

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Maria Angélica Machado**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS, UM ESTUDO DE CASO DA  
VARIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E SEUS IMPACTOS NO  
MUNICÍPIO DE UBATUBA, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**

**Taubaté - SP**

**2009**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Maria Angélica Machado**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS, UM ESTUDO DE CASO DA  
VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E SEUS IMPACTOS NO  
MUNICÍPIO DE UBATUBA, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada para  
obtenção do Título de Mestre pelo  
Curso de Pós Graduação em  
Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Ciências  
Ambientais  
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fisch

**Taubaté - SP**

**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

M180m Machado, Maria Angélica  
Mudanças climáticas globais, um estudo de caso da variação da temperatura do ar e seus impactos no município de Ubatuba, litoral norte de São Paulo / Maria Angélica Machado. - 2009.  
178 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2009.  
Orientação: Prof. Dr. Gilberto Fisch, Departamento de Ciências Agrárias.

1. Aquecimento global. 2. Cenários climáticos. 3. Modelo HadCM3.  
I. Título.

MARIA ANGÉLICA MACHADO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS, UM ESTUDO DE CASO DA  
VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E SEUS IMPACTOS NO  
MUNICÍPIO DE UBATUBA, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada para  
obtenção do Título de Mestre pelo  
Curso de Pós Graduação em  
Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Ciências  
Ambientais  
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fisch

Data: 02 de junho de 2009

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilberto Fisch

Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias

Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Gilvan Sampaio de Oliveira

Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus pais  
Thereza Cardoso Machado e  
José Raimundo Machado (em memória).

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Gilberto Fisch, pela dedicação, habilidade e valorosa orientação.

Ao Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias, pelas sugestões e ensinamentos que contribuíram para minha formação e enriqueceram muito este trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilvan Sampaio de Oliveira, pelos ensinamentos, pela simpatia e pela atenção de sempre.

Ao Prof. Dr. Getúlio Teixeira Batista pela generosidade, atenção e por se mostrar sempre pronto a ajudar.

Ao Prof. Dr. Serafim Daniel Ballestero, pelo incentivo e confiança.

Ao Dr. Afrânio Rubens de Mesquita e Dr. José Antônio Marengo, pela atenção e pelo excelente material cedido.

Ao Prof. Dr. Flavio Malta, pelas dicas e sugestões na coleta de dados.

A Jeni Barbosa de Freitas Gondolo, pela atenção, presteza e por se mostrar sempre pronta a ajudar.

À Mariana Nascimento do CEDS Litoral Norte e Caroline Moreira do SMA de Caraguatatuba, pela generosidade, simpatia e pelo excelente material cedido.

Ao Emerson Galioti Mamede, por estar sempre do meu lado, acreditando e confiando, pela paciência e apoio incondicional nos momentos difíceis.

Ao Nathanael Danilo Rosanelli, pela amizade, pela generosidade, pela paciência, pelos momentos difíceis e por toda a ajuda até o último momento que tornaram esse trabalho possível e gratificante.

À Valéria Ferreira, Vanessa Barbosa Mantovani, Márcia Damian, Maria Rosana Ramos Candido, Rosimeire Rodrigues de Carvalho e Carla Chiaradia Alves de Moura, pela amizade, carinho e apoio.

A todos os professores do curso que muito contribuíram no enriquecimento do meu conhecimento e formação profissional.

Aos colegas de classe, por esses 02 anos de convivência, companheirismo e amizade.

Senhor, protegi os nossos sonhos, porque sonhar também é uma maneira de rezar. Você foi à esperança nos meus dias de solidão, a angústia dos meus instantes de dúvida, a certeza nos momentos de fé.

"É justamente a possibilidade de realizar um sonho que torna a vida interessante".

Paulo Coelho

## **MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS, UM ESTUDO DE CASO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E SEUS IMPACTOS NO MUNICÍPIO DE UBATUBA, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**

### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma previsão da temperatura do ar em cenários climáticos futuros, com uma estimativa da elevação do nível do mar e suas conseqüências ambientais no município de Ubatuba. A metodologia adotada está baseada na utilização de dados de temperatura do ar simulados pelo modelo HadCM3 do Hadley Center do Reino Unido (no período de 2000 a 2099), considerando dois cenários utilizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, a saber: cenário A2 (pessimista) e cenário B1 (otimista). As estimativas de aumento do nível do mar foram realizadas a partir de registros maregráficos de Ubatuba (de 1954 a 1993). Como resultado estima-se um aumento na temperatura média global de  $5,3 (\pm 3,0)^{\circ}\text{C}$  para o cenário A2 e de  $3,4 (\pm 3,0)^{\circ}\text{C}$  para o cenário B1 e uma estimativa de elevação do nível médio do mar de 124 e de 268 cm para os anos de 2050 e 2100, respectivamente. Usando-se dados de perfis topográficos de 11 praias insulares na região, conclui-se que estas praias desaparecerão a partir de 2050.

**Palavras-chaves:** Aquecimento global. Cenários climáticos. Modelo HadCM3.

**GLOBAL CLIMATIC CHANGES, A CASE STUDY OF AIR TEMPERATURE VARIATION AND ITS IMPACTS IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF UBATUBA, NORTH COAST OF SÃO PAULO**

**ABSTRACT**

This work aims to provide a forecast of the air temperature for future climatic scenarios with an estimation of sea level rise and its environmental consequences in the municipality of Ubatuba. The adopted methodology is based on the use of air temperature simulated data from HadCM3 Model from Hadley Center from United Kingdom (from 2000 until 2099) considering two scenarios used by the Intergovernmental Panel on Climate Changes, namely A2 scenario (pessimistic) and B1 scenario (optimistic). The estimates of elevation of the sea level of 124 and 268 cm for 2050 and 2100, respectively was realized based on tidal observations in Ubatuba in the period from 1954 up to 1993. As result it is estimated an increase of the air temperature by  $5.3 (\pm 3.0)^{\circ}\text{C}$  for the A2 scenarious and by  $3.4 (\pm 3.0)^{\circ}\text{C}$  to B1 case. Using data of topographyc profiles of 11 beaches in the region, it has been concluded that all these beaches will disappear by 2050.

**Key words:** Global warming. Climatic scenarios. HadCM3 Model.

**LISTA DE SIGLAS**

AOGCMS	- <i>Atmosphere-Ocean General Circulation Models</i> Modelos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera
AAAS	- <i>American Association for the Advance of Science</i> Associação Americana para o Avanço da Ciência
AMPs	- Áreas Marinhas Protegidas
AP	- Antes do Presente
API	- Ano Polar Internacional
APP	- Área de Preservação Permanente
CAD	<i>Computer Aided Design</i> Desenho Assistido por Computador
CIRM	- Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CIC	- Conselho Internacional para a Ciência
CNRS	- Centro Nacional de Pesquisa Científica da França
COI	- Comissão Oceanográfica Intergovernamental
CPTEC	- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHN	- Diretoria de Hidrografia e Navegação
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEE	- Gases de Efeito Estufa
GLOSS	- <i>Global Observing Sea Level System</i> Sistema de Observação do Nível do Mar
GPS	- <i>Global Positioning System</i> Sistema de Posicionamento Global
HADCM3	- <i>Hadley Center Coupled Model version 3</i> Centro Hadley Modelo Acoplado versão 3
IAPSO	- <i>International Association for the Physical Sciences of the Ocean</i> Associação Internacional para as Ciências Físicas do Oceano

IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	- Instituto Geográfico e Cartográfico
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPH	- Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
IOUSP	- Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
IPCC	- <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
NMM	- Nível Médio do Mar
NOAA	- <i>National Oceanic and Atmosphere Administration</i> Administração Nacional de Atmosfera e Oceano
OMM	- Organização Meteorológica Mundial
ON	- Observatório Nacional
POL	- <i>Proudman Oceanographic Laboratory</i> Laboratório Oceanográfico Proudman
PSMSL	- <i>Permanent Service for Mean Sea Level</i> Serviço Permanente para o Nível do Mar
SRES	- <i>Special Report on Emissions Scenarios</i> Relatório Especial de Cenários de Emissão
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar
UCs	Unidades de Conservação
UNEP	- <i>United Nations Environment Programme</i> Programa Ambiental das Nações Unidas
USEPA	- <i>United States Environmental Protection Agency</i> Agência Norte Americana de Proteção ao Meio Ambiente
USGS	- <i>United States Geological Survey</i> Pesquisa Geológica dos Estados Unidos

## LISTA DE FIGURA

Figura	1 - Concentração atmosférica de dióxido de carbono nos planetas Marte, Terra e Vênus	34
Figura	2 - Emissão de CO <sub>2</sub> por processos industriais e por uso do solo	35
Figura	3 - Solo Permafrost	37
Figura	4 - Concentração atmosférica de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo (símbolos com diferentes cores para os diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). Os forçamentos radiativos correspondentes são mostrados nos eixos do lado direito dos painéis grandes	38
Figura	5 - Principais atividades agrícolas geradoras de metano	40
Figura	6 - Contribuição da agricultura para as emissões de óxido nítrico	40
Figura	7 - Anomalias de temperatura do ar global desde o período industrial. A linha azul representa a média móvel dos anos.	41
Figura	8 - Mudanças observadas na (a) temperatura média global da superfície; (b) média global da elevação do nível do mar a partir de dados de marégrafo (azul) e satélite (vermelho) e (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para março-abril. Todas as mudanças são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos estimados com base em uma análise abrangente das incertezas conhecidas (a e b) e nas séries temporais (c)	46
Figura	9 - Monte Kilimanjaro em 1993	47
Figura	10 - Monte Kilimanjaro em 2000	47
Figura	11 - Geleira Upsala, na Patagônia, em 1928 e em 2004	48
Figura	12 - Erosão na costa do Alasca, em trechos antes cobertos pelo permafrost	48
Figura	13 - Extensão do mar de gelo no ártico nos anos de 1979 e 2003	49

Figura	14 - Extensão do mar de gelo no ártico no ano de 2008	49
Figura	15 - Iceberg Jakobshavn Fjord, localizado Groenlândia. Imagem feita em 2005	50
Figura	16 - Extensão do manto de gelo na Groenlândia em 2009	51
Figura	17 - A extensão máxima da cobertura de gelo no Ártico está sendo reduzida em 2,7% por década	51
Figura	18 - Cobertura de gelo no Ártico em janeiro de 2009, com 14,8 milhões de km <sup>2</sup> . A linha em magenta indica a média, no mês de janeiro, no período de 1979 até 2000	52
Figura	19 - Cobertura de gelo no Ártico em 2005, 2006, 2007 e 2008	53
Figura	20 - Variação no mar de gelo da Península Antártica entre 13 de dezembro de 2008 e 02 de janeiro de 2009	54
Figura	21 - Eventos extremos devido ao aquecimento global	56
Figura	22 - Furacão Catarina	57
Figura	23 - Nível médio do mar no período pré-industrial	59
Figura	24 - Nível médio do mar no período de 1955 e 2003	60
Figura	25 - Curva da oscilação do nível do mar, nos últimos 7.000 anos, em várias regiões da costa brasileira	61
Figura	26 - Distribuição das estações permanentes, onde são feitas as medições do nível relativo do mar, em forma de séries de tempo, ao longo de todos os continentes e ilhas do globo, colecionadas pelo Serviço Permanente para o Nível do Mar (PSMSL), serviço criado em 1933 pela Associação Internacional para a Física dos Oceanos (IAPSO)	62
Figura	27 - Estação meteorológica de superfície - pressão, vento, chuva e radiação solar	65
Figura	28 - As variações globais do nível do mar na atualidade	66
Figura	29 - Estimativas do aumento do nível do mar	67
Figura	30 - Localização das bases de pesquisas do IOUSP no Litoral dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo	68

Figura	31 - Regra de Bruun - inundação seguida da erosão costeira produzem o recuo da linha de costa	69
Figura	32 - Espigões construídos na praia em Olinda / PE	72
Figura	33 - Espigão construído junto a Ponta do Camaroeiro, em Caraguatatuba / SP	72
Figura	34 - Branqueamento fraco. Espécies de corais agaricia agaricites e millepora brasiliensis	76
Figura	35 - Branqueamento forte. Espécies de corais millepora brasiliensis (frente) e mussismilia hispida (fundo)	76
Figura	36 - Espécies de Corais Mussismilia h�spida e Montastraea cavernosa	77
Figura	37 - Espécies de Corais Mussismilia h�spida e Siderastrea spp	77
Figura	38 - Espécie de Coral Zoantídeo Palythoa Caribaeorum	77
Figura	39 - Perda de Mangues	80
Figura	40 - Tempestade com maré meteorológica do dia 26/04/2005 na Baía de Santos	84
Figura	41 - Efeitos da ressaca de 20 de julho de 2005 na erosão junto à rodovia Rio Santos na praia de Massaguaçu, em Caraguatatuba / SP	85
Figura	42 - Efeitos da ressaca de 06 de junho de 2006 na erosão junto à rodovia Rio Santos na praia de Massaguaçu, em Caraguatatuba / SP	85
Figura	43 - Efeitos da ressaca de junho de 2006 no colapso do enrocamento do molhe de barcaças da CST, em Vitória / ES	86
Figura	44 - Ressaca de agosto de 2006 sobre a estrutura semi-arruinada da plataforma de pesca em Mongaguá / SP	86
Figura	45 - Ressaca de março de 2008 – Porto de Santo Ant�nio em Fernando de Noronha / PE	86
Figura	46 - Cantábria (Espanha) em 04/03/2008.	87
Figura	47 - Sistema Praial – Morfologia e Processo	88

Figura	48 - Balanço Sedimentar Costeiro	90
Figura	49 - Praias com indícios de erosão costeira no estado de São Paulo	92
Figura	50 - Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não)	92
Figura	51 - Retrogradação (reco) geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia.	93
Figura	52 - Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias	93
Figura	53 - Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros	94
Figura	54 - Destruição de faixas frontais de vegetação de restinga ou de manguezal, presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia.	94
Figura	55 - Exumação e erosão de terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, depósitos paleolagunares sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais	94
Figura	56 - Freqüente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica, formados por camadas sucessivas de aterros erodidos soterradas por camadas de areias praias / dunares	95
Figura	57 - Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, a face litorânea e/ou a zona de surfe	95
Figura	58 - Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de 200 a 600 cm, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno	95
Figura	59 - Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas	96

Figura	60 - Desenvolvimento de embaíamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em locais mais ou menos fixos da linha de costa	96
Figura	61 - Praias com risco a erosão costeira no litoral norte de São Paulo	98
Figura	62 - Mapa de São Paulo com retângulo de influência do ponto da grade escolhido e ênfase no município de Ubatuba / SP	99
Figura	63 - Imagem de satélite das cidades de Ubatuba e suas praias	101
Figura	64 - Mapa do Brasil com retângulo de influência do ponto da grade escolhido	104
Figura	65 - As posições das estações Permanentes, Pelágicas e do GLOSS (até 2002) de medição do nível relativo do mar na costa Brasileira. A Sessão Capricórnio é projetada fazer medições até o fundo oceânico, ser ocupada a cada ano e ter boia meteorológica/oceanográfica na sua posição mais ao largo	107
Figura	66 - Médias anuais das medições horárias do nível médio do mar	120
Figura	67 - Dados altimétricos via satélite da elevação do nível médio do mar	122
Figura	68 - Registros maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Cananéia / SP	123
Figura	69 - Registros Maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Ubatuba / SP	124
Figura	70 - Registros maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Ubatuba / SP, com projeção até o ano de 2100	125
Figura	71 - Perfil da praia das Couves 1, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	126
Figura	72 - Imagem do perfil da praia das Couves 1, no verão (esquerda) e inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	126
Figura	73 - Perfil da praia do Engenho, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.	127
Figura	74 - Imagem do perfil da praia do Engenho, no verão (esquerda) e inverno (direta), no município de Ubatuba / SP	127

Figura	75 - Praia da Fazenda e sua área de mangue, em 21 outubro de 2007, Ubatuba / SP	129
Figura	76 - Praia de Ubatumirim e sua área de mangue, em 21 outubro de 2007, Ubatuba / SP	129
Figura	77 - Praia de Picinguaba e sua área de mangue, em 09 de maio de 2003, Ubatuba / SP	130
Figura	78 - Praia da Lagoa, com vegetação de restinga e sua lagoa em 10 de novembro de 2002, Ubatuba / SP	130
Figura	79 - Praia do Prumirim com o Rio Prumirim (esquerda) e a Lagoa Prumirim (direita) em 14 de junho de 2003, Ubatuba / SP	131
Figura	80 - Praia da Itamambuca e seu estuário em 21 de outubro de 2007, Ubatuba / SP	131
Figura	A-1 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2	145
Figura	A-2 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1	146
Figura	A-3 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário A2	147
Figura	A-4 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário B1	148
Figura	A-5 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário A2	149
Figura	A-6 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário B1	150
Figura	A-7 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário A2	151

Figura A-8 - Série temporal dos estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário B1	152
Figura A-9 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário A2	153
Figura A-10 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário B1	154
Figura A-11 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário A2	155
Figura A-12 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário B1	156
Figura A-13 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2	157
Figura A-14 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1	158
Figura A-15 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário A2	159
Figura A-16 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário B1	160
Figura A-17 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário A2	161
Figura A-18 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário B1	162
Figura A-19 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário A2	163

Figura A-20 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário B1	164
Figura A-21 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário A2	165
Figura A-22 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário B1	166
Figura A-23 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário A2	167
Figura A-24 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário B1	168
Figura B-1 - Perfil da praia das Couves 2, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	170
Figura B-2 - Imagens do perfil da praia das Couves 2, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	170
Figura B-3 - Perfil da praia do Leste, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	171
Figura B-4 - Imagens do perfil da praia do Leste, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	171
Figura B-5 - Perfil da praia de Maranduba, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	172
Figura B-6 - Imagens do perfil da praia de Maranduba, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	172
Figura B-7 - Perfil da praia das Palmas, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	173
Figura B-8 - Imagens do perfil da praia das Palmas, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	173
Figura B-9 - Perfil da praia dos Porcos, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	174

Figura B-10 - Imagens do perfil da praia dos Porcos, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	174
Figura B-11 - Perfil da praia do Presídio, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	175
Figura B-12 - Imagens do perfil da praia do Presídio, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	175
Figura B-13 - Perfil da praia do Prumirim, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	176
Figura B-14 - Imagens do perfil da praia do Prumirim, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	176
Figura B-15 - Perfil da praia do Sapateiro, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	177
Figura B-16 - Imagens do perfil da praia do Sapateiro, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	177
Figura B-17 - Perfil da praia do Sul, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	178
Figura B-18 - Imagens do perfil da praia do Sul, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP	178

**LISTA DE TABELAS**

Tabela	1 - Taxa observada de elevação do nível do mar e estimativa das contribuições de diferentes fontes	55
Tabela	2 - Praias com risco a erosão costeira no Litoral Norte de São Paulo	98
Tabela	3 - Praias de Ubatuba com suas extensões e larguras	102
Tabela	4 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a temperatura média anual para o cenário A2 (pessimista)	110
Tabela	5 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a primavera, para o cenário A2 (pessimista)	110
Tabela	6 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o verão, para o cenário A2 (pessimista)	111
Tabela	7 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o outono para o cenário A2 (pessimista)	111
Tabela	8 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o inverno para o cenário A2 (pessimista)	112
Tabela	9 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a temperatura média anual, para o cenário B1 (otimista)	113
Tabela	10 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a primavera para o cenário B1 (otimista)	114
Tabela	11 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o verão para o cenário B1 (otimista)	114
Tabela	12 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o outono para o cenário B1 (otimista)	115

Tabela	13 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o inverno para o cenário B1 (otimista)	115
Tabela	14 - Valores Estatísticos (aumento da temperatura, média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para as temperaturas médias de 1950-1999, 2001-2049 e 2050-2099 anual para o cenário pessimista A2	116
Tabela	15 - Valores Estatísticos (aumento da temperatura, média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para as temperaturas médias de 1950-1999, 2001-2049 e 2050-2099 anual para o cenário B1	116
Tabela	16 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2	118
Tabela	17 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1	118
Tabela	18 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2	119
Tabela	19 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1	119
Tabela	20 - Largura e perdas das praias para os anos de 2050 e 2100 no verão e inverno, para as 11 praias analisadas.	128
Tabela	A-1 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2	145
Tabela	A-2 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1	146
Tabela	A-3 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário A2	147

Tabela A-4	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário B1	148
Tabela A-5	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário A2	149
Tabela A-6	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário B1	150
Tabela A-7	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário A2	151
Tabela A-8	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário B1	152
Tabela A-9	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário A2	153
Tabela A-10	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário B1	154
Tabela A-11	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário A2	155
Tabela A-12	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário B1	156
Tabela A-13	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2	157
Tabela A-14	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1	158
Tabela A-15	- Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário A2	159

Tabela A-16 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário B1	160
Tabela A-17 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário A2	161
Tabela A-18 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário B1	162
Tabela A-19 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário A2	163
Tabela A-20 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário B1	164
Tabela A-21 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário A2	165
Tabela A-22 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário B1	166
Tabela A-23 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário A2	167
Tabela A-24 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário B1	168

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	27
2.OBJETIVOS	32
2.1 Objetivo geral	32
2.2 Objetivos específicos	32
3.REVISÃO DE LITERATURA	33
3.1 O efeito estufa	33
3.2 Simulação de cenários futuros	41
3.3 Recuo dos glaciais	45
3.4 Regime de marés	58
3.5 Expansão dos oceanos	59
3.6 Consequências e impactos	73
3.6.1 Habitats e espécies	73
3.6.1.1 Recifes de corais	73
3.6.1.2 Manguezais	79
3.6.1.3 Estuários	81
3.6.1.4 Restingas	81
3.6.1.5 Costões rochosos	82

	25
3.6.2 Sistemas meteorológicos	82
3.6.2.1 Maré meteorológica	82
3.6.3 Erosão costeira	87
3.6.3.1 Causas naturais da erosão costeira	88
3.6.3.2 Causas antropogênicas da erosão costeira	89
3.6.3.3 Consequências da erosão costeira	90
4. MATERIAL E MÉTODOS	99
4.1 Praias do município de Ubatuba, São Paulo	101
4.2 Dados meteorológicos globais da temperatura do ar	103
4.3 Dados das medições do nível médio do mar	105
4.4 Estudos do impacto da elevação do nível médio do mar sobre as praias insulares de Ubatuba	108
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
5.1 Série temporal (anual) da temperatura do ar	109
5.1.1 Série temporal (mensal) da temperatura do ar	117
5.2 Série temporal (anual) da elevação do nível médio do mar	119
6. CONCLUSÕES	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
APÊNDICES	143

APÊNDICE A - Tabelas e Figuras relativas aos valores estatísticos calculados para o período de 1950 a 2099, para os dois cenários estudados (A2 e B1), para todos os meses do ano	144
APÊNDICE B - Perfis de 11 praias insulares do município de Ubatuba, São Paulo e suas imagens, com estimativa de perda de área devido à elevação do nível médio do mar para os anos de 2050 e 2100, no verão e no inverno	169

## 1. INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (International Panel on Climate Change - IPCC) concluiu, no seu Quarto Relatório de Avaliação (IPCC 2007), que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está sendo evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar. O período de 1998 a 2008 está entre os 10 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global (desde 1850). O aquecimento ao longo dos últimos 50 anos é quase o dobro dos últimos 100 anos.

As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas ao aumento da poluição, queimadas, desmatamento e a formação de ilhas de calor nas grandes cidades. A partir do final do século XIX e XX, houve uma expansão da produção industrial e um aumento de poluentes na atmosfera que intensificaram o efeito estufa. Com o aumento do efeito estufa há também um crescente aumento da temperatura média da Terra, também chamado de aquecimento global. O seu principal agente é o gás carbônico, também conhecido como dióxido de carbono ou CO<sub>2</sub>, sendo considerado o gás de efeito antrópico mais importante, com uma concentração de 270 ppm em 1850, contra os 383 ppm dos dias atuais, o que representa a maior concentração dos últimos 650.000 anos (IPCC, 2007).

As recentes mudanças climáticas, especialmente aquelas relacionadas com o aumento da temperatura, já estão afetando globalmente sistemas físicos (clima, recursos hídricos, nível do mar), biológicos (ecossistemas naturais, distribuição de espécies), assim como a sociedade (saúde humana, disponibilidade hídrica, transporte fluvial, desastres naturais). “Os sistemas biológicos são vulneráveis a mudanças climáticas, e alguns serão prejudicados irreversivelmente” (MARENGO, 2006).

Os climas mais quentes provocados pelo aquecimento global podem aumentar a incidência de casos de peste bubônica, a epidemia que matou milhões de pessoas ao longo da história e exterminou um terço da população da Europa no século XIV. Assim como aumentar o número de doenças tropicais, tais como a malária, dengue, febre amarela e disenteria. Seja por causa da piora nas condições de saúde, devido à disseminação destas enfermidades, ou por causa da diminuição do suprimento de água, os países da África sub-saariana, da Ásia e da América do Sul, que também são coincidentemente os mais pobres, são os mais vulneráveis às conseqüências do aquecimento da Terra. Muitas das principais moléstias que atingem os países pobres, por exemplo, malária, diarreia e a subnutrição, são extremamente sensíveis às condições climáticas<sup>1</sup> (MARENGO, 2006).

Segundo o IPCC (2007) existem evidências de que eventos extremos, tais como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furações e tempestades, têm afetado diferentes partes do planeta, causando enormes perdas econômicas e de vidas. Como exemplos, podem ser citadas as ondas de calor na Europa em 2003, os furacões Katrina, Wilma e Rita no Atlântico Norte em 2005 e o inverno extremo da Europa e Ásia em 2006. Também se pode mencionar, no Brasil, o furacão Catarina em março 2004, a recente seca da Amazônia em 2005 e as secas já observadas na região Sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006. Recentemente, em 2008, houve as chuvas intensas na região de Santa Catarina, que provocaram muitas perdas (humanas e materiais) e impactos relacionados com alterações na biodiversidade e elevação no nível do mar. “O verão de 2003 na Europa, por exemplo, foi o mais quente dos últimos 500 anos e matou entre 22 mil e 45 mil pessoas” (MARENGO, 2006).

O aquecimento também deve intensificar o problema das ilhas de calor em todas as grandes cidades, uma vez que prédios e as camadas asfálticas absorvem muito mais radiação térmica do que as áreas não-urbanas. A formação de ilhas de calor produz intensos processos convectivos e as nuvens resultantes provocam descargas atmosféricas e inundações. O Relatório Stern (2006) fez uma extensa análise econômica sobre esta questão, inclusive com estimativas de futuras perdas financeiras devido à questão de mudanças do clima.

---

<sup>1</sup> É de se lamentar o surgimento da categoria de “refugiados climáticos”, pessoas e povos inteiros obrigados a deixar suas casas e seu modo de vida, devido à elevação do nível dos mares, especialmente nos pequenos estados insulares (FONSECA, 2007).

Segundo Marengo (2006) é necessária uma detecção prévia da variabilidade observada de clima no país, em escalas de tempo mais longas possível, para servir de base para analisar o clima do futuro, tentando assim separar a variabilidade natural observada, daquela forçada por atividades humanas que induzem as mudanças climáticas.

Uma consideração sobre vulnerabilidade às mudanças climáticas globais é a capacidade de adaptação. Há no Brasil uma enorme carência de estudos sobre a vulnerabilidade da sociedade, da economia e do ambiente, incluindo os ecossistemas, às mudanças climáticas globais. Em parte isso se deve à falsa expectativa de que, por ser o Brasil um país tropical, os efeitos do aumento de temperatura seriam menores e a adaptação a eles, mais fácil. Uma outra explicação para a relativa “despreocupação” nacional, com respeito à problemática de mudanças globais, era centrada na percepção de que o país tem problemas muito mais graves e prementes a resolver, no que concerne a um desenvolvimento com equidade e justiça social visando a eliminação da pobreza. Entretanto, são justamente os países em desenvolvimento aqueles mais vulneráveis às mudanças climáticas e ambientais de modo geral e dentro do país serão as populações mais pobres as mais atingidas, haja vista que a degradação ambiental sempre afeta mais profundamente os mais pobres e os excluídos. É difícil imaginar que isto não se repetiria com as mudanças climáticas globais. Portanto, faz-se imperativo a identificação das vulnerabilidades da sociedade, inclusive, aquelas das atividades agrícolas e dos ecossistemas, vulnerabilidades que possam colocar em risco a produção de alimentos, a qualidade dos recursos hídricos e do ar e a biodiversidade. Estes exercícios podem e devem ser iniciados antes mesmo de termos certeza sobre como e quando ocorrerão mudanças climáticas de grande magnitude no país (NOBRE, 2001).

O segundo relatório do IPCC (1995), concluiu que durante o século XX, o nível do mar subiu entre 10 e 25 cm, o último relatório do IPCC (2007) projeta uma elevação de 77 a 100 cm durante este século, o que está sendo considerado otimista demais por muitos cientistas. O mar está subindo devido ao derretimento das geleiras e à expansão térmica do oceano em consequência da mudança climática. Esta, por sua vez, é causada pelo aumento dos níveis atmosféricos de CO<sub>2</sub>, principalmente pela queima de combustíveis fósseis.

Segundo Field (2009), membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o aquecimento global no decorrer deste século será mais grave do que se acreditava até agora, e alerta “o relatório subestimou seriamente a escala do problema”, considerando que as emissões dos gases de efeito estufa aumentaram muito mais rapidamente que o esperado entre 2000 e 2007.

Segundo Cazenave (2009), “entre 1993 e 2008, a taxa média global de elevação do nível do mar registrada foi de 3,4 mm / ano”, esse número foi constatado por

medições de satélite utilizando técnicas de altimetria, e se comparado com as medições de 1950 a 2000, podemos constatar que a elevação média do nível do mar era de 1,8 mm / ano. “As causas dessa aceleração do nível do mar também mudaram, entre 2003 e 2008, o derretimento das geleiras e dos mantos de gelo (Groenlândia e Antártida) contribuiu com 80% da elevação, e a expansão térmica com mais 20%”.

