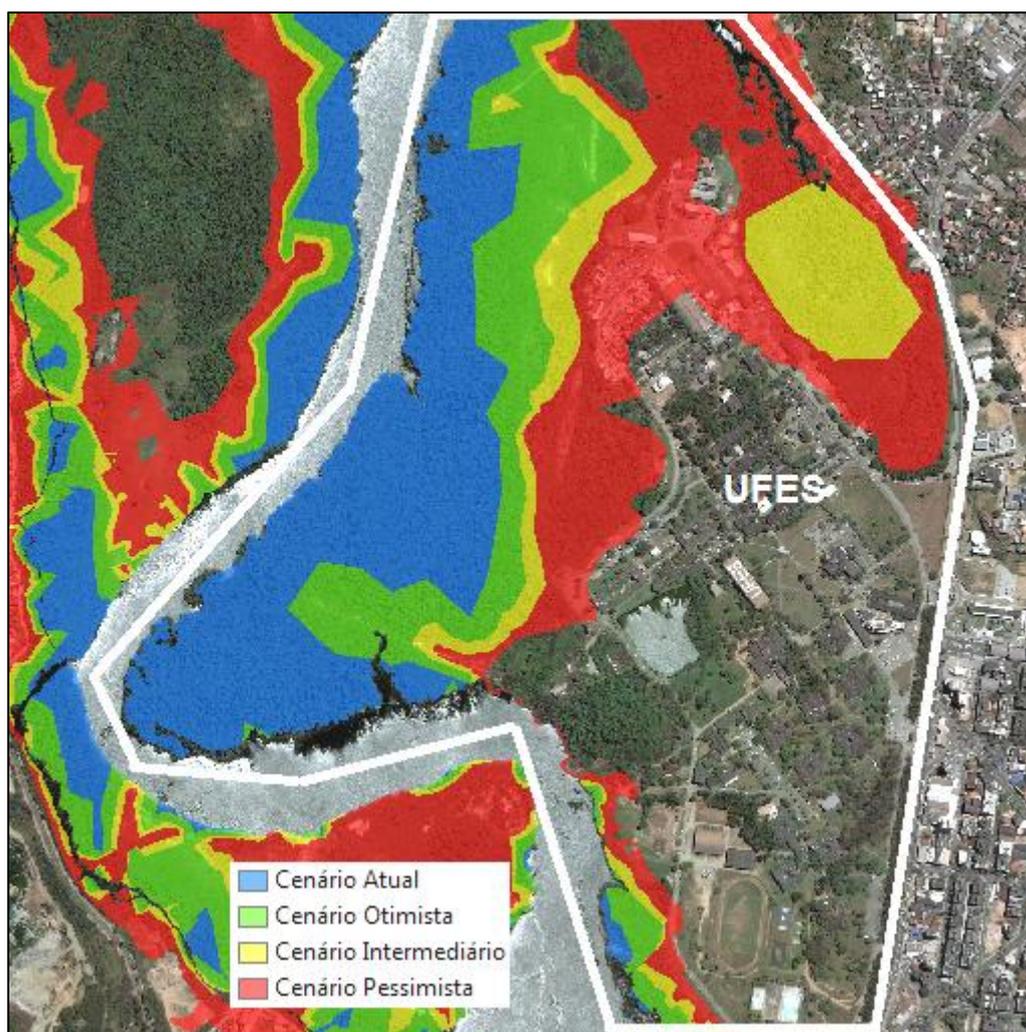


Figura 36 - Áreas da UFES (área destacada em branco) passíveis de serem inundadas pela preamar média nos quatro cenários simulados

No Cenário Pessimista das 100 instituições de ensino consideradas, 44 seriam vulneráveis à sobrelevação do mar:

- 19 teriam o seu funcionamento prejudicado devido às inundações provocadas pela sobrelevação do nível do mar nos imóveis em que essas edificações estão instaladas.
- 6 teriam suas vias de acesso inundadas.
- 14 seriam inundadas e teriam suas vias de acesso comprometidas.

Desta forma, se houver um aumento do NMM em 1,50m a situação da educação de Vitória seria muito preocupante, e exigiria forte intervenção do poder público, através de medidas estruturais capazes de conter o avanço do

mar nessas instituições e nas áreas que as cercam. Caso nada seja feito, o sistema de educação da cidade poderia ser gravemente comprometido.

Com relação aos equipamentos de saúde, das 44 edificações consideradas, 19 seriam vulneráveis à sobrelevação do mar:

- 11 teriam os seus serviços prejudicados devido às inundações provocadas pela sobrelevação do nível do mar nos imóveis em que essas edificações estão instaladas.

- 8 teriam os seus serviços prejudicados devido às inundações das principais vias que dão acesso aos imóveis em que essas edificações estão instaladas.

Como a remoção dos equipamentos de saúde para um local seguro seria um processo bastante complicado e oneroso para o poder público, medidas deveriam ser tomadas para resguardar os locais em que essas edificações estão instaladas, evitando que o quadro de saúde, já grave, em Vitória ficasse ainda mais crítico.

O aumento do NMM em 1,50m também prejudicaria a segurança da cidade, já que os serviços prestados pela Guarda Municipal e pela Corregedoria Geral de Polícia Civil seriam prejudicados em função das inundações. Os demais equipamentos estão instalados em áreas que não seriam inundadas pela sobrelevação do NMM.

Dentre os equipamentos de transporte analisado, dois seriam comprometidos. O aumento do NMM em 1,50m inundaria toda área do Terminal Aquaviário (que atualmente encontra-se desativado, mas já estão sendo feitos estudos para reativá-lo) e uma grande área do Terminal Rodoviário (Rodoviária de Vitória), somente o Aeroporto não seria afetado.

Por fim, das 25 unidades administrativas consideradas 14 seriam comprometidas pela sobrelevação do mar. Destas:

- ✓ 2 edificações teriam sua área e principais vias de acesso inundadas (secretarias municipais de Obra e de Saúde);
- ✓ 12 edificações teriam os seus serviços prejudicados devido às inundações das principais vias que dão acesso aos imóveis em que essas edificações estão instaladas: Palácio Jerônimo Monteiro (sede da

PMV); Palácio Atílio Vivácqua (Câmara Municipal de Vitória) e 9 secretarias municipais.

As demais secretarias municipais e o Palácio Anchieta (Sede do Governo do Estado) não seriam inundados, pois, estão localizadas em áreas da cidade mais elevadas.

### 5.3. Possíveis ações de resposta

#### 5.3.1. Adaptação

##### - Monitoramento do NMM

Como o aumento do NMM deve ocorrer numa escala de tempo relativamente longa (IPCC, 2007), seria possível acompanhar e monitorar todo o processo, identificando com antecedência onde atuar, quais áreas serão atingidas e as providências que deverão ser tomadas.

Deixar de monitorar o ambiente marinho terá um custo maior que o próprio programa de monitoramento, considerado hoje demasiadamente caro pelo Estado e pelos empreendedores (NEVES; MUEHE, 2008.).

Nesse sentido, é de extrema importância a reativação e modernização das estações maregráficas existentes em Vitória (atualmente, todas as estações estão desativadas). Além, da instalação de novas estações maregráficas em pontos importantes da cidade, como no Porto de Vitória, Canal da Passagem e no Porto de Tubarão.

A reativação, instalação e modernização dessas estações possibilitará o monitoramento do nível do mar de forma instantânea (monitoramento em tempo real) e a longo prazo. O monitoramento em tempo real será uma ferramenta útil para a gestão de risco da cidade, uma vez que, será possível fazer comparações com os níveis de maré previstos na tábua de marés feitas pela DHN como os níveis de maré registrados *in situ*. Já o monitoramento a longo prazo permitirá a criação de um registro histórico das oscilações do nível

do mar no local, fato que possibilitaria a condução de estudos sobre o comportamento do nível do mar na região.

#### **- Incorporação da questão da sobrelevação do NMM nos instrumentos de gestão do Município**

Muitas das ameaças provenientes da subida do nível do mar ao longo da costa de Vitória, com as relatada neste estudo, serão uma intensificação dos problemas já existentes.

Nesse sentido, minimizar as vulnerabilidades existentes é a melhor resposta adaptativa às vulnerabilidades incrementais associadas às variabilidades e às mudanças climáticas previstas para o futuro (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON, 2010).

Salienta-se que os atuais instrumentos de planejamento e gestão de Vitória não estão preparados para lidar com os problemas advindos da elevação do NMM. Portanto, é imprescindível adaptar a gestão da cidade, no intuito de elaborar e/ou reformular diretrizes e normas técnicas que levem em conta os possíveis impactos da sobrelevação do NMM sobre a população e a sobre a estrutura física da cidade.

