



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**IMPACTOS DO AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM ALGUMAS  
CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO, E SUAS CONSEQUÊNCIAS  
AMBIENTAIS**

**GABRIEL MOISÉS DE SOUSA NETO**

Campina Grande – PB  
Julho/2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**GABRIEL MOISÉS DE SOUSA NETO**

**IMPACTOS DO AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM ALGUMAS  
CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO, E SUAS CONSEQUÊNCIAS  
AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**

**METEOROLOGIA DE MESO E GRANDE ESCALAS**

**SUB-ÁREA**

**INTERAÇÃO OCEANO ATMOSFERA**

**ORIENTADOR**

**PROF. DR. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO**

Campina Grande – PB  
Julho/2009

**GABRIEL MOISÉS DE SOUSA NETO**

**IMPACTOS DO AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM ALGUMAS  
CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO, E SUAS CONSEQUÊNCIAS  
AMBIENTAIS**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO**  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

**Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO**  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

**Prof. Dra. DAISY BESERRA LUCENA**  
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido  
Universidade Federal de Campina Grande

O autor dedica esta dissertação

À honra e glória de Jesus Cristo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal de Campina Grande

A todos os professores que por suas mãos passei.

Ao Prof. Dr. Manoel Francisco Gomes Filho que me orientou e incentivou.

Ao Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, grande exemplo de seriedade e profissionalismo.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande.

Ao corpo docente do Curso, em especial aos Profs. Enio e Ramana Rao.

Ao corpo discente de Pós-Graduação, Agamenon, Ednaldo, Gilvam, Jeanine, Rafael, Velez, Farias e Alcides pelos momentos inesquecíveis.

Aos meus alunos do curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú.

As Prefeituras das cidades de João Pessoa, Recife e Maceio.

Por fim, a todas as pessoas que participaram de forma direta ou indireta da concretização desse trabalho.

Isso nós sabemos.  
Todas as coisas são conectadas  
como o sangue  
que une uma família...

O que acontece com a terra  
acontecerá com os filhos e filhas da terra.  
O Homem não teceu a teia,  
ele é dela apenas um fio.  
O que ele fizer para teia  
estará fazendo a si mesmo.

Ted Perry  
(inspirado pelo chefe Seattle)

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos provocados pelo aumento do nível médio do mar nas capitais João Pessoa-PB, Recife-PE e Maceió-AL, seguindo as estimativas dos relatórios do IPCC que prevêem uma elevação nos níveis dos oceanos cerca de 59 centímetros até o final do século XXI. De acordo com essas estimativas, foram utilizados dados de altimetria disponibilizados pelas prefeituras das cidades em estudo e trabalhados em vários softwares de geoprocessamento para se desenhar as curvas de nível mostrando até que altitude o mar poderá atingir. A partir daí, se calculou os prejuízos financeiros e ambientais gerados por essa elevação, pois, uma vez que os reflexos de tais fenômenos já exercem influências no cotidiano das pessoas que habitam essas localidades. Os resultados mostram com clareza as novas áreas cobertas pelo mar computado para João Pessoa, Recife e Maceió correspondendo a uma perda de área no total de 2.510.650 m<sup>2</sup>, 11.017.849 m<sup>2</sup> e 12.239.105 m<sup>2</sup>, respectivamente, envolvendo ruas, avenidas e construções. No que concernem os prejuízos ambientais, os municípios estudados possuem no seu perímetro urbano áreas de manguezais, sendo esses ricamente povoados por uma grande diversidade faunística e florística, no qual, essas espécies sofrerão sérios impactos, tendo em vista, que são mangues urbanos e, dessa forma, não tem como se expandirem.



## **ABSTRACT**

This work had as objective to analyze the impacts due to the increase of the mean sea level in the main cities of Nordeste namely, João Pessoa, Recife and Maceió, following the estimates of the reports of the IPCC that forecast a rise of the 59 cm in the level of the ocean ones of about 59 centimeter until the end of XXI Century. These estimates, was used together with data of altimetry turned available by the city halls of these related cities and worked in many geoprocessing software to draw the level curves showing the altitude where the sea reaches. From this, it was calculated environmental and financial impacts generated by this rise, therefore, a time that the consequences of such phenomena already exert influence in the daily life of the people who inhabit these localities. The results show with clarity the new areas covered for the sea computed for João Pessoa, Recife and Maceió corresponding to a loss of the area round the 2.510.650 m<sup>2</sup>, 11.017.849 m<sup>2</sup> and 12.239.105 m<sup>2</sup>, respectively, involving streets, avenues and buildings. In terms of the environmental damages, the three cities possess in its urban perimeter areas of coastal vegetation, being these inhabited by a great number of marine animals and vegetation.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
SIGLAS.....	xiv
NOMECLATURAS CIENTÍFICAS.....	xvi
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 Objetivo geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
3.1 Nível do Mar .....	21
3.1.1 Variação temporal do nível médio do mar.....	22
3.1.2 Variação espacial do nível médio do mar.....	24
3.2 Histórico de Variação no Nível Médio do Mar.....	24
3.2.1 Variações no Nível Médio do Mar durante o Quaternário.....	24
<b>3.3 Aquecimento Global e suas conseqüências na variação do NMM na atualidade.....</b>	<b>27</b>
3.3.1 Causas do aumento da temperatura média global.....	27
3.3.2. As variações previstas no NMM, ocasionadas pelo aquecimento global.....	28
3.3.3 As variações recentes do NMM na costa brasileira.....	29
3.3.4 O regime das marés na costa brasileira.....	32
3.4 Programas que monitoram as medições do nível do mar.....	33
3.4.1 Serviço Permanente para o Nível do mar (PSMSL).....	33
3.4.2 Sistema de Observação Global do Nível do Mar (GLOSS).....	34
3.4.3 Programas que monitoram o Nível do Mar no Brasil.....	36
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
4.1 Caracterização do Município de João Pessoa – PB.....	38
4.2 Caracterização do Município de Recife – PE.....	39
4.3 Caracterização do Município de Maceió – AL.....	40

4.4 Descrição dos dados.....	41
4.5 Metodologia.....	42
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>43</b>
5.1 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município de João Pessoa-PB.....	43
5.2 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município de Recife-PE.....	46
5.3 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município de Maceió-AL.....	49
5.4 Impactos ambientais para as cidades de João Pessoa-PB, Recife-PE e Maceió-AL.....	52
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões de estudo (João Pessoa, Recife e Maceió).....	19
Figura 2 - Níveis do NMM em portos da costa Brasileira que mostra, na atualidade.....	31
Figura 3 - Água invadindo a orla da cidade de Santos – SP.....	33
Figura 4 -. Distribuição das estações permanentes localizadas em todos os continentes e ilhas do planeta, colecionadas pelo Serviço Permanente para o Nível do Mar (PSMSL).....	34
Figura 5 – Estações GLOSS – GCN, no mundo todo.....	35
Figura 6 - Localização geográfica do município de João Pessoa-PB.....	38
Figura 7 - Localização do município do Recife-PE.....	39
Figura 8 - Localização do município do Maceió – AL.....	40
Figura 9 – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros para o bairro do Bessa da cidade de João Pessoa.....	44
Figura 10 – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros para o bairro do Bessa e Manaíra da cidade de João Pessoa.....	44
Figura 11– Áreas com cota de altitude com 1,73 metros para o bairro do Tambaú e Cabo Branco da cidade de João Pessoa.....	45
Figura 12 – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros para o bairro Cabo Branco da cidade de João Pessoa.....	45
Figura 13 - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros para os bairros do Recife e Santo Amaro da cidade do Recife.....	47
Figura 14 - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros para os bairros da Boa Vista e Santo Antônio da cidade do Recife.....	47
Figura 15 - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros para o bairro da Ilha do Leite da cidade do Recife.....	48
Figura 16 - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros para os bairro de Boa Viagem, Pina, Brasília Teimosa da cidade do Recife.....	48
Figura 17 - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros para o bairro de Boa Viagem, da cidade do Recife.....	49
Figura 18 - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros para o bairro da Pescaria, da cidade do Maceió.....	50

Figura 19 - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros para o bairro da Pajuçara, da cidade do Maceió.....	51
Figura 20 - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros para o bairro do Trapiche da Berra da cidade do Maceió.....	51
Figura 21- Curvas de Nível com cota de 1,56 metros para o bairro do Trapiche da Berra da cidade do Maceió.....	52
Figura 22- Mangue da cidade do Recife as margens do Rio Pina e Rio Jordão rodeado por construções sem nenhuma área para refúgio.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores em jogo nas variações relativas do nível do mar.....	22
Tabela 2 - Tendências no comportamento do nível do mar em varios locais do mundo, com séries maregráficas com mais de 70 anos.....	26
Tabela 3 - Número de ciclones comparados a ocorrência de ressacas.....	33
Tabela 4 – Expansão Volumétrica e Nível Médio do Mar para as capitais de João Pessoa, Recife e Maceió.....	41

## SIGLAS

AL – Alagoas

CHN – Centro Hidrográfico da Marinha

CLIVAR – Programa de Variabilidade e Predição Climática

COI – Comissão Oceanográfica Intergovernamental

COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

DWG – *Drawing web format*

GCN – Rede Central GLOSS

GLOSS - *Global Observing Sea Level System*

GOOS – Sistema de Observação Global dos Oceanos

IAGS – *Inter-American Geodetic Survey*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas

IOUSP - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

LTT – Tendências de Longo Termo

NEB – Nordeste Brasileiro

NMM – Nível Médio do Mar

ON – Observatório Nacional

ONG – Organização Não Governamental

PB – Paraíba

PE – Pernambuco

PIB - Produto Interno Bruto

PIRATA - *Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*

POL - *Proudman Oceanographic Laboratory*

PSMSL - Serviço Permanente para o nível do mar

RMFlu - Rede Maregráfica Fluminense

RMPG – Rede Maregráfica Permanente para Geodésia

SAD - Sistemas de apoio à decisão

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UTM - Universal Transverso de Mercator

WCRP – Programa de Pesquisa do Clima Global

WOCE – Experimento de Circulação do Oceano Global



## NOMENCLATURAS CIENTÍFICAS

cm – centímetro

cm – centímetro

km<sup>2</sup> – quilômetro quadrado

m – metros

m<sup>2</sup> - metro quadrado

mGal - miliGal

mm – milímetros

°C – graus Celsius

ppm - partes por milhão

Wm<sup>-2</sup> - watts por metro quadrado

---

## 1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos oceanográficos que normalmente causam marcantes variações meteorológicas, tanto na escala regional quanto na global, são, via de regra, bastante investigados, porque, o resultado de tais fenômenos exerce influência no cotidiano das pessoas e principalmente nas atividades produtivas.

O Nível Médio do Mar (NMM) é a altitude média da superfície do mar medida em relação a um determinado ponto na superfície terrestre de referência. O nível médio do mar é por sua vez utilizado como ponto de referência a partir do qual são medidas as altitudes das unidades de relevo e marcadas as curvas de nível e as altitudes nos mapas e plantas (KALIL, 1999; PIRAZOLLI, 1986; UAISSONE, 2004; MESQUITA, 2005).

Há quase um consenso na comunidade científica mundial (BRYDEN *et al.*, 2005; CAZENAVE & NEREM, 2004; entre outros) de que o NMM está se elevando gradativamente em diversas regiões do planeta, ainda que, este aumento seja em pequena magnitude seus impactos já se tem mostrado visíveis nas regiões costeiras onde estão localizados grandes centros urbanos.

Sem dúvida, a maior preocupação com o aumento do NMM é de fato a segurança e o bem estar da população localizada nessa linha costeira. Outro fator bastante importante é a questão financeira que pouco tem sido debatida, uma vez que os investimentos imobiliários nas regiões litorâneas são os que mais crescem em todo mundo.

Segundo o relatório do IPCC 2007 (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) desde 1961 observações mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3000 m e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar. Outro fator também relatado pelo IPCC, é que as geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram também para a elevação do nível do mar.

Em números globais o nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano, no período de 1961 a 2003, sendo que essa taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 [2,4 a 3,8] mm por ano. Ainda não se sabe ao certo se a taxa mais acelerada para 1993-2003 reflete a variabilidade decadal ou um aumento da tendência de longo prazo. Há uma enorme probabilidade de que a taxa da elevação do nível do mar aumentou do século XIX para o século XX (IPCC, 2007).

As medições do nível do mar têm sido regularmente realizadas ao longo da costa do Brasil e têm provido subsídios de grande importância sobre variabilidades de longo período em dois aspectos fundamentais: o nível médio do mar e as ondas de maré (MESQUITA, 2003).