Segundo o cálculo feito pelo pesquisador alemão Rahmstorf (2009) da Universidade de Potsdam (Alemanha), com dados voltados para a realidade dos dias atuais revê a previsão oficial do Painel Intergovernamental de Mudanças climáticas em 200%. O que as medições feitas por Cazenave (2009) comprovam, é que a velocidade do fenômeno alimentado pelo aquecimento global aumentou para o dobro.

O significado econômico do aumento do nível médio do mar terá conseqüências para a pesca, agricultura, navegação, lançamento de efluentes, proteção costeira, produtividade biológica, biodiversidade, bem como para a parte socioeconômica.

Vale salientar que devido à história de ocupação do território brasileiro, as maiores cidades brasileiras situam-se na costa litorânea (Rio de Janeiro, Fortaleza, Salvador, Recife, entre outras). Mediante as estimativas de elevação do nível do mar, essas áreas poderão ser alteradas significativamente.

O aquecimento global pode provocar mudanças nos ecossistemas terrestres com mudanças nos padrões globais da vegetação. Segundo Marengo (2007) estudos recentes feitos em diversos modelos que simulam as mudanças do clima, indicam que, ao contrário da maioria das atividades humanas, ecossistemas naturais terão maior dificuldade de adaptação se as mudanças climáticas ocorrerem no curto intervalo de décadas.

A zona costeira brasileira merece uma atenção especial, tanto pela diversidade de ecossistemas nesse espaço geográfico, quanto pelo fato de concentrar mais de 20% da população brasileira e reunir parcela de conflitos sócio-ambientais na apropriação e uso dos recursos naturais. As várias formas de ocupação e uso do solo na zona costeira, a diversidade de atividades humanas nestas áreas desenvolvidas e os diversos quadros naturais (costões rochosos, manguezais, restingas, estuários etc) fazem com que o planejamento territorial seja um instrumento fundamental na definição do futuro desse

espaço quanto à conservação ambiental e a construção da sustentabilidade urbana (SILVA, 2006).

Assim, tendo em vista a importância da problemática atual do aquecimento global da temperatura do ar, o objetivo do presente estudo é realizar uma análise e previsão da temperatura do ar para os dois diferentes cenários de crescimento econômico e populacional que são utilizados pelo IPCC, bem como uma estimativa da elevação do nível do mar e suas conseqüências nos impactos ambientais no município de Ubatuba.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Enfocar as mudanças climáticas globais do planeta Terra, calculando estimativas de aumento da temperatura do ar e o conseqüente aumento do nível do mar e seus impactos na região do Litoral Norte de São Paulo, com ênfase no município de Ubatuba.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Investigar os padrões de temperatura futura (para o ano de 2099), a partir dos dados de simulação climática do Hadley Center do Reino Unido para a região em estudo.
- b) Avaliar os impactos ambientais, decorrentes deste aquecimento global em relação a um possível aumento do nível do mar, no município de Ubatuba.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 O EFEITO ESTUFA

Sabe-se que o clima de nosso planeta muda constantemente e a maior parte das mudanças ocorre em escalas de tempo de milhares ou milhões de anos. Porém alterações na composição da atmosfera resultantes das atividades antrópicas ocorrem em um intervalo de tempo menor entre 100 e 200 anos (ARTAXO, 2008).

Em 1988 foi criado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pela United Nations Environment Programme (UNEP) o Painel intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com o objetivo de estudar, divulgar informações técnicas e socioeconômicas dos impactos relativos aos riscos à humanidade, visando criar mecanismos para adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

Existem fortes indícios que o clima está mudando. As projeções climáticas indicam que nos próximos 100 anos haverá um aumento da temperatura média global entre 1,4 e 5,8°C e um aumento do nível médio do mar entre 77 e 100 cm, o que pode afetar significativamente as atividades humanas e os ecossistemas terrestres (IPCC, 2007).

As conseqüências do aumento de temperatura são graves para todos os seres vivos, incluindo o Homem, tornando-se um dos maiores desafios socioeconômicos e científicos que a humanidade terá que enfrentar no séc. XXI. Estas conclusões foram obtidas após cuidadosa análise dos diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa para os próximos 100 anos e disponibilizadas nos três últimos relatórios de mudanças climáticas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças climáticas o IPCC (1995; 2001, 2007).

O efeito estufa é um fenômeno natural que faz com que a temperatura da Terra seja maior do que seria na ausência de atmosfera, permitindo assim que ocorra a vida na sua forma atual. Senão houvesse o efeito estufa, a temperatura média do planeta Terra seria de -18°C ao invés dos atuais 15°C, ou seja, uma diferença de 33°C menor (ANTUNES, 2002). A Figura 1 mostra a importância da atmosfera e dos gases do efeito estufa para os planetas Marte, Terra e Vênus.

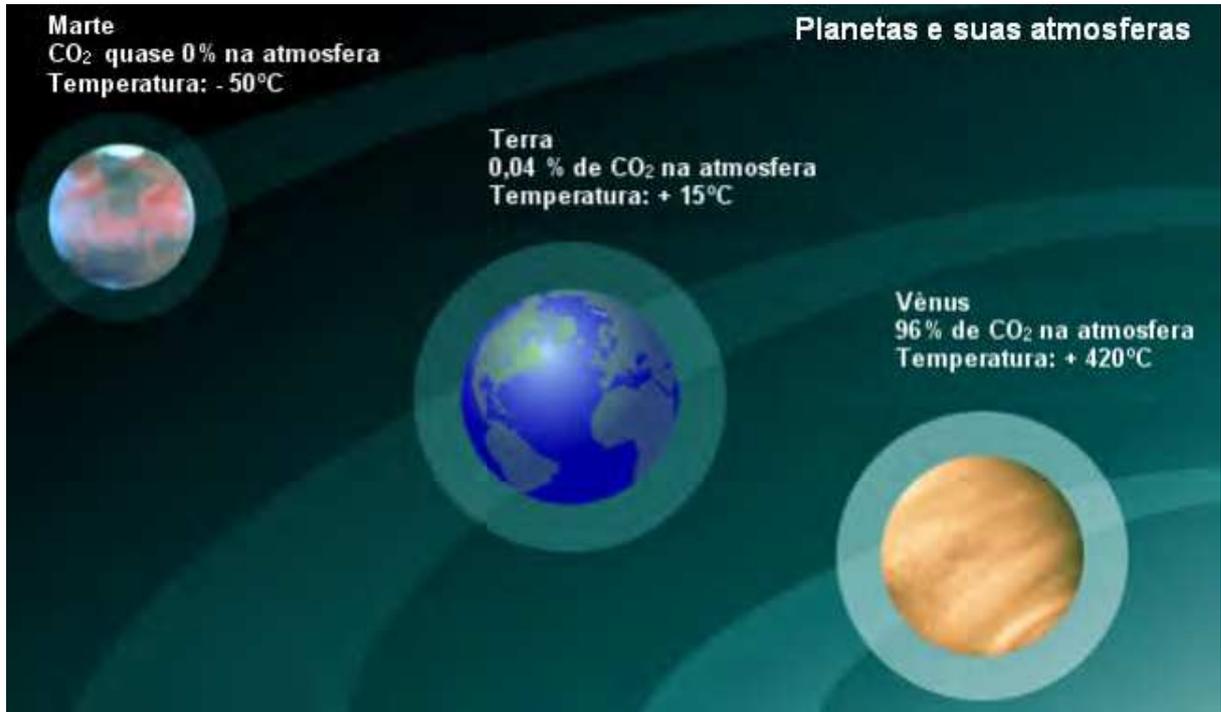


Figura 1 - Concentração atmosférica de dióxido de carbono nos planetas Marte, Terra e Vênus.  
Fonte: Adaptado de UNEP Grid Arendal, 2009.

Só que o efeito da maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é uma exacerbação do originalmente benéfico efeito estufa. Caso persista ou talvez até aumente a concentração dos gases do efeito estufa, o planeta tende a se aquecer mais do que o normal. Conseqüentemente a temperatura média da Terra tende a subir e, por sua vez, o nível dos mares também através da expansão térmica e do derretimento das geleiras das montanhas e das calotas polares (ANTUNES, 2002).

A Figura 2, mostra a emissão de CO<sub>2</sub> por processos industriais e por uso do solo em milhares de toneladas por ano.

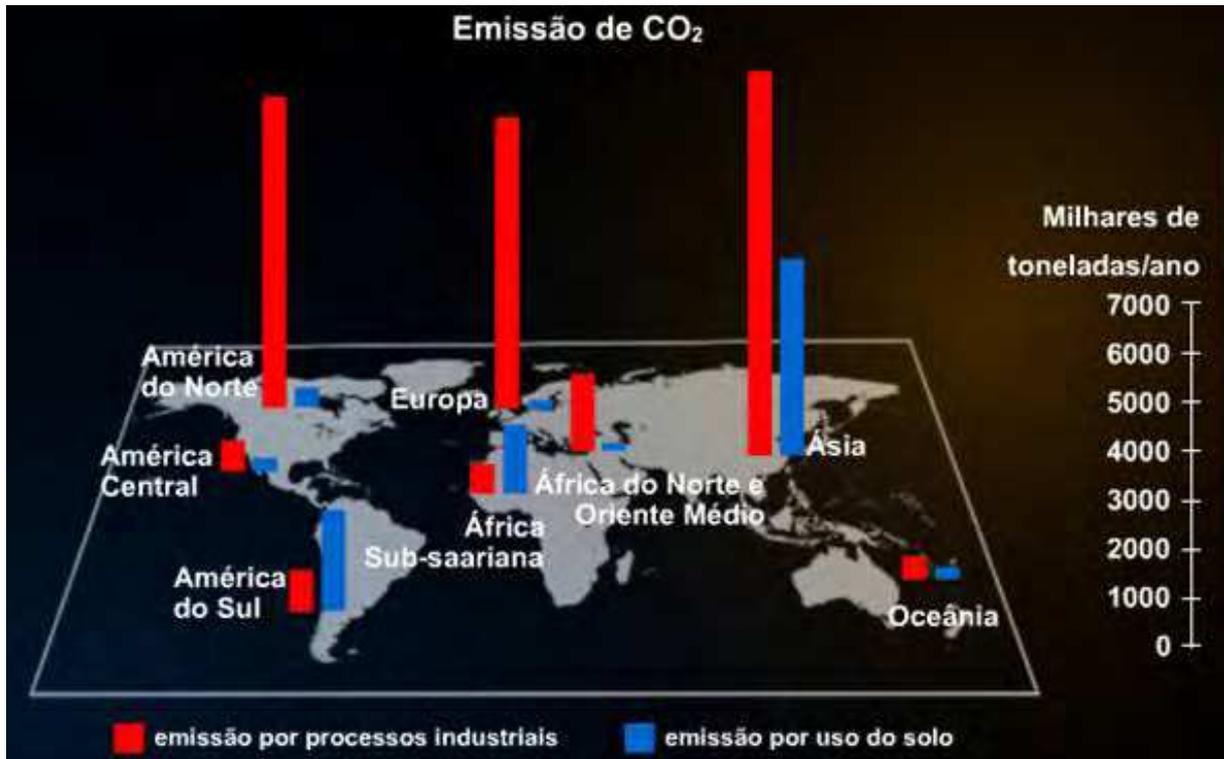


Figura 2 - Emissão de CO<sub>2</sub> por processos industriais e por uso do solo.  
Fonte: CEDS Litoral Norte, 2009.

Antes da revolução industrial o ciclo de carbono estava equilibrado, a quantidade que era absorvida pelo solo e pelo oceano era igual ao que era emitido pela atmosfera. Com a industrialização e a intensificação da queima de combustíveis fósseis pelas atividades humanas, a emissão de gás carbônico para a atmosfera tornou-se maior que a capacidade natural de absorção.

As mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, o fluxo de radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do forçamento radiativo, que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima global. Segundo Alley et al. (2007) o forçamento radiativo é uma medida da influência que um fator tem de alterar o balanço de energia que entra ou sai no sistema-atmosfera.

De toda radiação solar que atinge a superfície da Terra, 30% é refletida antes de atingir o solo, sendo que 70% é absorvida e convertida em calor. Para que o equilíbrio energético seja mantido, toda essa radiação deverá ser emitida de volta para o espaço.

Mas, se houver um aumento da concentração do gás carbônico poderá ocorrer um aumento do efeito estufa e, portanto sairá menos radiação do que entra.

Os gases do efeito estufa (GEE) absorvem a radiação térmica em vez de deixá-la escapar para o espaço, portanto sairá menos radiação do que entra, aquecendo a baixa atmosfera. A Terra está irradiando menos calor para o espaço do que absorve do Sol. Este desequilíbrio energético planetário está gradualmente aquecendo o planeta (HANSEN, 2004).

Segundo Pereira (2006), o tempo de vida médio na atmosfera dos gases estufa é em torno de 8 a 12 anos para o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), 114 a 120 anos para os óxidos de nitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}$ ), 50 a 200 anos para o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 50 a 1.700 anos para os cloroflucarbonos (CFCs). Um tempo de vida único não pode ser definido para  $\text{CO}_2$  por causa das diferentes taxas de absorção dos sumidouros (IPCC, 1995; 2001).

Há muitas fontes pequenas de óxido nitroso, naturais e antrópicas, difíceis de serem quantificadas. As principais fontes antrópicas são a agricultura e vários processos industriais, por exemplo, produção de ácido adípico e ácido nítrico. Fontes naturais não foram quantificadas, estima-se ser o dobro das fontes antrópicas. O óxido nitroso é removido principalmente por fotólise (decomposição pela luz do sol) na estratosfera (IPCC, 1995).

O gás de efeito metano também ocorre naturalmente na atmosfera, sendo que sua concentração está crescendo em decorrência do degelo e das atividades humanas, como a agricultura, a disposição de resíduos e a produção e o uso de combustíveis fósseis (IPCC, 1995).

Segundo Holdren *apud* Sgarbi (2007), caminha-se rapidamente para uma “catástrofe climática”, pois o efeito estufa já ultrapassou todos os limites e não há medidas possíveis de serem adotadas para impedir as secas, inundações, furacões e outros fenômenos que venham a atingir o planeta. Este autor afirma ainda que “na Rússia, o degelo gerado pelo aumento da temperatura irá produzir o equivalente, em carbono, a 80 anos de emissões por combustíveis fósseis armazenados em seu solo congelado”.

Segundo Filho (2007) o derretimento do permafrost (solo Ártico) é outro fator a ser considerado. Há imensos volumes de metano que foram aprisionados no gelo nos

últimos 40 mil anos. “Com o derretimento do permafrost (Figura 3), devido ao aquecimento global, o gás metano que é 20 vezes mais nocivo para o efeito estufa que o dióxido de carbono tende a ser liberado para a atmosfera”.



Figura 3 - Solo Permafrost.  
Fonte: DIAS, 2007.

As concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das atividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais determinados com base em testemunhos de gelo de milhares de anos (Figura 4). Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura (IPCC, 2007).

As atividades agrícolas podem ser ao mesmo tempo vulneráveis à mudança global do clima, quanto promovedoras de gases de efeito estufa. A agricultura é uma atividade altamente dependente dos elementos climáticos, como temperatura, pluviosidade, umidade do solo e radiação solar. A mudança climática pode afetar a produção agrícola de várias formas: pela mudança em fatores climáticos, incluindo a frequência e severidade de eventos extremos, pelo aumento da produção devido ao efeito fertilizador de carbono através de maiores concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, pela alteração da intensidade de colheita devido a uma mudança no número de graus-dia de crescimento, ou modificando a ocorrência e a severidade de pragas e doenças (SHAW, 1997), entre outros efeitos.

Mudanças nos Gases de Efeito Estufa a partir de Dados de Testemunho de Gelo e Dados Modernos.

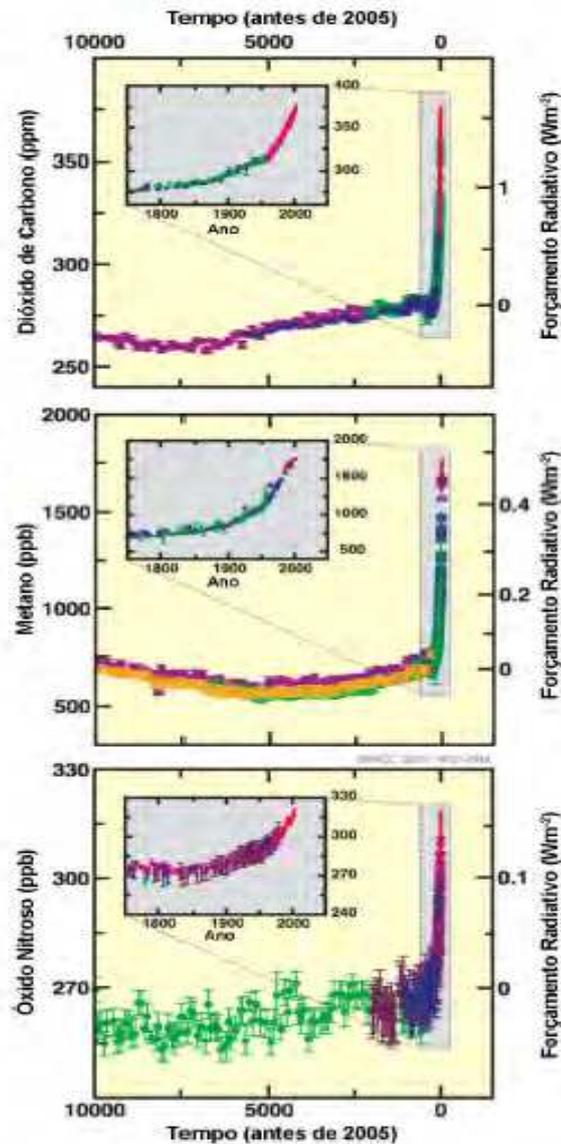


Figura 4 - Concentração atmosférica de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo (símbolos com diferentes cores para os diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). Os forçamentos radiativos correspondentes são mostrados nos eixos do lado direito dos painéis grandes.  
Fonte: IPCC 2007.

Estudos baseados em modelos de circulação geral tem mostrado que a produtividade de várias culturas tende a diminuir em algumas regiões do globo e aumentar em outras, tal que a produção em áreas tropicais e subtropicais, principalmente na África Sub-saara devido as grandes áreas de clima árido e semi-árido

e sua dependência de agricultura, tende a ser mais afetada em relação às regiões temperadas (JONES et al., 1997, CGIAR, 1998).

Segundo Assad (2009) as mudanças climáticas devem trazer implicações ao setor agrícola brasileiro, assim como alterar a geografia da produção de produtos, como exemplo podem ser citados a soja (uma das culturas mais vulneráveis a possível variação térmica) que poderá sofrer uma perda de 40% de área produtiva e o café perda de 33% de área produtiva e deixaria os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, para migrar em direção a Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Assim como outras culturas que tendem a perder também suas áreas de cultivo como o algodão (16%), arroz (14%), feijão (13,3%) e o girassol (18%).

Ao mesmo tempo em que se constitui em uma atividade potencialmente influenciável pela mudança do clima, a agricultura também contribui para o efeito estufa com emissões de gases como o metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido nitroso e óxidos de nitrogênio. Estima-se que 20% do incremento anual do forçamento radiativo global é atribuído ao setor agrícola considerando-se o efeito dos gases metano, óxido nitroso e gás carbônico (IPCC, 1996), excluía a fração correspondente às mudanças do uso da terra relacionadas a atividades agrícolas (15%). O metano e o óxido nitroso são os principais gases emitidos pelo setor agropecuário, contribuindo com 15% e 6%, respectivamente, para o forçamento radiativo global (COTTON & POELKE, 1995).

As fontes agrícolas de gases de efeito estufa são o cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária, dejetos animais, o uso agrícola dos solos e a queima de resíduos agrícolas. O cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária doméstica e seus dejetos, assim como a queima de resíduos agrícolas promove a liberação de metano na atmosfera (Figura 5). Estima-se que cerca de 55% das emissões antrópicas de metano provêm da agricultura e pecuária juntas (IPCC, 1995). Os solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais, incorporação de resíduos culturais, entre outros fatores, são responsáveis por significantes emissões de óxido nitroso (Figura 6). A queima de resíduos agrícolas nos campos libera, além do metano, óxido nitroso, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono (EMBRAPA, 1999).

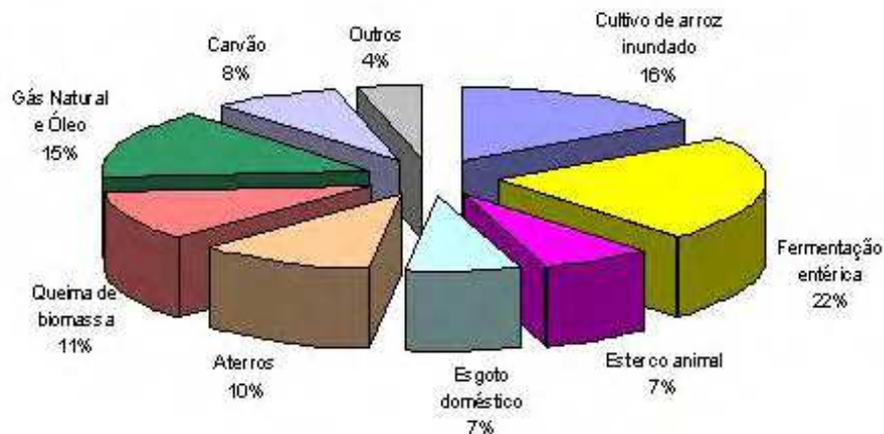


Figura 5 - Principais atividades agrícolas geradoras de metano.  
Fonte: EMBRAPA.



Figura 6 - Contribuição da agricultura para as emissões de óxido nitroso.  
Fonte: EMBRAPA.

Importante ressaltar que a maioria dos gases do efeito estufa tem tempo de vida longa (décadas a séculos) na atmosfera até serem removidos. Cálculos recentes com sofisticados modelos climáticos globais mostraram que, mesmo que as concentrações destes gases na atmosfera fossem mantidas constantes nos valores atuais, as temperaturas continuariam a subir por mais de 200 anos e o nível do mar, por mais de um milênio (IPCC, 2007).

### 3.2 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS

Segundo Nobre e Assad (2005), a temperatura média global do planeta à superfície vem aumentando nos últimos 120 anos, já tendo atingido 0,6°C a 0,7°C. A maior parte deste aquecimento ocorreu nos últimos 50 anos, sendo que a última década apresentou os três anos mais quentes dos últimos 1000 anos da história recente da Terra. A Figura 7 mostra claramente este aquecimento, com dados recentes do Centro Climático da Universidade de East Anglia no Reino Unido.

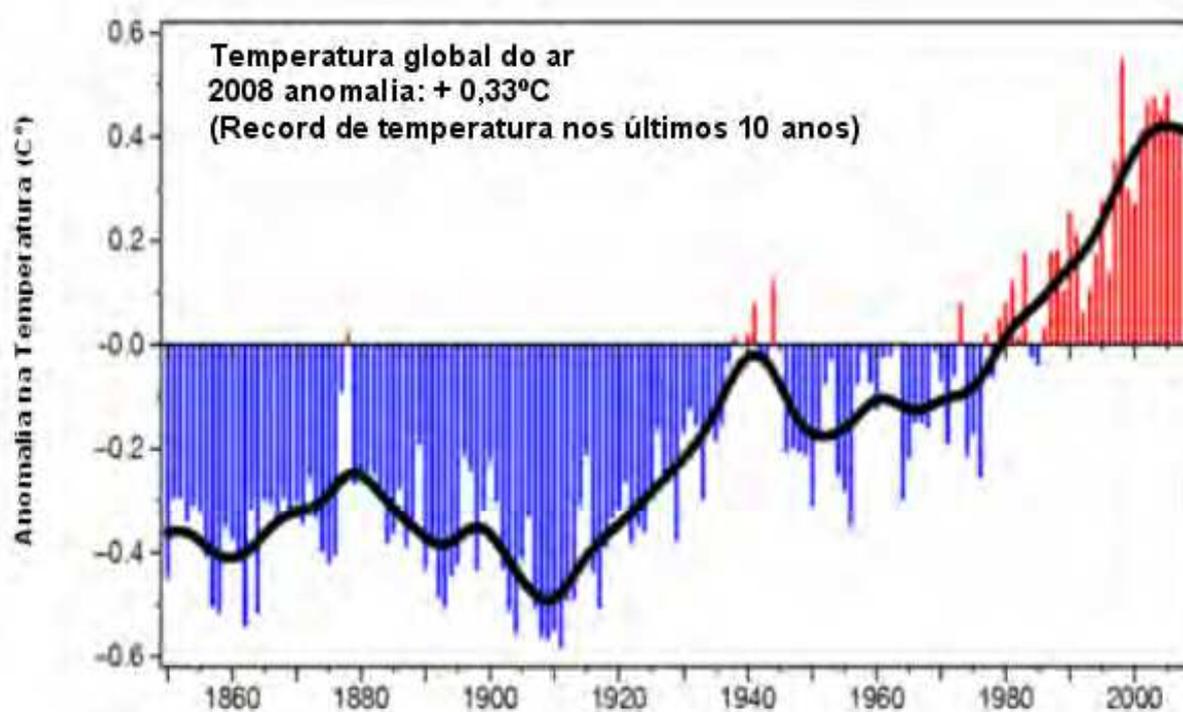


Figura 7 – Anomalias de temperatura do ar global desde o período industrial. A linha azul representa a média móvel dos anos.

Fonte: Adaptado de Centro Climático da Universidade de East Anglia no Reino Unido, 2008.

Segundo o Centro Climático da Universidade de East Anglia, o ano de 2008 é o décimo mais quente em registro, seguido dos anos de 1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006, 2001, 2007 e 1997. Estas séries de tempo estão sendo compiladas juntamente pela unidade de pesquisa climática do HadCM3 (*Hadley Center Coupled Model version 3*), sendo uma avaliação nova e mais completa das incertezas.

O clima é uma generalização ou interação das condições do tempo para certo período, em uma determinada área, baseado no estado médio da atmosfera e apresenta variabilidade no espaço e no tempo.

As condições do tempo são compostas por elementos climáticos, tais como precipitação, temperatura, vento, radiação solar, umidade, pressão e evapotranspiração. Portanto, estes elementos são estudados para se caracterizar as condições do clima de um local.

O ciclo da água é de suma importância na redistribuição de energia na escala global: quando a água evapora, ela usa a energia provida do ambiente, reduzindo a temperatura local, forma o vapor d'água que, ao condensar em uma altitude maior, libera a energia utilizada na evaporação, aquecendo a atmosfera naquele local. Posteriormente, o sistema circulatório atmosférico transporta este calor para outro lugar (PEREIRA et al., 2002).

Ao longo do tempo a modificação climática antropogênica tem gerado outros ambientes em função da ocorrência de maior ou menor precipitação, temperatura, umidade. Com a alteração destes condicionantes, os escoamentos provenientes das bacias também se alteram, causando modificações desta parte do ciclo hidrológico (TUCCI et al., 2003).

As variações climáticas são variações naturais do clima, com diferentes escalas de tempo (anos, décadas, séculos, milênios), sendo um processo reversível. Por outro lado, mudanças climáticas são devido à ação direta (ou indireta) do Homem, que altera a composição da atmosfera mundial, somando-se àquela provocada pela variabilidade climática natural, é um processo irreversível.

Os cenários climáticos do IPCC (2007) foram definidos no *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES) e são baseados nas quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, a partir de situações econômicas e de crescimento populacional esperados e são denominados de A1, A2, B1 e B2 (MARENGO, 2006). Estes cenários estão descritos a seguir:

A1 – cenário que descreve um mundo futuro onde a globalização é dominante, com crescimento econômico muito rápido e crescimento populacional pequeno, e desenvolvimento rápido de tecnologias mais eficientes. Neste mundo haveria uma

convergência econômica e cultural, com uma redução significativa em diferenças regionais e renda per capita e os indivíduos procurariam riqueza pessoal em lugar de qualidade ambiental. Apresenta três subcenários que se distinguem por sua ênfase tecnológica, intensiva no uso de combustíveis fósseis: A1B (cenário de estabilização), A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil);

A2 – cenário que descreve um mundo futuro muito heterogêneo na qual a regionalização é dominante, com alto índice de crescimento populacional, e menos preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido (alta emissão de GEE). Neste caso existiria um fortalecimento de identidades culturais regionais, com ênfase em valores da família e tradições locais;

B1 – cenário que descreve um mundo futuro onde ocorre uma introdução de tecnologias limpas e uma rápida mudança na estrutura econômica mundial. Neste mundo futuro a ênfase está em soluções globais, sustentabilidade ambiental e social, e inclui esforços combinados para o desenvolvimento de tecnologia rápida (baixa emissão de GEE);

B2 – cenário que descreve um mundo futuro na qual a mudança tecnológica é mais diversa. A ênfase está em soluções locais, sustentabilidade econômica, social e ambiental e nas iniciativas comunitárias e inovação social em lugar de soluções globais.

Neste caso, os cenários da família A são considerados mais pessimistas e os da família B mais otimistas.

Segundo Collischonn (2001) os modelos de previsão de tempo e clima podem ser divididos em estatísticos ou empíricos e determinísticos. Os modelos determinísticos descrevem o comportamento da atmosfera em todo o globo (modelos globais) ou em uma região (modelos regionais). Os modelos estatísticos desprezam a descrição exata dos processos internos na atmosfera e relacionam diretamente as variáveis que se deseja prever (por exemplo, a chuva) com variáveis que podem ser medidas, por exemplo, a temperatura da superfície do mar (TSM).

Os modelos de circulação global podem ser utilizados para a previsão de variáveis meteorológicas com alguns meses de antecedência. Neste caso a ação antrópica não é considerada e a previsão é fortemente dependente das condições iniciais fornecidas ao modelo e da temperatura da superfície do mar nos oceanos. Em geral, esses modelos

são alimentados por temperaturas de superfície do mar estimadas a partir da anomalia medida no instante de tempo inicial (diferença em relação à média) e da variabilidade climática e podem, inclusive, operar de forma acoplada com os oceanos (COLLISCHONN, 2001).