Por isso é necessário que haja uma maior integração entre os poderes legislativo, executivo e judiciário, no intuito de formular políticas públicas mais eficientes relativas aos efeitos do aumento do NMM sobre a cidade.

Dentre os instrumentos de gestão existentes na cidade propõe-se inicialmente a inserção da questão da sobrelevação do NMM em três instrumentos:

##### **✓ Licitação**

A administração pública tem em mãos uma boa ferramenta para incentivar e/ou exigir que qualquer projeto a ser realizado na cidade considere, quando necessário, a questão da elevação do NMM. Essa ferramenta é a licitação.

A licitação é o procedimento administrativo formal em que a Administração Pública convoca, mediante condições estabelecidas em ato próprio (edital ou

convite), empresas interessadas na apresentação de propostas para o oferecimento de bens e serviços.

Ao estabelecer no edital ou convite que os interessados deverão considerar a questão da elevação do NMM, o Município além de preparar a cidade para o futuro, também irá incentivar o aprimoramento e o desenvolvimento de estudos, ferramentas, tecnologias e técnicas sobre essa temática.

#### ✓ **Adaptação do Plano Diretor Urbano (PDU)**

Como base nos resultados obtidos foi constatado que as áreas da cidade mais vulneráveis às inundações decorrentes da sobrelevação do NMM nos quatro cenários simulados, coincidem com áreas de manguezal existentes na cidade e com as áreas que foram aterradas no passado, sendo que grande parte dessas áreas está situada em cotas altimétricas de até 1m.

Sugere-se assim que todas as áreas de Vitória situadas em cotas altimétricas de até 1m sejam enquadradas no Plano Diretor Urbano (PDU) como ZAP3:

ZPA 3 - áreas com atributos ambientais relevantes, destinadas à recuperação e conservação dos recursos naturais e paisagísticos, cujo uso e ocupação do solo devem ser controlados de forma a assegurar a qualidade ambiental, podendo ser utilizadas para fins de pesquisa científica, monitoramento e educação ambiental, recreação, realização de eventos culturais e esportivos e atividades de apoio ao turismo (VITÓRIA, 2006)

Essa medida adaptativa tem por objetivo restringir, e nos locais mais vulneráveis proibir, a ocupação dessas áreas. Além de inserir a questão da elevação do NMM no principal instrumento de gestão da cidade, o PDU.

Considerando que algumas dessas áreas já estão ocupadas, deverá ser feito um planejamento a longo prazo para transferir as famílias que vivem nas áreas de maior risco de inundação para locais seguros.

Uma possibilidade seria a construção de conjuntos habitacionais para abrigar essas famílias, visto que, a transferência de diversas famílias para um mesmo conjunto manteria ao menos as relações de vizinhança, laços culturais e afetivos. Além disso, seria preciso criar postos de trabalho nas novas áreas de modo a oferecer alternativa para geração de renda dos removidos (RIBEIRO, 2008).

### ✓ **Adaptação do PDDU**

Outro ponto que deverá se reavaliado pela gestão municipal é a consideração da questão da elevação do NMM no PDDU da cidade, dada à importância deste tema.

A pesar das dificuldades dessa questão ser considerada no PDDU de Vitória, visto que, o PDDU foi elaborado recentemente (em 2008). Uma boa alternativa seria a reformulação dos projetos das obras de grande porte e de maior vida útil que ainda não foram executados, de modo a considerar um possível o aumento do NMM.

### **- Adaptação dos elementos de infraestrutura urbana considerados**

Com relação aos elementos de infraestrutura urbana a adaptação se dará de duas formas: (1) adaptação antes da sua instalação e/ou construção; (2) adaptação após a sua instalação e/ou construção. A primeira forma de adaptação acaba sendo menos onerosa do que a segunda (HERBERG et al, 2009; TITUS et al., 1987), portanto, deve ser incentivada.

### ✓ **Adaptação do Sistema de Drenagem de Vitória**

No caso da drenagem de águas pluviais é necessário considerar inicialmente que é um serviço interligado a numerosos fatores físico-ambientais e que a falta ou precariedade dos seus serviços produz consequências que são distribuídas negativamente por várias regiões, podendo afetar a estrutura urbana como um todo. Isso porque diversos sistemas são atingidos por ocasião das inundações, impactando diretamente o transporte, a circulação e colocando em risco a saúde pública e as vidas daqueles que habitam áreas de risco, causando enormes prejuízos materiais nas áreas afetadas (PDDU, 2008).

No caso dos sistemas já instalados seria necessário intervir e substituir as seções comprometidas, em especial nas galerias e nos pontos de descarga instaladas abaixo do nível do mar, além de aumentar a capacidade das estações de bombeamento e ampliar o número de comportadas existentes em Vitória.

A drenagem por gravidade poderia ser melhorada através de tubos ou canais de drenagem maiores e através do aprofundamento de um canal particular ou reduzindo a sua rugosidade hidráulica, por exemplo, alinhando a tubulação com asfalto ou concreto. Estes métodos requerem menos antecipação, mas são relativamente caros e podem apresentar problemas de segurança, estéticos e/ou ambientais (TITUS et al., 1987).

Por causa das baixas elevações existentes em Vitória, a drenagem por gravidade nem sempre é possível. Como mencionado, para ser drenado por gravidade, um terreno precisa ter elevação suficiente para os tubos de drenagem terem uma cobertura adequada e ficarem acima do nível do mar, por isso, muitas áreas acabam tendo drenagem forçada (auxiliada por bombas).

Com o aumento do nível do mar, algumas áreas que atualmente têm drenagem por gravidade teriam que mudar para o sistema de drenagem forçada. Nesses casos, comportas e válvulas poderiam fornecer uma solução de custo eficaz de forma provisória ou definitiva para tais áreas. Durante a maré baixa, as comportas seriam abertas para permitir a drenagem por gravidade, durante as marés altas seriam fechadas.

Algumas áreas que atualmente utilizam a drenagem forçada também precisariam ser modificadas. A adoção de bombas maiores ou ampliação das estações de bombeamento poderiam ser empregadas para trabalhar com um maior volume de água a ser drenada (TITUS et al., 1987).

A construção de bacias de retenção, também seria uma boa alternativa. Após a ação das maiores marés, o volume armazenado nas bacias de retenção seria liberado gradativamente nos sistemas de drenagem sem comprometer a sua capacidade máxima. Desta forma, o regime de retenção seria capaz de reduzir a vazão de pico, reduzir o fluxo da água drenada para a tubulação das galerias de águas pluviais, canais de drenagem e estações de bombeamento, aumentando a eficiência do sistema (TITUS et al., 1987).

#### ✓ **Adaptação do Sistema de Esgoto de Vitória**

Há muitas dúvidas sobre a incorporação de cenários de mudanças climáticas no planejamento e nos projetos de engenharia de futuros sistemas de

abastecimento, de drenagem e de esgotamento sanitário. Embora a adaptação tecnológica da infraestrutura física dos sistemas seja a forma mais usual para satisfazer o seu gerenciamento, há questões ambientais, econômicas, e sociais demasiadamente importantes que devem ser consideradas em projetos de grande porte, devendo-se evitá-los ou adiá-los até que se tenha maior certeza sobre as supostas modificações hidrológicas (HEBERGER et al. 2009).

Outro aspecto, mais difícil de ser tratado, diz respeito às cotas do sistema de bombeamento ou de lançamento que geralmente ficam no mesmo nível do mar ou abaixo dele. Em alguns casos será preciso elevar as estrutura (PV, EEEB e ETE) e em último caso elevar o terreno onde estão instaladas, considerando uma altura mínima que de segurança ao sistema.

A instalação de novas ETE também devem ser cuidadosamente estudas, no intuito de garantir que sobrelevação do mar não comprometa sua estrutura. Além disso, deve-se começar a pensar em uma forma diferente para vedar os PV, de modo que fiquem hermeticamente fechados, evitando a entrada de água no sistema.

#### ✓ **Adaptação de obras de proteção costeira**

A execução de obras capazes de adaptar as estruturas de proteção costeiras existentes deve ser cuidadosamente analisada, e preferencialmente executada à medida que o NMM for aumentando (TITUS et al., 1987; HERBERGER et al., 2009)

Caso o NMM de 1,50m se confirme, será necessário fazer um novo engordamento artificial nas praias de Camburi e da Curva da Jurema, além de aumentar a extensão e a altura dos espigões da Praia de Camburi. No caso dos paredões e dos calçadões poderiam ser feitas barricadas com muros de proteção e em último caso, em função do custo, elevar as estruturas vulneráveis deixando-as numa cota mais alta que a atingida pela preamar média.