Na costa brasileira as medições do NMM no Oceano Atlântico em análise são relativamente mais recentes, da década de 50, embora um grande número dessas medições tenham sido iniciadas de forma sistemática, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas (INPH), em vários portos da costa, no início do século XX (MESQUITA, 2003).

Segundo Mesquita (2003), as observações do nível do mar em períodos longos, da ordem de décadas, juntamente com cuidadosas edições, filtrações e análises das correspondentes séries temporais, indicam variações de amplitude e fase em portos da costa brasileira e que o nível médio relativo do mar podem estar variando ao longo de toda a costa à razão de 40 cm/ século. Estes resultados podem trazer importantes informações geofísicas e indicações de variações globais significativas na atualidade.

Já as projeções realizadas e mostradas no relatório do IPCC (2007) alertam que o nível do mar poderá subir entre 18 e 59 centímetros até o final do século XXI.

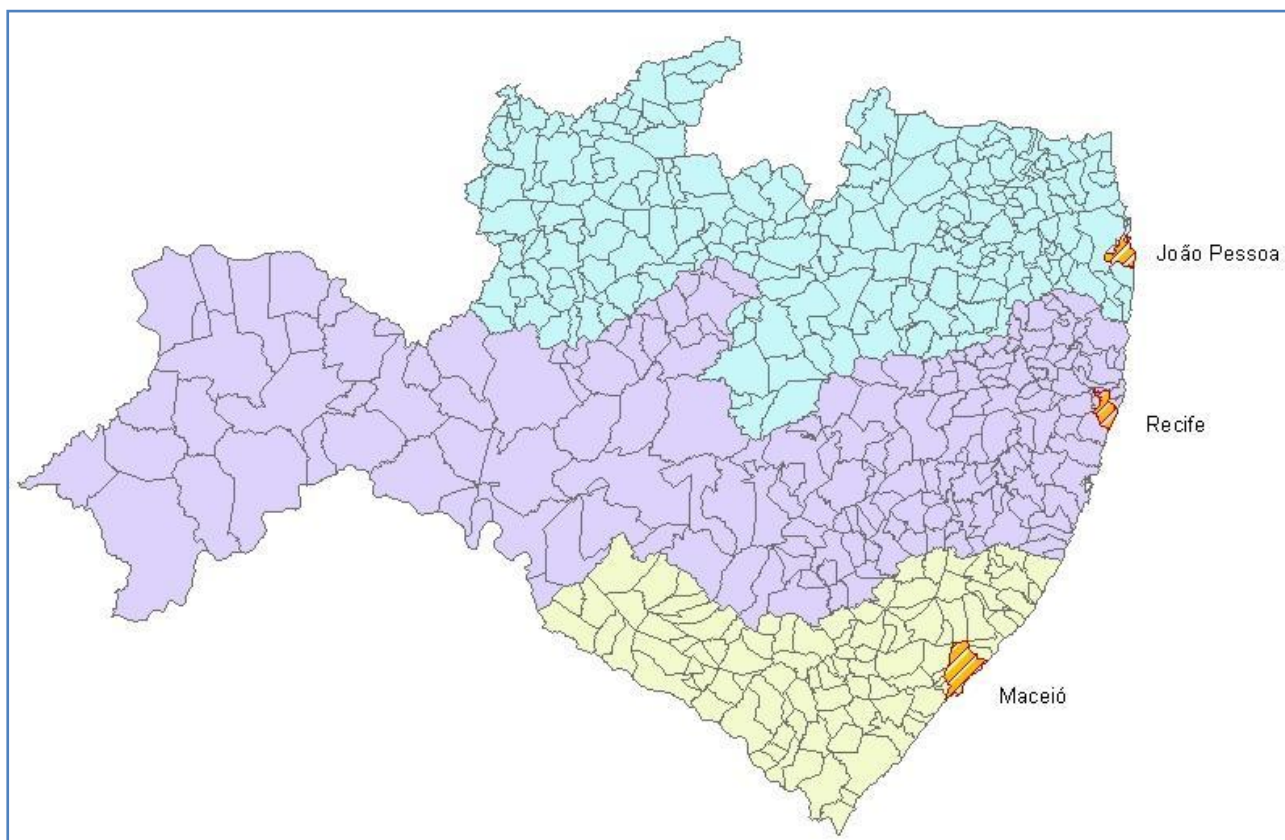
Com relação à fauna marinha, os mangues são os berçários de grande parte da mesma. Sua perda representará uma redução na reprodução temporária para renovação de espécies, sendo estas, já exploradas indiscriminadamente.

As áreas ameaçadas hoje abrigam cerca de 2% da superfície terrestre e aproximadamente 10% da população mundial (IPCC 2007).

Para o Brasil, presumem os cientistas que a elevação no nível dos mares poderá potencialmente afetar, até o final deste século XXI, até 42 milhões de pessoas que habitam cidades litorâneas (KALIL, 1999).

Contudo, embora os alertas, a mobilização da população e principalmente de governantes para estudar e implantar contramedidas meramente não existe. Todos estão convencidos que se o acontecimento ainda não sucedeu, e não deve ser objeto de preocupações.

Assim, tendo em vista a suma importância que o NMM desempenha no cotidiano das populações, principalmente as costeiras resolveu-se estudar as prováveis variações (especificamente no Oceano Atlântico Sul), tendo como foco os grandes centros econômicos e populacionais do Nordeste Brasileiro (NEB) que estão situados em zonas costeiras como João Pessoa, Recife e Maceió (Figura 1) Nessas regiões já podem ser observado os problemas relacionados a inundações principalmente nos períodos de maré alta.



**Figura 1** – Regiões de estudo ( João Pessoa, Recife e Maceió)<sup>1</sup>

Portanto, dentre as principais consequências desse provável aumento no NMM nessas referidas cidades que serão estudadas e analisadas, a saber: novas áreas de inundação (locais onde o NMM poderá atingir até o final do século XXI), danos ambientais (relevante ao comportamento da fauna e flora marinha) e prejuízos financeiros (relevante ao setor imobiliário costeiro). Os dados referentes à pesquisa foram obtidos *in situ*.

Sendo assim, este trabalho aborda na primeira parte o aumento no nível médio do mar junto à costa do Nordeste Brasileiro em decorrência da expansão volumétrica das águas oceânicas provocadas pelo aumento da temperatura média global, ocasionada por um provável aquecimento global que vem ocorrendo nas últimas décadas (IPCC, 2007). Na segunda parte são apresentados os objetivos. Para a terceira parte, o trabalho traz a visão de vários autores sobre a problemática do aumento do NMM junto a áreas urbanas. Encontra-se na quarta parte se encontra uma descrição detalhada da metodologia utilizada nesse presente estudo. Os resultados obtidos são sucintamente detalhados e analisados na quinta parte e por fim, na sexta parte estão apresentadas as conclusões levantadas diante os resultados obtidos.

<sup>1</sup> Fonte: Adaptada do IBGE, 2009

---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Alguns dos principais centros econômicos e populacionais do Nordeste brasileiro encontram – se localizados na zona costeira como é o caso de João Pessoa - PB, Recife – PE e Maceió – AL. Sendo assim, tem-se como objetivo principal monitorar o aumento do Nível Médio Mar nesses grandes centros urbanos e analisar o impacto desse aumento no cotidiano dessas localidades e seus habitantes.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Analisar as estimativas do aumento do nível do mar obtidos por Fernandes (2008) para o ano de 2100 necessários para o desenvolvimento da pesquisa.
- Realizar projeções do aumento do NMM nas cidades de João Pessoa - PB, Recife – PE e Maceió – AL, para o século XXI segundo estimativas do relatório do IPCC 2007 (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).
- Relacionar os danos e prejuízo que isso possa provocar nas localidades de João Pessoa - PB, Recife – PE e Maceió – AL, para o século XXI.

---

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Nível do Mar

O Nível Médio do Mar (NMM) compreende a altitude média da superfície do mar medida em relação a um ponto da superfície terrestre de referência. O NMM é por sua vez utilizado como ponto de referência, onde são medidas as altitudes dos mapas topográficos e marcadas as curvas de nível e as altitudes (KALIL, 1999; PIRAZOLLI, 1986; UAISSONE, 2004; MESQUITA, 2003).

Apesar de parecer uma questão de resolução simples, a determinação da superfície de referência apresenta um elevado grau de complexidade. As medições do nível médio do mar sintetizam as influências de múltiplos processos oceânicos abrangendo conseqüências devido às correntes marinhas, efeitos devido ao campo de massa, densidade, aos eventos meteorológicos, ao geopotencial terrestre, efeitos dos contornos oceânicos, e aqueles decorrentes das forçantes das marés de natureza astronômicas (MESQUITA, 2003).

Contudo, além dos fatores de circunstâncias astronômicas ou meteorológicas, o nível do mar está, ainda, sujeito aos efeitos das variações atribuídas pela eustasia, o que torna a determinação do seu nível médio complexo (KALIL, 1999).

À complexidade atribuída pelas variações do nível do mar temos que unir as que são cobradas pela necessidade de se conseguir um referencial fixo, em relação ao qual se realizarão as medições. Por tanto, grande parte das costas e fundos dos mares estão sujeitos a lentos levantamentos ou abaixamentos, provocados pela isostasia e pelo movimento das placas tectônicas. Logo, além da dificuldade de determinar o nível há ainda à necessidade de encontrar um local de referência fixo (o *datum*), para se efetuar as medições e se obter os resultados corretos (PIRAZOLLI, 1986).

O conceito de nível do mar é na maioria das vezes um conceito relativo. A Tabela 1 representa, na parte da esquerda, os diferentes processos que contribuem para as variações eustáticas, globais, do nível do mar. Na parte da direita encontram-se os processos que atuam do lado dos continentes e que interferem com as variações eustáticas (PASCOFF, 2001).

As mudanças eustáticas têm uma maneira global, enquanto que os movimentos que se constataam no continente são visivelmente encontrados no espaço.

**Tabela 1** - Fatores em jogo nas variações relativas do nível do mar<sup>2</sup>

Eustatismo diastrófico							
Glácio-eustatismo							Isostasia glacial
Eustatismo geoidal							Isostasia devido a erosão
Eustatismo sedimentar		OCEANOS		CONTINENTES			Movimentos tectônicos
Termo eustatismo							Compactação
Halo-eustatismo							
Hidro-isostasia							
		<b>VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL DO MAR</b>					

Dessa forma, deduz-se com facilidade que a variação do nível do mar é a resultante das tendências eustáticas e das tendências que se verificam do lado do continente. Expressa isso que as variações eustáticas podem ser ampliadas ou reduzidas, na sua amplitude, pelas oscilações do continente.

O geóide pode ter como definição uma superfície equipotencial que seria assumida pela superfície sem a presença de marés, variações de densidade da água, correntes e efeitos atmosféricos. Hoje, se tem conhecimento que existe um deslocamento do geóide de forma relativa à superfície perfeita do elipsóide que pode atingir cerca de 100m para cima ou para baixo, produzindo à existência de alterações na superfície do geóide de cerca de 180m. De fato, as subidas e descidas da superfície do geóide dependem de fenômenos de convecção verificados ao nível do manto terrestre (*ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS*, 1998). Este fato é um obstáculo de peso à construção de curvas da variação absoluta do nível do mar, válidas para toda a Terra. Com efeito, embora o eustatismo geoidal possa ser um fenômeno relativamente lento, os seus efeitos acabam por serem relevantes em prazos relativamente longos, por exemplo à escala dos 2,5 milhões de anos admitidos como duração do Quaternário (RISER, 1999).

### 3.1.1 Variação temporal do nível médio do mar

A variação temporal do nível do mar compreende um padrão complexo por causa da ligação de uma extensa gama de efeitos que podem ser incluídos em grandes grupos. Primeiramente, os fatores dependentes da eustasia, incluem-se, a variação da massa de água contida nos oceanos por

<sup>2</sup> Fonte: Paskoff, 1985

captura em massas de gelo ou sua fusão. Este efeito está relacionado com as glaciações, tendo períodos de recorrência que variam entre dezenas ou centenas de milhar de anos (RISER, 1999).

Os efeitos estéricos oriundos da variação do volume da água devido à expansão e contração térmica, em função das estações do ano, mas com uma componente, muito mais importante e pouco conhecida, ligada à variação global da temperatura dos oceanos podendo ser um fator decisivo nas alterações climáticas globais (CAZENAVE & NEREM, 2004).

Os fatores vinculados à isostasia, em especial à glacioisostasia, contribuem para variar o nível médio do mar e, por conseguinte, alteram a posição dos assoalhos marinhos e a ascensão das costas

Já os fatores meteorológicos ligados ao estado local do tempo e à propagação da agitação marítima. A ondulação e o vento colaboram para o acumulo das águas, o que em baías e golfos pode levar a alguns metros de subida do seu nível em relação ao nível médio, ou declínio quando os ventos sopram do sentido continente. Em águas relativamente confinadas, a ocorrência de seichas, isto é, movimentações periódicas de longo período na superfície da água podem levar a um aumento adicional do nível do mar em aproximadamente 1 metro (MESQUITA, 2003).