Collischonn (2001) afirma ainda que os modelos de circulação global representam o comportamento da atmosfera em todo o globo, e são utilizados para analisar as mudanças climáticas causadas pelas interferências antrópicas, como o desmatamento ou o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. No caso do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera as diferenças de comportamento ocorrem pela mudança do balanço de energia calculado pelo modelo.

Segundo Marengo (2006), os cenários de emissão representam uma visão possível do desenvolvimento futuro de emissões de gases de efeito estufa e aerossóis, que tem efeito radiativo potencial. Esses cenários são baseados numa combinação coerente e consistente de elevações, tais como, demografia, desenvolvimento socioeconômico e mudança na tecnologia.

Com a utilização da solução numérica das equações de movimento e termodinâmicas submetidas às condições iniciais conhecidas, e às condições de contorno (especialmente a radiação solar), os modelos de circulação global descrevem o movimento do ar na atmosfera em todo o globo (modelos globais). Neste tipo de modelo o comportamento hidrológico superficial é fundamental porque dele depende a partição, em calor latente e calor sensível, da energia que chega à superfície terrestre (COLLISCHONN, 2001).

Segundo Marengo (2006) um conjunto de doze modelos climáticos do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), mostrou, qualitativamente e quantitativamente, habilidades na simulação de tendências regionais de vazão, com dados observados desde o início do século XX, e para o século XXI. As integrações do conjunto desses mesmos modelos, projetam regiões de aumento e diminuição de vazão na América do Norte, América do Sul, África e Eurásia. As temperaturas em todas as regiões aumentarão de 2,0 a 8,0°C para 2100 nas três regiões para o cenário A2 (alta emissão) e de 1,5 a 6,0°C no cenário B1 (baixa emissão).

### 3.3 RECUO DOS GLACIAIS

Desde a publicação do IPCC 2001, foram feitos avanços na compreensão de como o clima está mudando em termos espaciais e temporais, por meio da melhoria e da ampliação dos numerosos conjuntos de dados e das análises dos dados, uma cobertura geográfica mais ampla, uma melhor compreensão das incertezas e uma maior variedade de medições. Há observações cada vez mais abrangentes para as geleiras e a cobertura de neve desde a década de 60, e para o nível do mar e os mantos de gelo, desde aproximadamente a última década. Contudo, a cobertura dos dados ainda é limitada em algumas regiões.

O aquecimento do sistema climático é uma realidade, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar.

A cobertura de neve e gelo do monte mais alto da África o Kilimanjaro, (considerado patrimônio mundial desde 1987 pela sua beleza natural), desapareceram quase completamente nas últimas décadas, devido principalmente ao aumento das temperaturas médias anuais na região. Este cume de gelo foi formado há mais de 11 mil anos e 82% da sua superfície de gelo foi perdida somente no último século de 12.058 m<sup>2</sup>, para 6.675 m<sup>2</sup>, 4.171 m<sup>2</sup> para 3.305 m<sup>2</sup> entre os anos 1912, 1953, 1976 e 1989. Estima-se que estas geleiras possam desaparecer por completo até o ano 2015. A redução está registrada nas imagens Landsat de 1993 (Figura 9) que mostra uma cobertura de gelo significativa e 2000 (Figura 10) imagem mais recente que mostra somente geleiras menores e regiões remanescentes de neve (ZANIRATO, 2008).

**Mudanças na Temperatura, no Nível do Mar e na Cobertura de Neve do Hemisfério Norte.**

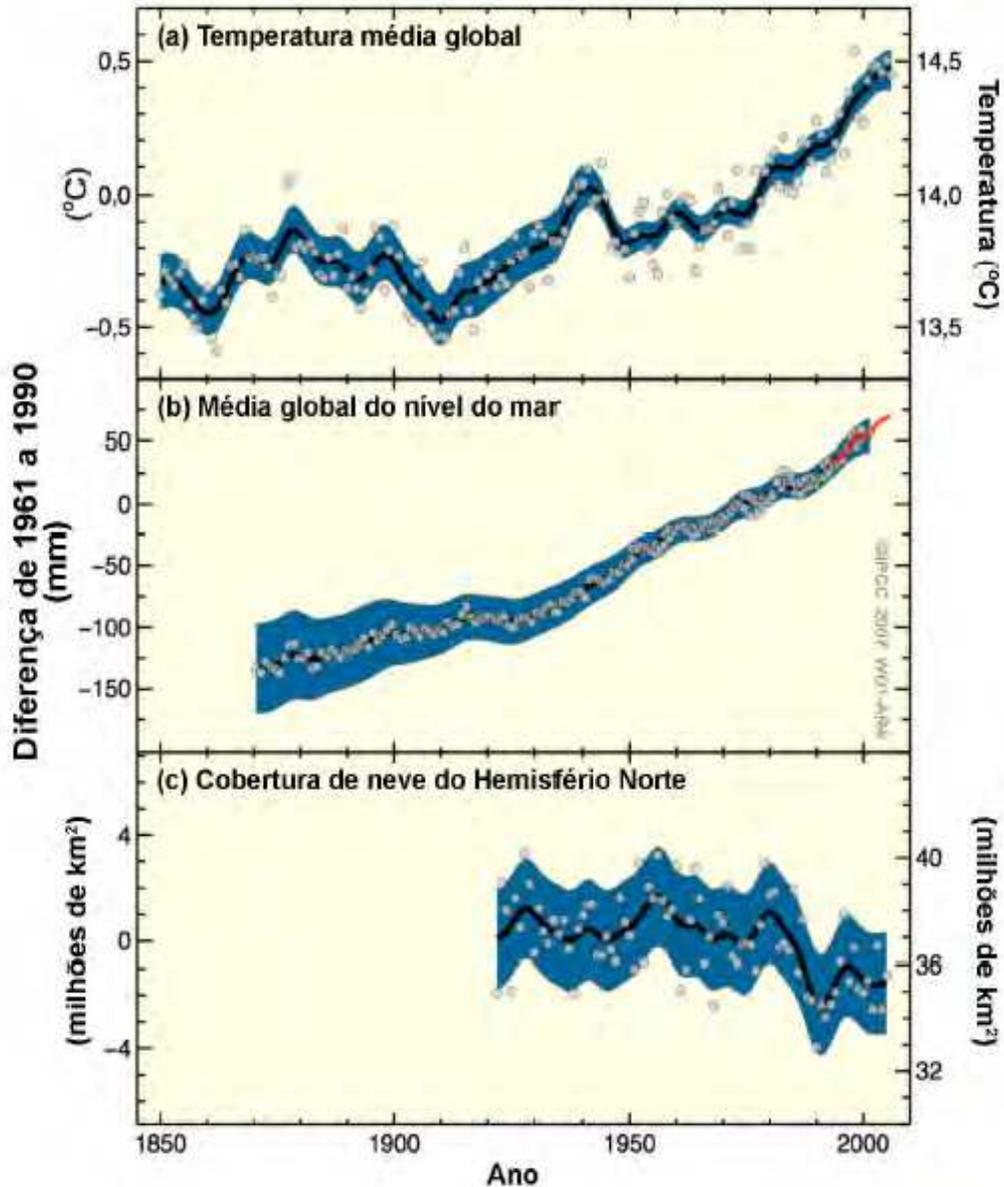


Figura 08 - Mudanças observadas na (a) temperatura média global da superfície; (b) média global da elevação do nível do mar a partir de dados de marégrafo (azul) e satélite (vermelho) e (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para março-abril. Todas as mudanças são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos estimados com base em uma análise abrangente das incertezas conhecidas (a e b) e nas séries temporais (c).  
Fonte: IPCC 2007.



Figura 09 - Monte Kilimanjaro em 1993.  
Fonte: NASA, 2009.



Figura 10 - Monte Kilimanjaro em 2000.  
Fonte: NASA, 2009.

As geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram para a elevação do nível do mar (IPCC, 2007).

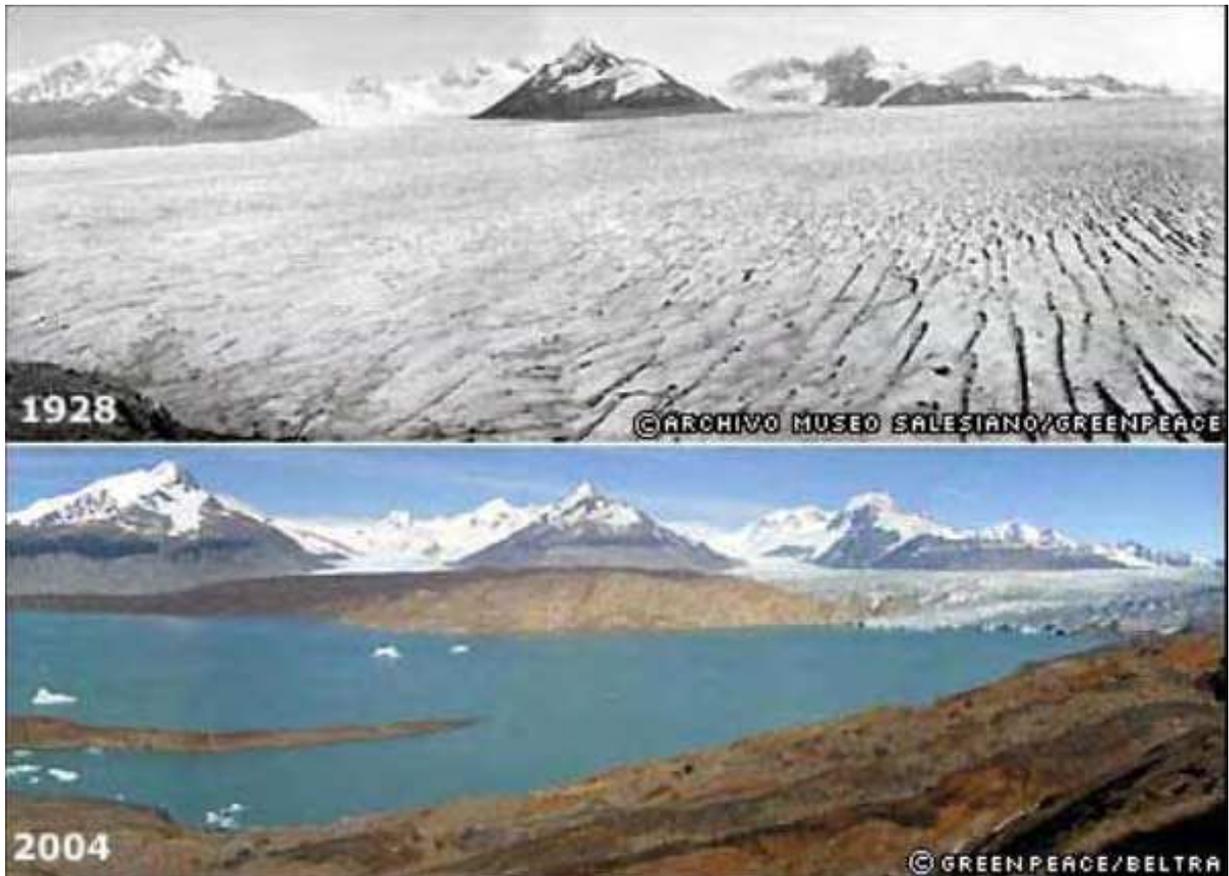


Figura 11 - Geleira Upsala, na Patagônia, em 1928 e em 2004.  
Fonte: Greenpeace.



Figura 12 - Erosão na costa do Alasca, em trechos antes cobertos pelo permafrost.  
Fonte: Foto de Benjamin Jones, USGS, 2009.

Observações desde 1961 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 (IPCC,2007).

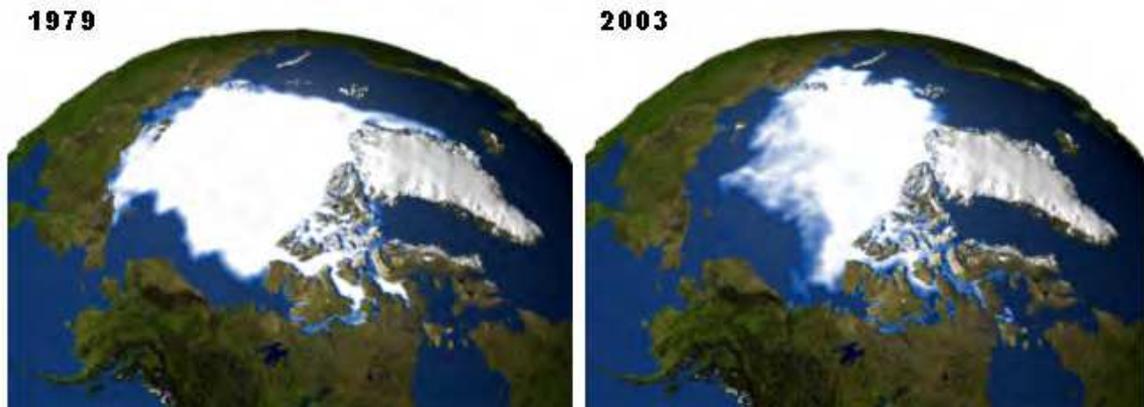


Figura 13 - Extensão do mar de gelo no ártico nos anos de 1979 e 2003.  
Fonte: NASA / 2009.

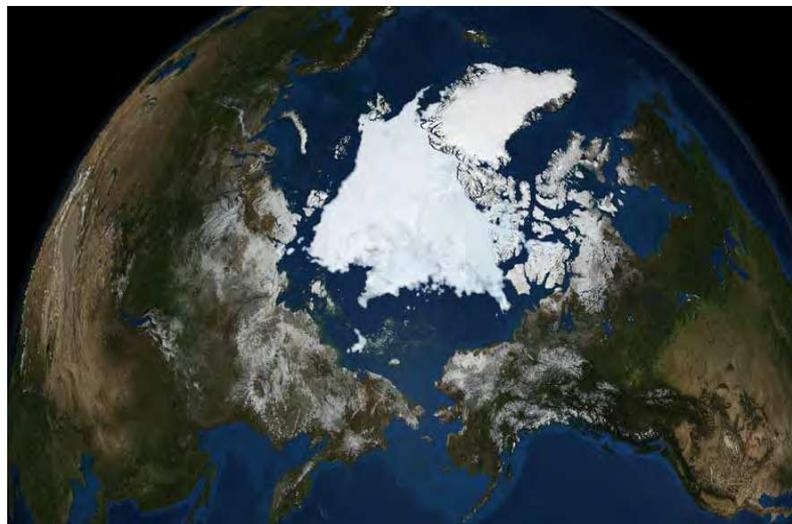


Figura 14 - Extensão do mar de gelo no ártico no ano de 2008.  
Fonte: NASA / 2009.

Entre 1998 e 2008, a redução da superfície de gelo no Ártico durante o verão foi 26% superior ao normal. A média nas duas décadas anteriores, embora já indicasse uma diminuição anormal, havia sido de 4%.

O declínio da extensão do mar de gelo provavelmente afetará as temperaturas futuras na região. Por causa de sua cor branca, o mar de gelo reflete grande parte da radiação solar que volta ao espaço exterior, enquanto que a água oceânica, mais escura, absorve maiores quantidades de energia solar. Quanto mais gelo derrete, mais água oceânica fica exposta alterando a quantidade de energia refletida pelo planeta (NASA/GSFC, 2005).



Figura 15 - Iceberg Jakobshavn Fjord, localizado na Groenlândia. Imagem feita em 2005.  
Fonte: National Geographic 2007.

Segundo Steffen (2007) a extensão do derretimento do manto de gelo na Groenlândia em 2007 superou em 10% a de 2005 e foi a maior registrada desde o início do monitoramento via satélite, em 1979, o derretimento aumentou em 30% na parte ocidental da Groenlândia entre 1979 e 2006, sendo que os anos com maiores índices de derretimento foram 1987, 1991, 1998, 2002, 2005 e 2007.

As temperaturas no manto de gelo da Groenlândia subiram cerca de 4°C desde 1991. A aceleração do degelo na calota polar da Groenlândia duplicou nos últimos 25 anos, e equivale a um terço da superfície da França segundo Centro Nacional de Pesquisa Científica da França (CNRS).

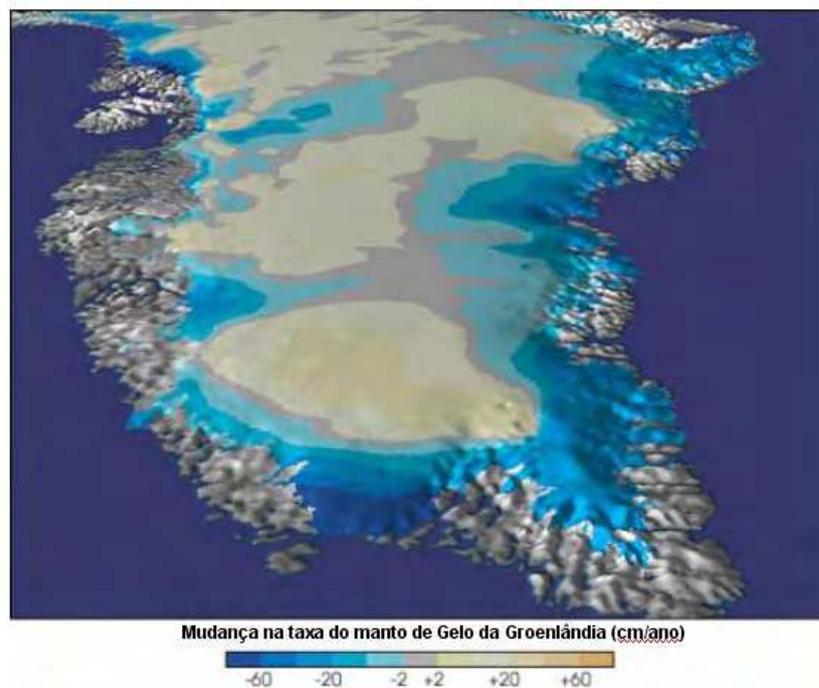


Figura 16 - Extensão do manto de gelo na Groenlândia em 2009.  
 Fonte: Adaptado de Centro Nacional de Dados de Gelo e Neve, Pedregulho, Colorado.

O gelo do oceano Ártico desaparecerá completamente durante os meses do verão no final do século XXI, o que provocará não apenas o fim de parte do ecossistema polar, mas também um aumento do nível do mar de cerca de 60 cm em todo o planeta (FAHRBACH, 2007).

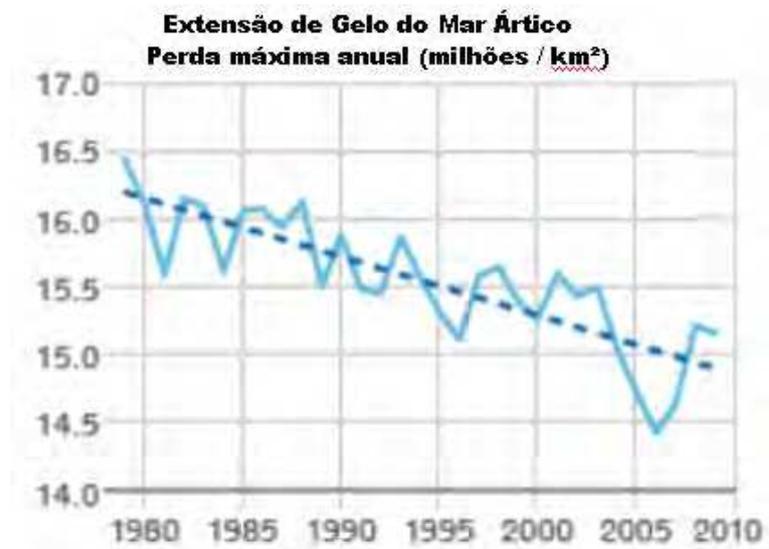


Figura 17 - A extensão máxima da cobertura de gelo no Ártico está sendo reduzida em 2,7% por década.  
 Fonte: Adaptado de Centro Nacional de Dados de Gelo e Neve, Pedregulho, Colorado.

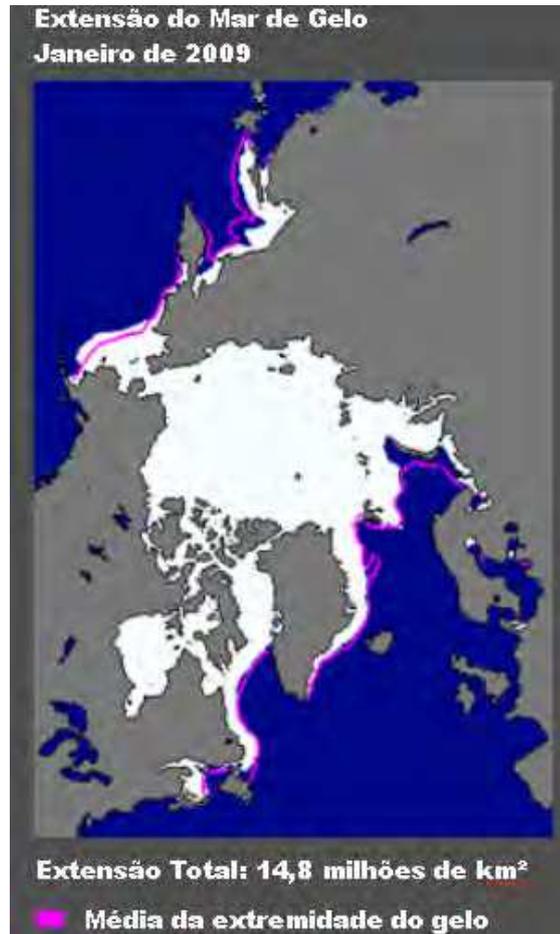


Figura 18 - Cobertura de gelo no Ártico em janeiro de 2009, com 14,8 milhões de km<sup>2</sup>. A linha em magenta indica a média, no mês de janeiro, no período de 1979 até 2000.  
Fonte: Adaptado de Gráfico do Centro Nacional de Dados de Gelo e Neve.

Segundo a Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS, 2009), o Ártico deixará de existir em duas décadas por causa do aquecimento global, uma reação em cadeia que já é percebida todos os anos na região. A temperatura na região norte do globo pode aumentar em até 7°C até o meio do século XXI.

O gelo do Ártico está derretendo mais rápido que o esperado, a elevação de temperatura na região já chega a níveis que só eram previstos para 2070. O gelo sobre o Oceano Ártico derrete-se tão depressa que a maior parte desse reservatório terá desaparecido dentro de 30 anos. Uma nova análise das condições na região, valendo-se de complexos modelos computadorizados do tempo e do clima, diz que as condições previstas para o final do século poderão se concretizar muito antes (WANG, 2009).

A extensão mínima do gelo no ano passado foi de 4,6 milhões de km<sup>2</sup>, em setembro. Trata-se de uma das menores já registradas, de acordo com o Centro Nacional de Dados de Gelo e Neve.

“Por conta da recente perda de gelo marítimo, as temperaturas de outono da superfície da região central do Ártico de 2005 a 2008 foram 5°C superiores” ao que seria esperado, diz Muyin Wang, do Instituto Conjunto para o Estudo da Atmosfera e Oceano, e James E. Overland, do Laboratório Marinho do Pacífico da Administração Nacional de Atmosfera e Oceano (NOAA).

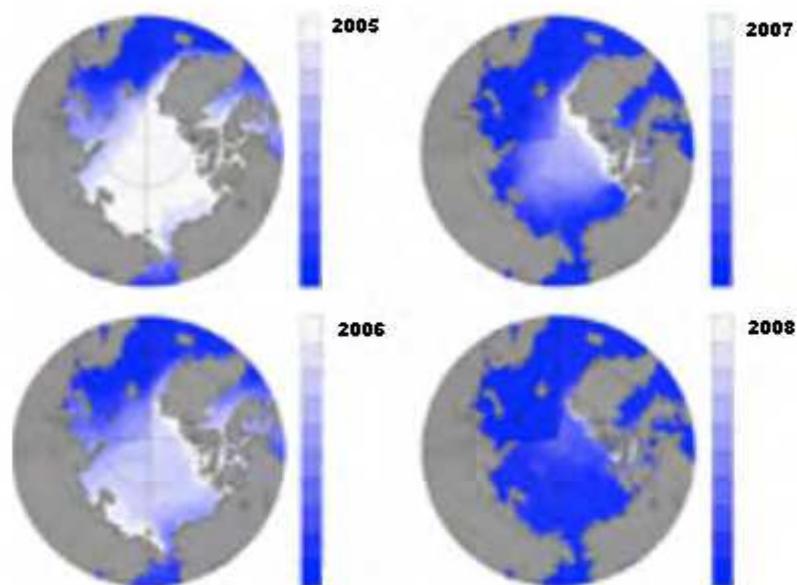


Figura 19 - Cobertura de gelo no Ártico em 2005, 2006, 2007 e 2008.  
Fonte: Adaptado de NOAA, 2009.

O aquecimento na Antártida está muito maior do que se pensava e o gelo da Groenlândia derrete cada vez mais rápido, diz o maior estudo internacional dos últimos 50 anos nas regiões polares, autênticos barômetros da mudança climática. Durante dois anos cerca de 10 mil cientistas de mais de 60 países realizaram um programa de pesquisas intensivas no Ártico e na Antártida denominado Ano Polar Internacional (API), que é Patrocinada pelo Conselho Internacional para a Ciência (CIC) e a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), a campanha conseguiu novos

conhecimentos sobre a função que desempenham as regiões polares no funcionamento do sistema terrestre.

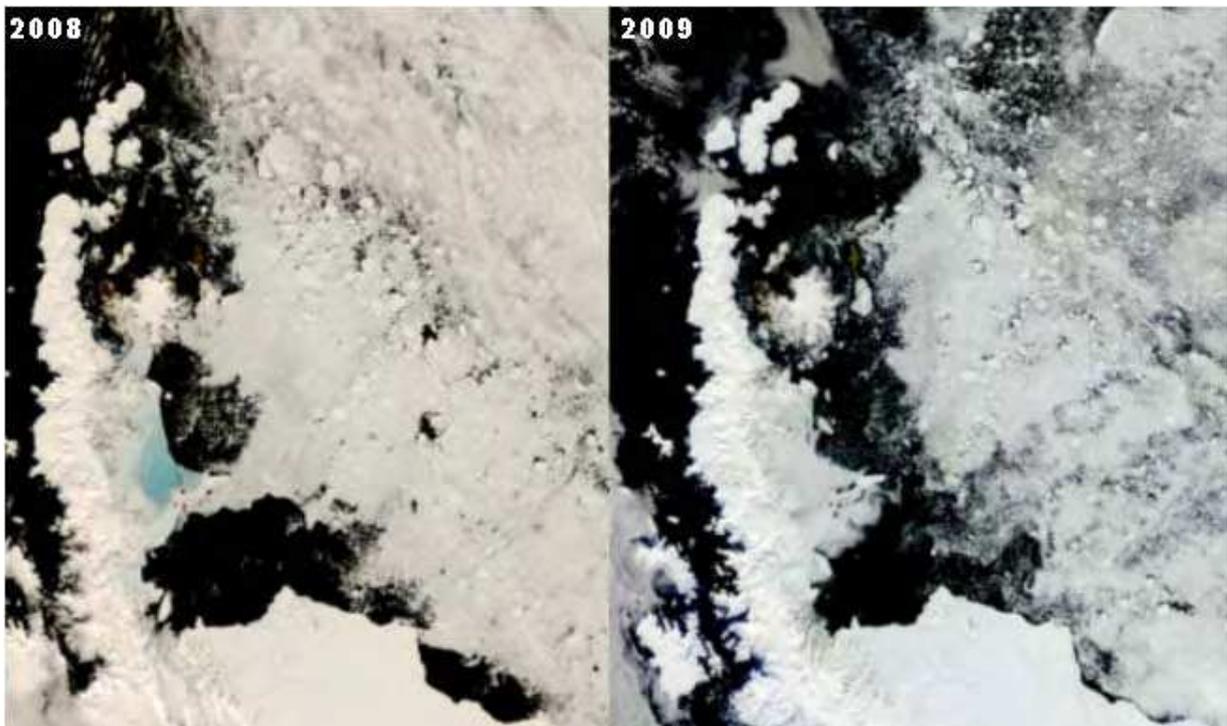


Figura 20 - Variação no mar de gelo da Península Antártica entre 13 de dezembro de 2008 e 02 de janeiro de 2009.  
Fonte: Adaptado de NASA, 2009.

O relatório afirma que "durante o API 2007-08 nosso planeta estava mudando com uma rapidez sem precedentes na história da humanidade, especialmente nas regiões polares" (API, 2008).

Neste período voltaram a acontecer avaliações do estado da camada de gelo da Groenlândia e da Antártida, usando novas técnicas como as medições de satélites das mudanças de altitude e os campos gravitacionais das camadas de gelo.

"Parece certo que tanto o manto de gelo da Groenlândia como o da Antártida estão perdendo massa e, em consequência, aumentando o nível do mar, e que o gelo da Groenlândia está se perdendo cada vez mais rápido", e "as novas informações confirmam que o aquecimento da Antártida está muito mais ampliado do que se pensava antes do Ano Polar Internacional" (API, 2008).

Novos dados obtidos após a publicação do IPCC (2001) indicam ser muito provável que as perdas dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica tenham contribuído para a elevação do nível do mar ao longo do período de 1993 a 2003 (Tabela 1). A velocidade do fluxo aumentou em algumas geleiras de descarga da Groenlândia e da Antártica, as quais drenam o gelo do interior dos mantos de gelo. O correspondente aumento da perda de massa dos mantos de gelo com frequência se seguiu ao afinamento, redução ou perda de plataformas de gelo ou a perda de línguas de geleiras flutuantes. Essa perda dinâmica de gelo é suficiente para explicar a maior parte da perda líquida de massa da Antártica e aproximadamente metade da perda líquida de massa da Groenlândia. O restante da perda de gelo da Groenlândia ocorreu porque as perdas resultantes do derretimento excederam o acúmulo de neve (IPCC, 2007).