### ✓ **Adaptação do Sistema viário**

Os resultados obtidos demonstram que a sobrelevação do NMM iria comprometer o sistema viário de forma pontual, quando a inundação ficar restrita a vias secundárias da cidade, e de forma global, quando a inundação afetar as vias principais e as pontes existentes na cidade.

A criação de rotas alternativas (rotas de fuga) iria resolver o problema daqueles (veículos, pedestres, ciclista, etc.) que precisam passar pela região inundada para chegar ao seu local de destino. No entanto, essa alternativa não iria resolver o problema da população que reside nas áreas inundadas e dos comerciantes que possuem estabelecimentos nos locais afetados.

Portanto, a solução inicial para o problema seria a proposição de rotas de fuga capazes de contornar as áreas inundadas. Nas vias em que essa alternativa não for possível, seria necessário fazer intervenções estruturais para conter o avanço do mar sobre a estrutura física da cidade. Em virtude do custo, dois fatores devem ser considerados para a adoção de uma solução definitiva para o problema: (1) a recorrência desse evento e (2) o tempo em que os locais iriam permanecer inundados.

Nos locais em que a inundação se der num intervalo de poucos minutos ou de até 4 horas (intervalo de tempo entre uma preamar e uma baixa-mar) e tiver uma recorrência baixa, a melhor alternativa (menor custo) seria a não intervenção na área, ou seja, deixar que a drenagem das vias se encarregue de escoar a água das áreas inundadas.

Caso a inundação seja recorrente e se estenda por mais de 4 horas deveriam ser adotadas medidas estruturais, tais como: elevação de vias, instalação de bombas para auxiliar o sistema de drenagem de modo a escoar de forma mais rápida água acumulada, e nos piores casos seria preciso refazer o sistema de drenagem nos locais mais impactados.

Outro ponto importante é a criação de um sistema de alerta viário. Esse tipo de sistema engloba uma série de fatores como intensidade das precipitações, fenômenos meteorológicos e os níveis de maré, no caso de regiões costeiras como Vitória.

Com base na análise feita neste estudo, obteve-se que, atualmente, o primeiro nível de maré capaz de inundar o sistema viário é de 1,50m, desconsiderando aqui o efeito das inundações decorrentes das precipitações e devido ao comprometimento do sistema de drenagem. Isso significa que quando a maré atinge o nível de 1,50m algumas ruas da cidade já apresentam pontos de inundação. No entanto o sistema será realmente comprometido (várias vias inundadas) quando o nível da maré atingir 1,8m. Essas informações constituem uma boa ferramenta inicial para estudos futuros com a finalidade de elaborar um sistema de alerta viário para a cidade.

#### ✓ **Adaptação das edificações de utilidade pública**

A elevação do nível do mar pode levar ao abandono de edifícios e ao deslocamento de centros de serviços instalados nas áreas mais próximas à zona costeira de Vitória.

No caso de serviços administrativos, de educação e de segurança a melhor solução seria a transferência dos serviços para locais mais seguros. A situação seria mais complicada para os serviços de saúde, em virtude do custo de transferir toda a estrutura (equipamentos e pacientes) para um local seguro que atenda as necessidades especificidades de cada unidade de saúde, principalmente dos hospitais.

Nos locais em que a transferência de um determinado serviço para um local seguro for extremamente onerosa, a solução seria a adoção de medidas estruturais, tais como: elevação dos terrenos, instalação de bombas para auxiliar o sistema de drenagem a escoar de forma mais rápida água acumulada, e nos piores casos refazer o sistema de drenagem próximo as edificações afetadas.

#### 5.3.2. *Proteção*

Os custos de proteção das áreas da cidade desenvolvidas seriam elevados e devem ser pesados contra o valor econômico da terra e de suas benfeitorias. A primeira etapa para se proteger do aumento do NMM é definir de forma clara e objetiva o que deverá ser protegido, e como será feita a proteção. Após a

conclusão desta análise, é necessário estabelecer uma escala de prioridades, no intuito de:

- I. Garantir a segurança da população;
- II. Proteger os principais elementos de infraestrutura (como sistema viário, equipamentos de saúde);
- III. Proteger ambientes (fauna e flora) raros ou ameaçados de extinção;
- IV. Proteger bens particulares.

De acordo com Alfredini (2005) as principais estruturas físicas que poderiam ser usadas para conter e/ou impedir o avanço do mar sobre o patrimônio construído e sobre a plataforma litoral seriam:

- a) Construção de diques
- b) Construção de barragens
- c) Implantação de sistemas de comportas

A proteção conferida por essas estruturas reduziria com o aumento do nível do mar. Somente diques e barragens seriam capazes de conter completamente o avanço do mar em uma determinada área, como os que foram construídos na Holanda e em Nova Orleans, ambos têm a capacidade de fornecer, a longo prazo, proteção contra grandes aumentos do nível do mar (TITUS, 2002).

Nicholls e Leatherman (1995) relatam que as novas barragens contra o avanço do mar na Grã-Bretanha e na Holanda foram e estão sendo projetadas para um aumento do NMM entre 0,25 e 0,66 metros, tendo um tempo de vida útil estimado em 5 a 10 anos.

Já os novos diques de Nova Orleans estão sendo projetados para acomodar uma elevação do nível do mar prevista para os próximos 50 anos, vida útil esperada para os novos diques (LUDWIG, 2007).

Em determinadas situações, a proteção de um bem público ou privado, poderia ser uma solução provisória para minimizar as inundações, para o resto da vida útil do bem considerado (como uma estação de bombeamento de esgoto), antes que o mesmo seja transferido em algum momento no futuro (HERBEGGER et al., 2009).

Salienta-se que além da construção de barreiras artificiais (obras de proteção costeira) também seria possível proteger a cidade contra o avanço do mar através da ampliação das barreiras naturais existentes. Nesse sentido, seria fundamental reflorestar e ampliar as áreas de manguezal existentes na cidade. Também seria importante conter a ocupação das áreas entorno dos manguezais, no intuito de disponibilizar áreas para uma possível migração dos manguezais, resposta adaptativa do sistema em função dos efeitos decorrentes da sobrelevação do NMM.

Além disso, uma variedade de recursos naturais e sistemas ecológicos também poderiam ser protegidos, tanto a curto como a longo prazo, desde que sejam particularmente raros ou ameaçados de extinção, em função do alto custo das obras necessárias para protegê-los (HERBEGER et al., 2009).

### 5.3.3. Recuo

Recuo significa abandonar a faixa costeira que previsivelmente viria a ser afetada nas próximas décadas, transferindo para local seguro o patrimônio construído mais importante e destruindo (ou deixando que o mar o faça) as construções menos importantes (IPCC, 2007).

Além da perda dos elementos que compõem a infraestrutura urbana, grandes áreas na cidade com significativo valor patrimonial, como o centro histórico e as paisagens naturais (como as praias de Camburi, da Curva da Jurema e áreas de manguezal) que estão localizadas em áreas vulneráveis poderiam ser perdidos em virtude da elevação do nível do mar.

Em função do custo econômico, em muitas áreas ao longo da costa de Vitória (especialmente as áreas desocupadas e as áreas de manguezal) a opção de não fazer nada (nenhuma intervenção) poderia ser a resposta de gestão preferencial.

Pode-se ilustrar essa situação com um exemplo simples: o aumento do NMM mar poderia comprometer seriamente o sistema viário e o sistema de saneamento da cidade.

Estudos internacionais indicam que a adoção de medidas para preservar e garantir o bom funcionamento desses sistemas seriam extremamente caras e,

provavelmente, em última análise, ineficazes. Por isso, a resposta em tais situações seria a de não tomar nenhuma providência para impedir a mudança (SJERP; CHARTERIS, 2008).

✓ **Remoção da população de áreas de risco para locais seguros**

O recuo poderia ser adotado nas áreas menos desenvolvidas, sem investimentos significativos em infraestrutura. No entanto, o planejamento para desocupação dessas áreas deve ser feito o mais rápido possível, antes que investimentos públicos e privados sejam feitos de forma mais efetiva nesses locais (TITUS, 1991).