Outro fator é a pressão atmosférica, que provoca uma ascensão (nas áreas de baixas pressões) ou descida (nas áreas de altas pressões) que se associa ao equilíbrio hidrostático da coluna de água e atmosfera frente às áreas circundantes. Quando as desigualdades de pressão são grandes entre pontos adjacentes (elevados gradientes), como ocorre nos ciclones tropicais, o efeito de pressão pode contribuir em cerca de 1,5 metro (MESQUITA, 2003).

De extrema relevância os fatores astronômicos também influenciam o nível do mar em escala temporal.

A maré contribui oscilando o nível das águas de acordo com a localização referente ao Sol e a Lua e com as condições de ressonância para cada bacia oceânica em suas respectivas latitudes (KALIL, 1999).

Também, as oscilações de temperatura das águas oceânicas, comprometem a eustasia de procedência estérica em função das variações térmicas levadas pelas flutuações na radiação solar devido a causas astronômicas (KALIL, 1999).

As correntes marinhas comprometem as temperaturas e salinidades, por meio do efeito geostrófico, elevando localmente o nível das águas.



Mudanças de salinidade influenciam diretamente a densidade das águas oceânicas. Uma diminuição da densidade da água implica em um aumento do seu nível que pode, por sua vez, equilibrar as pressões hidrostáticas com as regiões adjacentes (KALIL, 1999).

Variações ligadas ao ciclo hidrológico provocam a subida e descida das águas em respostas às anomalias gravimétricas (PIRAZOLLI, 1986).

### **3.1.2 Variação espacial do nível medio do mar**

O nível dos oceanos, mesmo retirando os efeitos meteorológicos e das marés, mencionados anteriormente, não é estável, mas sim, heterogêneo para cada bacia oceânica, distanciando sensivelmente do geóide de referência e uma série de fatores podem influencia no surgimento destas variações (RISER, 1999).

As anomalias gravimétricas causada pela ocorrência de cadeias de montanhas submarinas podem atingir vários miligal (0.001 Gal) ao longo de distâncias relativamente curtas, provoca uma elevação do nível dos oceanos (RISER, 1999).

Alterações gravimétricas em determinados pontos são provocadas pela proximidade junto à costa, cordilheiras, ilhas coralinas e plataforma continental (RISER, 1999).

## **3.2. Histórico de variações no Nível Médio do Mar**

### **3.2.1 Variações no Nível Médio do Mar durante o Quaternário**

De acordo com Andersen & Borns (1994) no período do Neogênico constatou-se uma tendência total para uma série de progressivas mudanças no nível médio do mar. Essa tendência acentua-se durante o Quaternário, com fortes variações climáticas, como glaciações e períodos interglaciares, que se revelam em extraordinárias mudanças do nível do mar.

Por causa da retenção de gelo na parte interna dos continentes, na última glaciação, o nível do mar teria diminuído entre 120-140 m relativamente ao nível contemporâneo, o que se demonstrou numa alteração relevante da linha de costa, principalmente em regiões na qual a plataforma litoral é ampla e com pouco declive na parte próxima dos continentes, e em um recuo da linha de costa de 30-40 km (DIAS, 1997).

O período anterior a 1825 corresponde à pequena idade do gelo ocorreu um certo decréscimo do nível do mar. Já o período posterior a 1825 apresenta uma elevação do nível do mar de cerca de 12 cm no período de 150 anos (PASKOFF, 2001).

Um aquecimento causará uma expansão das massas de água dos oceanos por efeito térmico. Segundo Paskoff (2001) a expansão térmica da água do mar será responsável de 0,3 a 0,7mm de subida do nível eustático.

Segundo Mesquita (2003) o NMM nos últimos 2.000 mil anos, permaneceu quase que constante e, medido por marégrafos fixados na crosta terrestre desde século XIX, exibia no início século XX, uma razão de variação global de cerca de 18 cm/século. Essa razão de variação é devida, principalmente, a três motivos: ao aumento da massa dos oceanos, decorrente do fenômeno do degelo polar (razão eustática), do aquecimento dos oceanos (razão estérica) e do ajustamento da crosta decorrente dessas variações até aquela data (razão crustal).

Ainda segundo Mesquita (2003) Resultando em 2000 anos, é um balanço da razão de variação do NMM na seguinte forma:

$$\text{Razão em 2000} = \text{razão histórica} + \text{razão estérica} + \text{razão eustática} + \text{razão crustal} = (18 + 6 + 6 - 6) \text{ cm/século} = 24 \text{ cm/século}$$

Para Belém (2007) a causa dessas variações do nível do mar em todo o planeta é o efeito da “anomalia termostérica”. O nome anomalia advém do fato da água se expandir ou se contrair dependendo do seu aquecimento ou resfriamento, respectivamente. O efeito da salinidade é similar (anomalia halostérica), mas consideravelmente menor.

Conforme a Tabela 2, mostra na coluna B, as tendências de variação do nível do mar a partir dos dados de marégrafos com séries de mais de 70 anos. Esses valores deve – se acrescentar o valor da subsidência relacionados à isostasia pós-glacial, para obter os valores da subida eustática. Fazendo, a média dá valores da ordem de 1,92mm/ano.

**Tabela 2** - Tendências no comportamento do nível do mar em varios locais do mundo, com séries maregráficas com mais de 70 anos.<sup>3</sup>

<b>A</b>	<b>B</b>
Newlin (Grande-Bretagne)	1,7
Brest (France)	1,4
Cascais (Portugal)	1,2
Lagos (Portugal)	1,5
Marseille (France)	1,2
Gênes (Italie)	1,2
Trieste (Italie)	1,2
Honolulu (Hawaï, USA)	1,5
Auckland (Nouvelle-Zélande)	1,3
Dunedin (Nouvelle-Zélande)	1,4
Lyttelton (Nouvelle-Zélande)	2,3
Wellington (Nouvelle-Zélande)	1,7
Buenos Aires (Argentine)	1,6
San Francisco (Californie, USA)	1,5
San Diego (Californie, USA)	2,1
Key West (Floride, USA)	2,2
Fernandina (Floride, USA)	1,8

<sup>3</sup> Fonte: Adaptado de Paskoff, 2001

### 3.3 Aquecimento Global e suas conseqüências na variação do NMM na atualidade

#### 3.3.1 Causas do aumento da temperatura média global

Segundo o relatório do IPCC (2007), a concentração de dióxido de carbono global, óxido nitroso e metano, aumentaram consideravelmente devido as atividades humanas desde 1750 e atualmente ultrapassaram em muito os valores pré-industriais, com base em pesquisas realizadas em testemunhos gelo nos últimos 10.000 anos.

Especula-se que esse aumento global se deve principalmente a queima de combustíveis fósseis. Enquanto o aumento da concentração de metano e óxido nitroso é devido às atividades agrícolas (IPCC, 2007).

Dos gases do efeito estufa, o dióxido de carbono é o gás antrópico mais importante sua concentração na atmosfera global subiu de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm para 379 ppm<sup>3</sup> em 2005. Essa concentração elevada em 2005 ultrapassa muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (180 a 300 ppm), sendo essa taxa ultrapassada em média dos anos de 1995 a 2005, 1,9 ppm por ano (IPCC, 2007).

O aumento de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano são de +2,30 [+2,7 a +2,53] Wm<sup>-2</sup> sendo que muito provável que essa taxa de aumento tenha se dado na era industrial. O dióxido de carbono aumentou em 20% entre os anos de 1995 a 2005, tornando – se a maior mudança em uma década nos últimos 200 anos (IPCC, 2007).

De acordo com IPCC (2007), a descarga antrópica de aerossóis para atmosfera, principalmente sulfato, carbono orgânico, nitrato e poeira juntos geram um efeito de esfriamento, com um forçante radioativo direto total de -0,5 [-0,9 a -0,1] Wm<sup>-2</sup> e também, um forçamento indireto de albedo das nuvens de -0,7 [-1,8 a -0,3] Wm<sup>-2</sup>

Essas contribuições antrópicas para o forçamento radioativo originam-se de várias fontes. As alterações no ozônio troposférico originados de emissões de substancias químicas formadoras de ozônio como, óxidos de nitrogênio hidrocarbonos e monóxido de carbono colaboram com +0,36 [+0,25 a + 0,65] Wm<sup>-2</sup>. E o forçamento radioativo direto por causa das alterações nos halocarbonos é de +0,34 [+0,31 a +0,37] Wm<sup>-2</sup>. Já as alterações no albedo da superfície devido alterações na

cobertura da terra e descarga de aerossóis negro de fumo na neve provocam forçamentos, respectivamente de  $-0,2$  ( $-0,4$  a  $0,0$ ) e  $+0,1$  ( $0,0$  a  $+0,2$ )  $\text{Wm}^{-2}$  (IPCC, 2007).

Ainda, de acordo com o IPCC (2007), entre os anos de 1995 e 2005, as temperaturas estão no registro das mais elevadas na superfície do planeta. A tendência linear atualizada de 100 anos é de  $0,74$  ( $0,56$  a  $0,92$ ) $^{\circ}\text{C}$ . A tendência linear nos últimos 50 anos ( $0,13$  [ $0,10$  a  $0,16$ ] $^{\circ}\text{C}$  por década) atinge quase o dobro dos últimos 100 anos.

Desde a década de 80 o teor médio de vapor d' água aumentou tanto sobre a superfície da terra e do oceano (IPCC, 2007).

### **3.3.2. As variações previstas no NMM, ocasionadas pelo aquecimento global**

Análises desde 1961 apontam que a temperatura média do oceano global elevou-se em profundidade de até pelo menos 3000 m. Dessa forma o oceano tem absorvido mais de 80% do calor sobreposto ao sistema climático como foi dito no item anterior. Esse aquecimento traz conseqüências fazendo com que a água do mar se expanda, contribuindo para a elevação do mesmo (IPCC, 2007).

Outro ponto a se observar é que as geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, em ambos os hemisférios, e essa redução das geleiras e calotas de gelo contribuíram também para a elevação do nível do mar, porém, as calotas de gelo não abrangem as contribuições dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica.

De acordo com o relatório do IPCC (2007), a média global do nível do mar subiu a uma taxa média de  $1,8$  [ $1,3$  a  $2,3$ ] mm/ano, no período de 1961 a 2003. Sendo, essa taxa mais acentuada no decorrer do período de 1993 a 2003, com cerca de  $3,1$  [ $2,4$  a  $3,8$ ] mm/ano.

Porém, ainda não está claro se a taxa mais acelerada para 1993-2003 é reflexo da variabilidade decadal ou um aumento da tendência de longo prazo.

Assim, existe uma grande confiança por parte da comunidade científica mundial de que a taxa da elevação do nível do mar aumentou do século XIX para o século XX. Estima-se que a elevação total do século XX seja de  $0,17$  [ $0,12$  a  $0,22$ ] m (IPCC, 2007).

Segundo a Organização não Governamental (ONG) *GreenPeace*, o oceano e seus habitantes serão irreversivelmente afetados pelos impactos do aquecimento global e as mudanças no clima. Os

cientistas afirmam que, ao aumentar a temperatura das águas do mar, o aquecimento global irá elevar o nível dos oceanos e mudar as correntes marítimas.

De acordo com a ONG *GreenPeace* os efeitos já podem ser sentidos. Espécies inteiras de animais marinhos e peixes estão sob risco de extinção com o aumento da temperatura e eles unicamente não conseguem resistir em condições alteradas. Como por exemplo, o acréscimo da temperatura nas águas foi apontado como responsável pelo branqueamento e morte de extensas áreas de corais.

Observa-se também que a velocidade do fluxo elevou - se em algumas geleiras de descarga da Groenlândia e da Antártica, sendo essa, as quais drenam o gelo da parte interior dos mantos de gelo. O correspondente aumento da perda de massa dos mantos de gelo com assiduidade se seguiu ao estreitamento, decimo ou perda de plataformas de gelo ou a perda de línguas de geleiras flutuantes também (IPCC, 2007).

Essa perda dinâmica de gelo é suficiente para esclarecer a maior parte da perda líquida de massa da Antártica e aproximadamente metade da perda líquida de massa da Groenlândia. O remanescente da perda de gelo da Groenlândia ocorreu devido às perdas resultantes do derretimento que excederam o acúmulo de neve (IPCC, 2007).