Tabela 1 - Taxa observada de elevação do nível do mar e estimativa das contribuições de diferentes fontes.

FONTE DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR	TAXA DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR (mm por ano)	
	1961 a 2003	1993 a 2003
Expansão Térmica	0,42 ± 0,12	1,6 ± 0,5
Geleiras e calotas de gelo	0,50 ± 0,18	0,77 ± 0,22
Mantos de gelo da Groenlândia	0,05 ± 0,12	0,21 ± 0,07
Mantos de gelo da Antártida	0,14 ± 0,41	0,21 ± 0,35
Soma das contribuições individuais do clima à elevação do nível do mar	1,1 ± 0,5	2,8 ± 0,7
Total da elevação do nível do mar observada	1,8 ± 0,5 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,7 <sup>a</sup>
Diferença (observada menos a soma das contribuições do clima estimadas)	0,7 ± 0,7	0,3 ± 1,0

**Observação da tabela:**

<sup>a</sup> Os dados anteriores a 1993 foram obtidos com o uso de marégrafos e os posteriores a 1993, por altimetria de satélite.

Fonte: IPCC 2007.

Sabe-se, todavia que o aquecimento global irá fazer com que haja um derretimento das calotas polares, com aumento do nível médio do mar e inundação de

regiões mais baixas. A evaporação nas regiões equatoriais irá aumentar e com isto os sistemas meteorológicos, como furacões e tempestades tropicais, ficarão mais ativos (Figura 21).

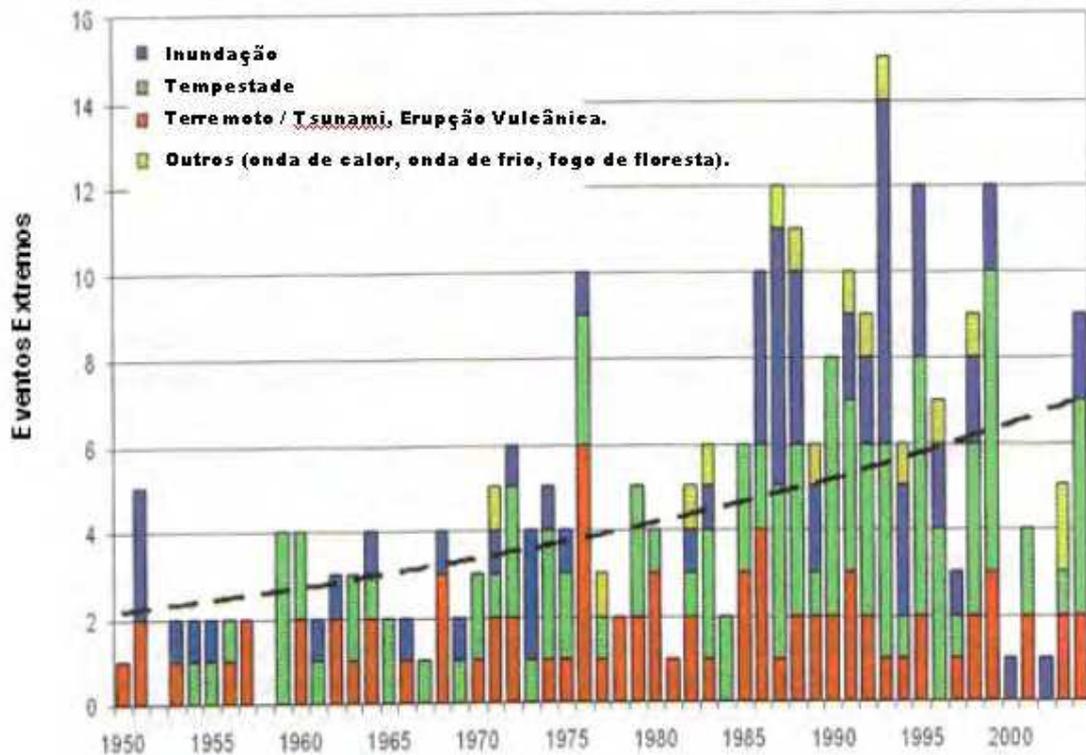


Figura 21 - Eventos extremos devido ao aquecimento global.  
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2009.

Em 27 e 28 de março de 2004, uma tempestade inicialmente classificada como ciclone extratropical atingiu a costa sul do Brasil, entre Laguna (SC) e Torres (RS), com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 km/h, sua formação teve origem numa perturbação que pareceu desprender-se de uma frente fria no Oceano Atlântico, e adquiriu em apenas dois dias características típicas de furacão, com bandas de nuvens convergentes em espiral e um olho bem definido, além de um deslocamento de leste para oeste, um comportamento anômalo para movimentos ciclônicos na latitude onde se desenvolveu. Trata-se de um fenômeno inédito na costa brasileira que causou divergências entre especialistas, e o Centro Nacional de Furacões dos Estados Unidos

classificou o Catarina como um furacão categoria 1 na Escala de Saffir-Simpson<sup>2</sup> (MARTINS, 2004; MATTOS e SATYAMURTY, 2004).

Este sistema matou 14 pessoas, 1.468 construções foram destruídas, 40.000 danificadas, causou destruição em dezenas de municípios e prejuízo de aproximadamente R\$ 1 bilhão (ARASAKI, 2009). Estudos indicam que foi o primeiro furacão que se tem notícia no país pelo menos que foi observado. O fenômeno foi batizado de Catarina em referência ao estado mais atingido. Entre suas causas não está excluída a possibilidade de estar relacionado ao aquecimento global (MARENGO, NOBRE, 2005).

Para o Atlântico Sul, não existem estatísticas confiáveis sobre ciclones e furacões que cubram um longo tempo, além do período de observações por satélites. Não se pode afirmar, com certeza, que o furacão Catarina (Figura 22) foi o primeiro evento desse gênero no Atlântico Sul, mas nada comparável aconteceu nos últimos 50 anos e não há registro de fenômeno tão intenso na costa sul do Brasil (MARENGO; NOBRE, 2005).

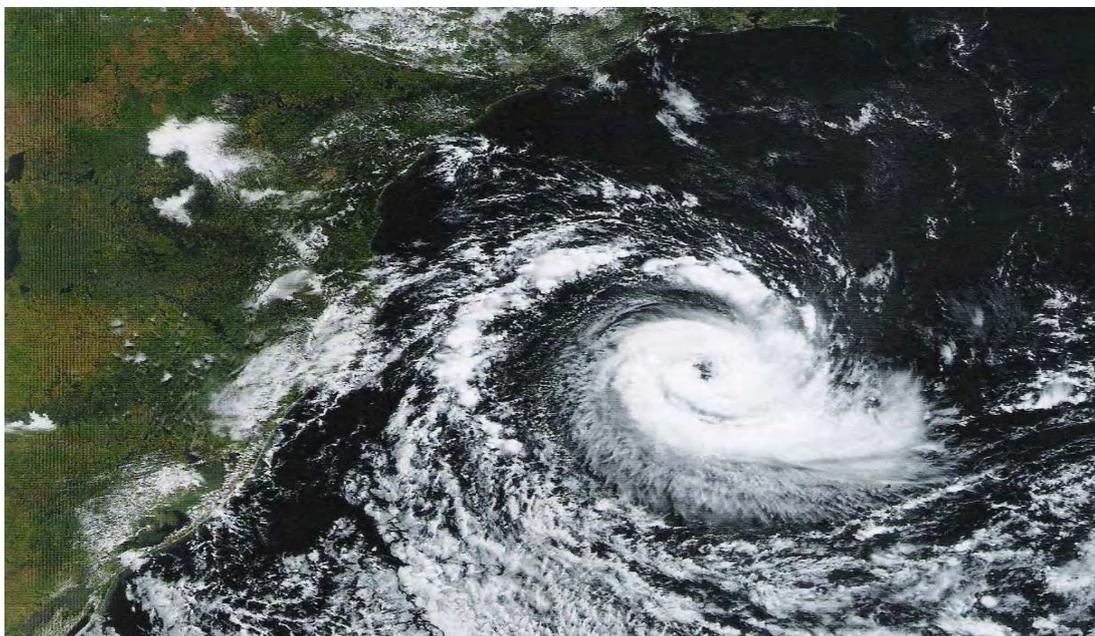


Figura 22 - Furacão Catarina.  
Fonte: NASA, 2006.

---

<sup>2</sup> Categoria 1 – Poucos danos: ventos de 118 a 152 km/h. Pressão barométrica mínima igual ou superior a 980 milibares. Sequência de ondas com altura de 1,0 a 1,5 metros acima do normal. Inundação de ruas e estradas próximas à costa. Poucos danos em ancoradouros. As embarcações pequenas têm suas amarras rompidas (ANDRÉ, 2006).

As temperaturas da água do mar favorecem a formação dos ciclones tropicais, que são abundantes no Atlântico Norte, no sudoeste e noroeste do Pacífico e no Índico. Quando a temperatura é superior a 26,5°C, há a intensificação destes ciclones. Segundo Tavares (2001), Cavalcanti (1995) e Silva (2004), não há correlação entre a elevação da temperatura acima de 26,5°C e o aumento da velocidade dos ventos ou o declínio da pressão, entretanto os ciclones mais destruidores têm ocorrido com temperaturas da água do mar entre 28° e 29°C. Conforme o efeito estufa tem proporcionado o aquecimento dos oceanos, estes eventos poderão ficar mais constantes em áreas já atingidas e surgirem em lugares ainda isentos dele.

Desta forma, estudos de fenômenos como este e sua possível associação com o aquecimento global, caracterizando sua origem, desenvolvimento, dissipação, riscos e impactos ambientais serão de suma importância para a ciência e para a sociedade no futuro.

### **3.4 REGIME DE MARÉS**

Segundo Tessler e Goya (2005) a amplitude das marés (a diferença de nível entre a preamar e a baixa-mar) “é um elemento modelador da linha de costa, em função das velocidades de correntes a ela associadas. Estas correntes de marés são significativas no transporte sedimentar costeiro especialmente onde a variação da maré é expressiva”.

A maior parte do litoral brasileiro, do Estado de Alagoas ao Rio Grande do Sul, apresenta amplitudes de marés inferiores a 200 cm (micromarés), amplitudes superiores a 400 cm (macromarés) ocorrem apenas no Estado do Maranhão, em parte do Pará (Salinópolis) e no litoral sul do Cabo Norte (Amapá). Nestes locais as correntes de marés possuem capacidade para modificar a morfologia da linha do litoral e alguns trechos do litoral da Bahia e Sergipe apresentam mesomarés com amplitudes entre 200 e 400 cm (TESSLER; GOYA, 2005).

### 3.5 EXPANSÃO DOS OCEANOS

Estudos sobre o aumento do nível do mar são verificados na época do Período Terciário (há mais de 10 milhões de anos A.P. – antes do presente). A partir daí, varias glaciações ocorreram, com o nível do mar descendo ou subindo, de acordo com o esfriamento ou aquecimento da temperatura global, até se verificar a última grande glaciação, cujo auge foi há 18.000 A.P. (SUGUIO, 2001).

O aumento do nível dos mares pode estar associado ao aumento da temperatura do planeta, o que acarretaria o degelo nos continentes (ANTUNES, 2002).

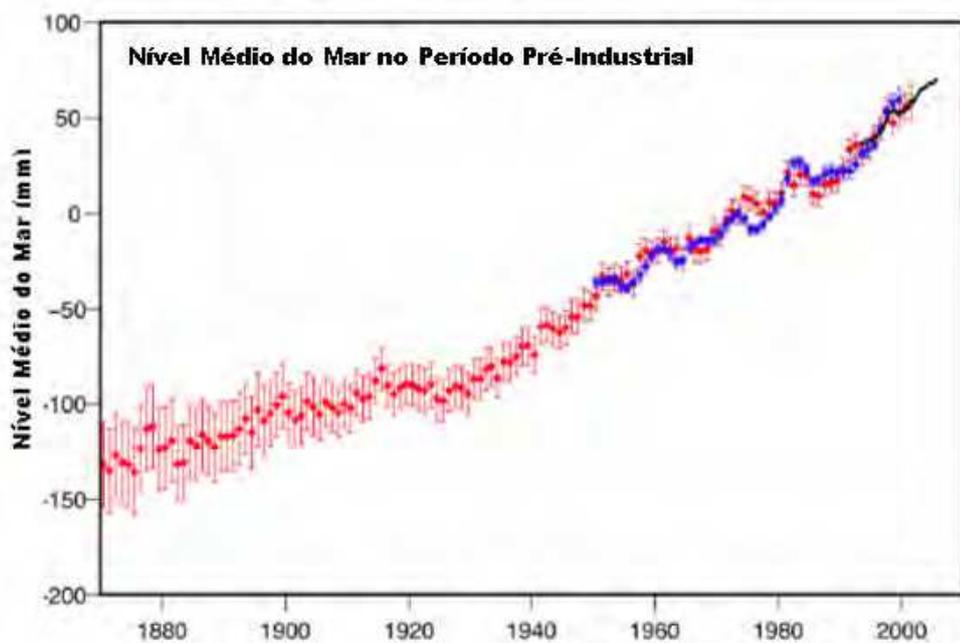


Figura 23 - Nível médio do mar no período pré-industrial.  
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2009.

O nível do oceano ao longo da costa nordeste dos Estados Unidos da América já se elevou cerca de 30 cm durante o último século (FEUSP, 2002). A USEPA (United States Environmental Protection Agency – ou Agência Norte Americana de Proteção ao Meio Ambiente) estima que os níveis dos mares possam se elevar aproximadamente 2,2 m até o ano de 2100 (FEUSP, 2002).

As terras costeiras mundiais são densamente povoadas e extremamente valiosas. Uma elevação relativamente pequena no nível dos oceanos poderia provocar a

contaminação dos lençóis de água subterrânea com sal, inundar planícies costeiras, construções, deixando milhões de pessoas desabrigadas.

O Manual Global de Ecologia (FEUSP, 2002) cita que para se evitar a destruição de cidades importantes, as nações seriam forçadas a conter o avanço do mar com gastos exorbitantes. Cita também, que só em Charleston, na Carolina do Sul (USA), teria que ser investido uma soma de US\$ 1,5 bilhões a fim de proteger-se da elevação de 1,0 metro no nível do mar.

Sabemos que o nível dos mares vem subindo desde o fim do último período glacial, em cerca de 120 metros, e claro que a Terra sobe e desce por razões naturais, porque placas tectônicas se deslocam e colidem ou camadas de gelo derretem. Mas o ritmo dessas mudanças é muito lento. A elevação do nível dos oceanos que estamos observando é rápida demais para estar associada só a ocorrências naturais. São muitas as evidências de que o nível dos mares continuará subindo. Os oceanos estão se aquecendo e água quente se expande. Também é provável que geleiras continuem a derreter e que contribua também para o aumento dos níveis médios dos mares. Acredita-se que esta elevação do nível médio do mar traga implicações para regiões que são afetadas por tempestades associadas a ciclones tropicais, se imaginarmos uma tempestade sobre o nível do mar mais elevado, seu potencial de destruição poderá ser maior (LINDZEN, 2002:5).

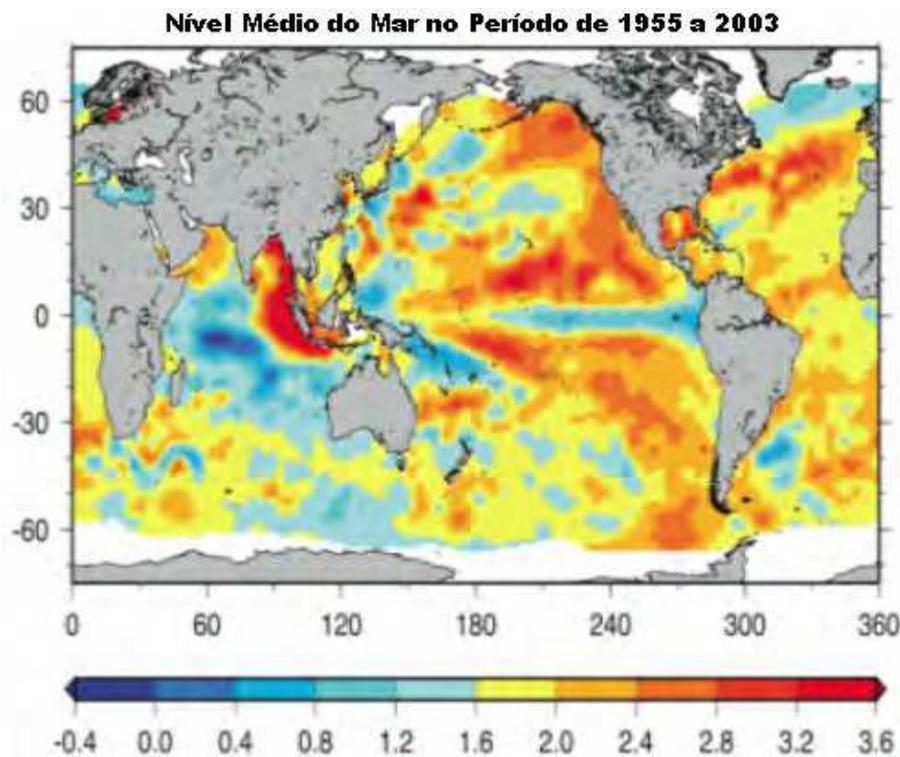


Figura 24 - Nível médio do mar no período de 1955 e 2003.  
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2009.

O Programa Mundial de Monitoramento do Nível Médio do Mar é conhecido como Programa GLOSS (Global Sea Level Observing Systems), sendo destinado a determinar o nível médio da superfície do mar. Baseia-se em uma rede internacional de estações de medição do nível do mar coordenada pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) (GLOSS, 2002).

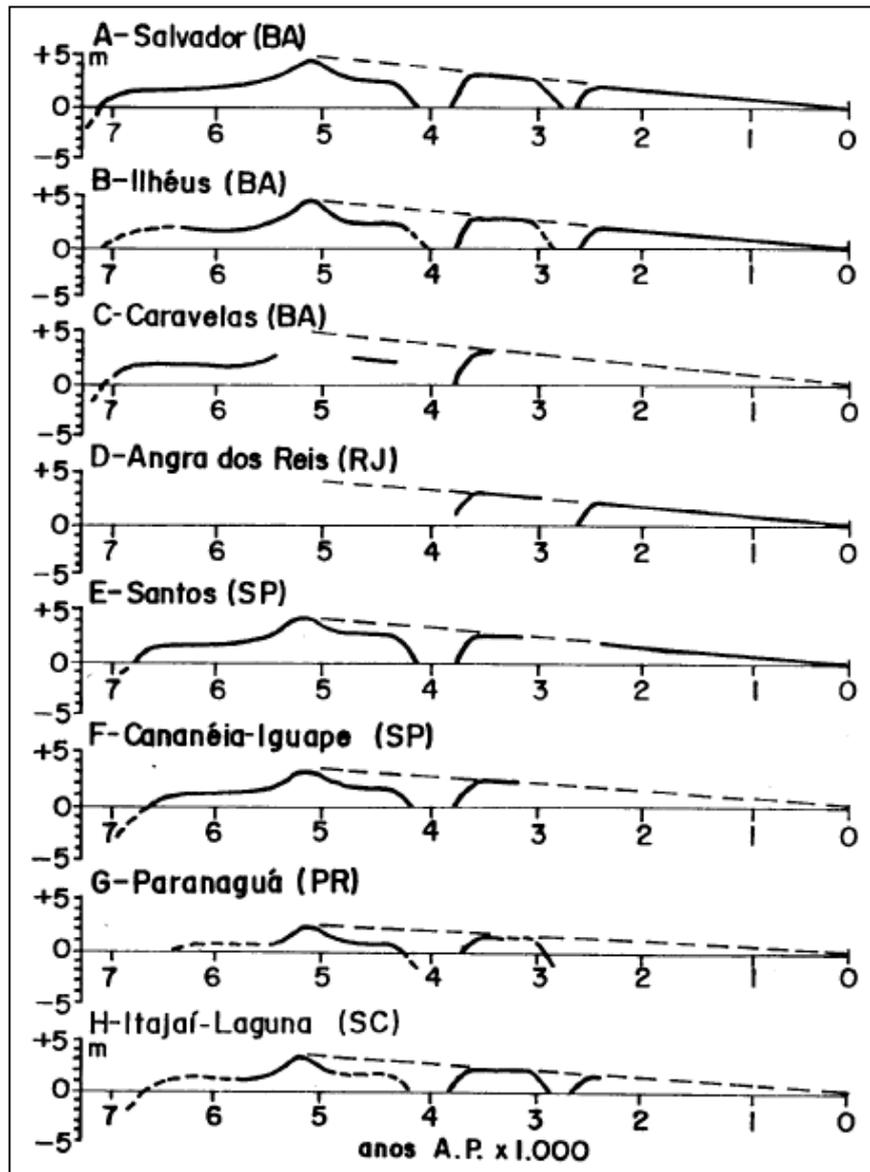


Figura 25 - Curva da oscilação do nível do mar, nos últimos 7.000 anos, em várias regiões da costa brasileira.

Fonte: PIRAZZOLI, 1991.

Como se pode verificar na Figura 26, a rede é composta de dezenas de pontos espalhados pelo mundo tanto no Hemisfério Norte, quanto no Hemisfério Sul.

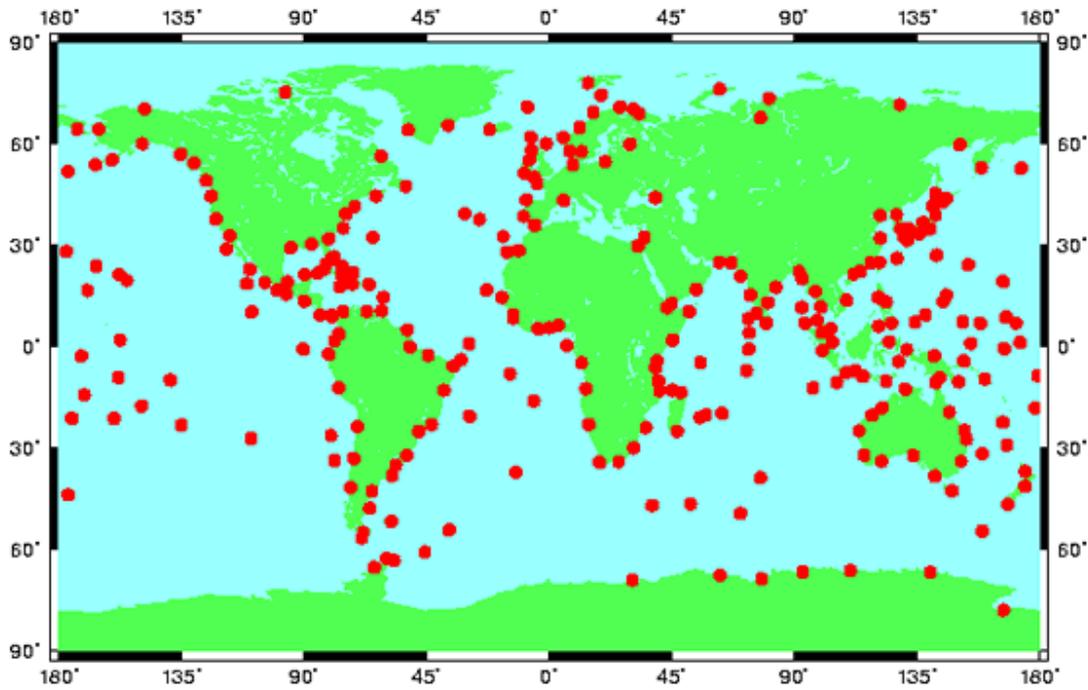


Figura 26 - Distribuição das estações permanentes, onde são feitas as medições do nível relativo do mar, em forma de séries de tempo, ao longo de todos os continentes e ilhas do globo, colecionadas pelo Serviço Permanente para o Nível do Mar (PSMSL), serviço criado em 1933 pela Associação Internacional para a Física dos Oceanos (IAPSO).  
Fonte: MESQUITA, 2005.

Este aumento da temperatura média global, no século XX, de 0,6°C e o aumento do nível do mar entre 100 mm e 200 mm concorda com os resultados de Gornitz & Lebedeff (1987) que indicam que o nível do mar subiu entre 150 e 170 mm entre 1890 e 1990.

Trabanco et al. (2001) realizaram um trabalho de implantação de estações GPS (Global Positioning System) de alta precisão em marégrafos da costa brasileira (Cananéia e Ubatuba, em SP) para apoio ao monitoramento do nível do mar. Citam que: “na costa brasileira e em toda região litorânea o avanço do mar assusta a população”. Na cidade litorânea de Caiçara do Norte, Estado do Rio Grande do Norte, o mar avançou 50 metros nos últimos 10 anos; 80 casas sumiram e seus moradores foram forçados a abandonar a cidade.

Trabanco et al. (2001) realizaram, também três campanhas de rastreamento GPS e nivelamento geométrico nas estações de Cananéia e Ubatuba, ambas no litoral de São Paulo. Notaram uma variação de altitude do nível do mar em torno de 2 cm, o que acharam acima do esperado. Concluíram que, apesar do pequeno período de registros marégraficos disponível no Brasil, puderam notar um aumento do nível médio do mar e observaram a necessidade de esforços no sentido de um maior monitoramento ao longo da costa brasileira.

Em 1933 foi criado o Serviço Permanente para o Nível do Mar (PSMSL). O Serviço tem sede no Proudman Oceanographic Laboratory (POL), da Universidade de Liverpool - Inglaterra; pertence a (IAPSO), International Association for the Physical Sciences of the Ocean é responsável pelo acervo do centro de dados fornecidos pelos países que mantém estações permanentes (cerca 1700) de medição de nível do mar. Os dados são distribuídos gratuitamente a todos os interessados no endereço [www.pol.ac.uk/psmsl](http://www.pol.ac.uk/psmsl).

Em 1993 foi instituído o GLOSS (Global Observing Sea Level System), programa da Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) / UNESCO, objetivando fazer um acompanhamento de cerca de 200 estações permanentes de medição do nível do mar, tendo em vista medir as mudanças globais do nível do mar da atualidade.

Em 1999 foi criado na Universidade do Hawaii (EUA), o centro de dados do nível do mar com a finalidade de manter e distribuir dados globais de nível do mar a todos os contribuidores através do endereço eletrônico: <http://www.soest.hawaii.edu/UHSLC>.

As medições do nível do mar no Brasil começaram a serem feitas de forma sistemática no início do século XX. As Instituições interessadas nessas medições foram, inicialmente, o Observatório Nacional (ON) ligado ao serviço dos portos, atual Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) e, posteriormente, a DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil) (MESQUITA, 2007).

Na Universidade de São Paulo as medições de nível do mar começaram a serem 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).

O Centro Nacional de dados do Nível do Mar é gerenciado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

As posições, ao longo da costa brasileira, dos portos onde são realizadas medições são:

- . Em estações permanentes de medições do nível do mar (INPH, DHN, IBGE e IOUSP).
- . Medições em estações pelágicas não permanentes (IOUSP).
- . Estações do programa GLOSS (IOC / UNESCO).
- . Medições do nível estérico / halostérico do mar – secção oceanográfica Capricórnio (IOUSP - Planejada).

As medições do nível do mar contêm informações sobre seguintes variações ao longo do tempo:

- a) Variação eustática - volume de água do mar;
- b) Variação estérica / halostérica - aquecimento global;
- c) Variação crustal - movimentos da crosta;
- d) Variação atmosférica / oceânica - pressão atmosférica, ventos, ondas e correntes,
- e) Variação astronômica - marés e glaciações.

Nas bases de pesquisas de Cananéia e de Ubatuba são feitos medições com os seguintes equipamentos:

- a) Marégrafo - nível do mar (astronomia, eustásia e esterismo).
- b) GPS - movimentos da crosta (horizontais e verticais).
- c) Estação meteorológica de superfície - pressão, vento, chuva e radiação solar.
- d) Gravímetro absoluto – geóide

As temperaturas mais altas que elevam o nível do mar também provocam tempestades mais destrutivas. O aumento da temperatura nas águas superficiais das regiões tropicais e subtropicais significa mais energia na atmosfera, movimentando as tempestades.



Figura 27 - Estação meteorológica de superfície - pressão, vento, chuva e radiação solar.  
Fonte: MESQUITA, 2007.

As variações globais do nível do mar na atualidade podem ser observadas na Figura 28 que mostra, na parte de cima, o aumento do Nível do Mar nos últimos 20.000 anos que foi da ordem de 125 metros. A razão da variação nos últimos 4.000 anos permaneceu relativamente constante até o início do século XX, com valores da ordem de 1,8 mm / ano. A parte de baixo da figura mostra a ampliação da figura de cima para os últimos 180 anos, mostrando que, a partir de 1900 a razão de variação estérica / halostérica do nível do mar, devido ao aquecimento global, o de natureza antropológica, que antes não existia, aumentou, sendo, no presente, da ordem de 0,6 mm / ano. Essa variação não foi linear no período e fez aumentar o nível do mar até o ano 2000 em cerca de 0,3 m. A razão de variação global do nível do mar que até 1900 era de 1,8 mm / ano, adicionada a 0,6 mm / ano, resultante do aquecimento global adicional no período (1900 - 2000), passou a ser no ano 2000 a 2,4 mm / ano. A Figura 28 mostra, na escala à sua direita, que o aumento do nível do mar no século XX foi da ordem de 21 cm. (MUNK, 2002).