Nesse sentido, a adoção do recuo poderia ser empregada nas áreas costeiras dos bairros que integram as regionais administrativas IV e VII. Na Regional VI opção de recuo poderia ser empregada nos bairros Goiabeiras e Maria Ortiz que seriam os mais vulneráveis à sobrelevação do NMM. No entanto, nos bairros Praia do Canto, Santa Luiza, Forte São João, Ilha de Santa Maria, Enseada do Suá e Bento Ferreira a opção de recuo, devido ao alto desenvolvimento verificado nos mesmos, deveria ser adotada em último caso.

Caberá ao Estado retirar a população que reside nas áreas em que a melhor solução seria o abandono. Essa é uma opção de resposta a longo prazo, por isso, deve ser feita de forma paulatina e organizada (SJERP; CHARTERIS, 2008).

Todo o conceito de recuo previsto para residências particulares, sem dúvida, iria criar uma angústia imensa na comunidade afetada e precisaria ser gerido com muita sensibilidade. Questões importantes, como o tratamento equitativo de todos os bens, remuneração e disponibilidade de terras para a realocação precisam ser considerados (SJERP; CHARTERIS, 2008).

As principais estratégias de retirada planejada devem considerar prazos muito mais longos do que o fim do século XXI. Além disso, com o passar do tempo as projeções sobre a elevação do NMM seria, cada vez mais precisas, como consequência os limites das áreas que seriam abandonadas poderiam ser alterados. Diante disso, os possíveis locais para abrigar as comunidades

afetadas devem ser cuidadosamente planejados para evitar a necessidade de uma nova realocação.

#### ✓ Criação de Parque Costeiro Linear

Em Vitória, as áreas de maior risco que seriam abandonadas poderiam ser convertidas em áreas de lazer e de contemplação. Sugere-se também a criação de um Parque Costeiro Linear que deveria abranger toda a área costeira dos bairros: Maria Ortiz, Goiabeiras, Joana D'Arc, Andorinhas, Santa Marta, Resistência, Nova Palestina, Redenção, Santo André, Ilha das Caieiras, São Pedro, Estrelinha, Inhanguetá, Grande Vitória, Estrelinha e Santo Antônio. O parque usaria as áreas de manguezal existentes e uma faixa costeira com uma largura suficiente para proteger as áreas edificadas desses bairros, de forma que a sobrelevação do mar fique restrita as áreas pertencentes ao parque.

#### 5.3.4. Considerações finais

Nesse contexto o papel dos atores públicos é central, sendo fundamental a inserção das questões relacionadas da elevação do NMM nos instrumentos de gestão do Município - que até o momento tem dispensado pouca atenção ao tema - para diminuir ou controlar as situações de vulnerabilidade.

Portanto, as decisões sobre o que proteger, como proteger, como se adaptar, e quem teria que pagar seriam desafiadoras e controversas. Dada à complexidade destas questões, é importante desenvolver um processo aberto e transparente envolvendo todas as partes afetadas (HERBEGGER et al., 2009).

Esta ação deve ser tomada com pleno conhecimento dos prováveis impactos, além disso, deve-se ter uma compreensão global dos custos e dos benefícios inerentes as diferentes alternativas de resposta (adaptação, proteção e recuo).

Em alguns casos, a resposta mais adequada à ascensão do nível do mar poderia ser implantada à medida que as consequências forem verificadas. Em outros casos, particularmente no que tange aos equipamentos urbanos, faz-se necessário uma abordagem diferente, a melhor relação custo-benefício seria preparar esses sistemas antes que os efeitos ocorram (TITUS et al., 1987).

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. Conclusões

A metodologia proposta permitiu mapear nos quatro cenários simulados (“Atual”, “Otimista”, “Intermediário” e “Pessimista”) as áreas suscetíveis às inundações decorrentes do nível atual e futuro do mar, tendo como base a preamar média. Ressalta-se que o nível de maré considerado é um nível médio (média das preamares), portanto, há valores de maré superiores a esse nível, que quando considerados, provocam um aumento significativo das áreas inundadas, comprometendo um número maior de pessoas e de elementos de infraestrutura urbana, principalmente, no Cenário Pessimista.

As áreas mais vulneráveis estão situadas na porção noroeste e sudoeste de Vitória. Essas áreas coincidiram com as regiões ocupadas pelo sistema manguezal e com as áreas que sofreram intervenções antrópicas através de aterros que converteram áreas originalmente ocupadas pelo sistema manguezal e significativas parcelas do espelho d’água do município em terrenos urbanos de pouca elevação em relação ao nível médio do mar. Muitas estão localizadas abaixo do nível mais alto alcançado pelas marés, sendo por isso, constantemente inundadas.

Os resultados demonstram que a sobrelevação do nível do mar projetada iria comprometer mais áreas não edificadas da cidade do que áreas edificadas, inundando no pior cenário 16,31km<sup>2</sup> do território de Vitória e pondo em risco cerca de 47.756 habitantes.

Em termos de área inundada e população em risco, os resultados demonstram que a cidade não seria tão vulnerável à sobrelevação do NMM projetadas. No entanto, as inundações poderiam afetar de forma direta e indireta a economia do município e a qualidade de vida de seus munícipes, em especial aos que residem nas áreas de maior risco, além comprometer a paisagem histórica e natural de alguns pontos da cidade.

No que tange aos equipamentos urbanos considerados, as inundações provocadas pela sobrelevação do NMM poderiam comprometer ainda mais o sistema de drenagem, que já é comprometido em alguns bairros da cidade

durante a ocorrência das preamares de sizígia. O sistema de esgoto também passaria a ser mais comprometido se houvesse uma elevação do NMM acima de 0,60m.

De uma forma geral, as inundações decorrentes da sobrelevação do NMM na cidade poderia aumentar consideravelmente a ocorrência de falhas estruturais, hidráulicas, além de falhas ambientais nesses sistemas. O mau funcionamento desses dois sistemas somados às inundações cada vez mais recorrentes e duradouras poderia comprometer seriamente o sistema viário da cidade, fazendo com que algumas vias fiquem completamente inundadas, enquanto outras ficariam alagadas temporariamente durante as marés mais altas. Em bairros como Ilha do Frade, Andorinhas, Santa Luíza, Maria Ortiz e Resistência e Ilha de Monte Belo haveria a formação de “ilhas”, ou seja, locais que não seriam inundados, mas teriam suas vias de acesso comprometidas pela ação do mar, inviabilizando o deslocamento de veículos e transeuntes na região.

Dentre os elementos considerados, as edificações de utilidade pública e as obras de proteção costeira mostraram-se pouco vulneráveis a sobrelevação do NMM. Apenas no Cenário Pessimista haveria um comprometimento mais significativo, fato que exigiria inúmeras intervenções por parte do poder público.

O enfrentamento dos problemas decorrentes do aumento do NMM e a correção desse quadro de vulnerabilidade dependem, portanto, de um conjunto de políticas e ações que contribuam ao mesmo tempo para adaptar e proteger as áreas mais vulneráveis, além de restringir, e quando possível proibir, a ocupação das mesmas. Nos locais em que for economicamente inviável propor uma solução a melhor opção será o recuo.

As ações propostas devem ser cuidadosamente estudadas e planejadas. Recuar ou adaptar a uma nova situação ou proteger as regiões sujeitas a sobrelevação do nível do mar dependerá dos recursos financeiros disponíveis pelo poder público e pela sociedade.

## 6.2. Recomendações

- ✓ A metodologia poderá ser empregada em outras cidades costeiras, desde que, tenham dados altimétricos em escala adequada e as informações a serem avaliadas estejam mapeadas.
- ✓ Desenvolver estudos semelhantes para toda região costeira do Estado do Espírito Santo.
- ✓ Considerar em estudos futuros, que venham adotar a metodologia proposta, fenômenos naturais que não foram considerados neste estudo, como precipitação e marés metrológicas.
- ✓ Desenvolver métodos mais precisos para quantificar a população em risco (população vulnerável à sobrelevação do mar).
- ✓ Fazer uma projeção da população futura de Vitória que seria vulnerável às inundações decorrentes da sobrelevação do NMM.
- ✓ Indicar a extensão da malha viária que seria comprometida.
- ✓ Atualizar a análise feita para o sistema de esgoto do município assim que o Projeto Águas Limpas for concluído, no intuito de avaliar o impacto da elevação do NMM sobre as novas redes e novos elementos que serão instalados.
- ✓ Desenvolver estudos no intuito de quantificar o custo econômico decorrente da inundação de importantes áreas da cidade -- áreas comerciais, área portuária e área de manguezal -, e identificar quais relações econômicas serão envolvidas.
- ✓ Criação de um sistema de alerta viário para o município que considere além das inundações decorrentes das marés, fenômenos metrológicos e as precipitações que ocorrem em Vitória.