### **3.3.3 As variações recentes do NMM na costa Brasileira**

Os sinais de elevação do nível médio do mar em escala global são cada vez mais evidentes. Porém vale salientar que as perturbações locais de origem meteorológica, tectônica ou oceânica são bem mais visíveis.

De acordo Muehe e Neves (1995), a elevação do nível do mar sempre ficou mascarada pela escala geológica do fenômeno. No Brasil, as evidências geológicas provaram que na Bahia e no Rio Grande do Sul o mar já atingiu níveis de elevações seis metros mais alto do que o atual nível.

Segundo Muehe e Neves (1995) existe uma variação de um metro do nível do mar ao longo da costa brasileira, onde reside cerca de 20% da população.

Entretanto apesar de se tratar de um problema de magnitude global, assim como nas demais regiões do planeta, no Brasil também os marégrafos vêm registrando variações de elevação no NMM .

De acordo com Mesquita (2003), em vários portos da costa, no início do século XX, nota-se que há uma tendência de aumento do nível relativo do mar da ordem de 40 cm/século, ou 4 mm/ano.

Moita e Wainer (2005) observaram a elevação do nível mar no litoral brasileiro de 2,48mm/ano para o período entre 1993 e 2005; os dados da reconstrução histórica mostram uma taxa de 2,27mm/ano para o período de 1950 a 2001 e os modelos climáticos apontam para uma taxa de aumento do nível do mar para o período de 2001 a 2100 de 5,15mm/ano.

No Brasil, várias cidades de médio e grande porte já sofrem com a elevação do nível do mar, entre elas, Laguna-SC, Florianópolis-SC, Paranaguá-PR, Santos-SP, Rio de Janeiro-RJ, Vitória-ES, Salvador-BA, Maceió-AL, Recife-PE, São Luis-MA, Fortaleza-CE e Belém-PA (MOITA & WAINER, 2005).

Na região Sudeste do Brasil, com a subida do nível do mar no litoral paulista, pelo menos 20 praias estão susceptíveis a desaparecer em período de anos e tendo como situações críticas tanto no sul quanto na parte norte da costa paulista. Em Santos, a erosão observada inicialmente na Ponta da Praia está migrando em direção à Praia da Aparecida (SOUZA, 2005).

De acordo com Souza (2005), o nível do mar subiu 30 centímetros no Litoral Paulista no século passado, superior a uma média de dez centímetros no mesmo período para as demais regiões do mundo.

Segundo Arasaki *et al.*(2008) além da perda de faixa de praias, no município de São Vicente localizado na Região Metropolitana de Santos Estado de São Paulo, haveria impacto nos mangues no qual, praticamente todos os bosques de mangues desapareceriam da região devido ao fato de que eles não têm para onde se expandir. Para essa região o nível médio do mar deverá subir 1,5 metros e grandes áreas passarão a ser inundadas.

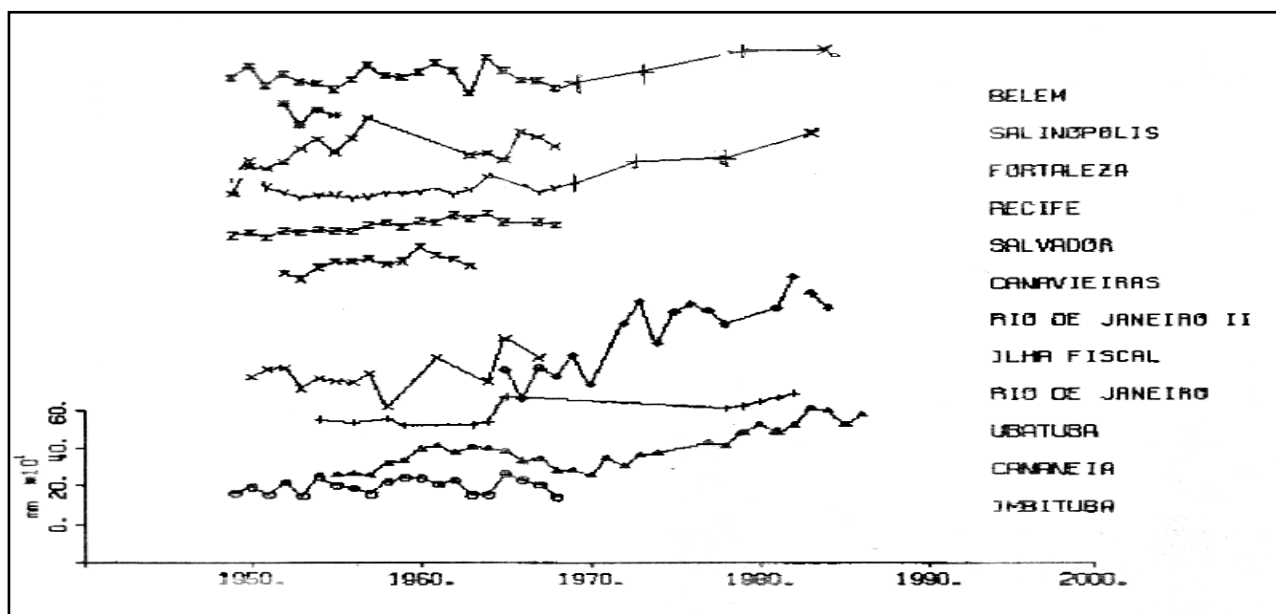
Para o Estado do Rio de Janeiro, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) confirma que os registros de medição do nível do mar no município de Macaé, litoral norte do fluminense em um período de 5 anos (2002 a 2006) aumentou 15 cm, tornando-se a situação mais grave do referido Estado.

Na região Nordeste do Brasil a problemática com o aumento no nível do mar também não difere das demais. Nos Estados da Paraíba e Sergipe, cerca de 50% do litoral enfrentam problemas com a erosão das suas respectivas costas associadas a elevação do nível do mar (MUEHE & NEVES, 1995).

Também, sobre o avanço do nível do mar sobre as zonas costeiras nordestina Gomes Filho *et al.* (2006), relata problemas sofridos por algumas cidades nordestinas situadas no litoral, como é o caso de Recife, Olinda e João Pessoa no qual as suas orlas vem sofrendo inundações nos períodos de maré alta. Ressaltam ainda que importantes ruas da cidade de João Pessoa perderam alguns trechos como é o caso da Avenida Arthur Monteiro de Paiva.

Gomes Filho *et al.* (2006), ainda afirmam que grandes quantias de dinheiro vem sendo gastas pelas gestões municipais locais, para construções de barreiras artificiais junto aos calçadões da orla como um forma de proteger a mesma contra o avanço do mar. Entretanto, parte dessas construções não surtem efeitos esperados na solução desse problema.

Diante dos casos de variações do nível do mar encontrados em quase toda a costa brasileira, como se verifica na figura 2 uma tendência de elevação entre os anos de 1950 e 2000 para as cidades de Belém, Salinópolis, Fortaleza, Recife, Salvador, Canavieiras, Rio de Janeiro, Ubatuba, Cananéia e Imbituba, na ordem de 40 centímetros por século.



**Figura 2** – Níveis de NMM em portos da costa Brasileira que mostra, na atualidade, uma tendência ao aumento do NMM da ordem de 40 cm/século<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Fonte: [www.mares.io.usp.br/enigma/oenigma5.html](http://www.mares.io.usp.br/enigma/oenigma5.html)



### 3.3.4 O regime das marés na costa Brasileira

As medições de maré no Brasil tiveram início de forma sistemática diante da necessidade exigida, pela navegação e confecção de cartas náuticas ou levantamentos batimétricos, acompanhando de usos para o projeto de obras civis marítimas e, em menor magnitude, para fins de obras de saneamento em áreas litorâneas (SILVA & NEVES, 1991)

Os dados contidos no Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) mostram que quase 40% das coletas se realizaram há mais de 30 anos e 65% das campanhas tiveram duração igual ou inferior a 40 dias.

A DHN atualmente utiliza como método para fazer a previsão de marés o mesmo que foi inicialmente desenvolvido por Franco (1988) que continuou a atualizar continuamente o algoritmo de modo a poder efetuar análises de pelo menos 19 anos de dados.

De acordo com a DHN, a costa Brasileira tem como características um regime de maré predominantemente semidiurna, com eventos de maré com desigualdades diurnas a partir da região sudeste em direção ao sul, enquanto que a maré mista acontece apenas no extremo sul do país, com forte componente meteorológica. A amplitude da maré varia de 0,5m (micro maré) no sul a 7m (macro maré) no norte, com registro de ocorrência máxima e pontual de 11m na estação do Igarapé do Inferno (AP), prevalece o regime de meso maré.

No litoral central do Estado de São Paulo, além de abrigar o maior porto da América Latina, o porto de Santos, também abriga uma das áreas mais densamente povoadas do Brasil e o pólo industrial de São Vicente e Santos, sofrem com problemas de inundação em períodos de maré alta, e para atenuar o problema contam com projeções rochosas de aproximadamente 200 metros (SILVA & NEVES, 1991).

Segundo Anthes (1982), o dano estrutural provocado pelas ressacas (Figura 3) é mitigável apenas se houver uma efetiva contenção na linha da costa, projetando-se níveis críticos de subida do mar em ocasiões de tempestade.

Outro jeito de mitigação e o monitoramento permanente, tanto do nível do mar, quanto de condições meteorológicas a que venha contribuir para o acontecimento de ressacas (BELÉM, 2007).



**Figura 3** – Água invadindo a orla da cidade de Santos - SP<sup>5</sup>

De acordo com Belém (2007), com base nas projeções de um provável aumento do NMM, devemos também considerar a frequência de Ciclones e Ressacas ocorridas junto à costa Brasileira nos últimos anos, associadas à maré de sizígia, pois se registrou um significativo aumento entre os períodos de 1997 a 2006, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3- Número de ciclones comparados a ocorrência de ressacas na costa Brasileira<sup>6</sup>

Ano	N. de Ciclones >F1	Ressacas	Danos
1997	15	1	Sim
1998	14	2	Não
1999	16	0	Não
2000	17	0	Não
2001	16	1	Não
2002	19	2	Sim
2003	21	2	Sim
2004	17	1	Não
2005	13	2	Sim
2006	22	2	Sim

### 3.4. Programas que monitoram as medições do nível do mar

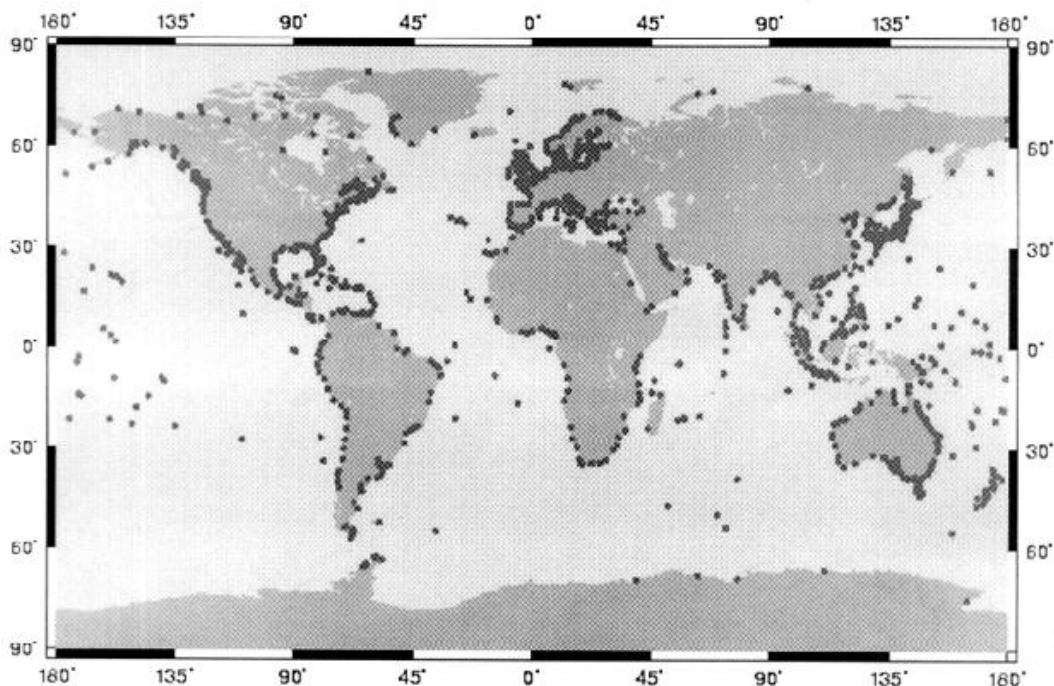
#### 3.4.1 Serviço Permanente para o Nível do mar (PSMSL)

No ano de 1933 entrou em funcionamento o Serviço Permanente para o nível do mar (PSMSL, 2008). Este serviço está sediado no *Proudman Oceanographic Laboratory* (POL), na

<sup>5</sup> Fonte: fotos de Rogério Soares e Irandy Ribas publicadas no Jornal A Tribuna de 27/04/2005

<sup>6</sup> Fonte: Webster et al., 2005

Universidade de Liverpool Inglaterra, contendo dados que são fornecidos pelos países que mantêm estações permanentes (Figura 4), cerca de 1700 estações com maregráficas (PSMSL, 2008).