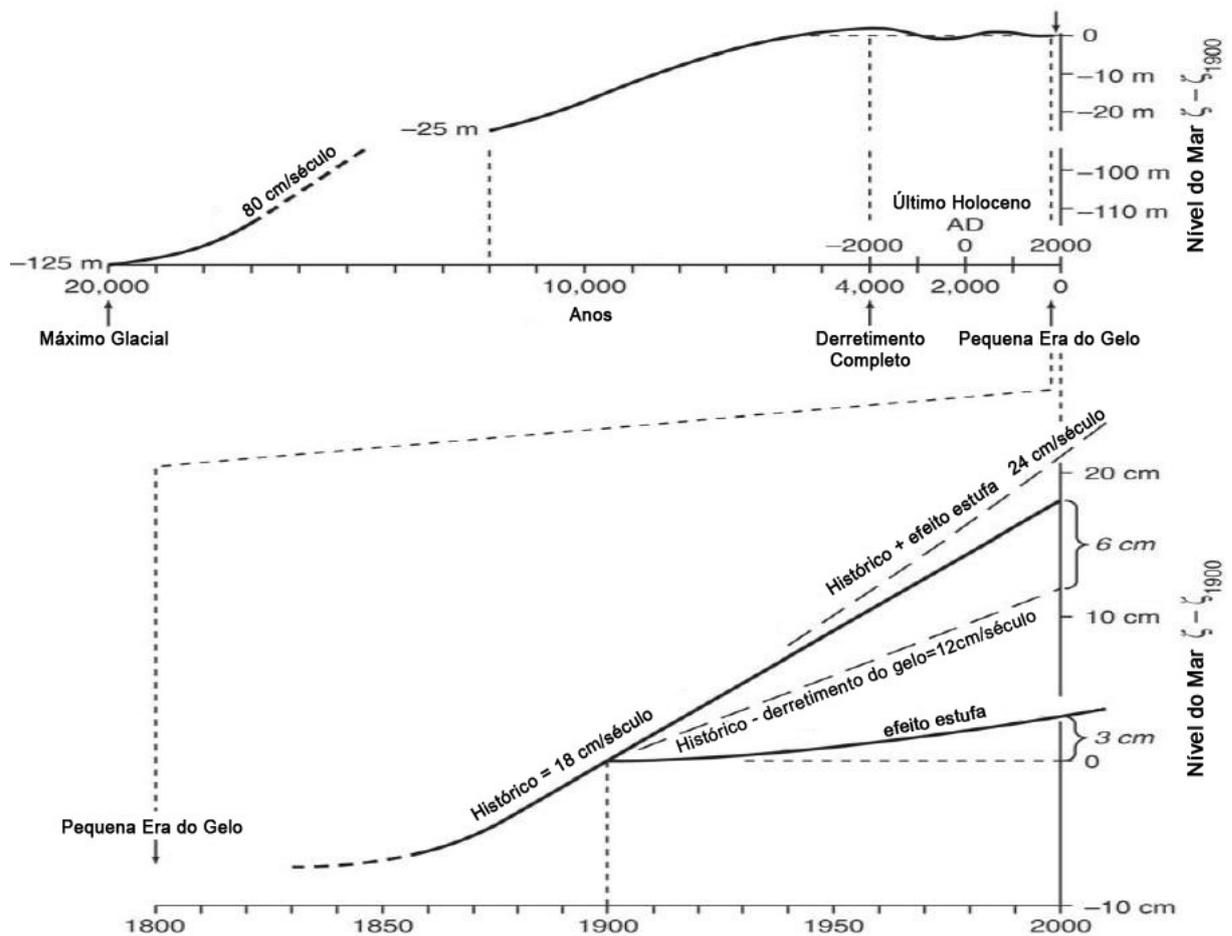


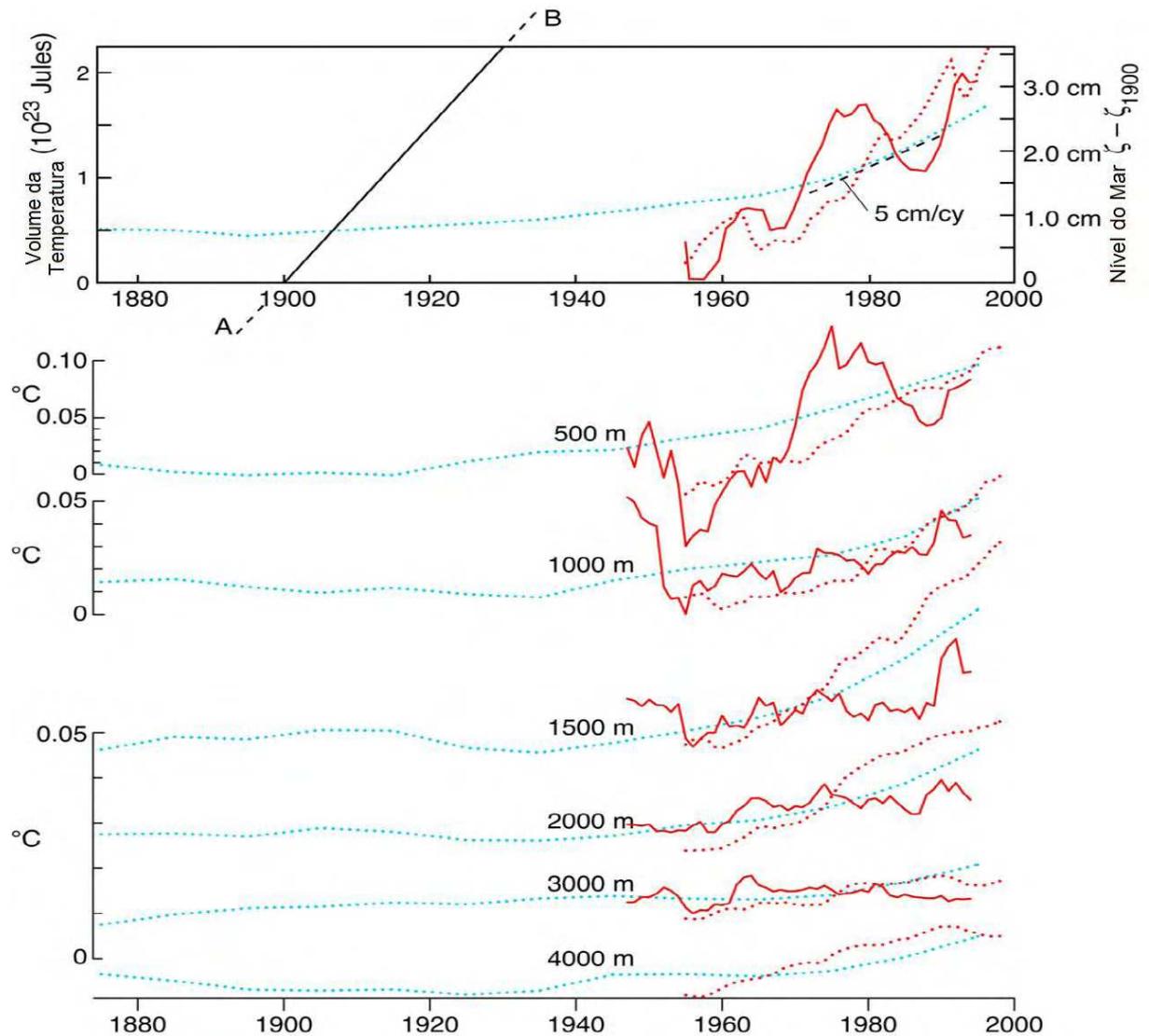
Figura 28 - As variações globais do nível do mar na atualidade.  
Fonte: Adaptado de MESQUITA, 2007.

Na Figura 29, a linha vermelha corresponde à variação térmica global, obtidas a partir de medições de temperatura no oceano. As linhas pontilhadas correspondem às estimativas desses valores obtidas por dois modelos numéricos globais, o primeiro desde 1850, o segundo fornecendo previsões de temperatura a partir de 1950 a 1960.

À parte de baixo da figura mostra as variações médias globais de temperatura, em graus centígrados, efetivamente medidas (linhas cheias) e as previstas por modelos numéricos (linhas pontilhadas), em diferentes profundidades oceânicas entre 500 e 4.000 metros.

A inclinação da reta ligando os pontos A e B corresponde a um aumento de nível estérico / halostérico do mar na razão de 1,2 mm / ano (MUNK, 2002).

À parte de cima da Figura 29 mostra, em ordenada, a quantidade de calor acrescida aos oceanos e, na escala da direita, o correspondente aumento do nível do mar (0 - 3000 m de profundidade), no período de 1950 a 2000.



**Legenda:** Primeira parte da figura - Conteúdo de calor. Curvas cheias indicam medições globais de temperatura e os conteúdos de calor associados entre 0 e 3000 m no oceano global no período 1950 - 2000. Curvas pontuadas são previsões numéricas de dois programas de computador para o período 1880 - 2000. À direita está a escala de variação do nível estérico do mar correspondente. A linha A e B correspondem à variação do nível estérico na razão de 12 cm / século. Segunda parte da figura - Mudanças de valores de temperatura em diferentes profundidades. Escalas verticais são ajustadas a diferentes profundidades na razão 1:2:4, e as previsões numéricas no período 1950 - 2000. Adaptado de Munk (2002).

Figura 29 - Estimativas do aumento do nível médio do mar.  
Fonte: Adaptado de MESQUITA, 2007.

A Figura 30, mostra a localização das bases de pesquisa do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo nos municípios do Rio de Janeiro / RJ, Ubatuba / SP e Cananéia / SP.

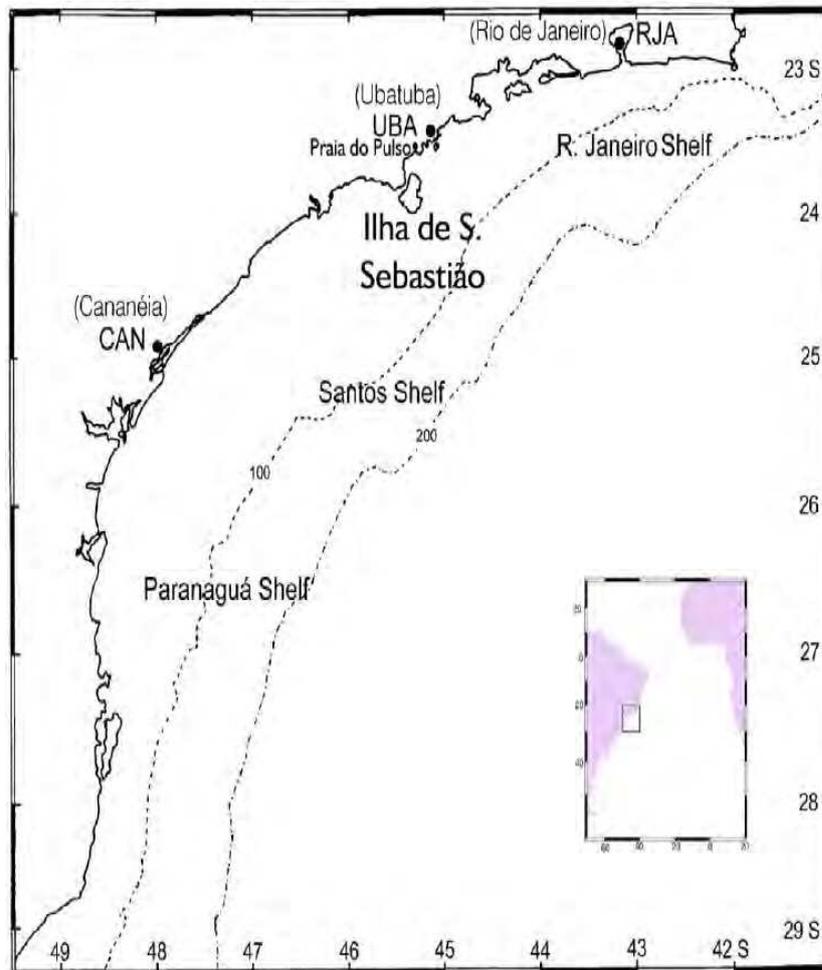


Figura 30 - Localização das bases de pesquisas do IOUSP no Litoral dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Fonte: MESQUITA, 2007.

A regra de Bruun (1962) (Figura 31) propõe que a elevação ou diminuição do nível relativo do mar modifica o equilíbrio de uma zona litorânea. De acordo com esta regra, se ocorrer uma elevação do nível, às escalas de tempo secular a geológica, toda a linha de costa estará submetida à ação de processos erosivos até que um novo perfil de equilíbrio seja atingido.

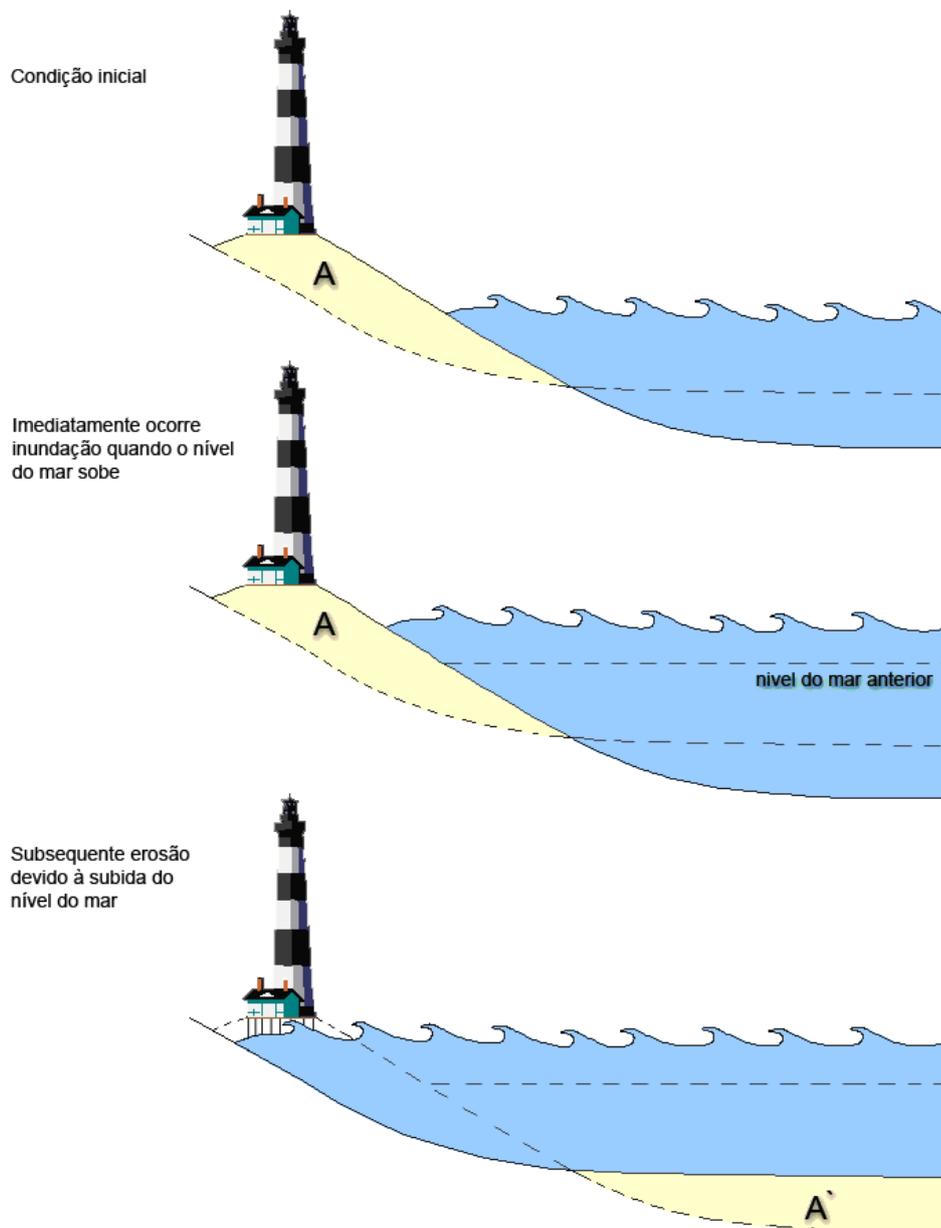


Figura 31 - Regra de BRUUN - Inundação seguida da erosão costeira produzem o recuo da linha de costa.

Fonte: ARASAKI, 2009.

As variações do nível médio do mar podem ser desencadeadas basicamente por três processos: aqueles associados aos ciclos de glaciação e deglaciação (glacio eustasia), aos eventos de tectônica global (tectono eustasia) e aqueles relacionados às variações da configuração da forma do geóide (geóide eustasia).

Segundo Antunes (2002) “O aumento do nível dos mares pode estar associado ao aumento da temperatura do planeta, o que acarretaria o degelo nos continentes”.

Com isto, pesquisas levam em conta que é de se esperar que o aquecimento global deva aumentar os níveis dos mares entre 30 cm a 2 m, até 2025, o que poderá causar inundações extensivas nas regiões costeiras (SAMPAIO; FARIA; MELO; MENEZES, 2002).

As variações do nível médio do mar da atualidade, a partir de 1900, são principalmente de natureza estérica (expansão térmica), devido ao aquecimento global, eustática (expansão em volume da água do mar), devido ao degelo do planeta em decorrência e, também, de natureza crustal (variações decorrentes do movimento da crosta e assemelhados) conseqüente ao relaxamento da crosta nas áreas polares.

O nível médio do mar (NMM) recebe as influências de natureza meteorológica (radiação solar, ventos, pressão atmosférica e outras), oceanográfica (correntes, volume dos oceanos, densidade da água), geológica / biológica (deposição de sedimentos, geológicos e biológicos, subduções e outras) e astronômica (dissipação da energia das marés, glaciações e outras), segundo as quais pode aumentar ou diminuir e tem variado ao longo da idade do planeta.

Considerando as informações de escala milenar sobre o nível relativo do mar ao longo do litoral brasileiro, conclui-se que as costas brasileiras estão em processo de emersão frente à tendência fraca de regressão marinha. Porém, considerando-se os estudos em escala secular, é possível identificar uma tendência de elevação do nível marinho, conseqüentemente com as linhas de costa submetidas a processos erosivos (TESSLER; GOYA, 2005).

Ao longo do litoral brasileiro tem sido verificadas perturbações permanentes ou transitórias que acabam por ocasionar variações espaciais das linhas das costas. Por exemplo, vem sendo verificadas alterações nos ciclos climáticos que determinam as condições de contorno dos parâmetros oceanográficos que afetam o litoral sul e sudeste brasileiro, pela observação de incremento da intensidade das tempestades desde a década de 90 na costa do Rio Grande do Sul (TOZZI, 1999).

Um outro bom exemplo de modificação climática, com reflexos nos processos de dinâmica sedimentar costeira, resultou da passagem do furacão da classe 1 denominado Catarina, entre os dias 27 e 28 de março de 2004.

Há diversos tipos de intervenções antropogênicas que alteram o balanço sedimentar de um segmento costeiro, podendo gerar um déficit de material sedimentar e conseqüentemente, fenômenos de recuo da linha de costa (SOUZA, 2009).

As intervenções mais frequentes encontradas no litoral brasileiro estão relacionadas ao uso e ocupação do solo ou, mais diretamente, à construção de infraestrutura urbana, com ruas, calçadas e mesmo residências em regiões ainda sob ação do mar em períodos de tempestades. Há relatos em toda a costa do país de retirada de dunas, de retificações de canais de drenagem e de realização de aterros junto à faixa litorânea. Isto implica em exposição destas obras à ação de ondas em períodos de tempestade (TESSLER; GOYA, 2005).

De impactos mais pronunciado e facilmente verificada na costa brasileira é a construção de obras rígidas de engenharia que alteram ou até retêm a deriva litorânea de sedimentos arenosos (TESSLER; GOYA, 2005).

Muito comum como solução de engenharia para minimizar processos erosivos pré-existentes, ou mesmo alargar praias para fins turísticos, são pequenos espigões de blocos rochosos (obras rígidas) construídos perpendicularmente à face praias (Figura 32). Exemplos deste tipo de obra podem ser encontrados ao longo de quase todo o litoral brasileiro. Em Caraguatatuba, vários destes espigões foram construídos a fim de deter a erosão que se iniciava por conta da construção da Avenida Beira-Mar (Figura 33) (TESSLER; GOYA, 2005).



Figura 32 - Espigões construídos na praia em Olinda / PE.  
Fonte: MUEHE & NEVES, 2008.



Figura 33 - Espigão construído junto a Ponta do Camaroeiro, em Caraguatatuba / SP.  
Fonte: GOYA, 2005.

### **3.6 CONSEQUÊNCIAS E IMPACTOS**

Impactos ambientais / ecológicos provocados pela elevação da temperatura média global e aumento do nível médio do mar.

#### **3.6.1 HABITATS E ESPÉCIES**

Segue abaixo habitats e espécies que já estão sofrendo impactos ambientais devido ao aumento da temperatura e a elevação do nível médio do mar.

##### **3.6.1.1 RECIFES DE CORAIS**

Em 2008 foi estimado que a atual concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera já supera 383 ppm e continua aumentando, sendo o CO<sub>2</sub> um dos principais gases do efeito estufa produzido pela queima de combustíveis fósseis é o principal responsável pelo aquecimento global, infelizmente conhecemos pouco sobre os efeitos desses gases sobre os oceanos.

Segundo Caldeira (2009) os oceanos ao redor do mundo absorveram aproximadamente 118 bilhões de toneladas de carbono entre 1800 e 1994. Os oceanos são naturalmente alcalinos, mas a interação com o dióxido de carbono está aumentando a acidez dos mares. Esse aumento reduz a concentração de íons carbonato, um bloco de construção para o carbonato de cálcio, que muitos organismos marinhos utilizam para desenvolver seus esqueletos e criar estruturas de recifes de coral (GOREAU & MACFARLANE, 1990; GLYNN 1993; FITT et al. 1993; BROWN, 1997; WILKINSON et al. 1999; MICHALEK & WILLIS, 2001).

Os oceanos absorvem boa parte do dióxido de carbono produzido pela ação antropogênica. Quando o CO<sub>2</sub> chega aos mares, o poluente se transforma em ácido carbônico, alterando o nível de acidez, o chamado pH da água. Nas últimas décadas, o pH dos mares vem diminuindo a um ritmo cada vez mais acelerado. Os pesquisadores prevêem que, no fim deste século, caso se mantenha essa diminuição, o pH chegará a 7,9, o que poderá tornar os oceanos vinte vezes mais ácidos do que são hoje. Estudos feitos em laboratório com água apresentando pH de 7,9 mostram que, sob essas

condições, as estruturas de alguns tipos de zooplâncton (base da cadeia alimentar de muitos peixes e mamíferos aquáticos), compostas de carbonato de cálcio, são corroídas rapidamente, hoje, esse processo já ocorre, embora de forma lenta. A acidez também ataca os corais, que se formam mais lentamente ou se deterioram, num fenômeno conhecido como branqueamento. Calcula-se que 60% dos corais do mundo já foram afetados pela diminuição do pH da água salgada (WILKINSON, 2002; GARDNER et al. 2003; KNOWLTON & JACKSON 2008).

Os especialistas suspeitam que o aumento da acidez dos oceanos terá outro efeito nocivo que é o de amplificar o aquecimento global. Os ecolitoforídeos, um tipo de fitoplâncton formado por carbonato de cálcio e também suscetível à acidez, brilham e refletem de volta para o céu parte dos raios solares que incidem sobre o mar. Sem eles, os raios não fariam o caminho de volta e o mar se tornaria mais quente. Através das eras geológicas, os oceanos sempre absorveram o excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera, evitando o superaquecimento do planeta.

O aquecimento global e os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera impactam os recifes de coral, em razão da acidificação os oceanos (pelo CO<sub>2</sub>) e do aumento na temperatura da água (pelo aquecimento global). Estudos anteriores já haviam demonstrado que a acidificação e o aumento da temperatura da água inibem o crescimento dos recifes (GLYNN, 1990; BROW & OGDEN, 1993; MIGOTTO, 1997; CASTRO & PIRES 1999; WALTHER et al. 2002; KIKUCHI et al. 2003; LEÃO et al. 2003; OLIVEIRA et al. 2004).

A extinção dos recifes de coral se acelera. Acredita-se que em 50 anos, 80% de todos os corais do mundo hajam morrido. De 1998 até hoje, uma década, pode-se dizer, 16% dos corais no planeta desapareceram (WILKINSON, 2002; GARDNER et al. 2003; KNOWLTON & JACKSON, 2008).

Os pesquisadores trabalharam em diversos modelos climáticos, simulando os efeitos da temperatura e da química da água dos oceanos, para avaliar os impactos nos recifes de coral. Os valores de CO<sub>2</sub> na atmosfera, para fins de simulação, utilizaram concentrações de 280 ppm (da fase pré-industrial) até 750 ppm do pior cenário possível.

Com base no modelo desenvolvido foram avaliados os impactos em 9.000 recifes e, na maior concentração estudada (750 ppm), a acidificação da água do mar reduziria

calcificação de três quartos dos recifes globais a menos de 20% de taxas pré-industriais. Esta taxa seria insuficiente para que os recifes pudessem compensar a dissolução natural e outros processos degenerativos.

Segundo Caldeira (2009) a situação pode ser ainda pior se os efeitos de branqueamento dos corais forem considerados no modelo estudado. O branqueamento do coral se refere à perda de algas simbióticas, que são essenciais para um crescimento saudável dos corais.

O branqueamento já é um problema generalizado e o aumento da temperatura é um dos principais fatores conhecidos, pois os ecossistemas recifais são extremamente sensíveis a variações da temperatura das águas oceânicas (GLYNN, 1993).

De acordo com os pesquisadores acredita-se que, nas atuais condições, cerca de 30% dos recifes já sofrem com o branqueamento e que, em níveis de CO<sub>2</sub> de 560 ppm (o dobro dos níveis pré-industriais) os efeitos combinados da acidificação e branqueamento irão reduzir as taxas de calcificação dos corais de todo mundo em 80% ou mais. Esta taxa de calcificação tornará todos os recifes vulneráveis à dissolução, mesmo sem considerar outras ameaças para os recifes, como a poluição (CALDEIRA, 2009).

Um aumento relativamente pequeno da temperatura das águas superficiais pode provocar a ocorrência do branqueamento, que é um processo relacionado à perda, pelos corais, das algas fotossintetizantes (zooxantelas), que dão cor ao coral e estão presentes em seu tecido, além de dar a cor as zooxantelas produzem componentes orgânicos que lhe servem de alimento, e em troca o coral provê abrigo para as algas e lhes fornece elementos químicos necessários à sua sobrevivência, tratá-se de uma cooperação vital que beneficia ambos os organismos (SZMANT & GASSMAN, 1990; MUSCATINE, 1990; FAUTIN & BUDDERMIER, 2004; MULLER-PARKER & D'ELIA, 1997; STANLEY JR, 2006; LEÃO, 2008).

Todos esses dados mostram que os eventos de maior ocorrência de colônias branqueadas e de maior número de espécies de corais afetadas de 1998 a 2005, estão fortemente relacionados com eventos de anomalias térmicas das águas superficiais do mar (GLYNN, 1990; BROW & OGDEN, 1993; MIGOTTO, 1997; CASTRO & PIRES

1999; WALTHER et al. 2002; KIKUCHI et al. 2003; LEÃO et al. 2003; OLIVEIRA et al. 2004).

Os recifes de coral são considerados um dos ecossistemas mais importantes, em termos de diversidade biológica (CONNEL, 1978), e também um dos mais ameaçados devido ao aquecimento global (Figuras 34 a 38).



Figura 34 - Branqueamento fraco. Espécies de corais *agaricia agaricites* e *millepora brasiliensis*.  
Fonte: LEÃO, 2008.



Figura 35 - Branqueamento forte. Espécies de corais *millepora brasiliensis* (frente) e *mussismilia hispida* (fundo).  
Fonte: LEÃO, 2008.



Figura 36 - Espécies de Corais *Mussismilia hispida* e *Montastraea cavernosa*.  
Fonte: LEÃO, 2008.



Figura 37 - Espécies de Corais *Mussismilia hispida* e *Siderastrea* spp.  
Fonte: LEÃO, 2008.



Figura 38 - Espécie de Coral Zoantídeo *Palythoa Caribaeorum*.  
Fonte: LEÃO, 2008.

Segundo Leão (2008) no Brasil, o fenômeno foi registrado no verão de 1994 (São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e Pernambuco) e observado novamente no início de 1996 (São Sebastião), afetando principalmente o coral-cérebro *Mussismilia hispida* e o Zoantídeo *palythoa caribaeorum*, conhecido como baba-de-boi. As Áreas Marinhas Protegidas (AMPs), que no Brasil são conhecidas como Unidades de Conservação (UCs) costeiro-marinhas, desempenham um papel fundamental como locais de monitoramento dos efeitos das mudanças globais. Na costa paulista, por exemplo, três parques estaduais administrados pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente são intensamente utilizados para o mergulho recreativo, turístico e de lazer: no Litoral Norte, o Parque Estadual da Ilha Anchieta e o Parque Estadual da Ilha Bela (que compreende também as ilhas Vitória e Búzios) e, no Litoral Centro e mais afastado da costa, o Parque Estadual Marinho da Laje de Santos.

Durante o período de verão (2000 a 2001) tivemos temperaturas muito elevadas que se estenderam ao outono, associadas a índices de pluviosidade muito mais baixos que no ano passado. Nas três UCs, observou-se um branqueamento mais extenso e de maior duração do que em anos anteriores e, ainda que haja possibilidade de recuperação, outros processos vitais acabam sendo afetados (LEÃO, 2008).

Além dos recifes de corais outras espécies também estão sofrendo com a elevação da temperatura global do planeta entre elas podemos citar, as baleias Jubartes, outras baleias e golfinhos também estão ameaçados pela fome. Com o degelo total no mar da Antártica em 30 anos, ou seja, cerca de 2040, estima-se que não haverá nenhuma fonte de alimentos para estas espécies. A acidez dos oceanos mais frios poderá reduzir substancialmente a fonte de alimento para estas baleias. Além disso, todos os anos as baleias Jubartes visitam a costa brasileira, especialmente a costa da Bahia para reprodução. As baleias buscam as águas mornas de regiões tropicais para acasalar e dar a luz aos seus filhotes. Como a gestação da baleia jubarte é de aproximadamente onze e doze meses, as fêmeas que engravidaram na temporada passada retornam no ano seguinte para parir seus filhotes. A exploração das reservas de óleo e gás localizadas no entorno do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, no sul da Bahia é uma ameaça direta à biodiversidade marinha da região e uma das principais causas do aquecimento global.