## 7. REFERÊNCIAS

ALBINO, J.; OLIVEIRA, R.; MAYA, L. P.; ALENCASTRE, K.. **Processos Atuais de Sedimentação Marinha e Praial do Litoral de Vitória, ES.** Relatório n. 1982506/2000. Prefeitura Municipal de Vitória, FACITEC: Vitória, Espírito Santo, 2001.

ALBUQUERQUE, L. [sem título]. 2004. 1 fotografia.

ALFREDINI, P.. **Obras e gestão de portos e costas, a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

ARASAKI, E.; ALFREDINI, P.; AMARAL, R. F.. Os Efeitos no Ambiente Marinho da Elevação do Nível do Mar em Regiões da Baixada Santista, Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.2, p.165-175, abr/jun, 2008.

AUNAN, K.; ROMSTAD, B.. **Implications of sea-level rise for Norway. Proceedings from the SURVAS.** In: Workshop on European Vulnerability to impacts of sea-level rise, Hamburg, Germany, p.19-21,2000.

AZEVEDO, J. P.; MAGALHÃES, L. P. C.; MIGUEZ, M.. Infra-estrutura e drenagem urbana. In: GUSMÃO, P. P.; CARMO, P. S.; VIANNA, S.B (Orgs). **Rio Próximos 100 anos.** Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008.

BARNETT, J.; BECKMAN, J.. Coastal cities face rising seas: We need to prepare for the dangers ahead. **Planning**, v.73, n.8, p.34-37, 2007.

BARTH, M.C, TITUS, J.G. (Ed).**Greenhouse effect and sea level rise.** Van Nostrand Reinhold, New York, 1984.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil.** BRASIL. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008.

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.. Mudanças climáticas, saneamento básico e governança da água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: V Encontro Nacional da Anppas, 2010, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...**Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT11-532-488-20100903235031.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

CAMARGO, R. ; HARARI, J. ; LOPES, R. ; CARUZZO, A. ; ZACHARIAS, D. C..Implementação de Sistema de Previsão de Marés Meteorológicas no Atlântico Sudoeste. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro, 2000.

CARMO, R. L.. Urbanização, Metropolização e Recursos Hídricos no Brasil. In: DOWBOR, L.; TAGNIN, R. A. (Orgs.). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Senac - São Paulo, 2005.

CARMO, R. L.; NUNES, L. H.. Impacts of Environmental Change on Human Activities in Brazil. In: **The 6th Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community**. Bonn, v. 1, p.427-427, 2005.

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, p. 44-44, 2007.

CASTRO, B. M.; LEE, T. N.. Wind-Forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C8, p.16, Ago. 15, 1995.

CAYAN, D. R.; BROMIRSKI, P. D.; HAYHOE, K.; TYREE, M.; DETTINGER, M. D.; FLICK, R. E.. Climate change projections of sea level extremes along the California coast. **Climatic Change**, 2008.

CESAN, 2011. Disponível em:<<http://www.cesan.com.br>>. Acesso em: 26 jan. 2011.

CHURCH, J. A.; GREGORY, J. M.; HUYBRECHTS, K. M.; LAMBECK, K.; NHUAN, M. T.; QIN, D.; WOODWORTH, P. L.. Changes in sea level. In, J.T. HOUGHTON et al. (Ed.), **Climate change 2007: The physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.

CHURCH, J. A.; WHITEN. J.. A 20th century acceleration in global sea-level rise. **Geophys. Res. Lett**, v.33, 2006.

COOPER, M. J. P.; BEEVERS, M. D.; OPPENHEIMER, M.. The potential impacts of sea level rise on the coastal region of New Jersey, USA. **Journal Climatic Change**, v.90, n. 4, p. 475-492, Oct. 2008.

COSTA, S. D.. **Variação do nível médio do mar - técnicas para a avaliação**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2007.

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.

DEYLE, R. E.; BAILEY, K. C.; MATHENY, A.. **Adaptive Response Planning to Sea Level Rise in Florida and Implications for Comprehensive and Public-Facilities Planning**. Department of Urban and Regional Planning Florida: Florida State University, 2007.

DIAS, A. J. M., TABORDA, R. P. M. Evolução Recente do Nível Médio do Mar em Portugal, **Anais do Instituto Hidrográfico**, n. 9, p.83-97, 1988. Disponível em: <[http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/R\\_N/88\\_AnaisIH.pdf](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/R_N/88_AnaisIH.pdf)>. Acesso em: 10 de set. 2009.

El Raey\*, M. ; Dewidar, K.; El Hattab, M.. Adaptation to the impacts of sea level rise in Egypt. *Journal Climate Research*. v. 12, n.27, p.117–128, Aug.1999.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G.. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA et al (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 18 de dez. 2009.

FEMAR. **Catálogo de estações maregráficas brasileiras**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 2010. Disponível em: <[http://www.femar.com.br/biblioteca/emb/cat\\_emb.html](http://www.femar.com.br/biblioteca/emb/cat_emb.html)>. Acesso em: 21 jul. 2007.

FRANCO, A. S.; KJERFVE, B.; NEVES, C. F.. A análise de registros de maré extremamente longos. **Pesquisa Naval**, n.19. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, 2007.

FRANCO, A. S.; KJERFVE, B.; NEVES, C. F.. **The analyse of extremely long tidal series**. In: IV Seminário sobre Ondas, Marés e Engenharia Oceânica – IV OMAR, Arraial do Cabo, 2001.

GRINSTED, A.; MOORE, J. C.; JEVREJEVA, S.. Reconstructing sea level from Paleo and projected temperatures 200 to 2100AD. **Clim. Dyn.**, 2009.

HANSEN, J. E.. Scientific reticence and sea level rise. **Environmental Research Letters**, v.2, 2007.

HANSEN, J.; NAZARENKO, L.; RUEDY, R.; SATO, M.; WILLIS, J.; DEL GENIO, A.; KOCH, D.; LACIS, A.; LO, K.; MENON, S.; NOVAKOV, T.; PERLWITZ, J.; RUSSELL, G.; SCHMIDT, G. A.; TAUSNEV, N.. Earth's energy imbalance: confirmation and implications. **Science**, v.308, p.1431–1435, 2005.

HARARI, J.; CAMARGO, R.. **Tides and mean sea level in Recife (PE)**. Boletim do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1993.

HERBEGER, 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.

HEWITT, K.. **Regions of Risk: A Geographical Introduction to Disasters**. London: Addison Wesley Longman, 1997.

IBGE, 2010. **Censo demográfico 2010**. Disponível em:<[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 06 jul. 2011.

IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC, 2007: **climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2007. p. 173-210. Contributions of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IUCN-UNEP-WWF. Cuidando do Planeta Terra: **Uma estratégia para a vida**. 2 ed. SMA. São Paulo, 243p.1991.

JEVREJEVA, S.; MOORE, J. C.; GRINSTED, A.; WOODWORTH, P.L.. Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? **Geophysical Research Letters**, v.35, 2008.

KALIL, A. F. D.. **Contribuições ao estudo do nível médio do mar no Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (COPPE)**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

KLUG, L. B.. **Vitória: Sítio Físico e paisagem**. Vitória: EDUFES, 2009.

KRABILL, W.; HANNA, E.; UYBRECHTS, P.; ABDALATI,W.; CAPPELEN, J.; CSATHO, B.; FREDERICK, E.; MANIZADE, S.; MARTIN, C.; SONNTAG, J.; SWIFT, R.; THOMAS, R.;YUNGEL, J.. Greenland ice sheet: increased coastal thinning. **Geophys Res**, 2004.

KRAUS, N.C.; ROSATI, J.D.. Interpretation of shoreline – position data for coastal engineering analysis. **Coastal Engineering Technical Note**, CETN II-39, U.S. Army, Engineer Research and Development Centre, Vicksburg, M.S. 1997.

KUMAR, P. K. D. Potential vulnerability implications of sea level rise for the coastal zones of cochin, southwest coast of India. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.123, p.333–344, 2006.

KUO, C. Y.. (Ed). **Urban Stormwater Management in Coastal Areas, Proc.Of the Natl. Symp**. ASCE, held in Blacksburg, Va, 1980.

LUDWIG, F.. Too much water or too little? Coping with the inevitable. **Planning**, v.73, n.8, p.28-33, 2007.

MARENGO, J. A.. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: **Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARTIN, L. SUGUIO, K.; FLEXOR, J.; ARCHANJO, J. D.. Coastal Quaternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo (Brazil). **Acad. Bras. Cien.**, v.68, n.3, p.389-404, 1996.

MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G.; CAMPOS, R. O. G.. Modelo Matemático de Células de Escoamento para Cheias Urbanas. In. ROSMAN, P. C. C. et al. **Métodos Numéricos em Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, cap.2, 2001.

MEIRELLES, H. L.. **Direito Municipal Brasileiro**. São Paulo, Malheiros Editores, 1990.

MELO, B.. **Indicadores de ocupação urbana sob o ponto de vista da infraestrutura viária**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2004.

MELO, E.; GONZALEZ, J. A.. Coastal erosion at Camburi beach (Vitória, Brazil) and its possible relation to port works. In: Fourth international conference on coastal and port engineering in developing countries, 1995, Rio de Janeiro-Brasil. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.1, p. 397-411, 1995.

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.

MENEZES, D. C.. **Contribuições metodológicas para análise de flutuações atmosféricas e oceanográficas de baixa frequência na costa do estado do Rio e Janeiro**. 2007. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MESQUITA, A. R.. **Marés, Circulação e Nível do Mar na Costa Sudeste do Brasil**. São Paulo: IOUSP/FUNDESPA, 1997.

MESQUITA, A. R.; HARARI, J.; FRANÇA, C. A.. **Interannual variability of tides and sea level at Cananéia, Brazil, from 1955 to 1990**. São Paulo: Publicação especial do IOUSP, n. 11, p. 11-20, 1995.

MORAIS, A. C.. **Estimativas de cargas polidoras na Baía de Vitória com uso de Sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

MOTE, P.; PETERSEN, A.; REEDER, S.; SHIPMAN, H.; BINDER, L. W.. **Sea Level Rise in the Coastal Waters of Washington State**. A report by the University of Washington Climate Impacts Group and the Washington Department of Ecology, 2008. Disponível em: < <http://cses.washington.edu/db/pdf/moteetal579.pdf> >. Acesso em: 10 de jan. 2011.

MUEHE, D.; NEVES, C. F.. **Impactos Potenciais das Mudanças Climáticas na Cidade do Rio de Janeiro e Possíveis Ações de Mitigação**, 2007. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/ipp/download/zonacosteiradietereneves1.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2009.

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.

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, B. R.; TOL, R. S. J.. Impacts and responses to sea-level rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century. **Phil. Trans. R. Soc. A**, v.364, p.1073–1095, 2006.

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.; LEATHERMAN, S. P.. Sea-level rise and coastal management. In: MCGREGOR, D.F.M.; THOMPSON, D.A. (Eds.), **Geomorphology and land management in a changing environment**. New York: John Wiley & Sons, p. 229-244, 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.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L.. Cenários de Mudança Climática para a América do Sul para o Final do Século 21. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v. 1, n. 27, p.19-41, 2008.

NUNES, A. L.. **Determinação das marés meteorológica na região da Baía de Vitória (ES) e sua influência da drenagem de águas continentais**. 2007.132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

NUNES, A. L.; BARROSO, G. F.. Modelo histórico das alterações fisiográficas recentes da Baía de Vitória, ES, com o uso de Sistema de Informações Geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2., 2005, Vitória. **Anais...** Vitória: AOCEANO/UFES, 2005. 1 CD.

OLIVEIRA, M. M. F.. **Redes Neurais Artificiais na Predição da Maré Meteorológica em Paranaguá – PR**. 2004, 160 f. Tese (Mestrado em

Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

PAIVA, A. M.. **Estudo das variações do nível médio do mar em Arraial do Cabo, RJ**. Relatório de Pesquisa. FAPERJ-COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro: 1993.

PDDU. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Vitória**. PMV: Vitória, v.2, 2008.

PDTMUV. **Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana da cidade de Vitória**: Diagnóstico. Vitória, 2007. Disponível em:<[http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20110511\\_agendavix\\_mobilidad\\_diag.pdf](http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20110511_agendavix_mobilidad_diag.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2010.

PFEFFER, W. T.; HARPER, J. T.; O'NEEL, S.. Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. **Science**, v.321, p.1340-1343, 2008.

PMV, 2009. Disponível em:<[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/areas\\_aterros\\_tipo.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/areas_aterros_tipo.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2010.

PMV, 2010. Disponível em:< <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/home.asp>>. Acesso em: 06 jan. 2010.

POLETTE, M.. **Gerenciamento Costeiro Integrado**: Propostas Metodológicas para a Paisagem Litorânea da Microbacia Mariscal. 1997. 499f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Programa de Pós- Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

PUGH, D. T.. **Changing sea levels**: Effects of tides, weather and climate. Cambridge University Press: New York, 2004.

RAHMSTORF, S.. A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. **Science**, v.315, p.368–370, 19 Jan. 2007.

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, 2004.

RIBEIRO, W. C.. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias estratégicas**, Brasília, v.1, n.27, 2008.

ROAF, S.; CRICHTON, D. ; NICOL, F.. **A adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Tradução por Alexandre Salva terra. Porto Alegre. Booleman, 2009.

ROSENZWEIG, C.; MAJOR, D. C.; DEMONG, K.; STANTON, C.; HORTON, R.; STULT, M.. Managing climate change risks in New York City’s water system: assessment and adaptation planning. **Mitig Adapt Strat Glob Change**, v.12, p.1391–1409, Apr. 2007.

- SANTOS, A. R.. **ArcGIS 9.1. Total: aplicação para dados espaciais**. FUNDGRES, Vitória, 2007.
- SHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, p.64, 1995.
- SILVA, G. N.. **Variação de longo período do nível do mar: causas, conseqüências e metodologia de análise**. 1992. Dissertação (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.
- SILVA, G. N.; NEVES, C. F.. Preenchimento de Lacunas em Registros de Maré. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 11, n. 1, p. 39-53, 1993.
- SJERP, E.; CHARTERIS, A.. **Climate Change, Sea Level Rise and Coastal Subsidence along the Gippsland Coast: Implications for geomorphological features, natural values and physical assets Phase 2 - Gippsland Climate Change Study**. 2008.
- SOARES, M.L.G. 1997. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - Análise de modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- SOARES, M.L.G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G..The use of mangroves as indicators of sea-level changes. **In: 6<sup>th</sup> International Wetland Symposium – International Association of Ecology**. Millennium Wetland Event. Quebec, Canada, p. 213, 2000.
- SROEVE, J.; MARIKA, M. H.; MEIER, W.; SCAMBOS, T.; SERREZE, M.. Arctic sea ice decline: faster than forecast. **Geophys Research Letters**, v.89, n.2, p. 13-14, 2007.
- TESSLER, M. G.; GOYA, S. C.. Conditioning factors of coastal processes in the Brazilian Coastal Area. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, n. 17, p. 11-23, 2005.
- TITUS, J. B.; RICHMAN, C. Maps of lands vulnerability to sea-level rise: modeled elevation along the US Atlantic and gulf coasts. **Climate Research**, v. 18, n.3, p.205-228, 2001.
- TITUS, J. G.. **Does sea level rise matter to transportation along the Atlantic coast?** In The potential impacts of climate change on transportation. The DOT Center for Climate Change & Environmental Forecasting Workshop October 1-2, 2002. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- TITUS, J. G.. Does the U.S. government realize that the sea is rising? How to restructure federal programs so that wetlands and beaches survive. **Golden Gate University Law Review**, v.30, n.4, p.717-786, 2000.
- TITUS, J. G.. Greenhouse effect and sea level rise: The cost of holding back the sea. **Coastal Management**, v.19, p.171-204, 1991

TITUS, J. G.; KUO, C. Y.; GIBBS, M. J.; LAROCHE, T. B.; WEBB, M. K.; WADDELL, J. O.. Greenhouse effect, sea level rise, and coastal drainage systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.113, n.2, p.216-227, Mar. 1987.

TITUS, J. G.; NARAYANAN, V. K.. **The probability of sea level rise**. EPA 230-R-95- 008. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 1995.

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.

UAISSONE, A. J. R. **Influência das forçantes atmosféricas em mesoescala sobre o nível médio do mar em Piraquara**. 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

VITÓRIA-ES (cidade). **Lei Municipal 6705, de 13 de outubro de 2006**. Institui o Plano Diretor Urbano do Município de Vitória e dá outras providências. Jornal A tribuna, Vitória,16 out. 2006. Disponível em: <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/2006/L6705.PDF>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

VOLSCHAN Jr, I.. Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. In: GUSMÃO, P. P.; CARMO, P. S.; VIANNA, S.B (Orgs). **Rio Próximos 100 anos**. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008.