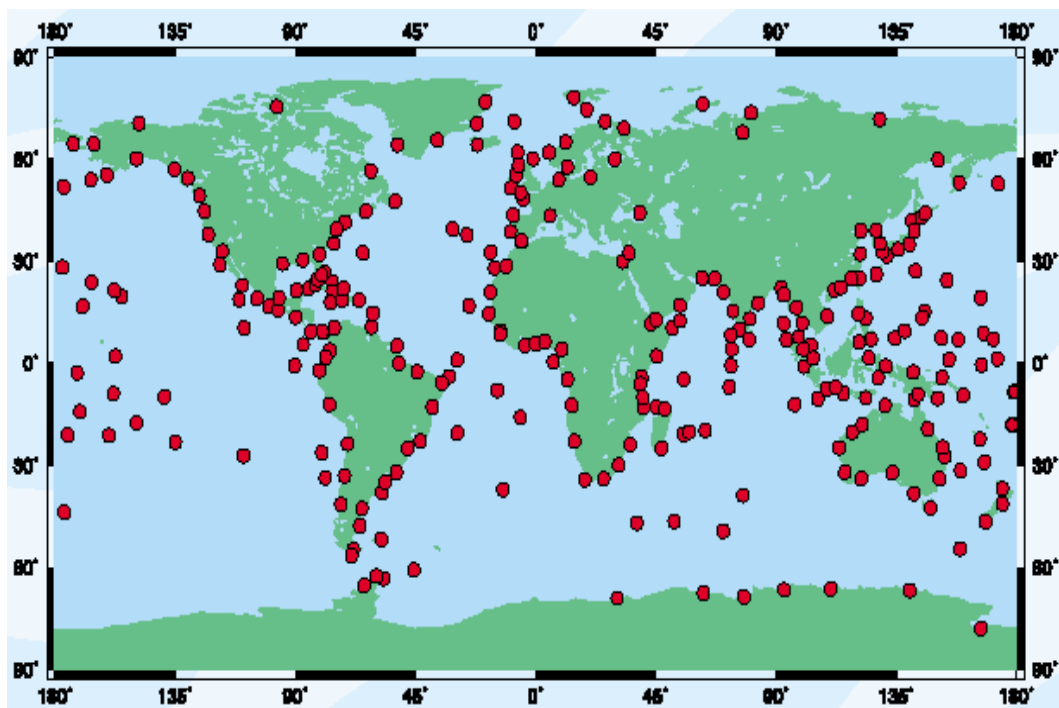
**Figura 4** – Distribuição das estações (pontos) permanentes localizadas em todos os continentes e ilhas do planeta, colecionadas pelo Serviço Permanente para o Nível do Mar (PSMSL)<sup>7</sup>

### 3.4.2. Sistema de Observação Global do Nível do Mar (GLOSS)

O Sistema de Observação Global do Nível do Mar (GLOSS) é um programa coordenado pela COI cuja finalidade é formar redes globais e regionais de estações de nível do mar, fornecendo informações essenciais aos programas internacionais de pesquisa oceanográfica, compreendendo os que pesquisam os problemas relacionados com as mudanças climáticas. O GLOSS é o principal fornecedor destas informações para o programa da COI (Comissão Oceanográfica Intergovernamental) conhecido como Sistema de Observação Global dos Oceanos (GOOS).

O GLOSS tem como principal componente a “Rede Central GLOSS” (GCN) que compreende em torno de 290 estações no mundo todo (Figura 5), a maior parte das quais estão atualmente em operação.

<sup>7</sup> Fonte: [www.pol.ac.uk/psmsl](http://www.pol.ac.uk/psmsl)



**Figura 5** – Estações GLOSS – GCN (em vermelho), no mundo todo<sup>8</sup>

O programa GLOSS, também, procura dar prosseguimento aos registros de nível do mar em localidades com longas séries históricas de dados, sejam estas parte ou não da GCN. A maioria destas séries, conhecidas como de Tendências de Longo Termo (LTT), localizam-se no Hemisfério Norte.

O GLOSS mantém a instalação e operação de marégrafos em certos lugares selecionados, a maioria em ilhas oceânicas, dedicados às atividades de calibração dos altímetros instalados em satélites conhecido como GLOSS-ALT.

Junto do Programa de Pesquisas do Clima Global (WCRP), na medida em que a fase de observações do Experimento de Circulação do Oceano Global (WOCE) chega a seu fim, a idealização da próxima atividade CLIVAR (programa de Variabilidade e Predição Climática) está começando a dar ênfase na necessidade de informação de nível do mar do GLOSS para as pesquisas de circulação oceânica (OC) e Mudanças Climáticas (LTT).

<sup>8</sup> Fonte: [www.gloss-sealevel.org](http://www.gloss-sealevel.org)

### 3.4.3. Programas que monitoram Nível do Mar no Brasil

No Brasil, vários programas vêm monitorando o nível do mar com diversos objetivos. Dentre eles os que mais se destacam são: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), IAGS (*Inter-American Geodetic Survey*), RMflu (Rede Maregráfica Fluminense), PIRATA (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*) e a IOUSP (Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) da Universidade de São Paulo que tem parceria com o programa GLOSS Brasil.

De forma sistemática, as medições do Nível do Mar no Brasil começaram a ser realizadas no início do século XX. As primeiras instituições interessadas em medições foram primeiro, o Observatório Nacional (ON), o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), e logo depois, a (DHN) Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (MESQUITA, 2003).

Na década de 1950, o programa *Inter-American Geodetic Survey* (IAGS), instalou marégrafos em Belém, Salinópolis, Fortaleza, Recife, Salvador, Canavieiras, Rio de Janeiro e Imbituba, tendo como principal objetivo verificar as variações no Oceano Atlântico Sul de seguindo um regime criterioso controle de observação. Assim, foi estabelecido o Datum Altimétrico Brasileiro como o nível médio do mar em Imbituba no período de 1949 e 1957 (SILVA, 1992).

De acordo com o IBGE, o mesmo sustenta as redes que compõem o Sistema Geodésico Brasileiro. Historicamente, até os anos 90 o IBGE era usuário dos dados maregráficos coletadas pelas demais instituições, e em 1993-1994 se principiou a atuar em conjunto com a COPPE/UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia) e com a Petrobrás, dos marégrafos de Copacabana e Imbetiba, respectivamente. Assim, surgia o que vem a ser hoje em dia a Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPPG) com estações operacionais localizadas em Imbituba, Imbetiba, Salvador, Fortaleza e Santana.

Esta rede RMPPG foi iniciada em 1995, com proposta de integrar uma Rede Maregráfica Brasileira. Porém, a RMFlu vem encontrando serias dificuldades para se manter pelo fato de não dispor de um bom número de recursos humanos para converter dados brutos para dados simplificados para análises. Presentemente o monitoramento maregráfico continua sendo feito de forma cooperativa entre varias instituições sendo elas: COPPE/UFRJ, Fundação IBGE, Petrobrás, Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Centro Hidrográfico da Marinha (CHM), Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), Eletronuclear S.A., e também vem sendo

apoiada pela Sociedade Brasileira de Cartografia. De acordo com a RMFlu, experiência tem sido proveitosa para que grupos cooperativos venham a se formar nos demais estados, e que o trabalho se desenvolva sempre com parcerias instituição acadêmica, ou órgão vinculado à Marinha como, a Capitania dos Portos, agência do IBGE e usuários diretos da informação maregráfica.

O PIRATA (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*) é um programa implantado através de cooperação entre o Brasil, França e Estados Unidos no âmbito técnico-científico. O projeto tem como objetivo pesquisar as interações ocorrentes entre o oceano e a atmosfera que constitui importante passo para a compreensão das variações climáticas na região do Atlântico Tropical.

Essas pesquisas utilizam um conjunto de bóias fixas do tipo ATLAS, com capacidade de monitoramento e transmissão de dados meteorológicos de superfície e da estrutura termohalina do oceano superior de 0 a 500 metros, via satélite transmitindo em tempo real.

As informações e os dados coletados pelo projeto PIRATA são necessários para melhorar as previsões de tempo e de clima sobre o Brasil em geral e sobre a Região Nordeste uma vez que a variabilidade climática interanual é influenciada pelos campos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Atlântico Tropical.

Na Universidade de São Paulo as medições de Nível do Mar começaram a ser feitas em 1954, na Base de Cananéia do Instituto Oceanográfico (Litoral Sul do Estado de São Paulo) e em 1967, na Base de Ubatuba (Litoral Norte).

---

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização do Município de João Pessoa – PB

João Pessoa se localiza na porção mais oriental das Américas e do Brasil, com longitude oeste de 34°47'30" e latitude sul de 7°09'28" (Figura 6). É a capital e o município mais populoso do estado brasileiro da Paraíba. Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2006), o referido município conta com um PIB (Produto Interno Bruto) de R\$ 5.966.595 mil, e seu IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) de 0,783 considerado médio.

A Região Metropolitana de João Pessoa conta com quatro municípios Cabedelo, Conde, Bayeux e Santa Rita, que juntas contam com uma população de 1.049.290 habitantes (IBGE, 2006).

Segundo a prefeitura municipal de João Pessoa, a altitude média em relação ao nível do mar é de 37 metros, com altitude máxima de 74 metros nas proximidades do rio Mumbaba, predominando em seu sítio urbano terrenos planos com cotas da ordem de 10 metros, na área inicialmente urbanizada.



**Figura 6** - Localização geográfica do município de João Pessoa (7°09'28 S e 34°47'30 S) no Estado da Paraíba<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Fonte: adaptada do IBGE, 2009.

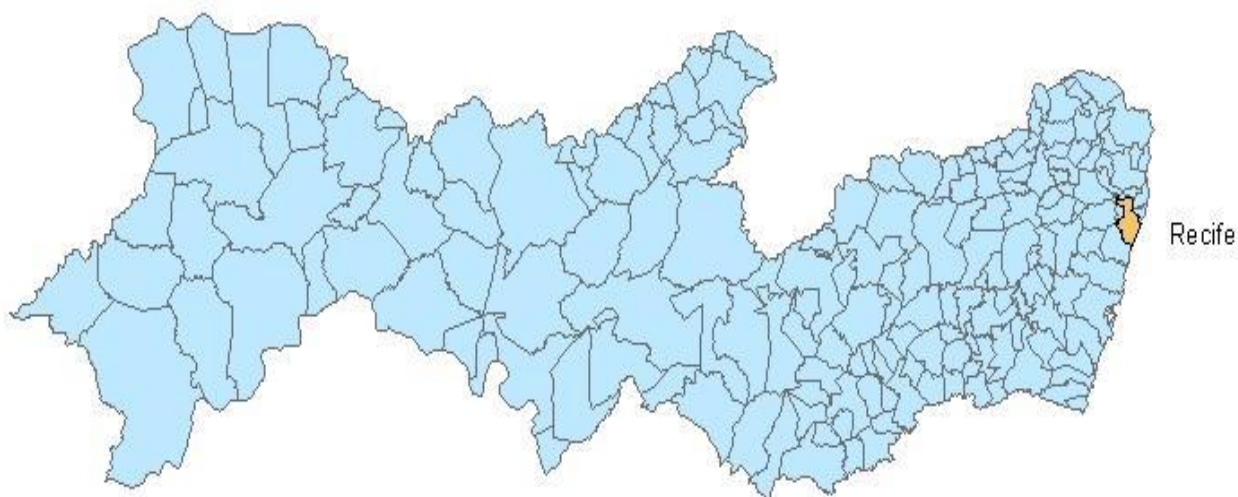


## 4.2. Caracterização do Município do Recife – PE

Segundo o IBGE (2006), Recife é a capital do estado brasileiro de Pernambuco. A cidade se localiza na latitude de 8° 04' 03 S e longitude de 34° 52' 51'' S (Figura 7). Localizada às margens do Oceano Atlântico, tem uma área de 217,494 km<sup>2</sup> e uma população de 1,53 milhões de pessoas, tendo sua área metropolitana constituída pelos municípios de Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Camaragibe, Paulista e Olinda. Economicamente Recife conta com um PIB equivalente a R\$ 18.318.451 mil.