Outra espécie é a tartaruga-de-pente que se alimenta quase que exclusivamente de invertebrados, principalmente esponjas. Ambos, esponjas e invertebrados, estarão também diminuindo em número pelo aumento da acidez na água do mar. Uma fonte alimentar alternativa para as tartarugas-de-pente em locais onde há poucas esponjas pode ser o coral babão, como foi observado pelas tartarugas do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, onde as esponjas são pouco abundantes. Mas, como sabemos os recifes de corais também estão seriamente ameaçadas pelo aquecimento global.

"Isso está levando às mais dramáticas mudanças na química marinha em, pelo menos, 650 mil anos", disse Richard Feely (2006), oceanógrafo no Laboratório do Meio Ambiente Marinho do Pacífico da Administração Nacional de Oceanos e Atmosfera (NOAA), em Seattle.

"Essa ameaça está atingindo os recifes ao mesmo tempo em que eles estão sendo danificados pelo embranquecimento em massa, induzido pelo aquecimento das águas", disse Chris Langdon (2006), que conduziu um desses estudos na Universidade de Miami.

### **3.6.1.2 MANGUEZAIS**

Manguezais, também chamado de mangal ou mangue, é um ecossistema costeiro de transição ente ambiente terrestre e marinho, onde haja o encontro entre águas de rios com a do mar, uma zona úmida característica de regiões tropicais e subtropicais.

Segundo Poletto (2004) os manguezais tem caracterização de um bosque com espécies vegetais lenhosas típicas, solo lodoso, com baixo teor de oxigênio, com uma fauna bastante diversificada e rica, devido a grande quantidade de material orgânico e muitas espécies de organismos vivos jovens até espécies visitantes, tanto marinhas como de água doce. Apresentam condições propícias de alimentação, proteção e produção para muitas espécies, sendo que espécies como crustáceos, moluscos, peixes e invertebrados que passam pelo menos uma parte do ciclo de vida nos manguezais, "criando assim uma relação de dependência desse ambiente, principalmente nos primeiros estágios do ciclo de vida dessas espécies" (LAMPARELLI et al., 1998).

Segundo Lamparelli et. al (1998), os mangues além da grande biodiversidade de ecossistemas ele ainda ameniza os impactos do mar na terra, constituindo importante banco genético para a recuperação de áreas degradadas, controla a erosão com suas raízes, retém sedimentos terrestres de escoamento superficial, atua como filtro biológico de sedimentos, nutrientes e mesmo poluentes como metais pesados, impede o assoreamento e a contaminação das águas costeiras.

A destruição do mangues “berço da vida marinha” deve ser uma das consequências do aquecimento global e da elevação do Nível Médio do Mar.

O Litoral Norte apresenta apenas 1% (3,4 km<sup>2</sup>) de área de mangues (LAMPARELLI et al., 1998).

Com a elevação do nível médio do mar, a água tende a invadir o bosque de mangue que não terá como subir devido à urbanização junto às faixas, o que condenará os mangues a desaparecer (Figura 39), provocando grande perda ecológica e conseqüentemente grandes perdas econômicas tendo em vista que produzem mais de 95% do alimento que o homem captura no mar, por essa razão sua manutenção é vital para a subsistência das comunidades pesqueiras.



Figura 39 - Perda de Mangues  
Fonte: REGO, 2009

### **3.6.1.3 ESTUÁRIOS**

Estuários, segundo Paskoff (1985) a definição de estuário implica uma ampla abertura sobre o mar, que só poderá ser mantida se houver um equilíbrio entre os sedimentos transportados pelo rio e a respectiva capacidade de escoamento. Além da amplitude das marés, as variações relativas do NMM, o clima reinante na bacia vertente e o respectivo grau de florestação, controlando o tipo e quantidade de sedimentos, acabam por ter um papel importante na caracterização dos estuários, com uma média de 50 espécies de peixes em diferentes fases de desenvolvimento e grande parte desses peixes são espécies comerciais então qualquer alteração nessa fauna, nós estaremos modificando não só a fauna local, como alterando a própria pesca no futuro (ALFREDINI, 2006).

A maior entrada de água salgada nas embocaduras marítimas nos estuários poderá afetar além do meio ambiente, as tomadas de água para abastecimento das cidades e uso da industrial.

### **3.6.1.4 RESTINGAS**

Segundo SMA (2005), o município de Ubatuba apresenta uma área de 2.538,06 ha de vegetação de restinga correspondendo a 3,5% de sua superfície.

Com vegetação herbácea e rala, de folhas duras e pequenas, à medida que se adentra ao continente, a vegetação de restinga vai se avolumando e adensando, aproximando as suas feições, à floresta ombrófila densa (POLETTTO, 2008). A vegetação de restinga é muito influenciada pelo mar e pelas marés, ocorre ao longo das praias e cordões arenosos, é uma vegetação de solo em geral arenoso com baixa capacidade de retenção de água e alta salinidade, bromélias de chão, cactos, pitangueiras, gramíneas e trepadeiras são algumas espécies de restinga encontradas no município de Ubatuba (SMA, 1999).

### **3.6.1.5 COSTÕES ROCHOSOS**

Os costões rochosos são constituídos por rochas cristalinas na linha do mar, estão sujeitos à ação de ondas, correntes e ventos, tratá-se de um ecossistema rico em comunidades biológicas, com importante papel no ecossistema costeiro. “O substrato duro favorece a fixação de muitos organismos, como larvas de invertebrados e muitas espécies fixas (sésseis) como cracas, mexilhões, ostras e muitas espécies de macroalgas, que ocupam o costão formando faixas (zonação)” (POLETTTO, 2008). Segundo Lamparelli et. Al. (1998) “estes organismos fornecem abrigo e proteção a uma variedade de animais, tornando este ecossistema muito diverso”.

Segundo Poletto (2008) e Lamparelli et al. (1998) o Litoral Norte apresenta um total de 221 costões rochosos em uma extensão de aproximadamente 331,7 km, dos quais 94 costões em 147,35 km pertence ao município de Ubatuba, apesar do Litoral Norte apresentar a menor extensão de praias (128,4 km), apresenta o maior número de praias (184) do Litoral Paulista.

Com a elevação do nível médio do mar habitantes dos costões rochosos como mariscos terão que migrar para lugares mais altos, nas faixas de praia e com isso os invertebrados que constituem a base da cadeia alimentar serão obrigados a se adaptarem a essas condições peculiares.

### **3.6.2 SISTEMAS METEOROLÓGICOS**

Os sistemas meteorológicos tendem a se intensificarem com o aumento da temperatura e elevação do nível médio dos mares e provocarem sérios impactos ambientais e ecológicos.

#### **3.6.2.1 MARÉ METEOROLÓGICA**

A definição de maré meteorológica é a diferença entre a maré observada e aquela prevista pela Tábua de Marés (PUGH, 1987).

A maré meteorológica é um fenômeno que ocorre com certa frequência e possui grande importância devido à sua influência sobre a navegação, pesca, processos de erosão costeira, etc.

As causas desse fenômeno são, principalmente, as variações da pressão atmosférica e a troca de momento linear entre o vento e a água, causando assim níveis mais baixos ou mais altos que os previstos na Tábua.

Segundo Arasaki (2009) o efeito conhecido como ressaca geralmente está acompanhado de uma maré meteorológica intensa, e é caracterizado pelo avanço do mar em áreas normalmente não alcançadas (Figuras 40 a 46), causando assim danos a propriedades e também provocando inundações. Embora as ondas de superfície possuam um alto poder destrutivo, as inundações associadas às marés meteorológicas podem se manter durante um intervalo de tempo muito maior, aumentando ainda mais os problemas relacionados a esse fenômeno, como por exemplo o represamento de águas de drenagem continental.

Segundo Arasaki (2009) a tempestade com maré meteorológica (Figura 40) que atingiu a Baía de Santos em 26/04/2005, com ondas de 4 m de altura, elevou em 80 cm o nível médio do mar da norma prevista para abril de 2005 (período de retorno  $\cong$  10 anos).

Segundo Arasaki (2009) os ventos que originaram o marulho (ondulação oceânica) de  $H_s = 4$  m em Fernando de Noronha (Figura 45) foram da ordem de 18 a 20 metros por segundo.

Ao percorrer o Atlântico, o marulho se propaga por profundidades de até 500 metros.

A maré meteorológica (pressão ao largo da costa ficou inferior a 940 mbar) associada à maré astronômica equinocial produziu  $H_s = 10$  m e período de 16 s. Esta anomalia já havia ocorrido em dezembro de 2007, com  $H_s = 11$  m e períodos de 17/18 s, embora fora do equinócio, superando largamente as previsões estatísticas de ondas extremas para a costa da Cantábria (Figura 46), que apontavam  $H_s = 9$  m para onda centenária (ARASAKI, 2009).



Figura 40 - Tempestade com maré meteorológica do dia 26/04/2005 na Baía de Santos.  
Fonte: Adaptado de ARASAKI, 2009.



Figura 41 - Efeitos da ressaca de 20 de julho de 2005 na erosão junto à rodovia Rio Santos na praia de Massaguaçu, em Caraguatatuba / SP.  
Fonte: ARASAKI, 2009.



Figura 42 - Efeitos da ressaca de 06 de junho de 2006 na erosão junto à rodovia Rio Santos na praia de Massaguaçu, em Caraguatatuba / SP.  
Fonte: ARASAKI, 2009.



Figura 43 - Efeitos da ressaca de junho de 2006 no colapso do enrocamento do molhe de barcaças da CST, em Vitória / ES.

Fonte: ARASAKI, 2009.



Figura 44 - Ressaca de agosto de 2006 sobre a estrutura semi-arruinada da plataforma de pesca em Mongaguá / SP.

Fonte: ARASAKI, 2009.



Figura 45 - Ressaca de março de 2008 – Porto de Santo Antônio em Fernando de Noronha / PE.

Fonte: ARASAKI, 2009.



Figura 46 - Cantábria (Espanha) em 04/03/2008.  
Fonte: ARASAKI, 2009.

Muitas aves que constroem seus ninhos em encostas estão sofrendo sérios impactos devido aos fenômenos meteorológicos, um exemplo dessas aves são os Albatrozes que estão diminuindo em números assustadores. Seus habitats para acasalamento estão desaparecendo e as constantes mudanças climáticas que causam tormentas, furacões, tornados e demais fenômenos climáticos estão destruindo ninhos e ninhadas inteiras de uma só vez.

### **3.6.3 EROSÃO COSTEIRA**

Praias, zona costeira com grandes quantidades de organismos vivos e que fornece recursos alimentares para diversas espécies como peixes demersais, pelágicos, migradores, aves marinhas e tartarugas, é considerado um ecossistema com grande importância ecológica, salientando também sua importância socioeconômica devido ao turismo (POLETTTO, 2008).

A erosão costeira / praial (Figura 47) é um processo natural da dinâmica sedimentar da praia, mas se torna perigosa quando passa a predominar a maior parte do tempo, evidenciando um balanço sedimentar negativo, tornando-se um perigo natural em qualquer linha de costa quando o nível relativo do mar está subindo e em condições de aquecimento global (aumento da frequência, intensidade e duração de eventos atmosféricos anômalos).

É vulnerável a esse fenômeno qualquer elemento presente na linha de costa, a própria praia, no sentido ambiental e estético; as pessoas em relação ao turismo e às atividades de lazer; as propriedades e bens; as atividades econômicas etc.

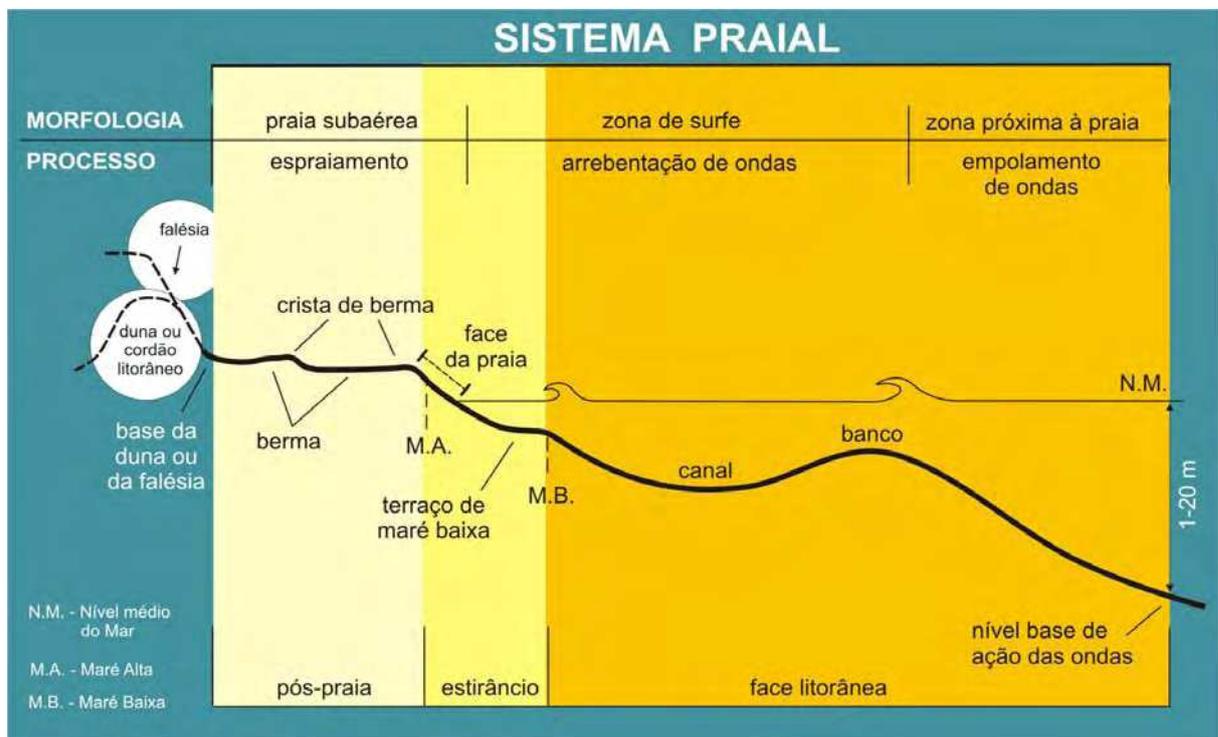


Figura 47 - Sistema Praial – Morfologia e Processo  
 Fonte: SOUZA, 2009

### 3.6.3.1 CAUSAS NATURAIS DA EROSIÃO COSTEIRA

São considerados causas naturais da erosão costeira:

- Dinâmica de circulação costeira (centros de divergência de células de deriva litorânea - efeito “foco estável”);

- Morfodinâmica praial (mobilidade / suscetibilidade à erosão: intermediária, reflexivas ou dissipativas);
- Aporte de sedimentos naturalmente ineficiente (continente, praia e fundo marinho adjacente);
- Presença de irregularidades na linha de costa (promontórios rochosos e cabos; ilhas; rios - “molhe hidráulico”);
- Armadilhas de sedimentos (desembocaduras lagunares e fluviais – migração, barras; ilhas, parcéis; arenitos de praia e recifes; baías);
- Fenômenos climáticos-meteorológicos anômalos (ciclones extratropicais; “*El Niño*”) e inversões da deriva litorânea (mudanças climáticas);
- Elevações do nível relativo do mar de curto período (tempestades e marés meteorológicas; efeitos esteéricos);
- Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século (30 cm);
- Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período - Regra de Bruun;
- Evolução quaternária das planícies costeiras (balanço sedimentar de longo prazo negativo e circulação costeira);
- Balanço sedimentar atual negativo por processos naturais individuais ou combinados e,
- Fatores tectônicos.

### **3.6.3.2 CAUSAS ANTROPOGÊNICAS DA EROSÃO COSTEIRA**

São consideradas causas antropogênicas de erosão costeira:

- Urbanização da orla (destruição de dunas; impermeabilização de terraços marinhos; ocupação da pós-praia);
- Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais;
- Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais;
- Retirada de areia de praia (mineração e/ou limpeza pública);

- Extração de areias fluviais e dragagens em canais de maré e na plataforma continental;
- Conversão de terrenos naturais em urbanizados (mudanças na drenagem e no aporte sedimentar) e,
- Balanço sedimentar negativo por intervenções antrópicas (Figura 48), identificado pela saídas / perdas de material sedimentar (setas brancas).

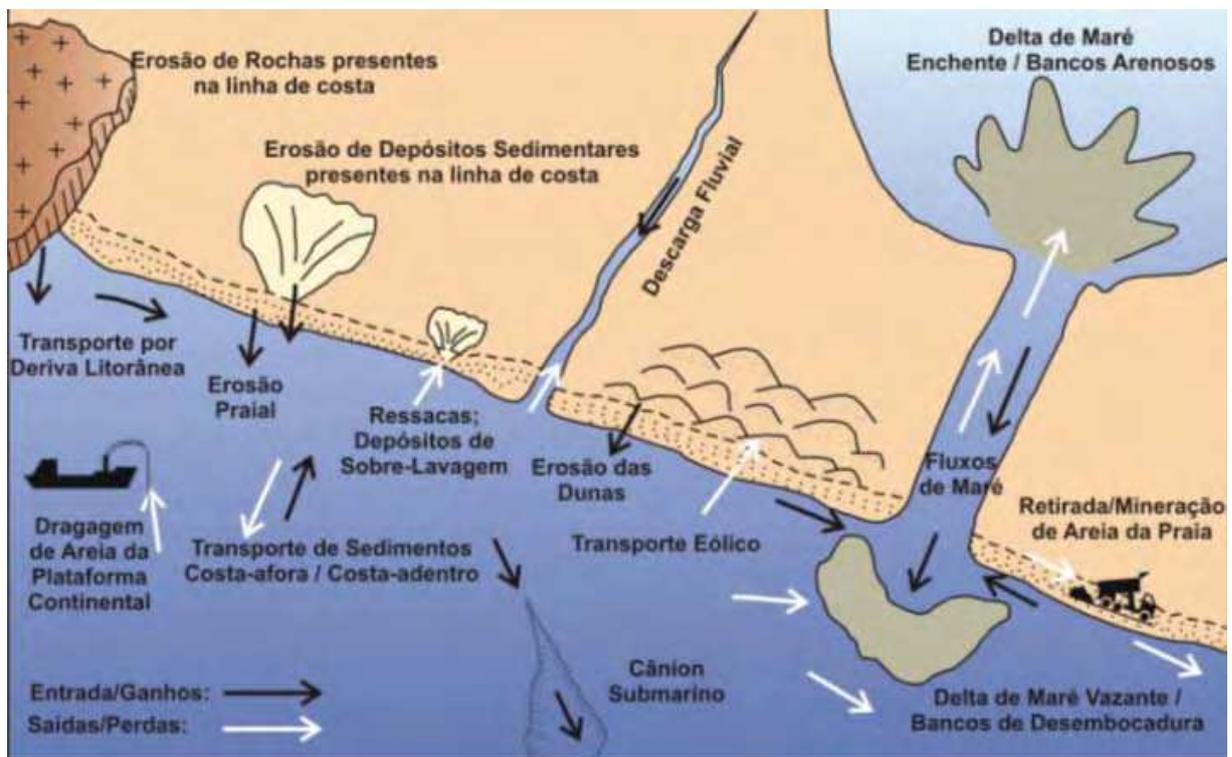


Figura 48 - Balanço Sedimentar Costeiro.  
Fonte: SOUZA, 2009.

### 3.6.3.3 CONSEQUÊNCIAS DA EROSÃO COSTEIRA

As conseqüências da erosão costeira são as seguintes:

- Redução na largura da praia (Figuras 50 a 52), devido à inundação pelas preamares de sizígia e retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas;
- Perda e desequilíbrio de habitats naturais (destruição de dunas, manguezais, florestas de restinga) (Figuras 53 a 55); pelos processos de intensa erosão de

depósitos marinhos que provocam o desenvolvimento de falésias e a exumação de terraços marinhos;

- Perda de bens e propriedades (Figura 56); onde pode se observar à exposição de terraços ou falésias artificiais, formadas por camadas sucessivas de aterros erodidos soterradas por camadas de areia;
- Destruição de estruturas urbanas e obras de engenharia costeira (Figura 57); construídas em área de depósitos marinhos ou eólicos;
- Aumento na frequência e intensidade das inundações costeiras causadas por eventos anômalos (frentes frias e ressacas) e a retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha (Figura 58), elevadas de 200 a 600 cm em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o holoceno e o final do pleistoceno;
- Aumento da intrusão da cunha salina (aqüíferos e corpos d'água);
- Perda do potencial turístico (Figura 59); devido à presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos de praia em associação com outras evidências erosivas;
- Perda do valor paisagístico (Figura 60); devido à destruição de áreas litorâneas devido as fortes ressacas, com desenvolvimento de embaíamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em locais mais ou menos fixos da linha da costa, e
- Prejuízo nas atividades socioeconômicas.

A Figura 49 identifica com uma linha vermelha as praias do litoral paulista com indícios de erosão costeira.

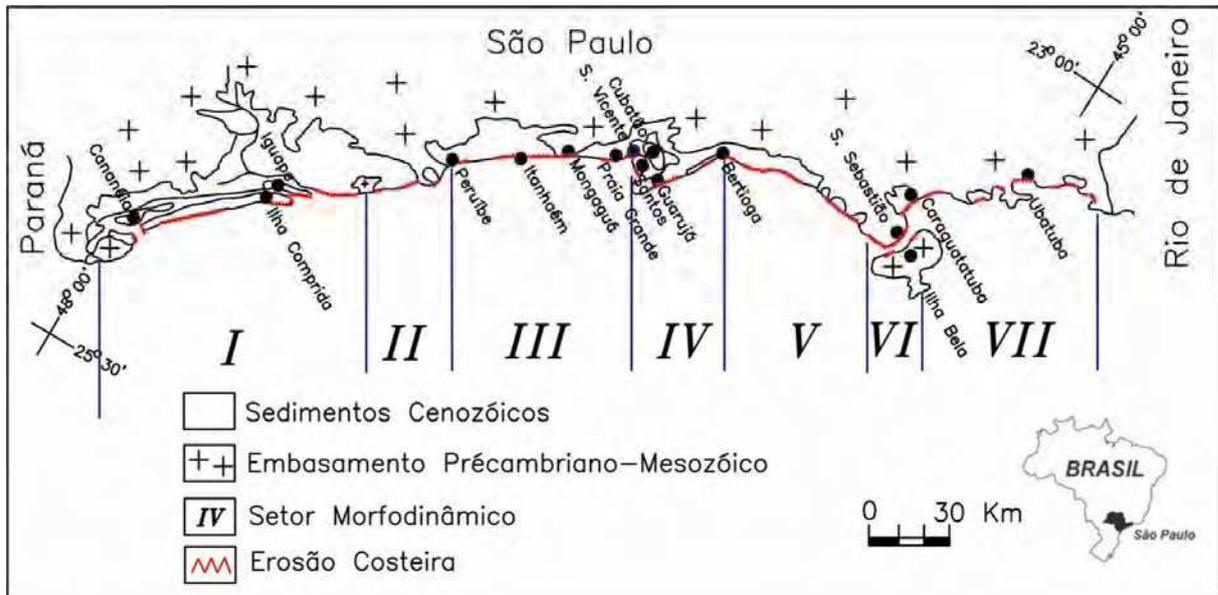


Figura 49 - Praias com indícios de erosão costeira no estado de São Paulo.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 50 - Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).  
Fonte: SOUZA, 2009.

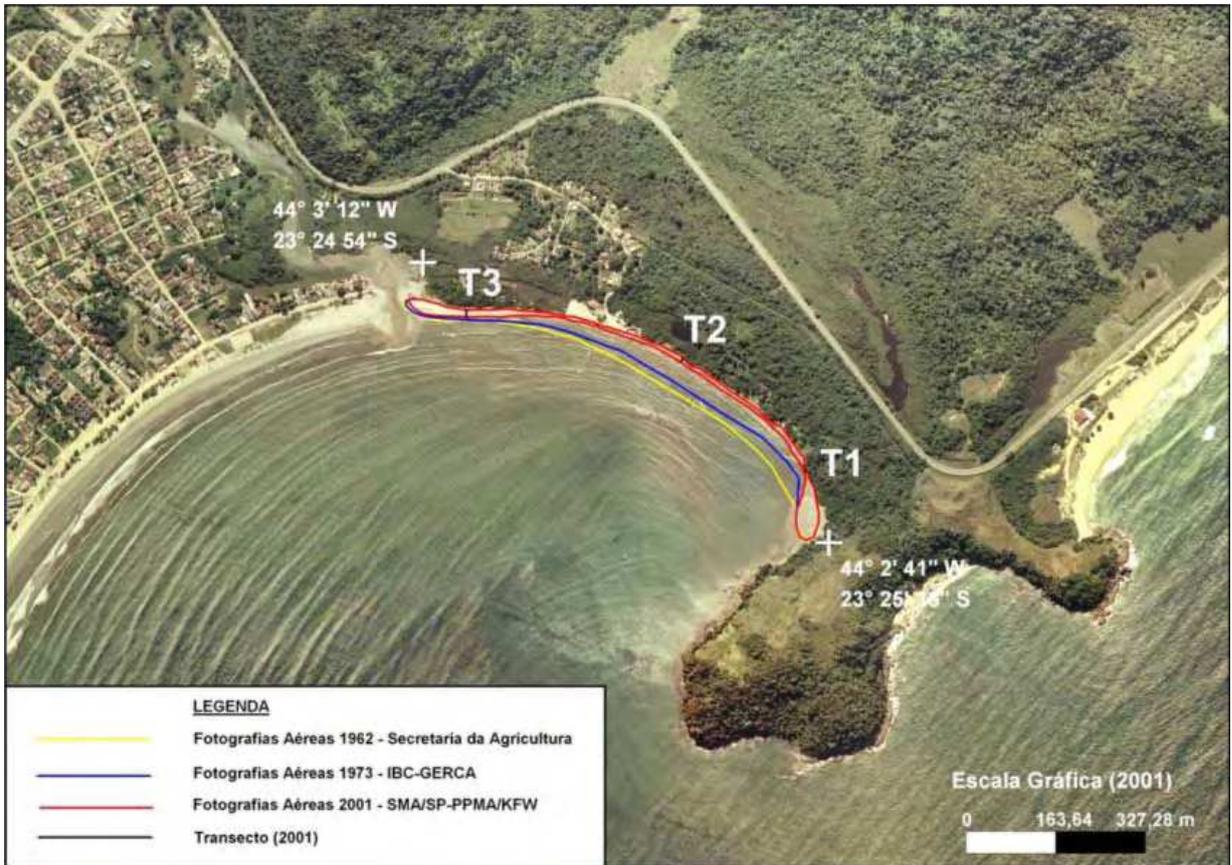


Figura 51 - Retrogradação (recoo) geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 52 - Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 53 - Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 54 - Destruição de faixas frontais de vegetação de restinga ou de manguezal, presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 55 - Exumação e erosão de terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, depósitos paleolagunares sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais.  
Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 56 - Frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica, formados por camadas sucessivas de aterros erodidos soterradas por camadas de areia praias / dunares.

Fonte: SOUZA, 2009.



Figura 57 - Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, a face litorânea e/ou a zona de surfe

Fonte: SOUZA, 2009



Figura 58 - Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de 200 a 600 cm, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno

Fonte: SOUZA, 2009



Figura 59 - Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas.  
Fonte: SOUZA, 2009.

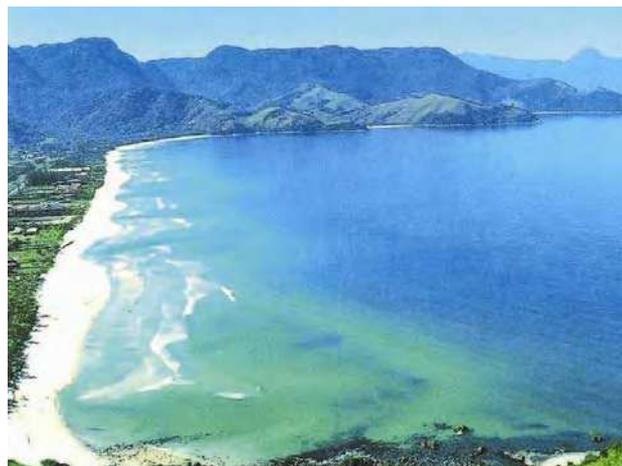


Figura 60 - Desenvolvimento de embaixamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em locais mais ou menos fixos da linha de costa.  
Fonte: SOUZA, 2009.

A Figura 61 mostra o risco de erosão costeira nas praias no litoral norte paulista.

Segundo Souza (2009) de 2001 para 2007, 16 praias do Litoral Norte aumentaram o grau de risco sendo 11 praias de Ubatuba, 3 praias de Caraguatatuba e 2 praias de São Sebastião.

Os riscos de erosão costeira nas praias do Litoral Norte de São Paulo estão classificados como:

- Risco Muito Alto (22,4%) e Alto (24,3%) - praias particularmente vulneráveis que estão sob forte ameaça e requerem ações imediatas tais como realocações, remoções, recuperação de praias e dunas frontais;
- Risco Moderado (27,5%) - praias que requerem atenção, com intuito de impedir a piora do estado e,
- Risco Baixo (22,4%) e Muito Baixo (3,4%) - praias comparativamente mais seguras de danos, sendo necessário conservar o estado de preservação das mesmas.

Com a elevação do nível médio do mar as praias tenderão a diminuir as suas larguras atuais, seja pela inundação ou erosão costeira muitas vezes provocada por ciclones extratropicais, furacões ou fortes ressacas com ventos fortes que elevam o nível dos mares. Caso essa elevação torne-se definitiva de 100 cm a 150 cm, o que hoje acontece nesses fenômenos anômalos poderá se tornar algo normal daqui alguns anos, causando perda das áreas de praias, restingas, estuários e manguezais, e danos incalculáveis ao meio ambiente. A Tabela 2 apresenta as praias do Litoral Norte de São Paulo com riscos a erosão costeira.