WOODWORTH, P. L., AARUP, T.. **A Report on the Status of the GLOSS Programme and a Proposal for Taking the Programme Forward**. Intergovernmental Oceanographic Commission (of UNESCO), Paris, 2003.

YIN, J.; SCHLESINGER, M. E.; STOUFFER, R. J.. Model projections of rapid sea-level rise on the northeast coast of the United States. **Nature Geoscience**, 2009.

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\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)> Acesso em: 8 jan. 2010.

**Quadro 13 - Cenário Otimista: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória**

Bacia	Ponto de Descarga (Bairro): Galeria inundada
3	Canal da Passagem (Santa Luíza):R. Moacir Strauch
55	Baía de Vitória (Estrelinha):R. da Galeria
60	Baía de Vitória:R. Rua Da Chácara
61	Mangue (Redenção): R.60; R.Wilson Toledo /Mangue (Santo André): R.Vinte e Três de Abril
63	Mangue (Nova Palestina): R. Nova
64	Mangue (Nova Palestina): R. Dr. José Geraldo Bermudês
65	Mangue (Nova Palestina):R. José Coelho
66	Mangue (Nova Palestina): R. São Pedro
68	Mangue (Nova Palestina): R. Idalino Ferreira
70	Mangue (Resistência): R. Velha Dominga
71	Mangue (Resistência):R. Tancredo Neves
72	Mangue (Resistência): R. Nossa Sra. D' Ajuda
73	Mangue (Resistência): R. Joca Pereira dos Santos
75	Mangue (Resistência): R. São Judas Tadeu
76	Mangue (Resistência): próxima a R. Beatriz Francisco Batista;
77	Mangue (Joana D'Arc): R. José M. Delazare; R. Ozias S. Rodrigues
78	Mangue (Santa Martha):R. Paulo Delazare
97	Baía do ES (Jardim Camburi): SI <sup>1</sup> (deságua na direção da R. Munir Helal)

Nota: SI<sup>1</sup>-Galeria sem identificação

**Quadro 14 - Cenário Intermediário: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória**

Bacia	Ponto de Descarga (Bairro): Galeria inundada
3	Canal da Passagem (Santa Luíza):R. Moacir Strauch/ (*):R. Dom Pedro II
34	Baía de Vitória (Centro): R. Dr. João dos Santos Neves
44	Baía de Vitória (Santo Antônio):R. João Oliveira
45	Baía de Vitória (Santo Antônio): R. Alecyr Porto
46	Baía de Vitória (Santo Antônio):Tv. Santuário/ (*): R.Adelpho Poli Monjardim
47	Baía de Vitória (Santo Antônio):R. Jose Veloso
48	Baía de Vitória (Santo Antônio):R. Carmem Rosa da Fonseca
49	Baía de Vitória (Santo Antônio):R. Manoel Soares de Mello
55	Baía de Vitória (Estrelinha):R. da Galeria / (*): R. 8 de Julho
59	Baía de Vitória: R. Natalino de Freitas Neves
60	Baía de Vitória:R. Rua Da Chácara
61	Mangue (Redenção): R. 60; R. Wilson Toledo/Mangue (Santo André): R. Ministro Rui Barbosa; R. Vinte e Três de Abril
62	Mangue (Redenção): R. Projetada 2150; R.Anália Santos/ (*): R. Augusto Teixeira
63	Mangue (Nova Palestina): R. Nova; R. São Marcos
64	Mangue (Nova Palestina): R. Dr. José Geraldo Bermudês
65	Mangue (Nova Palestina):R. José Coelho
66	Mangue (Nova Palestina): R. São Pedro
67	Mangue (Nova Palestina): R. Vinte e Quatro de Maio
68	Mangue (Nova Palestina): R. Idalino Ferreira
71	Mangue (Resistência):R. Tancredo Neves
72	Mangue (Resistência): R. Nossa Sra. D' Ajuda
73	Mangue (Resistência): R. Joca Pereira dos Santos
75	Mangue (Resistência): R. São Judas Tadeu
76	Mangue (Resistência): SI <sup>1</sup> próxima à R. Beatriz Francisco Batista
77	Mangue (Joana D'Arc): R. José M. Delazare; R. Ozias S. Rodrigues
78	Mangue (Santa Martha):R. Paulo Delazare
79	Canal da Passagem (Santa Martha): Tv. Pôr do Sol; R. DaAssembléia; R. Projetada D
81	Canal da Passagem (Andorinhas): R. Dep. Clério V. Falcão
85	Canal da Passagem (Pontal de Camburi):R. Amaro Severino da Silva
94	Mangue (Maria Ortiz): R. Prof. <sup>a</sup> Odila Simões
95	Mangue (Maria Ortiz):R. Olympio R. Passos; R. Edna S. Gaudio
97	Baía do ES (Jardim Camburi): SI <sup>1</sup> (deságua na direção da R. Munir Helal)

Nota: SI<sup>1</sup>-Galeria sem identificação

**Quadro 15 - Cenário Pessimista: vulnerabilidade dos elementos que compõem o sistema drenagem de Vitória**

Bacia	Ponto de Descarga (Bairro): Galeria inundada
1	<b>Canal da Passagem (Pontal de Camburi):</b> SI <sup>1</sup> / (*): Av. Leitão da Silva; Dr. Arlindo Sodré; R. Frederico Gomes; R. Manoel Messias dos Santos; R. Daniel Abreu Machado; R. Marins Alvarino; R. Das Palmeiras; Av. Robert Kennedy; Av. Nossa Sra. da Penha <sup>2</sup> ; R. José Farias
2	<b>Canal da Passagem (Santa Luíza):</b> SI <sup>1</sup> / (*): R. Vitalino dos S. Valadares; R. Dr. Guilherme Serrano
3	<b>Canal da Passagem (Santa Luíza):</b> R. Moacir Strauch/ (*): R. Dom Pedro II
4	<b>Canal da Passagem (Praia do Canto):</b> Av. Rio Branco
5	<b>Canal da Passagem (Praia do Canto):</b> R. Aleixo Netto
6	<b>Canal da Passagem (Praia do Canto):</b> R. Joaquim Lírio
9	<b>Praia da Curva da Jurema (Enseada do Suá):</b> SI <sup>1</sup> / <b>Praia das Castanheiras (Enseada do Suá):</b> SI <sup>1</sup> . Ambas as galerias ficam próximas a Pte. Des. Paes Barreto
10	<b>Baía do ES (Ilha do Frade):</b> SI <sup>1</sup> (próxima à Pç. Arquiteto Carlos Alberto Vivácqua)
11	<b>Baía do ES (Ilha do Boi):</b> SI <sup>1</sup> (próxima a R. Jefferson Dalla)
13	<b>Baía do ES (Ilha do Boi):</b> SI <sup>1</sup> (próxima à entrada da Ilha do Boi)
16	<b>Baía de Vitória (Enseada do Suá):</b> três galerias SI <sup>1</sup> (próximas ao Shopping Vitória)
17	<b>Baía de Vitória (Enseada do Suá):</b> R. Walter dos Santos Gonçalves
18	<b>Baía de Vitória (Enseada do Suá):</b> R. LuízGonzalesAlvarado
19	<b>Baía de Vitória (Enseada do Suá):</b> R. Belmiro R. da Silva; R. Licínio dos S. Conte/ (*): Nossa Sra. dos Navegantes
21	<b>Baía de Vitória (Bento Ferreira):</b> Av. Marechal Mascarenhas de Moraes
22	<b>Baía de Vitória (Bento Ferreira):</b> SI <sup>1</sup> (paralela a Av. Marechal M. de Moraes); Av. Jair EtienneDessaune/ (*): R. Flávio Abaurre <sup>2</sup> ; R. Gabriel Abaurre; R. Nossa Sra. das Graças; R. Raymundo V. do Espírito Santo; R. Dr. Lauro F. Santos; R. Santa Rita de Cássia; R. Av. Marechal Campos <sup>4</sup> ; R. Des. José Batalha <sup>3</sup> ; R. Pedro Botti; R. Aprígio de Freitas; R. Prof. <sup>a</sup> Anizia C. Rocha; R. Joaquim L. Lopes; R. Juvenal Caetano; R. Nestor Frigeri; R. Dr. Américo Oliveira; R. Antônio Aleixo <sup>2</sup> ; R. Padre Antônio R. Pinto; R. Des. Ferreira Coelho; Av. Des. Santos Neves; Av. Carlos M. Lima; R. Neves Armond; Tv. Luiz Gonzaga; R. Pedro Fonseca; R. Chafic Murad; R. Prof. Arnud Cabral; R. Construtor Camilo Gianordoli; Av. Cesar Helal <sup>2</sup> ; Av. Vitória <sup>2</sup> ; Av. Leitão da Silva <sup>2</sup> ; R. Amélia da C. Ornelas; R. Ulisses Sarmento <sup>2</sup> ; SI <sup>1</sup>
23	<b>Baía de Vitória (Ilha de Santa Maria):</b> R. Maria de Lourdes Garcia <sup>2</sup> ; R. São Cosme/ (*): R. Maria de L Garcia; R. João Bastos Vieira; R. AlvaroSarlo
24	<b>Baía de Vitória (Ilha de Santa Maria):</b> R. João Santos Filho/ (*): R. José Carvalho
25	<b>Baía de Vitória (Ilha de Santa Maria):</b> Av. Paulino Muller/ (*):R. Joaquim Plácido da Silva
26	<b>Baía de Vitória (Forte São João):</b> R. Dom Bosco <sup>4</sup> / (*): R. Vitória 1; R.Ormando de Aguiar; Av. Vitória <sup>3</sup>
27	<b>Baía de Vitória (Forte São João):</b> R. Raimundo Nonato; R. Des. José Vicente
28	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Gov. José Sette/ (*):R. Aristeu Aguiar
29	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Alberto de Oliveira Santos/ (*): R. Des. O'Reilly
30	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Josué Prado/ (*): R. Barão de Itapemirim; R. Arariboia
31	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Marcelino Duarte/ (*): Pç. Costa Pereira; R. Graciano Neves
32	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Quintino Bocaiúva
34	<b>Baía de Vitória (Centro):</b> R. Dr. João dos Santos Neves
36	<b>Baía de Vitória (Ilha do Príncipe):</b> SI <sup>1</sup> (próxima à Ponte Florentino Ávidos)
37	<b>Baía de Vitória (Mário Cypreste):</b> SI <sup>1</sup> (próxima à Rodoviária)
38	<b>Baía de Vitória (Mário Cypreste):</b> SI <sup>1</sup> (próxima à 2ª Ponte); SI <sup>1</sup> (próxima à Rodoviária)
39	<b>Baía de Vitória (Mário Cypreste):</b> SI <sup>1</sup>
40	<b>Baía de Vitória (Mário Cypreste):</b> SI <sup>1</sup> ; R. Antônio Pinto de Aguiar
41	<b>Baía de Vitória (Mário Cypreste):</b> R. Mário Cypreste; R. Elzira Zílio
42	(*): R. Dom Benedito
43	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> SI <sup>1</sup> ; R. Soldado Manuel Furtado; Horácio D. dos Santos/ (*): R. Horácio D. dos Santos; R. Archimimo Mattos; R. Pedro José Vieira
44	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> R. João Oliveira
45	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> R. Alecyr Porto
46	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> Tv. Santuário/ (*): Rod. Serafim Derenzi; R.Adelpho Poli Monjardim
47	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> R. Jose Veloso
48	<b>Baía de Vitória (Santo Antônio):</b> R. Carmem Rosa da Fonseca