Sua vegetação é composta por Mata Atlântica e uma pequena área dessa mata se localiza no bairro de Dois Irmãos. De acordo com a Prefeitura municipal do Recife, área de Manguezal encontra-se localizada em várias áreas próximas às margens do Rio Capibaribe e ainda é cercado por rios e cortado por pontes, repleto de ilhas e mangues. A temperatura média anual de Recife é de 25,2°C.

Segundo a prefeitura da cidade do Recife, uma característica dessa cidade é sua altitude média em relação ao nível do mar que é de 4m, porém há algumas áreas da cidade que se localizam abaixo do nível do mar.



**Figura 7** - Localização do município do Recife (8° 04' 03'' S e 34° 52' 51'' S) no Estado do Pernambuco<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Fonte: adaptada do IBGE, 2009



### 4.3. Caracterização do Município de Maceió – AL

Maceió é a capital do estado brasileiro de Alagoas. A cidade se localiza na latitude de 09°21'31" S e longitude de 35°33'56" S (Figura 8). Segundo o IBGE (2006), sua população é de 936.314 habitantes e um território de, aproximadamente, 511 km<sup>2</sup>. Integra, com outros dez municípios, Barra de Santo Antônio, Paripueira, Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro e São Luís do Quitunde. Região Metropolitana de Maceió, somando um total de cerca de 1,14 milhão de habitantes. Economicamente Maceio conta com um PIB equivalente a R\$ 6.114.507 mil.

Segundo a prefeitura de município, o mesmo é caracterizando por apresentar-se sem grandes diferenciações térmicas e precipitação As temperaturas médias mensais oscilam em torno de 25,1°C. Sua altitude média é de sete metros acima do nível do mar.



**Figura 8** - Localização do município do Maceió – AL (8° 04' 03" S e 34° 52' 51" S) no Estado de Alagoas<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Fonte: adaptada do IBGE, 2006

#### 4.4 Descrições dos dados

Na presente pesquisa a metodologia usada consistiu em analisar os impactos do provável aumento do nível do mar usando - se as projeções do relatório do IPCC (2007) (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Segundo este órgão o nível do mar poderá subir entre 18 e 59 centímetros até o final do século XXI, o que tornaria as populações costeiras mais vulneráveis a enchentes e tempestades. As áreas ameaçadas hoje abrigam cerca de 2% da superfície terrestre e aproximadamente 10% da população mundial.

No Brasil o nível médio do mar pode aumentar entre 30 cm e 80 cm nos próximos 50 a 80 anos. Nos últimos 50 anos foi observada uma tendência na costa Brasileira de um aumento do nível relativo do mar da ordem de 40 cm/século, ou 4 mm/ano.

De acordo com o estudo realizado por Fernandes (2008), a autora escolheu quatro pontos no Atlântico Sul compreendendo uma massa d' água que se localiza nas seguintes coordenadas: Ponto 1, encontra-se a 5° S e 35° W; Ponto 2 localiza-se a 5° S e 30° W; Ponto 3 a 14° S e 30°; e o Ponto 4 a 14° S e 35° W. Em cima da delimitação dessa área, calculou-se a expansão da massa d'água usando as estimativas de temperatura do IPCC que estima um aumento de 6° C até o fim desse século, e obteve os seguintes resultados como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4** – Expansão Volumétrica e Nível Médio do Mar para as capitais de João Pessoa, Recife e Maceió para o ano de 2100<sup>12</sup>.

	ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR (m)			
VOLUME	AUMENTO (%)	JOÃO PESSOA	RECIFE	MACEIÓ
7,10184E + 15	29	1,73 m	1,60 m	1,56 m

Utiliza-se, também, se coletou dados referentes à altimetria, rede de drenagem, ruas e avenidas, além de áreas vegetadas como manguezais e reservas. Esses dados são disponibilizados pelas Secretarias de Planejamento e Obras das Prefeituras municipais das cidades de João Pessoa, Recife e Maceió.

<sup>12</sup> Fonte: Adaptada de Fernandes, 2008.

## 4.5 Metodologia

Com base nas estimativas do IPCC (2007) para o final deste século, e os resultados obtidos por Fernandes (2008), foram realizadas projeções plotadas em cartas de altimetria para as capitais do Nordeste Brasileiro em estudo, com o intuito de verificar que o provável aumento que o nível médio do mar atingirá.

De posse dos dados altimétricos sendo todos em formato computacional *dwg* (*Drawing web format*) das referidas cidades, foram utilizados os softwares de geoprocessamento entre eles: AutoCAD 2008, para plotar pontos fictícios no mar; Mapinfo 9.0, para interpolar os dados de altimetria referentes ao município de João Pessoa e calcular sua área de inundação provocada por esse provável aumento do nível do mar; Arcmap, para interpolar os dados de altimetria das cidades de Recife-PE e Maceió-AL e calcular as novas áreas onde o nível do mar atingirá no ano de 2100 para essas duas cidades mencionadas; GPS Track Maker, utilizado para exportar as curvas de nível das duas localidades citadas anteriormente para o Google Earth Pro.

O método de interpolação utilizado nesse estudo que se mostrou mais eficiente foi o método de Kriging pelo fato de que os pontos cotados se mostrarem muito próximos um dos outros.

Após a interpolação, foram calculadas as novas áreas as quais o nível médio do mar irá atingir em João Pessoa Recife e Maceió conforme mostrou a Tabela 4.

A partir daí, com as novas áreas de inundações determinada, se calculou os prejuízos financeiros (setor imobiliário) e ambientais (fauna e flora) para cada uma das cidades referidas nesse estudo.

No que tange os prejuízos financeiros, coube nesse estudo determinar o valor de mercado para o preço do metro quadrado nas capitais estudadas. O critério escolhido para se obter esses valores foi adquirido junto às imobiliárias que apresentam um maior volume de vendas no setor imobiliário.

Para os prejuízos ambientais, se utilizou um modelo conceitual sobre o comportamento e respostas dos manguezais frente a elevações do nível médio relativo do mar, publicado por Soares *et al.* (2000) e Schaeffer-Novelli *et al.* (2002). De acordo com esse modelo o comportamento dos manguezais dependerá de fatores primários locais, tais como: (i) topografia; (ii) fonte de sedimento; (iii) taxa de aporte de sedimento; (iv) área da bacia de drenagem; (v) amplitude marés; (vi) dinâmica costeira; (vii) taxa de elevação do nível médio do mar.

---

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município de João Pessoa-PB

Para o município de João Pessoa, os impactos equivalentes ao aumento no nível médio do mar se mostram presentes em toda orla da cidade.

No bairro do Bessa, um dos mais afetados com essa provável elevação do NMM, como mostra a Figura 9, avenidas de grande relevância para o bairro serão sucumbidas pela água sendo elas: Avenida Presidente Afonso Pena, Avenida Artur Monteiro de Paiva (cujo um trecho dessa mesma Avenida já foi inundado pelas águas).

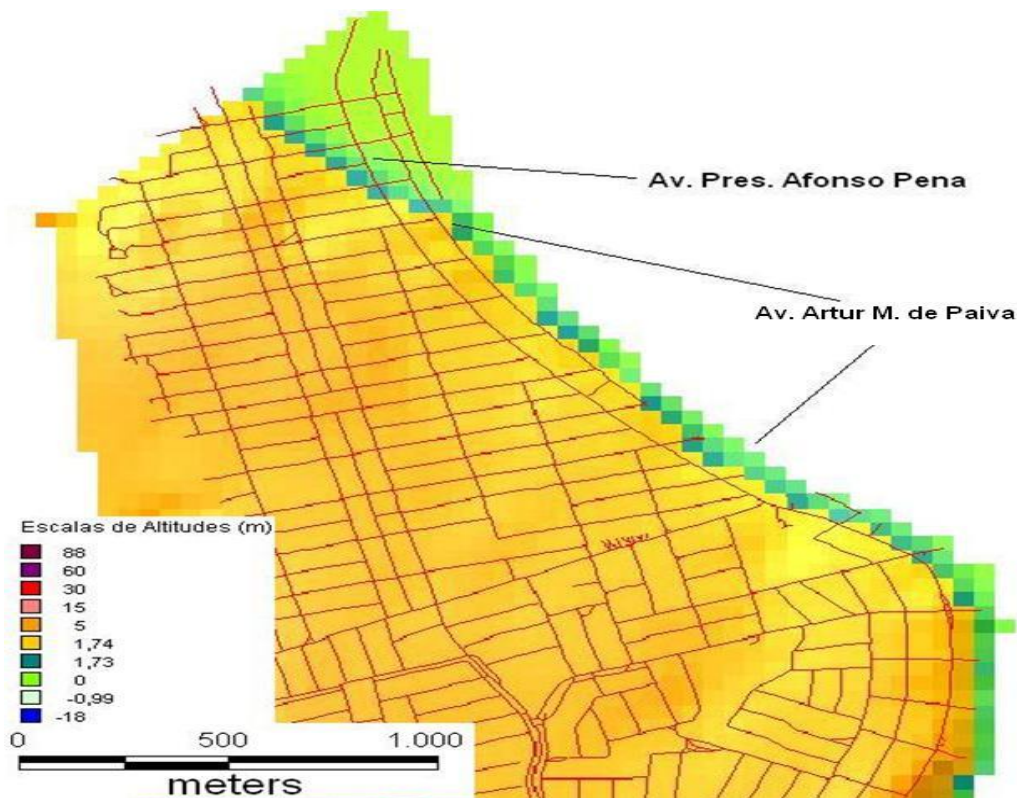
Também trechos de ruas que dão acesso as praia do bairro do Bessa serão afetadas entre elas: Rua João Cabral de Lucena, Rua Vicente Lopes, Rua Josué Guedes Pereira, Avenida Campos Sales, Rua Sebastião Interaminense, Rua Severino Nicolau de Melo e um pequeno trecho da Avenida Governador Argemiro de Figueiredo.

Para o bairro de Manaíra, toda a faixa de praia será invadida pelo mar. A Avenida João Maurício (principal avenida da orla) terá todos os seus trechos atingidos pelas águas do mar até o bairro de Tambaú de acordo com a Figura 10.

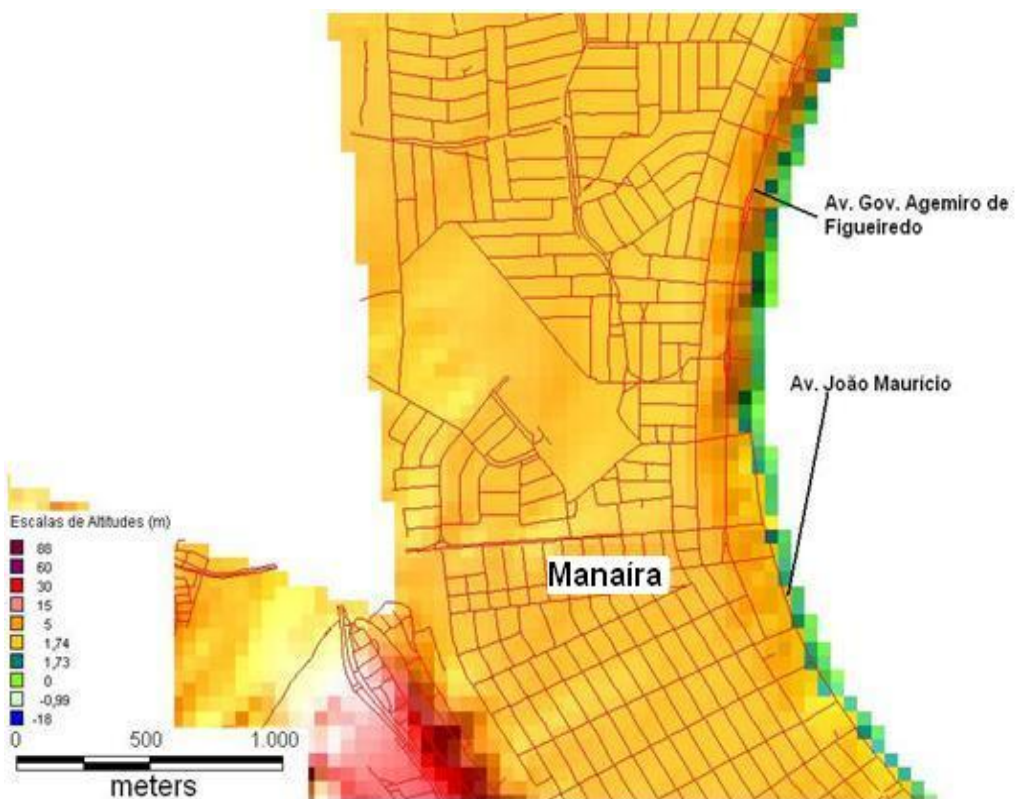
Outro bairro que por sua vez sofrerá com o aumento do NMM é o bairro de Tambaú. Nesse bairro, toda sua extensão de praia ira desaparecer. A principal avenida da orla, Avenida Almirante Tamandaré será inundada quase que por completa afetando também um pequeno trecho de 100 metros da Avenida Senador Ruy Carneiro, como expressa a Figura 11.