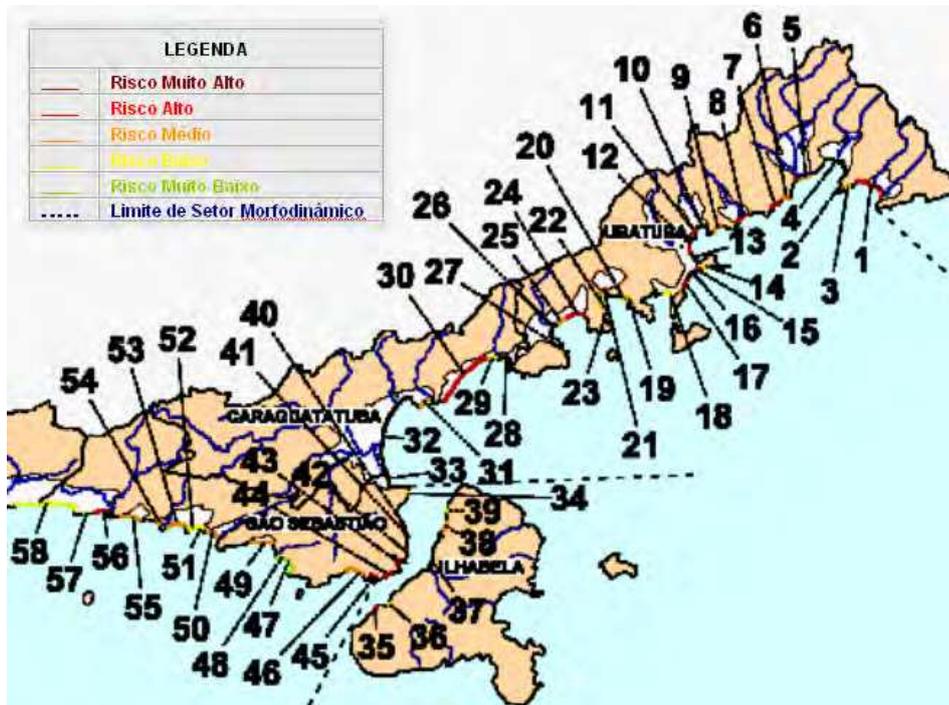


Figura 61 – Praias com risco a erosão costeira no litoral norte de São Paulo.  
Fonte: SOUZA, 2009

Tabela 2 – Praias com risco a erosão costeira no Litoral Norte de São Paulo.

PRAIA	NOME DA PRAIA	MUNICÍPIO	RISCO	PRAIA	NOME DA PRAIA	MUNICÍPIO	RISCO
1	Fazenda	Ubatuba	Alto	30	Massaguaçu	Caraguatatuba	Muito Alto
2	Almada	Ubatuba	Médio	31	Martim de Sá	Caraguatatuba	Médio
3	Brava da Almada	Ubatuba	Baixo	32	Centro	Caraguatatuba	Muito Alto
4	Ubatumirim	Ubatuba	Muito Alto	33	Enseada	São Sebastião	Muito Alto
5	Puruba	Ubatuba	Médio	34	Cigarras	São Sebastião	Baixo
6	Prumirim	Ubatuba	Médio	35	Curral	São Sebastião	Alto
7	Félix	Ubatuba	Alto	36	Praia Grande	São Sebastião	Baixo
8	Itamambuca	Ubatuba	Alto	37	Perequê	São Sebastião	Muito Alto
9	Vermelha do Norte	Ubatuba	Médio	38	Berreiros	São Sebastião	Médio
10	Barra Seca	Ubatuba	Muito Alto	39	Armação	São Sebastião	Baixo
11	Perequê-Açu	Ubatuba	Alto	40	São Francisco	São Sebastião	Muito Alto
12	Iperoig	Ubatuba	Alto	41	Pontal da Cruz	São Sebastião	Muito Alto
13	Itaguá	Ubatuba	Muito Alto	42	Cidade	São Sebastião	Alto
14	Vermelha do Sul	Ubatuba	Alto	43	Conchas	São Sebastião	Alto
15	Tenório	Ubatuba	Baixo	44	Balneário	São Sebastião	Alto
16	Praia Grande	Ubatuba	Muito Alto	45	Baraqueçaba	São Sebastião	Alto
17	Toninhas	Ubatuba	Alto	46	Guaecá	São Sebastião	Médio
18	Enseada	Ubatuba	Baixo	47	Toque-Toque Pequeno	São Sebastião	Muito Alto
19	Lázaro	Ubatuba	Médio	48	Santiago	São Sebastião	Muito Alto
20	Domingos Dias	Ubatuba	Baixo	49	Maresias	São Sebastião	Médio
21	Dura	Ubatuba	Médio	50	Boiçucanga	São Sebastião	Médio
22	Vermelha da Fortaleza	Ubatuba	Baixo	51	Camburizinho	São Sebastião	Baixo
23	Fortaleza	Ubatuba	Muito Alto	52	Cambury	São Sebastião	Baixo
24	Lagoinha	Ubatuba	Alto	53	Bafeia	São Sebastião	Médio
25	Sapé	Ubatuba	Médio	54	Sahy	São Sebastião	Médio
26	Maranduba	Ubatuba	Muito Alto	55	Juquety	São Sebastião	Médio
27	Caçandoca	Ubatuba	Baixo	56	Uma	São Sebastião	Alto
28	Tabatinga	Caraguatatuba	Muito Alto	57	Juréia	São Sebastião	Baixo
29	Mococa	Caraguatatuba	Médio	58	Boracéia	S. Sebastião/Bertioga	Baixo

Fonte: SOUZA, 2009

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo, município de Ubatuba, São Paulo.

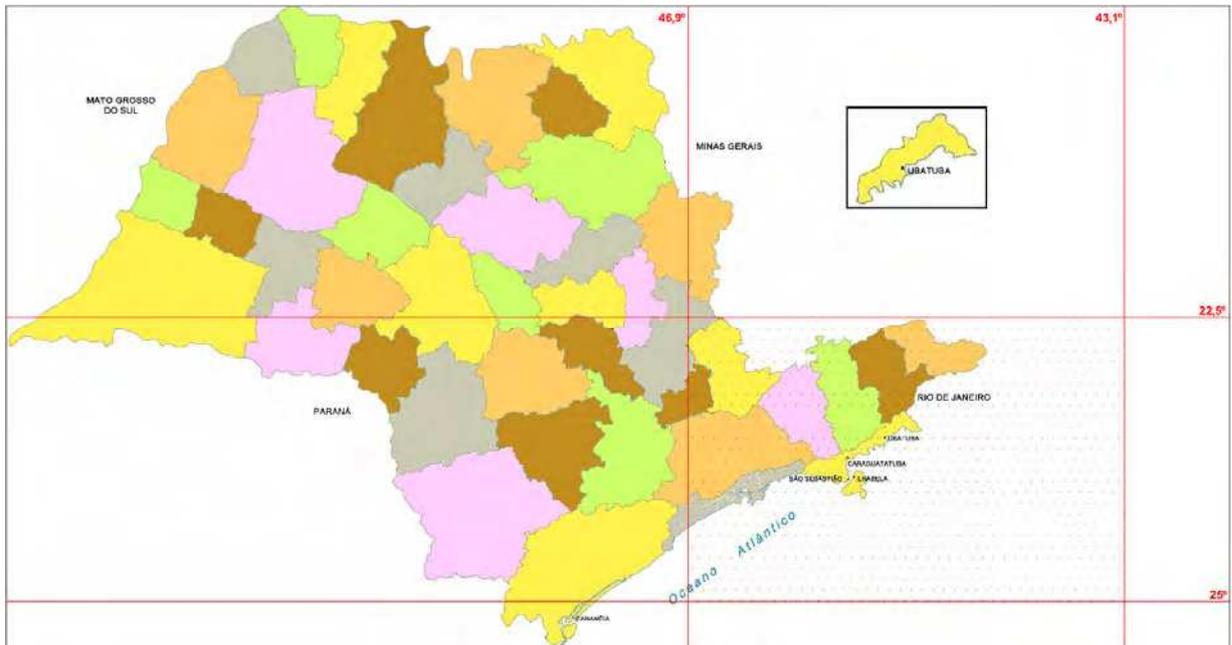


Figura 62 - Mapa de São Paulo com retângulo de influência do ponto da grade escolhido e ênfase no município de Ubatuba / SP  
Fonte: Adaptado de IGC, 2009

A área de estudo compreende o município de Ubatuba, situado há cerca de 248 km da capital do Estado de São Paulo, com latitude  $23^{\circ} 26' 15''$  S e longitude  $45^{\circ} 03' 45''$  W. Esta cidade que foi fundada em 28 de outubro de 1637, está situada no estado de São Paulo, com área de 712,12 km<sup>2</sup> e população de 75.008 habitantes (Censo 2000, IBGE 2007), com uma densidade demográfica de 93,4 hab/km<sup>2</sup>. O clima é tropical úmido, com ventos dominantes de sul e sudeste, com temperatura média de 24°C e pluviosidade anual de 2400 mm. Trata-se de uma planície litorânea com altitude de 3 metros e esta relacionada com a interação oceano-continente, constituindo como formas de relevo do tipo planícies de mangue, planícies marinhas, flúvio marinhas, terraços marinhos, cordões arenosos, campos de dunas, planícies flúvio lacustre marinhas. A cobertura vegetal é também diversificada, ocorrendo formações de gramíneas e formações arbustivas e arbóreas das matas de restinga, com níveis de vulnerabilidade á erosão altos, devido à declividade e a formação dos solos (IPT, 2000).

A planície costeira é caracterizada por ambiente extremamente frágil, uma vez situa-se entre a escarpa da Serra do Mar e o oceano. Porém, a biodiversidade é muito rica, são áreas de grande importância ambiental, tanto que 70% do seu território são áreas de preservação permanente – APP, devido à criação do Parque Estadual da Serra do Mar, mais precisamente do Núcleo Picinguaba.

O clima na região de Ubatuba é sazonal tropical úmido e a temperatura média anual não apresenta grandes variações ao longo do ano, os valores médios mensais oscilam de 19,5°C (junho) a 25,9°C (fevereiro). As amplitudes máximas anuais são de 26,6°C e mínimas de 19,6°C (INSTITUTO FLORESTAL, 2005).

A população é predominantemente urbana, com economia voltada principalmente ao turismo devido as suas áreas de praia. No entanto essa atividade foi identificada como sendo fortemente sazonal, com as maiores demandas durante as temporadas de verão (dezembro a fevereiro) e inverno (julho), e também durante os finais de semana e feriados prolongados, quando a população local se multiplica de 3 a 5 vezes (POLETTI, 2008).

#### 4.1 PRAIAS DO MUNICÍPIO DE UBATUBA, SÃO PAULO.

As praias que compõem o município estão descritas na Tabela 3, bem como sua localização geográfica na Figura 63. As praias que serão analisadas com relação ao aumento do nível médio do mar (seção 5.3) estão destacadas na Figura 63 (em amarelo) e na Tabela 3 (em negrito).

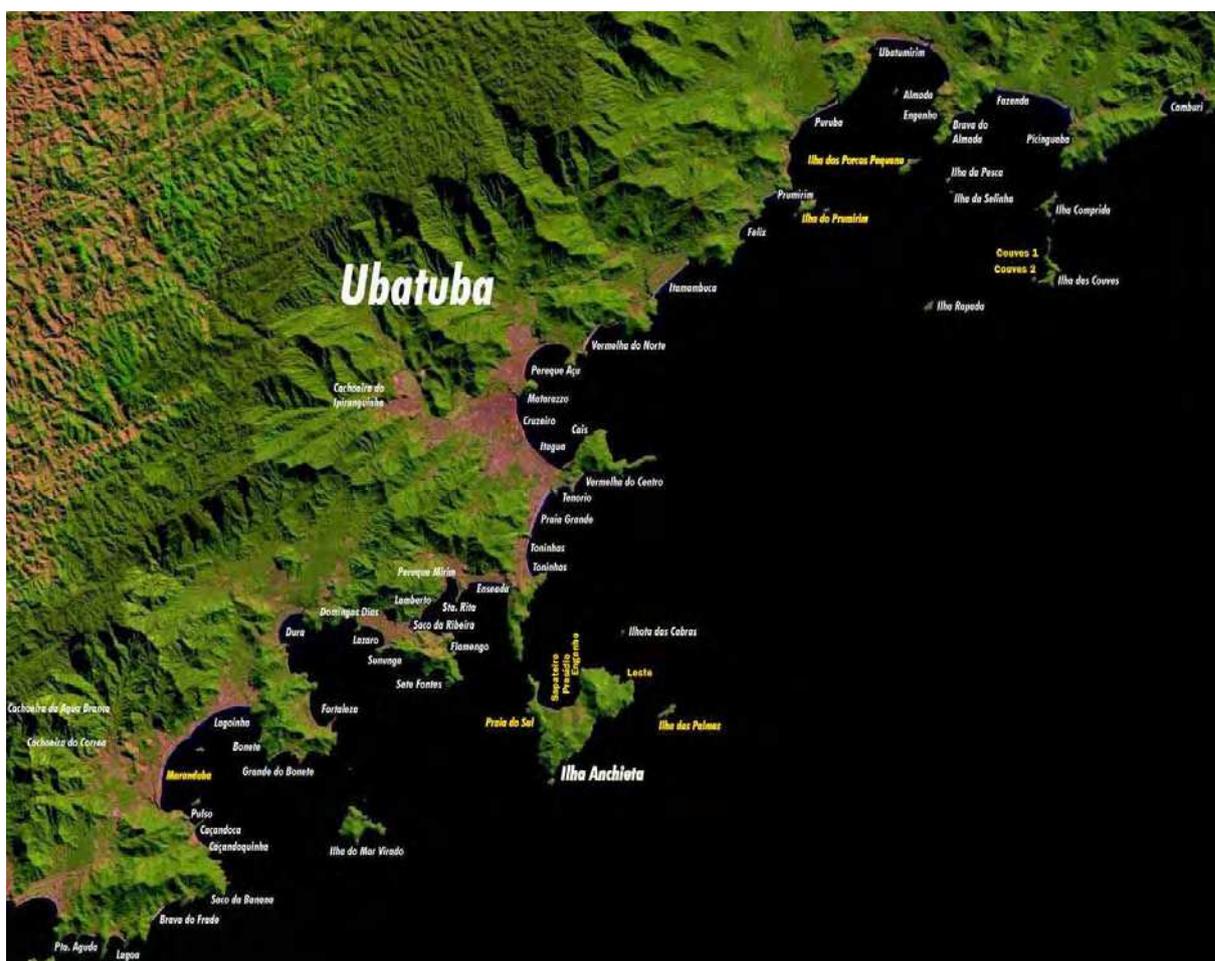


Figura 63 - Imagem de satélite das cidades de Ubatuba e suas praias.  
Fonte: Adaptado de Imagem, 2009.

Tabela 3 – Praias de Ubatuba com suas extensões e larguras.

<b>PRAIAS</b>	Camburi	Ilha Comprida	<b>Couves 1</b>	<b>Couves 2</b>
<b>EXTENSÃO</b>	50.000 cm	80.000 cm	<b>17.680 cm</b>	<b>17.125 cm</b>
<b>LARGURA</b>	2.850 cm	300 cm	<b>1.600 cm</b>	<b>1.000 cm</b>
<b>PRAIAS</b>	Fazenda	Brava da Almada	Ilha da Pesca	Ilha da Selinha
<b>EXTENSÃO</b>	300.000 cm	5.000 cm	25.374 cm	14.017 cm
<b>LARGURA</b>	3.907 cm	3.705 cm	1.100 cm	1.000 cm
<b>PRAIAS</b>	<b>Engenho</b>	<b>Porcos</b>	Almada	Ubatumirim
<b>EXTENSÃO</b>	<b>35.203 cm</b>	<b>16.665 cm</b>	30.000 cm	380.000 cm
<b>LARGURA</b>	<b>1400 cm</b>	<b>5.600 cm</b>	1.510 cm	2.664 cm
<b>PRAIAS</b>	Puruba	Prumirim	<b>Ilha do Prumirim</b>	Félix
<b>EXTENSÃO</b>	170.000 cm	100.000 cm	<b>25.500 cm</b>	110.000 cm
<b>LARGURA</b>	1.418 cm	4.820 cm	<b>5.600 cm</b>	3.058 cm
<b>PRAIAS</b>	Itamambuca	Vermelha do Norte	Perequeaçu	Matarazzo
<b>EXTENSÃO</b>	250.000 cm	120.000 cm	180.000 cm	6.133 cm
<b>LARGURA</b>	2.641 cm	2.917 cm	2.471 cm	592 cm
<b>PRAIAS</b>	Iperoig - Cruzeiro	Itaguá	Cais	Vermelha do Centro
<b>EXTENSÃO</b>	150.000 cm	190.000 cm	5.843 cm	75.000 cm
<b>LARGURA</b>	1.824 cm	1.096 cm	850 cm	2.910 cm
<b>PRAIAS</b>	Tenório	Grande	Toninhas	Ilha das Cabras
<b>EXTENSÃO</b>	50.000 cm	180.000 cm	160.000 cm	16.156 cm
<b>LARGURA</b>	2.321 cm	2.253 cm	2.871 cm	1.000 cm
<b>PRAIAS</b>	<b>Palmas</b>	<b>Presídio (Ilha de Anchieta)</b>	<b>Sul (Ilha de Anchieta)</b>	Enseada
<b>EXTENSÃO</b>	<b>53.785 cm</b>	<b>10.000 cm</b>	<b>40.000 cm</b>	160.000 cm
<b>LARGURA</b>	<b>1200 cm</b>	<b>3.000 cm</b>	<b>1.200 cm</b>	1.553 cm
<b>PRAIAS</b>	Picinguaba	<b>Sapateiro (Ilha de Anchieta)</b>	<b>Leste (Ilha de Anchieta)</b>	<b>Maranduba</b>
<b>EXTENSÃO</b>	40.000 cm	<b>39.528 cm</b>	<b>25.687 cm</b>	<b>32.917 cm</b>
<b>LARGURA</b>	1.524 cm	<b>3.000 cm</b>	<b>4.000 cm</b>	<b>4.000 cm</b>
<b>PRAIAS</b>	Santa Rita	Perequemirim	Lamberto	Saco da Ribeira
<b>EXTENSÃO</b>	30.000 cm	50.000 cm	30000 cm	180.000 cm
<b>LARGURA</b>	1.883 cm	1.466 cm	300 cm	680 cm
<b>PRAIAS</b>	Flamengo	Sete Fontes	Sununga	Lázaro
<b>EXTENSÃO</b>	45.000 cm	40.000 cm	20.000 cm	20.000 cm
<b>LARGURA</b>	1.119 cm	1.739 cm	2.364 cm	1.773 cm
<b>PRAIAS</b>	Domingos Dias	Dura	Fortaleza	Ilha do Mar Virado
<b>EXTENSÃO</b>	50.000 cm	856.000 cm	100.000 cm	49.873 cm
<b>LARGURA</b>	2.891 cm	3.710 cm	1.930 cm	1.200 cm
<b>PRAIAS</b>	Grande do Bonete	Bonete	Lagoinha	Pulso
<b>EXTENSÃO</b>	60.000 cm	15.000 cm	290.000 cm	30.000 cm
<b>LARGURA</b>	2.656 cm	2.390 cm	3.405 cm	2.034 cm
<b>PRAIAS</b>	Cassandoca	Cassandoquinha	Saco da Banana	Brava do Frade
<b>EXTENSÃO</b>	80.000 cm	10.000 cm	47.085 cm	80.000 cm
<b>LARGURA</b>	1.906 cm	1.935 cm	5.170 cm	1.929 cm
<b>PRAIAS</b>	Lagoa	Ponta Aguda		
<b>EXTENSÃO</b>	70.000 cm	70.000 cm		
<b>LARGURA</b>	2.293 cm	1.822 cm		

Fonte: Adaptado da Prefeitura do município de Ubatuba / SP.

## 4.2 DADOS METEOROLÓGICOS GLOBAIS DA TEMPERATURA DO AR

Para as análises dos cenários futuros foram utilizados dados mensais da temperatura do ar entre os anos de 1950 e 2099, fornecidos pelo Dr. José Antônio Marengo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e calculados pelo modelo HadCM3.

O modelo HadCM3 foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Hadley Center pelo Serviço Meteorológico Britânico (United Kingdom Meteorological Office) e é um modelo acoplado oceano-atmosfera (AOGCMs), possuindo as seguintes características: a componente atmosférica tem 19 níveis na vertical com uma resolução espacial de 2,5° de latitude e 3,75° de longitude, produzindo uma grade global de 96 x 73 células, equivalente a uma resolução de superfície de 417 km x 278 km na linha do Equador, reduzindo para 295 km x 278 km a 45° de latitude. A componente oceânica do HadCM3 tem 20 níveis com uma resolução horizontal de 1,25° de latitude e 1,25° de longitude (MARENGO, 2006). Os principais processos de transferência de energia (radiação, convecção, transporte por nuvens, turbulências, etc) são incorporados neste modelo. O intervalo de tempo é de 30 minutos para a componente atmosférica e de 1 hora para a parte oceânica. A Figura 64 apresenta o retângulo de influência do ponto da grade escolhido.

Devido às características não lineares do comportamento da atmosfera, pequenos erros de condição inicial tendem a aumentar com o período de integração, o que faz com que as previsões de tempo tenham um limite superior de integração, na ordem de 15 dias. As previsões climatológicas possuem uma característica diferente das previsões de tempo (previsões meteorológicas) e permitem integrações longas (centenas de anos, por exemplo).

Segundo Marengo (2006) os cenários de emissão representam uma visão possível do desenvolvimento futuro de emissões de gases de efeito estufa (cujo efeito principal é o de aquecer a atmosfera) e de aerossóis (de resfriar a atmosfera), que têm efeito radiativo potencial. Estes cenários são baseados numa combinação coerente e internamente consistente de elevações sobre forçamentos controladores, como demografia, desenvolvimento socioeconômico e mudanças tecnológicas.



Figura 64 - Mapa do Brasil com retângulo de influência do ponto da grade escolhido.  
Fonte: Adaptado de Geocities, 2009.

Para avaliar as possíveis mudanças climáticas no município de Ubatuba foram feitas análises dos dados de simulação climática das médias mensais de temperatura do ar, referentes às saídas do modelo HadCM3, para os cenários A2 e B1 de crescimento populacional e econômico. Estes dados estão disponíveis no período de 1950 a 2099, sendo que até o ano de 1990 são dados simulados e comparados com observações, bem como se mantendo a concentração de gases do efeito estufa a

níveis observados. A partir desta data, os dados são simulações climáticas considerando-se os dois cenários, A2 - cenário pessimista (alta emissão de GEE), e o B1 - cenário otimista (baixa emissão de GEE). Vale salientar que esses cenários são os utilizados pelos relatórios de impacto climático do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas.

Segundo Marengo (2006) existem fontes de incertezas na modelagem de clima para obter projeções de clima futuro em nível global ou regional. Na atual geração de modelos usados pelo IPCC, devem ser considerados os seguintes processos, a saber:

- Incerteza nas emissões futuras de gases de efeito estufa e aerossóis, e das atividades vulcânicas e solares que afetam o forçamento radiativo do sistema climático;
- Incerteza na inclusão de efeitos diretos do aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico nas plantas, e do efeito do comportamento das plantas no clima futuro, e
- Incertezas na sensibilidade do clima global e nos padrões regionais das projeções do clima futuro simulado pelos modelos, devido às diferentes formas que cada AOGCM representa os processos físicos e os mecanismos do sistema climático.

Inicialmente foram calculados os valores médios para intervalos de 10 anos (décadas), visando analisar a variabilidade da atmosfera nesta escala de tempo (variabilidade decadal). Posteriormente, foram calculados a estatística (aumento da temperatura, valor médio, valores extremos de máximos e mínimos, amplitude térmica e desvio padrão) para as estações do ano e para cada mês, visando analisar a variabilidade na escala de tempo sazonal. Para tanto foram produzidos figuras e tabelas para facilitar a interpretação dos dados e resultados.

#### **4.3 DADOS DAS MEDIÇÕES DO NÍVEL MÉDIO DO MAR**

Foram obtidos dados das séries de medições no período de 1954 a 1993 da Base de Medições de Ubatuba e de 1954 a 2006 da Base de Medições de Cananéia, ambas do Programa GLOSS Brasil, que trata-se da continuação das medições do nível do mar

em escala global agora amparada em programas da COI/UNESCO. Com recursos da CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) foi estabelecido em 2004 o Plano de Implementação do Programa GLOSS Brasil, junto a Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.

Mediante os dados fornecidos pelo sistema GLOSS foram produzidos um ajuste de curvas para os dados de Ubatuba e traçado uma linha de tendência futura com o intuito de facilitar a interpretação dos dados e a projeção de simulações futuras da elevação do Nível Médio do Mar até o ano de 2100.

As estações de medição do nível do mar, constantes desse plano estão indicadas na Figura 65, que contém não apenas as estações do GLOSS, mas outras estações permanentes mantidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), do Ministério dos Transportes, pela Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e pela Universidade de São Paulo. (MESQUITA, 2007).

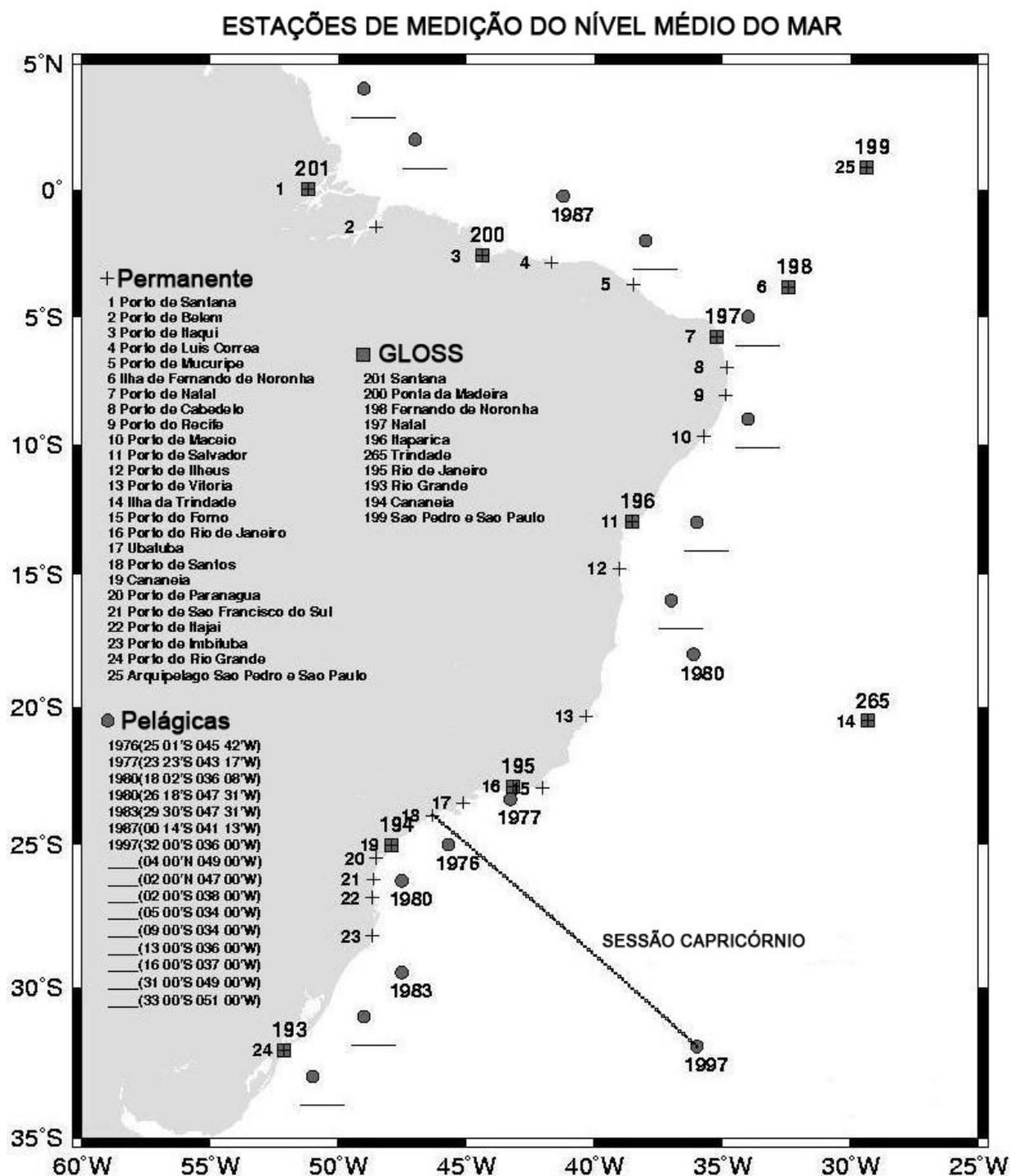


Figura 65 - As posições das estações permanentes, pelágicas e do GLOSS (até 2002) de medição do nível médio do mar na costa brasileira. A sessão capricórnio é projetada fazer medições até o fundo oceânico, ser ocupada a cada ano e ter bóia meteorológica/oceanográfica na sua posição mais ao largo. Fonte: Adaptado de MESQUITA, 2007.

#### **4.4 ESTUDO DO IMPACTO DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR SOBRE AS PRAIAS INSULARES DE UBATUBA**

Poletto (2008) realizou um estudo detalhado dos perfis topográficos de algumas praias insulares no município de Ubatuba, os quais serão aproveitados neste trabalho, visando estimar os possíveis impactos.

As imagens (POLETTTO, 2008) foram escaneadas, importadas para o software CAD (Computer Aided Design), e sobre as linhas dos gráficos das imagens foram traçadas novas linhas, reproduzindo os gráficos em escala, posteriormente foram traçados as estimadas projeções futuras para elevação do nível médio do mar para os anos de 2050 e 2100 no município de Ubatuba, prontas às projeções no software elas foram plotadas no formato png e importadas para a dissertação como imagens.

Considerando as variações topográficas devido a sazonalidade das praias entre as estações do ano de verão e inverno levantadas por Poletto (2008) foram plotados sobre os perfis de 11 praias as estimativas para possível elevação do nível médio do mar para o município de Ubatuba para os anos de 2050 e 2100.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 SÉRIE TEMPORAL (ANUAL) DA TEMPERATURA DO AR.