Quadro 15 - Cenário Pessimista: Bacias vulneráveis à sobrelevação do mar

(Conclusão)

Bacia	Ponto de Descarga (Bairro): Galeria inundada
49	Baía de Vitória (Santo Antônio): R. Manoel Soares de Mello/ (*): R. Ernesto Bassini
50	Baía de Vitória (Santo Antônio): R. Aderbhal Athayde Guimarães
51	Baía de Vitória (Inhanguetá): R. José Ramos Costa Filho
52	Baía de Vitória (Inhanguetá): R. Pedro Correa
53	Baía de Vitória (Inhanguetá): SI <sup>1</sup>
54	Mangue (Inhanguetá): SI <sup>1</sup>
55	Baía de Vitória (Estrelinha): R. da Galeria / (*): R. Augusto Ayres Ribeiro; R. Leocadio Monteiro; R.4 de Julho; R. 8 de Julho; R. Canoeiros; SI <sup>1</sup> (entre as ruas Leocadio Monteiro e Silvio M. Conceição)
56	Baía de Vitória: R. Oito de Junho; R. Presidente/ (*): R. Oito de Julho; R. Onze de Janeiro; R. 23 de Outubro; R. Leonel Fernandes
58	Baía de Vitória: R. Dos Navegantes; R. Guilherme Bassini
59	Baía de Vitória: R. Natalino de Freitas Neves
60	Baía de Vitória: R. Rua Da Chácara
61	Mangue (Redenção): R. 60; R. Wilson Toledo/ (*): R. Apóstolo São Paulo; R. Da Galeria/Mangue (Santo André): R. Rui Barbosa; R. Vinte e Três de Abril
62	Mangue (Redenção): R. Projetada 2150; R. Anália Santos/ (*): R. Augusto Teixeira
63	Mangue (Nova Palestina): R. Nova; R. São Marcos/ (*): R. Da Coragem; R. das Manilhas
64	Mangue (Nova Palestina): R. Dr. José Geraldo Bermudês
65	Mangue (Nova Palestina): R. José Coelho/ (*): R. São Pedro; R. Tiradentes
66	Mangue (Nova Palestina): R. São Pedro
67	Mangue (Nova Palestina): R. Vinte e Quatro de Maio
68	Mangue (Nova Palestina): R. Idalino Ferreira
70	Mangue (Resistência): R. Velha Dominga
71	Mangue (Resistência): R. Tancredo Neves
72	Mangue (Resistência): R. Nossa Sra. D' Ajuda
73	Mangue (Resistência): R. Joca Pereira dos Santos
74	Mangue (Resistência): R. 9 de Julho/ (*): R. Tancredo Neves
75	Mangue (Resistência): R. São Judas Tadeu
76	Mangue (Resistência): R. Beatriz Francisco Batista;
77	Mangue (Joana D'Arc): R. José M. Delazare; R. Ozias S. Rodrigues/ (*): R. Elvira M. Monteiro
78	Mangue (Santa Martha): R. Paulo Delazare/ (*): R. Luiz P. de Melo; R. Antônio Keffer
79	Canal da Passagem (Santa Martha): Tv. Pôr do Sol; R. Da Assembléia; R. Projetada D/(*): R. Benedito Muniz;
80	Canal da Passagem (Andorinhas): R. Emílio Ferreira da Silva/ (*): Av. Maruípe; R. Dona Rosa
81	Canal da Passagem (Andorinhas): R. Dep. Clério V. Falcão / (*): B. Beija-Flor; Tv. Maria G. Romania; Av. Leitão da Silva; R. Manoel Liberto
82	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): R. Anísio Fernandes Coelho
83	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): SI <sup>1</sup>
84	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): R. Alberto Bella Rosa
85	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): R. Amaro Severino da Silva
86	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): R. Sérgio Murilo França de Souza
87	Canal da Passagem (Pontal de Camburi): R. Serynes Pereira Franco
91	Mangue (Maria Ortiz): Av. Prof. Fernando Duarte Rabelo; R. Prof. Renato R. dos Santos/ (*): R. Projetada (antiga Rua E); R. Sebastião Perovano; R. Nossa Sra. da Aparecida; R. da Saudade; R. Prof. <sup>a</sup> Ocarlina Drumond de Carvalho
92	Mangue (Maria Ortiz): R. São Pedro/ (*): R. Aldo Mario Soares Pinto; R. Cecília de Souza
93	Mangue (Maria Ortiz): R. Projetada 1996/ (*): R. Eliane R. dos Santos
94	Mangue (Maria Ortiz): R. Prof. <sup>a</sup> Odila Simões/ (*): R. Antônio Nobre Filho; R. Milton de Castro Mattos; R. Milton de Castro Mattos III; R. Antônio Carlos de Almeida
95	Mangue (Maria Ortiz): R. Olympio Rodrigues Passos; R. Edna Siqueira Gaudio/ (*): R. Paulo de Vasconcellos; R. Prof. <sup>a</sup> Elza Lemos Andreatta; R. Ania Giovanoti; R. Elizabeth Vassalo Botechia; R. Ciro Vieira da Cunha
97	Baía do ES (Jardim Camburi): R. José Celso Cláudio; SI <sup>1</sup> (deságua na direção da R. Munir Helal)

Nota: SI<sup>1</sup>-Galeria sem identificação/<sup>2</sup>duas galerias/<sup>3</sup>três galerias/<sup>4</sup>quatro galerias