No bairro do Cabo Branco sua situação não se difere dos demais bairros da orla de João Pessoa. Até o ano de 2.100, em toda sua área de praia o mar avançará e cobrindo quase que por completa a Avenida Cabo Branco e pequenos trechos de ruas e avenidas que dão acesso a mesma como se observa na Figura 12.

Como foi referido antes, esse provável aumento no NMM para 1,73 metros em João Pessoa ocasionará um elevado prejuízo financeiro para esse município.

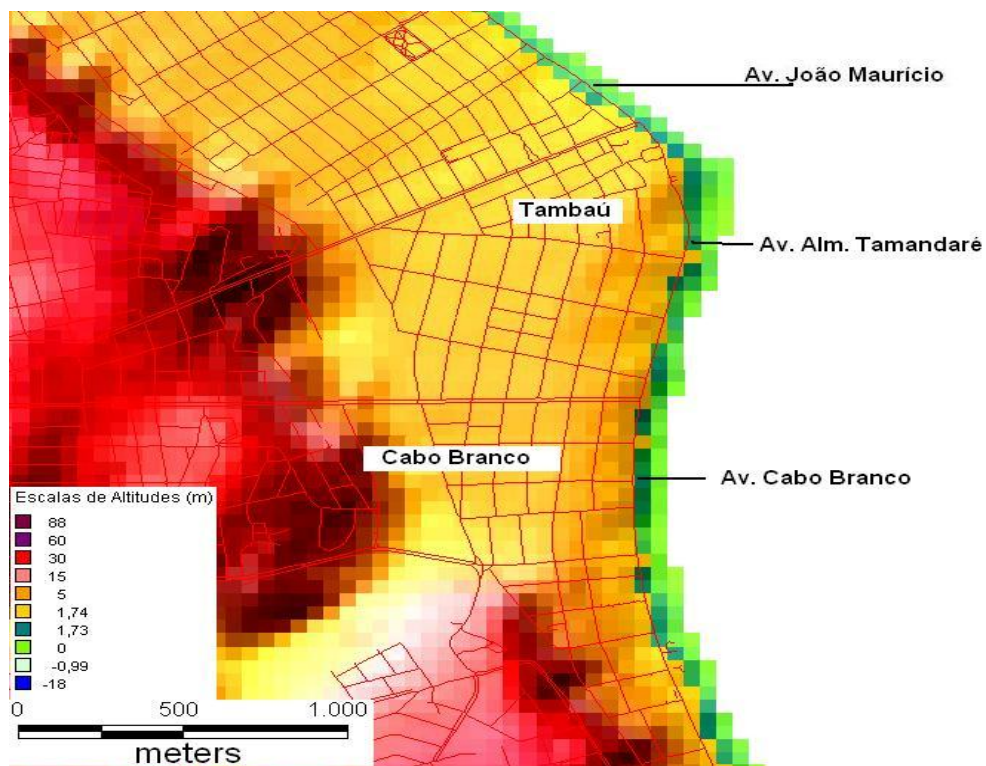


**Figura 9** – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros (em verde), para o bairro do Bessa da cidade de João Pessoa.

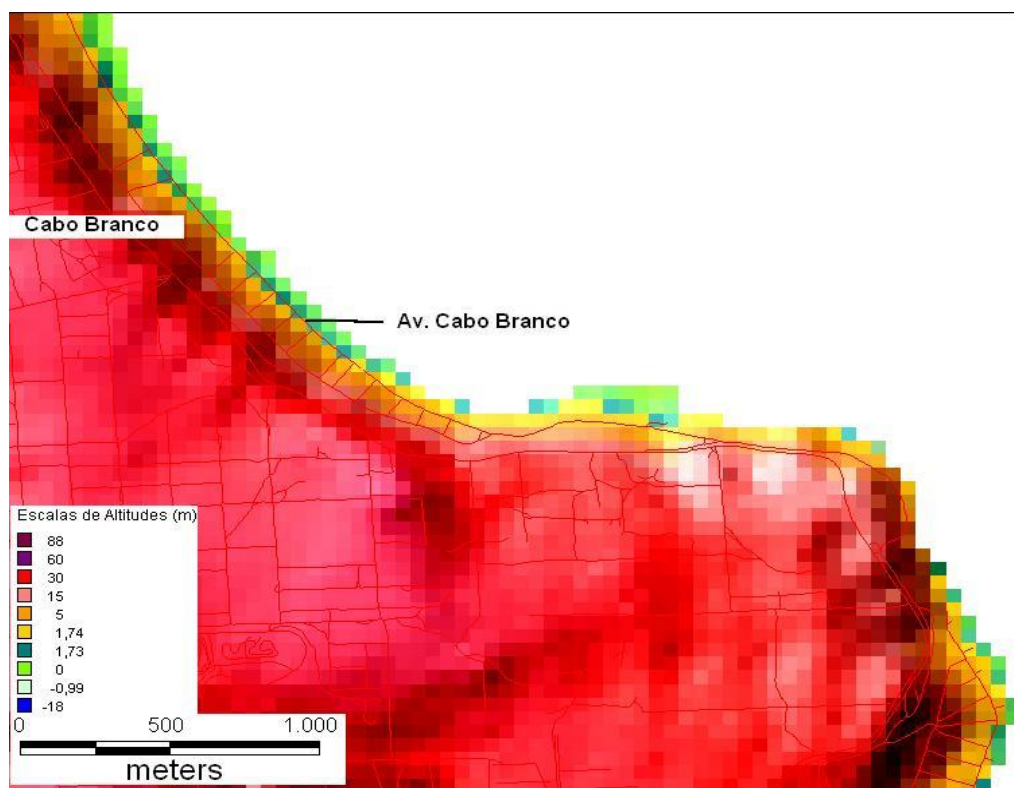


**Figura 10** – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros (em verde), para o bairro do Bessa e Manaira da cidade de João Pessoa.





**Figura 11** – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros (em verde), para o bairro do Tambaú e Cabo Branco da cidade de João Pessoa.



**Figura 12** – Áreas com cota de altitude com 1,73 metros (em verde), para o bairro Cabo Branco da cidade de João Pessoa.

Para a cidade de João Pessoa-PB, as áreas inundadas pelo aumento do nível médio do mar até o final do século XXI equivalem um total de 2.510.650 m<sup>2</sup>. Essa nova área de inundação representa em termos financeiros um prejuízo, aproximado, de R\$ 4.142.572.500,00 relevantes ao setor imobiliário.

## **5.2 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município do Recife-PE**

Para o município do Recife, os impactos equivalentes ao aumento no nível médio do mar que atingirá 1,60 metros até o ano de 2.100, se mostram presentes não só orla da cidade, mas também nos bairros e no centro da cidade.

No Bairro do Recife, zona portuária de extrema importância para cidade, pode-se observar na Figura 13, um avanço do mar na área. Constata-se também um avanço do mar sobre várias ruas do bairro de Santo Amaro entre elas a Rua Batista Regueira que tem toda sua extensão atingida.

O avanço do mar se mostra presente no bairro da Boa Vista, atingindo trechos da Rua Dr. José Mariano e da Rua do Sol localizada no bairro de Santo Antônio e parte da Praça da Republica no mesmo bairro (Figura 14).

No bairro da Ilha do Leite, Figura 15, retrata a invasão do mar sobre trechos da Rua Padre Venâncio e o viaduto Joaquim Cardoso.

Uma das regiões mais críticas da cidade do Recife localiza-se no Bairro de Boa Viagem. Nessa área da cidade encontra-se o seu maior manguezal, sendo que esse sofre influência direta do aumento do NMM.

De acordo com a Figura 16, as águas do mangue invadem o pátio do Aeroclube e uma parte da pista de pousos e decolagem.

Para o Bairro do Pina, as águas da Bacia do Pina avançam cerca de 20 metros sobre a Avenida Engenheiro Antônio Goes e ruas adjacentes. Na mesma figura ainda consta a invasão das águas da Bacia do Pina Sobre o Bairro de Brasília Teimosa.

Ainda no bairro de Boa Viagem, conforme mostra a Figura 17, o mar avança sobre quase todo o calçadão da orla, e atingem em vários pontos a Avenida de Boa Viagem. Também consta nessa mesma figura que o canal que margeia a Avenida Visconde de Jequitinhonha transbordará com esse provável aumento no nível médio do mar.





**Figura 13** - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros (em vermelho), para os bairros do Recife e Santo Amaro da cidade do Recife.



**Figura 14** - Curvas de Nível com cota de 1,60 metros (em vermelho), para os bairros da Boa Vista e Santo Antônio da cidade do Recife.









**Figura 17-** Curvas de Nível com cota de 1,60 metros (em vermelho), para o bairro de Boa Viagem, da cidade do Recife.

Para a cidade de Recife-PE, as áreas inundadas pelo aumento do nível médio do mar até o final do século XXI equivalem um total de 11.017.849 m<sup>2</sup>. Essa nova área de inundação representa em termos financeiros um prejuízo, aproximado, de R\$ 6.610.709.400,00, relevantes ao setor imobiliário.

### 5.3 Impactos no aumento do nível médio do mar para o município de Maceió-AL

No município do Maceió, os impactos referentes ao aumento no nível médio do mar que atingirá 1,56 metros até o ano de 2.100, assim como ocorrerá na cidade do Recife, mostram-se presentes não só orla da cidade, mas também nos bairros distantes da orla da cidade.

Os primeiros pontos de inundação na cidade se localizam na zona norte da cidade no bairro da Pescaria onde o nível das águas do estuário do rio Pratagy eleva-se devido o aumento do nível do mar. A água também inundará todo o mangue da AABB (Associação Atlética Banco do Brasil) e

parte da BR-101, provocando um negativo impacto ambiental de grandes proporções como mostra a Figura 18.

Para o bairro da Pajuçara (Figura 19), o nível médio do mar não apresentará grandes impactos. As cotas de altitude referentes a 1,56 metros preservam quase que toda a faixa de praia existente hoje.

Um ponto crítico observado em Maceió encontra-se no bairro do Trapiche da Barra, sendo que, aumentando o nível das águas da lagoa mundaú, aumentará também o nível do canal de drenagem desse mesmo bairro, como se observa na Figura 20.

Os cenários mais críticos com o aumento do nível médio do mar para a cidade de Maceió encontram-se no bairro do Bom Parto devido à elevação das águas da Lagoa Mundaú. Nessa área, ruas inteiras desaparecerão como é o caso da Rua Beira da Lagos, Rua Vila Nova, Rua São Sebastião e Avenida Senador Rui Palmeira entre tantas outras, além de Quarteirões inteiros (Figura 21).



**Figura 18** - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros (em vermelho), para o bairro da Pescaria, da cidade do Maceió.





**Figura 19** - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros (em vermelho), para o bairro da Pajuçara, da cidade do Maceió.



**Figura 20** - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros (em vermelho), para o bairro do Trapiche da Berra da cidade do Maceió.



**Figura 21** - Curvas de Nível com cota de 1,56 metros (em vermelho), para o bairro do Trapiche da Berra da cidade do Maceió.

Para a cidade de Maceió-AL, as áreas inundadas pelo aumento do nível médio do mar até o final do século XXI equivalem um total de 12.239.105 m<sup>2</sup>. Essa nova área de inundação representa em termos financeiros um prejuízo, aproximado, de R\$ 6.119.552.500,00, somente para o setor imobiliário.

#### **5.4 Impactos ambientais para as cidades de João Pessoa-PB, Recife-PE e Maceió-AL**

A vegetação que mais sofrerá com os impactos ambientais é a do mangue. Essa encontra-se presente nas margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios nas cidades de João Pessoa, Recife e Maceió. A formação vegetal do mangue é constituída por plantas e arbustos que possui raízes externas (aéreas) devido o solo do mangue ser pobre em oxigênio, este é obtido pelas plantas fora do solo. Com o aumento no nível médio do mar, diminuirá a capacidade de respiração da vegetação lenhosa dessas cidades que são do tipo *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia SP* (ALMEIDA & FÔNSECA, 1999).

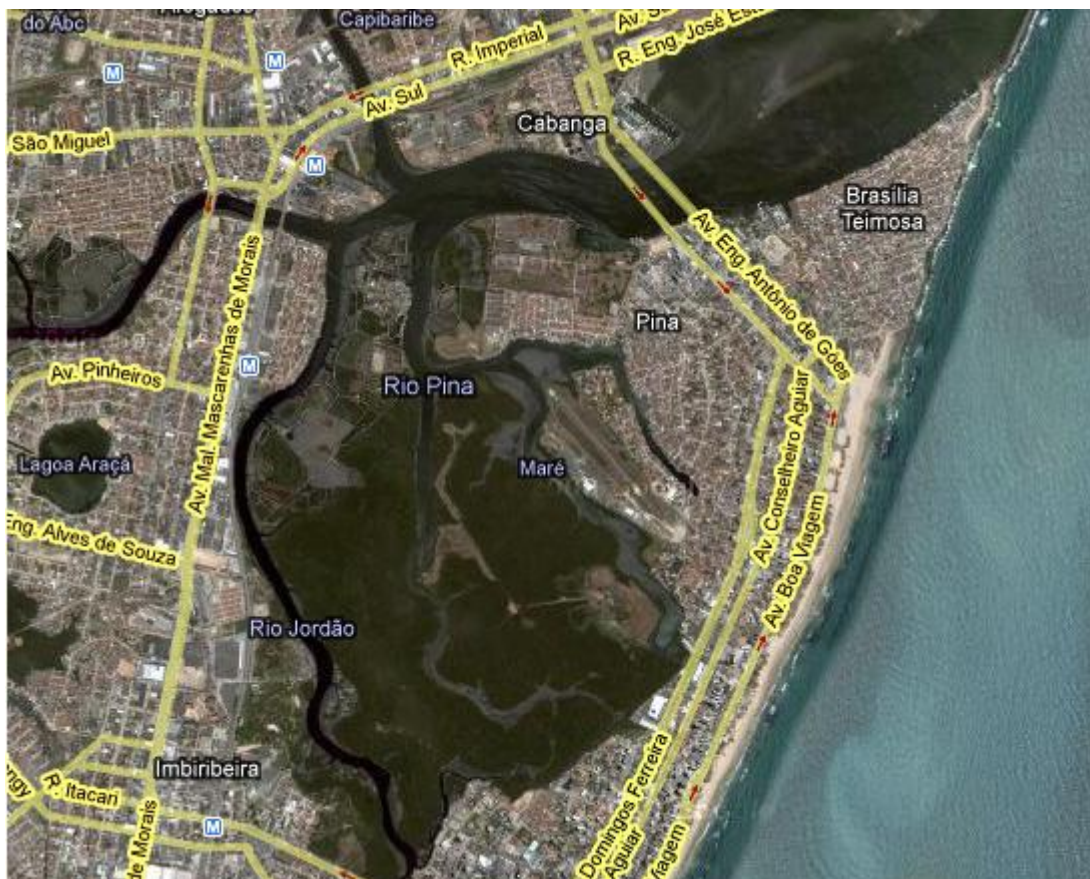
A variação do nível médio do mar e o seu impacto sobre os manguezais, a função atribuída aos mesmos, é de equilibrar a linha de costa impedindo a erosão da mesma e o assoreamento dos corpos d'água próximos, associada à posição dos manguezais na área entre-marés, tornando este ecossistema particularmente vulnerável a estas variações. Assim sendo, apesar do sistema radicular destes vegetais (raízes-escora e pneumatóforos) favorecer a detenção e deposição de sedimentos, os mesmos são extremamente vulneráveis a alterações na hidrodinâmica, que geram um aumento da energia hidrológica do local, o que pode causar erosão e conseguinte destruição das florestas de mangue.

De acordo com o modelo conceitual desenvolvido por Soares *et al.* (2000) e Schaeffer-Novelli *et al.* (2002) os manguezais resistirão a taxas de elevação do nível do mar entre 8 e 9 cm/100 anos, ficarão sob estresse com taxas entre 9 e 12 cm/100 anos e não existirão de forma ampla (somente em refúgios).

De acordo com o que foi dito no parágrafo anterior, o grau de estresse para as localidades estudadas se encontram no mais crítico possível, uma que os manguezais analisados se localizam em área urbana perdendo todo o seu espaço para refúgio como apresenta a figura 22.

Relacionado à fauna, os manguezais dessas cidades abrigam variedades de peixes, moluscos e crustáceos, na qual, encontram as condições ideais para reprodução. Sendo o berçário e o criadouro, servindo de abrigo para várias espécies de fauna aquática e terrestre. Com o aumento da salinidade, a microfauna (base na cadeia alimentar dos mangues) de João Pessoa, Recife e Maceió cujas espécies são: *Nematoda*, *Copepoda*, *Nauplius*, *Ostracoda*, *Rotifera*, *Polychaeta Oligochaeta*, *Polychaeta*, *Gastrotricha*, *Turbellaria* e *Kinorhyncha* que será completamente afetada, sendo que dessas, duas delas já sofrem com o aumento da salinidade dessas áreas, sendo elas a *Rotifera* e *gastrotricha* (GIERE, 1993).





**Figura 22** – Mangue da cidade do Recife as margens do Rio Pina e Rio Jordão rodeado por construções sem nenhuma área para refúgio<sup>13</sup>.

Dentre outros impactos provocados pela elevação do nível do mar observa-se ainda que os ecossistemas naturais serão afetados. Ecossistemas sub-tidais serão afetados, entre eles recifes de coral e bancos de algas e fanerógamas marinhas, pelo fato que a profundidade das águas aumentará.

<sup>13</sup> Fonte: Google Earth Pro, 2009.

---

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados alcançados pode-se concluir que:

- O aumento do nível médio do mar sobre as áreas urbanas de João Pessoa-PB, Recife-PE e Maceió-AL, é consequência da elevação da Temperatura Média Global que provoca uma expansão volumétrica nas águas dos oceanos.
- As áreas inundadas em consequência do aumento do nível médio do mar nas cidades estudadas compreendem um total de 25.767.604 m<sup>2</sup> até o final do século XXI.
- Os prejuízos financeiros gerados pelo aumento do nível médio do mar nessas localidades, atingem aproximadamente R\$ 16.872.834.400,00, referente ao setor imobiliário até o final do século XXI.
- As áreas de manguezal nas zonas urbanas desses municípios sofrerão por falta de refúgio, principalmente na cidade do Recife-PE.
- Fatores como balanço hídrico, evaporação e temperatura, regem os processos fisiológicos da fauna e flora do mangue provoca estresse adicional nesses ecossistemas.



---

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Z.S.; FONSECA, V.G. 1999. Análise quali-quantitativa da meiofauna na região de Itapissuma – PE. *Pesq. Foco*. São Luiz, 7 (9): 115-137.

ANDERSEN, B. G.; BORNS, H. W. J. R. The Ice Age World, Scandinavian University Press, Oslo, 208 p. 1994.

ANTHES, R. A. Tropical cyclones: Their Evolution Structure and Effects. Meteor. Monograph, No. 41, Amer. Meteor. Soc., 208 p. 1982.

ARASAKI, E.; ALFREDINI, P.; AMARAL, R. F.; LAMPARELLI, C. C. . Os efeitos no ambiente marinho da elevação do nível do mar em regiões da Baixada Santista, Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, p. 165-175, 2008.

BELÉM, A. L. Impactos E Mudanças Climáticas Globais No Risco De Inundação Em Zonas Costeiras. Jornadas Internacionales Sobre Gestión Del Riesgo De Inudaciones Y Deslizamientos De Laderas. Brasil, Mayo, 2007.

BRYDEN, H. R.; LONGWORTH, S. A. CUNNINGHAM, E. A. Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation. at 25°N. *Nature*, 438, 655–657. 2005.

CAZENAVE, A., and R. S. NEREM. Present-day sea level change: Observations and causes. *Rev. Geophys.*, 42, RG3001, doi:3010.1029/2003RG000139. 2004.

DIAS, J. M. A. *et. al.* Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade. síntese dos conhecimentos, *Estudos do Quaternário*, APEQ, Lisboa, p. 53-66. 1997.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO-DHN – Tabuas das Marés. Disponível em: < <https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html> >. Acesso em 16 Fev. 2008.

ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS ALBIN MICHEL. Dictionnaire des Sciences de la Terre. Continents, océans, atmosphère, 921 p. 1998.

FERNANDES, M., C., L. Aquecimento Global E Possível Expansão Volumétrica Das Águas Do Oceano Atlântico Na Costa Do Nordeste Do Brasil. Campina Grande, UFCG, 2008 62 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFCG/CTRN/UACA, 2008.

FRANCO, A. S. Marés: fundamentos, análise e previsão. Rio de Janeiro: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2000. (edição em português). São Paulo: Ed. FCTH, 1988 (edição em inglês).

GIERE, O. 1993. Meiobenthology: The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. Springer- Berlin. 328p.

GLOBAL SEA LEVEL OBSERVING SYSTEMS-GLOSS Implementation Plan1997. IOC/UNESCO Annual Report. < <http://www.pol.ac.uk/psmsl/gip97> >. 1997.

GOMES FILHO, M. F. ; SERVAIN, Jacques ; LUCENA, Daisy Beserra ; PAULA, Richelle Kehrle de ; SILVA, Alexsandra Barbosa . Evidências do aumento do nível do Oceano Atlântico Tropical observadas nas proximidades da costa leste da América do Sul. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, aceito para publicação, v. 30, n. 01, p. 39-45, 2006.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Disponível em: < [www.paraiba.pb.gov.br/](http://www.paraiba.pb.gov.br/) >. Acesso em: 19 Jan. 2008.

GREENPEACE – Elevação Do Nível Do Mar É Um Dos Principais Impactos Do Aquecimento Global. Disponível em: < [http://oceans.greenpeace.org/pt/nossos\\_oceanos](http://oceans.greenpeace.org/pt/nossos_oceanos) >. Acesso em: 28 Mar. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Disponível em: < [www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php) >. Acesso em: 23 Mar. 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. Mudança do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas. 10a sessão do Grupo de Trabalho I do IPCC, Paris, fevereiro de 2007.

KALIL, A. F. D. Contribuições ao estudo do nível médio do mar no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE, Programa de Engenharia Oceânica.

MESQUITA, A. R. de. Sea Level Variations Along the Brazilian Coast : A Short Review. *Journal of Coastal Research*, SI 35, p. 21-31, 2003.

MOITA, D.; WAINER, I. *Estudo da Variação do Nível do Mar na Região do Atlântico Sudoeste*. Anais do Congresso Brasileiro de Oceanografia: Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória, p.inicial 0, p.final 0, Meio digital. 2005.

MUEHE D. ; ROSO, R. ; SAVI, D. C. . Avaliação de método exedito de determinação do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 53-57, 2003.

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.

PASKOFF, R. L'élevation du Niveau de la Mer et les Espaces Côtiers, Institut Océanographique, Col. *Propos*, 190 p. 2001.

PIRAZOLLI, P. A. Secular trends of relative sea-level (RSL) changes indicated by tide-gauge records. *Journal of Coastal Research*, SI-1, p. 1-26, 1986.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Disponível em: < [www.joaopessoa.pb.gov.br/](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/) >. Acesso em: 23 Fev. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. Disponível em: < [www.maceio.al.gov.br/](http://www.maceio.al.gov.br/) > Acesso em: 23 Fev. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RECIFE Disponível em: < [www.recife.pe.gov.br/](http://www.recife.pe.gov.br/) > Acesso em: 23 Fev. 2008.

PSMSL. Serviço Permanente para o nível do mar. Disponível em: < [www.pol.ac.uk/psmsl](http://www.pol.ac.uk/psmsl) >. Acesso em: 17 Mar. 2008.

RISER, J. Le Quaternaire; Géologie et Milieux Naturel. Dunod, Paris, 320 p. 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G. Mangroves as indicators of sea-level change in the muddy coasts of the world. In: Wang, Y & Healy, T. (eds.). *Muddy Coasts*. Chapter 9. Elsevier, U.K. pp. 245-262. 2002.

SILVA, G. N. Variação do nível médio do mar: causas, conseqüências e metodologia de análise. Rio de Janeiro (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro; COPPE, Programa de Engenharia Oceânica. 1992.

SILVA, G. N.; NEVES, C. F. Variação do nível médio do mar na Ilha Fiscal entre 1965 e 1986. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 9. *Anais...* Rio de Janeiro: ABRH, 1991. v. 3, p. 568-577.

SOARES, M.L.G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-GOLERO, G. 2000. 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.

SOUZA, C., R., G. Um sistema geográfico de informações para o litoral de São Paulo. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, São Paulo. Anais,... CD-ROM (trabalho completo), 2005.

UAISSONE, A. R. J. Influência das forçantes atmosféricas em mesoescala sobre o nível médio do mar em Piraquara, RJ. Rio de Janeiro. (Tese de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro; COPPE, Programa de Engenharia Oceânica, 2004.

WEBSTER, P. J., G. J. HOLLAND, J. A. CURRY, and H.-R. CHANG. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309, 1844–1846. 2005.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)