A Tabela 4 mostra os valores calculados das médias anuais de temperatura para o período de 1950 a 2099 com intervalos de 10 em 10 anos para o cenário A2 (pessimista), onde se pode analisar a variabilidade climática e constatar o conseqüente aumento da temperatura do ar no passar dos anos, nos períodos de 1950 a 1999, 2000 a 2049 e 2050 a 2099. A temperatura média varia de um valor de 17,9°C na década de 1950 a 1959, para um valor de 23,2°C na década de 2090 a 2099, representando um aumento de 5,3°C. A temperatura máxima aumenta de um valor de 24,5°C para um valor de 28,2°C (com uma variação de 3,7°C), se considerar a década anterior (de 2080 a 2089), a temperatura atinge um valor ainda mais alto (de 30,7°C). Obviamente existe uma certa variabilidade (representada pelo desvio padrão), mas que diminui com o tempo, passando de 3,3°C nos anos 50 do século XX para um valor de 2,7°C ao final do século XXI. A amplitude térmica diminuiu de 14,8°C na década de 1950 a 1959 para um valor de 13,8°C entre 2090 a 2099. O maior aumento na variável temperatura do ar está associada à temperatura mínima, que aumenta de 9,7°C na década de 1950 a 1959 para um valor de 14,4°C na década de 2090 a 2099, representando 4,7°C de aumento.

Dufek e Ambrizzi (2005), usando dados oriundos de estações meteorológicas urbanas e rurais no estado de São Paulo no período de 1955 a 2002, mostraram um aumento generalizado das temperaturas mínimas. Os dados aqui apresentados concordam com estes resultados, não só os dados característicos do passado, como também os dados futuros. Portanto, pode-se imaginar que o fenômeno de noites mais quentes irá se acentuar.

Além da variação interanual (ciclo anual) da temperatura do ar ao longo do período (Tabela 4 para o cenário A2 e Tabela 9 para o cenário B1), as variações do ciclo intrasazonal (estações do ano) também foram calculadas e estão apresentadas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 para o cenário A2 e Tabelas 10, 11, 12 e 13 para o cenário B1). Em relação às temperaturas médias, os períodos de outono e inverno apresentam as maiores variações, atingindo um aumento da ordem de 5,0 a 6,0°C para o cenário A2.

Para o cenário B1, embora o inverno também apresente a maior variação, os valores de aumento da temperatura são mais homogeneizados entre as estações do ano (da ordem de 3,0 a 4,0°C). No caso específico da temperatura mínima, que parece ser o grande indicador do aumento das temperaturas do ar, os aumentos dos valores nas épocas de outono e inverno são maiores do que nos períodos de primavera e verão. Para o cenário A2, o aumento chega a ser de 6,7°C nos trimestres de outono e inverno, decrescendo para um valor entre 4,5 e 5,3°C, respectivamente, para o cenário B1.

Tabela 4 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a temperatura média anual para o cenário A2 (pessimista).

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959	17,9	24,5	9,7	14,8	3,3
1960-1969	17,8	23,5	10,2	13,3	3,4
1970-1979	18,2	22,9	11,0	11,9	3,1
1980-1989	18,1	23,7	10,9	12,8	3,3
1990-1999	18,3	23,4	10,3	13,1	3,3
2000-2009	18,3	24,1	11,3	12,8	3,1
2010-2019	18,3	23,4	11,2	12,2	3,3
2020-2029	18,9	23,4	11,1	12,3	3,2
2030-2039	19,4	24,6	11,5	13,1	3,2
2040-2049	19,8	24,8	12,0	12,8	3,1
2050-2059	20,6	28,2	12,7	15,5	3,0
2060-2069	21,5	30,0	13,2	16,8	3,2
2070-2079	21,6	26,4	15,0	11,3	2,8
2080-2089	22,9	30,7	14,0	16,7	3,0
2090-2099	23,2	28,2	14,4	13,8	2,7

Tabela 5 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a primavera, para o cenário A2 (pessimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959	19,8	24,5	16,0	8,4	1,7
1960-1969	19,8	23,5	16,1	7,5	1,7
1970-1979	19,6	21,8	16,4	5,5	1,6
1980-1989	19,7	23,0	15,5	7,5	1,8
1990-1999	20,2	22,8	15,7	7,1	1,6
2000-2009	20,0	24,1	14,6	9,6	1,5
2010-2019	20,1	23,4	16,2	7,2	1,7
2020-2029	20,9	23,4	17,4	6,0	1,5
2030-2039	21,2	24,6	18,0	6,7	1,4
2040-2049	21,5	24,8	16,5	8,2	1,5
2050-2059	22,4	28,2	18,9	9,3	1,8
2060-2069	23,4	30,0	18,3	11,7	2,3
2070-2079	23,5	26,4	20,7	5,6	1,5
2080-2089	24,8	30,7	19,2	11,5	2,5
2090-2099	25,0	28,2	21,1	7,0	1,7

Tabela 6 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o verão, para o cenário A2 (pessimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959	20,8	24,5	18,4	6,0	0,9
1960-1969	20,8	23,5	18,7	4,9	1,0
1970-1979	20,9	22,9	19,4	3,5	0,9
1980-1989	21,1	23,7	18,5	5,2	1,0
1990-1999	21,1	23,4	19,1	4,4	0,9
2000-2009	20,9	22,7	19,0	3,7	1,0
2010-2019	21,1	23,4	19,5	3,9	0,9
2020-2029	21,5	23,2	19,2	4,0	0,9
2030-2039	21,8	23,5	19,2	4,4	1,1
2040-2049	22,2	24,8	19,6	5,2	1,0
2050-2059	22,7	24,6	20,8	3,8	0,8
2060-2069	23,5	25,4	21,2	4,3	1,0
2070-2079	23,6	25,4	21,7	3,7	0,9
2080-2089	24,7	26,8	22,5	4,2	1,1
2090-2099	24,7	27,8	22,5	5,3	1,2

Tabela 7 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o outono para o cenário A2 (pessimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959	16,4	21,2	9,7	11,5	3,1
1960-1969	16,3	21,6	10,2	11,4	3,2
1970-1979	16,8	21,8	11,0	10,8	3,2
1980-1989	16,5	21,6	11,9	9,7	3,1
1990-1999	16,5	21,6	10,3	11,3	3,3
2000-2009	16,5	21,3	11,7	9,6	2,8
2010-2019	16,7	21,7	11,2	10,5	3,2
2020-2029	17,1	22,0	11,1	10,9	3,2
2030-2039	17,8	23,5	11,5	12,0	3,2
2040-2049	18,2	23,0	12,0	11,0	3,0
2050-2059	19,2	24,6	13,0	11,6	3,1
2060-2069	19,8	24,8	13,9	10,9	2,6
2070-2079	20,0	24,4	15,0	9,3	2,7
2080-2089	21,3	25,6	14,0	11,6	2,6
2090-2099	21,6	26,7	16,3	10,4	2,4

Tabela 8 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o inverno para o cenário A2 (pessimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959	14,8	21,5	9,7	11,8	2,9
1960-1969	14,7	20,7	10,2	10,5	3,0
1970-1979	15,3	20,1	11,0	9,1	2,6
1980-1989	15,0	21,2	10,9	10,4	2,6
1990-1999	15,6	22,3	10,3	12,0	3,1
2000-2009	16,1	24,1	11,3	12,8	3,2
2010-2019	15,1	22,4	11,2	11,2	2,9
2020-2029	16,2	23,4	11,1	12,3	3,1
2030-2039	16,6	23,3	11,5	11,8	3,3
2040-2049	17,1	24,8	12,0	12,8	3,2
2050-2059	18,3	28,2	12,7	15,5	3,3
2060-2069	19,1	28,8	13,2	15,6	3,4
2070-2079	19,8	26,4	15,0	11,3	3,3
2080-2089	21,0	29,2	14,0	15,2	3,2
2090-2099	21,5	26,1	14,4	11,8	2,8

Analisando a estimativa de aumento da temperatura do ar nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, pode-se observar que as estações do ano estão perdendo suas características como é o caso do verão que tem suas temperaturas máximas superadas pelo inverno e pela primavera, e o inverno tem a sua temperatura mínima semelhante ao outono, sendo que toda essa variabilidade acaba provocando mudanças climáticas e interferindo no desenvolvimento de muitas espécies.

A Tabela 9 mostra os valores estimados das médias anuais de temperatura para o período de 1950 a 2099 com intervalos de 10 em 10 anos para o cenário B1 (otimista), onde se pode analisar a variabilidade climática e constatar o conseqüente aumento da temperatura do ar no passar dos anos, nos períodos de 1950 a 1999, 2000 a 2049 e 2050 a 2099.

Tabela 9 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a temperatura média anual, para o cenário B1 (otimista)

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959	17,9	24,5	9,7	14,8	3,3
1960-1969	17,8	23,5	10,2	13,3	3,4
1970-1979	18,2	22,9	11,0	11,9	3,1
1980-1989	18,1	23,7	10,9	12,8	3,3
1990-1999	18,1	24,4	9,5	14,9	3,3
2000-2009	18,5	22,7	10,6	12,1	3,2
2010-2019	18,6	23,3	11,5	11,9	3,1
2020-2029	19,1	28,1	11,5	16,6	3,3
2030-2039	19,6	24,9	12,3	12,5	3,0
2040-2049	19,7	25,8	12,2	13,6	3,2
2050-2059	19,8	25,3	12,3	13,0	3,1
2060-2069	21,0	28,0	13,3	14,7	3,0
2070-2079	21,0	25,6	14,0	11,6	2,8
2080-2089	21,1	25,0	13,8	11,2	2,6
2090-2099	21,3	28,5	13,0	15,5	3,1

Neste cenário a temperatura média varia de um valor de 17,9°C na década de 1950 a 1959, para um valor de 21,3°C na década de 2090 a 2099, representando um aumento de 3,4°C. A temperatura máxima aumenta de um valor de 24,5°C para um valor de 28,5°C (com uma variação de 4,0°C). A variabilidade climática diminui muito pouco ao longo do período, passando de 3,3 °C nos anos 50 do século XX para um valor 3,1°C ao final do século XXI. A amplitude térmica aumenta de 14,8°C na década de 1950 a 1959 para um valor de 15,5°C entre 2090 a 2099. O maior aumento na variável temperatura do ar está associada à temperatura mínima, que aumenta de 9,5°C na década de 1990 a 1999 para um valor de 13,0°C na década de 2090 a 2099, representando aproximadamente 3,5°C de aumento. Ressalta-se de que na década entre 2070 a 2079, a temperatura mínima atingirá um valor superior de 14,0°C.

As médias de temperatura nas estações do ano para o cenário B1, são apresentadas nas Tabelas 10, 11, 12 e 13.

O cenário B1 (otimista) apesar de ser um cenário alinhado com a preservação do meio ambiente a temperatura do ar permanece em constante aumento, sendo que as estações do ano (Tabelas 10, 11, 12 e 13) continuam perdendo suas características. Assim como para o cenário A2 (pessimista) o verão tem suas temperaturas máximas superadas pelo inverno e pela primavera e o inverno tem a sua temperatura mínima

semelhante ao outono. Estes resultados mostram que os extremos estão se acentuando.

Tabela 10 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para a primavera para o cenário B1 (otimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959	19,8	24,5	16,0	8,4	1,7
1960-1969	19,8	23,5	16,1	7,5	1,7
1970-1979	19,6	21,8	16,4	5,5	1,6
1980-1989	19,7	23,0	15,5	7,5	1,8
1990-1999	20,0	24,4	17,2	7,2	1,7
2000-2009	20,1	22,7	17,9	4,8	1,3
2010-2019	20,2	23,3	17,1	6,3	1,4
2020-2029	21,0	28,1	17,3	10,8	2,4
2030-2039	21,3	24,9	17,6	7,3	1,7
2040-2049	21,5	25,8	17,7	8,1	1,6
2050-2059	22,0	25,3	18,9	6,4	1,3
2060-2069	23,0	28,0	20,5	7,5	1,6
2070-2079	22,6	25,0	19,0	6,0	1,3
2080-2089	22,7	25,0	18,5	6,6	1,5
2090-2099	23,5	28,5	18,3	10,2	1,9

Tabela 11 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o verão para o cenário B1 (otimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959	20,8	24,5	18,4	6,0	0,9
1960-1969	20,8	23,5	18,7	4,9	1,0
1970-1979	20,9	22,9	19,4	3,5	0,9
1980-1989	21,1	23,7	18,5	5,2	1,0
1990-1999	20,7	22,5	18,6	3,9	1,0
2000-2009	21,3	22,7	19,4	3,3	0,8
2010-2019	21,4	23,3	19,8	3,5	0,9
2020-2029	21,4	23,0	19,2	3,8	0,8
2030-2039	21,9	24,6	20,8	3,9	0,8
2040-2049	22,0	23,9	20,2	3,6	0,9
2050-2059	22,0	24,0	19,8	4,2	0,9
2060-2069	23,0	26,1	20,6	5,5	1,2
2070-2079	23,2	25,6	20,8	4,8	1,1
2080-2089	22,9	24,7	20,5	4,3	1,0
2090-2099	23,4	25,3	21,8	3,4	0,8

Tabela 12 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o outono para o cenário B1 (otimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959	16,4	21,2	9,7	11,5	3,1
1960-1969	16,3	21,6	10,2	11,4	3,2
1970-1979	16,8	21,8	11,0	10,8	3,2
1980-1989	16,5	21,6	11,9	9,7	3,1
1990-1999	16,2	21,7	9,5	12,2	3,1
2000-2009	17,0	22,1	10,6	11,5	3,4
2010-2019	16,9	21,6	11,6	10,1	2,9
2020-2029	17,4	22,3	11,7	10,6	2,9
2030-2039	18,2	22,8	12,3	10,4	2,7
2040-2049	18,2	23,4	12,2	11,1	3,2
2050-2059	17,8	23,0	12,3	10,7	3,0
2060-2069	19,5	24,3	13,3	10,9	2,8
2070-2079	19,6	24,3	14,6	9,7	2,7
2080-2089	19,8	24,7	13,8	10,9	2,6
2090-2099	19,6	24,3	14,2	10,2	2,9

Tabela 13 - Valores Estatísticos (temperatura média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para o inverno para o cenário B1 (otimista)

ANOS	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959	14,8	21,5	9,7	11,8	2,9
1960-1969	14,7	20,7	10,2	10,5	3,0
1970-1979	15,3	20,1	11,0	9,1	2,6
1980-1989	15,0	21,2	10,9	10,4	2,6
1990-1999	15,2	24,4	9,5	14,9	3,3
2000-2009	15,6	20,5	10,6	9,9	3,0
2010-2019	16,0	22,2	11,5	10,7	3,0
2020-2029	16,4	25,4	11,5	13,8	3,3
2030-2039	17,1	24,9	12,3	12,5	2,8
2040-2049	17,2	25,8	12,2	13,6	3,4
2050-2059	17,7	25,3	12,3	13,0	3,6
2060-2069	18,7	28,0	13,3	14,7	3,3
2070-2079	18,8	23,6	14,0	9,6	2,7
2080-2089	19,0	23,9	13,8	10,1	2,6
2090-2099	19,0	28,5	13,0	15,5	3,6

Com base em séries temporais da temperatura global do período de 1950 a 2099 (HadCM3), foi possível fazer, através de cálculos estatísticos, uma estimativa para obtenção do aumento da temperatura do ar nos períodos de 1950 a 1999, 2000 a 2049 e 2050 a 2099, de como a temperatura global se encontrará nos próximos anos. De

forma geral, os cenários climáticos futuros apontam um aumento na temperatura do ar, conforme verificado nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Valores Estatísticos (aumento da temperatura, média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para as temperaturas médias de 1950-1999, 2000-2049 e 2050-2099 anual para o cenário pessimista A2

Anos	Aumento da Temperatura	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950 - 1999	2,7°C	18,0°C	24,4°C	9,7°C	14,7°C	3,26
2000 - 2049	1,6°C	18,9°C	24,7°C	11,1°C	13,6°C	3,24
2050 - 2099	3,0°C	21,9°C	30,6°C	12,7°C	17,9°C	3,08

Para o cenário A2 (pessimista) estima-se um aumento médio na temperatura do ar para os períodos analisados de:

- 1950 a 1999 - aumento médio na temperatura de 0,054°C/ano, o que resulta em um aumento de 2,7°C ao longo do período.
- 2000 a 2049 - aumento médio na temperatura de 0,033°C/ano, o que resulta em um aumento de 1,6°C ao longo do período.
- 2050 a 2099 - aumento médio na temperatura de 0,061°C/ano, o que resulta em um aumento de 3,0°C ao longo do período.

Com base nos valores calculados estima-se um aumento de 3,0°C para o período de 2050 a 2099, quase o dobro do aumento da temperatura estimado para o período de 2000 a 2049. Além disso, tem-se que a temperatura do ar aumentará um valor de aproximadamente 7,3°C de 1950 a 2099 e de 4,6°C entre o início e o final do século XXI.

Tabela 15 - Valores Estatísticos (aumento da temperatura, média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) estimados para as temperaturas médias de 1950-1999, 2000-2049 e 2050-2099 anual para o cenário B1

Anos	Aumento da Temperatura	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950 - 1999	0,7°C	18,0°C	24,4°C	9,4°C	14,9°C	3,27
2000 - 2049	1,2°C	19,0°C	28,0°C	10,6°C	17,4°C	3,17
2050 - 2099	1,5°C	20,8°C	28,4°C	12,3°C	16,1°C	2,98

Para o cenário B1 (otimista) estima-se um aumento médio na temperatura do ar para os períodos analisados de:

- 1950 a 1999 - aumento médio na temperatura de 0,014°C/ano, o que resulta em um aumento de 0,7°C ao longo do período.
- 2000 a 2049 - aumento médio na temperatura de 0,024°C/ano, o que resulta em um aumento de 1,2°C ao longo do período.
- 2050 a 2099 - aumento médio na temperatura de 0,030°C/ano, o que resulta em um aumento de 1,5°C ao longo do período.

Tendo em vista os valores calculados para o cenário B1, onde o aumento da temperatura existe, porém, de forma não tão acentuada como no cenário A2, estima-se um aumento de 3,4°C para o período de 1950 a 2099.

### **5.1.1 SÉRIE TEMPORAL (MENSAL) DA TEMPERATURA DO AR.**

As Tabelas 16 a 19 mostram os valores das médias de temperatura mensais (de janeiro e julho) para o período de 1950 a 2099 a partir dos valores médios dos intervalos de 10 em 10 anos para os cenários A2 (pessimista) e B1 (otimista). Os valores para janeiro (cenário A2 e B1) mostram que a temperatura do ar aumenta de 20,8°C para 24,8°C no cenário A2 e de 20,8°C para 23,6°C no cenário B1. Este aumento ocorre principalmente devido às temperaturas mínimas, que partem de um limiar mínimo de 19,4°C na década de 1950 a 1960 para 23,5°C e 22,4°C nos cenários A2 e B1, respectivamente. As temperaturas máximas atingem 26,0°C e 25,3°C para os cenários A2 e B1, respectivamente.

Os valores para julho (cenário A2 e B1) mostram que a temperatura do ar aumenta de 12,2°C para 19,7°C no cenário A2 e de 12,2°C para 16,9°C no cenário B1. Este aumento ocorre principalmente devido às temperaturas mínimas, que partem de um limiar mínimo de 9,9°C na década de 1950 a 1960 para 14,4°C e 13,0°C nos cenários A2 e B1, respectivamente. As temperaturas máximas atingem 24,2°C e 20,2°C para os cenários A2 e B1, respectivamente. Em síntese, as variações são maiores para as temperaturas mínimas do que para as máximas.

Tabela 16 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Janeiro	20,8	22,2	19,4	2,9	0,8
1960-1969 - Janeiro	21,3	21,8	20,2	1,6	0,5
1970-1979 - Janeiro	21,3	22,9	20,2	2,7	1,0
1980-1989 - Janeiro	21,6	23,7	20,6	3,1	0,9
1990-1999 - Janeiro	21,3	23,4	19,7	3,7	1,0
2000-2009 - Janeiro	21,3	22,7	19,8	3,0	1,1
2010-2019 - Janeiro	21,6	22,9	20,4	2,4	0,7
2020-2029 - Janeiro	21,9	22,8	20,8	2,0	0,6
2030-2039 - Janeiro	22,4	23,5	21,3	2,3	0,8
2040-2049 - Janeiro	22,7	24,8	21,5	3,3	0,9
2050-2059 - Janeiro	22,7	23,7	21,8	1,9	0,7
2060-2069 - Janeiro	24,0	25,2	23,3	2,0	0,7
2070-2079 - Janeiro	24,1	25,4	22,8	2,7	0,9
2080-2089 - Janeiro	24,8	26,2	23,5	2,7	0,9
2090-2099 - Janeiro	24,8	26,0	23,5	2,5	1,0

Tabela 17 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Janeiro	20,8	22,2	19,4	2,9	0,8
1960-1969 - Janeiro	21,3	21,8	20,2	1,6	0,5
1970-1979 - Janeiro	21,3	22,9	20,2	2,7	1,0
1980-1989 - Janeiro	21,6	23,7	20,6	3,1	0,9
1990-1999 - Janeiro	21,1	22,4	20,1	2,4	0,7
2000-2009 - Janeiro	21,5	22,6	20,4	2,2	0,8
2010-2019 - Janeiro	21,7	23,0	20,2	2,8	0,8
2020-2029 - Janeiro	21,7	22,7	20,9	1,9	0,7
2030-2039 - Janeiro	22,0	22,9	20,8	2,0	0,6
2040-2049 - Janeiro	22,3	23,9	21,3	2,6	0,7
2050-2059 - Janeiro	22,3	23,7	21,0	2,7	0,9
2060-2069 - Janeiro	23,2	26,1	21,8	4,3	1,2
2070-2079 - Janeiro	23,4	25,3	21,6	3,7	1,1
2080-2089 - Janeiro	22,9	23,8	21,9	2,0	0,5
2090-2099 - Janeiro	23,6	25,3	22,4	2,8	1,0

Tabela 18 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Julho	12,2	14,6	9,9	4,7	1,4
1960-1969 - Julho	12,6	15,1	10,4	4,7	1,8
1970-1979 - Julho	13,5	17,9	11,6	6,2	2,1
1980-1989 - Julho	13,4	15,2	10,9	4,3	1,5
1990-1999 - Julho	13,7	16,1	11,2	4,9	1,6
2000-2009 - Julho	13,3	15,7	11,3	4,4	1,5
2010-2019 - Julho	13,2	14,3	11,9	2,3	0,9
2020-2029 - Julho	14,3	18,7	11,3	7,3	2,1
2030-2039 - Julho	14,9	20,5	12,2	8,3	2,6
2040-2049 - Julho	15,4	19,3	12,7	6,6	2,2
2050-2059 - Julho	15,7	17,8	12,7	5,0	1,7
2060-2069 - Julho	16,9	21,7	13,2	8,5	2,3
2070-2079 - Julho	17,5	19,3	15,1	4,2	1,6
2080-2089 - Julho	19,0	21,2	17,0	4,2	1,4
2090-2099 - Julho	19,7	24,2	14,4	9,9	2,7

Tabela 19 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Julho	12,2	14,6	9,9	4,7	1,4
1960-1969 - Julho	12,6	15,1	10,4	4,7	1,8
1970-1979 - Julho	13,5	17,9	11,6	6,2	2,1
1980-1989 - Julho	13,4	15,2	10,9	4,3	1,5
1990-1999 - Julho	12,7	15,7	9,9	5,8	2,0
2000-2009 - Julho	13,9	18,3	11,1	7,1	2,3
2010-2019 - Julho	13,8	17,2	11,5	5,7	2,0
2020-2029 - Julho	14,0	16,1	11,5	4,6	1,4
2030-2039 - Julho	15,0	17,9	12,5	5,5	1,8
2040-2049 - Julho	14,7	18,1	12,5	5,6	1,8
2050-2059 - Julho	15,3	17,9	12,6	5,3	1,8
2060-2069 - Julho	16,2	18,0	13,5	4,6	1,6
2070-2079 - Julho	16,8	20,1	14,0	6,1	1,8
2080-2089 - Julho	17,5	20,2	14,0	6,2	2,1
2090-2099 - Julho	16,9	19,3	13,0	6,3	1,7

## 5.2 SÉRIE TEMPORAL (ANUAL) DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR

Apesar das medições de nível do mar serem feitas em vários portos na costa do Brasil desde o início do século passado, poucas séries temporais são suficientemente

longas de forma a serem utilizadas para análise das variações de longo tempo. A Figura 66 mostra as médias anuais das medições horárias de nível do mar, em alguns portos brasileiros, feitas pelo INPH e pela DHN, juntamente com medições feitas nas bases de pesquisas do IOUSP em Cananéia e Ubatuba. Como se observa às séries apresentam inclinações positivas indicando um aumento aproximadamente igual ao medido na base de pesquisas de Cananéia, que é da ordem de 40 cm por século (MESQUITA, 2007).

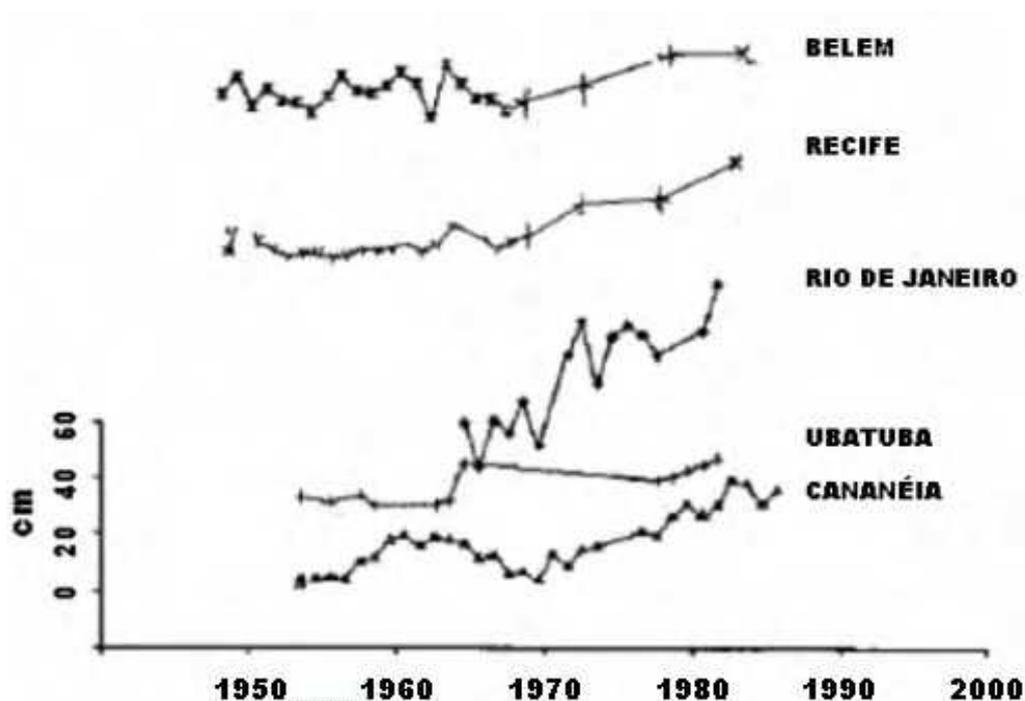


Figura 66 - Médias anuais das medições horárias do nível médio do mar.  
Fonte: Adaptado de MESQUITA, 2007.

Estudos preliminares para a Cidade de Ubatuba e Cananéia indicam a ocorrência com significância estatística, de níveis extremos do mar da ordem de 2,60 metros no decorrer dos próximos 200 anos (HARARI & FRANÇA, 2008).

Segundo Cazenave (2009), “entre o período de 1993 e 2008, a taxa média global de aumento do nível médio dos mares registrada foi de 3,4 mm por ano”, sendo que esse número foi estimado por medições de satélite utilizando técnicas de altimetria. Se comparado com as medições de 1950 a 2000, pode-se constatar que a elevação média do nível do mar foi de 1,8 mm / ano. “As causas dessa aceleração do nível do mar

também mudaram, entre 2003 e 2008, o derretimento das geleiras e dos mantos de gelo (Groenlândia e Antártida) contribuiu com 80% da elevação, e a expansão térmica com mais 20%”(CAZENAVE, 2009).

Segundo Rahmstorf (2009) da Universidade de Potsdam (Alemanha) “hoje, tanto os mantos de gelo quanto as geleiras continentais (na Antártida, nos Andes ou no Himalaia) tem igual relevância, mas tudo indica que os primeiros serão cada vez mais importantes daqui para frente”.

Segundo o cálculo feito pelo pesquisador alemão com dados que sugere rever a previsão oficial do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas em aproximadamente 200%. Medições feitas por Cazenave (2009) comprovam que a velocidade do fenômeno alimentado pelo aquecimento global tem aumentado para quase o dobro.

Segundo Field (2009), membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o aquecimento global no decorrer deste século será mais grave do que se acreditava até agora, e alerta que “o relatório do IPCC subestimou seriamente a escala do problema”, não considerando que as emissões dos gases de efeito estufa aumentaram muito mais rapidamente que o esperado entre 2000 e 2007.

“Estamos basicamente olhando agora para um futuro climático que esta muito além de qualquer coisa que tenhamos considerado nas políticas climáticas” (FIELD, 2009).

De acordo com o cientista o impacto nas temperaturas ainda é desconhecido, mas o aquecimento tende a se acelerar em um ritmo muito mais rápido e a provocar ainda mais danos ambientais do que se previa e conclui “sem uma ação efetiva, as mudanças climáticas vão ser maiores e muito mais difíceis de se lidar do que pensávamos” (FIELD, 2009).

A Figura 67 apresenta o monitoramento do nível médio do mar onde é aplicado técnicas de altimetria via satélite. Esses são dados coletados desde de 1992 e estima-se que 50% do resultado obtidos nessa medição de elevação do nível do mar seja devido à expansão térmica e o restante seja devido ao derretimento das geleiras. O crescimento estimado global é de 0,303 cm/ano.

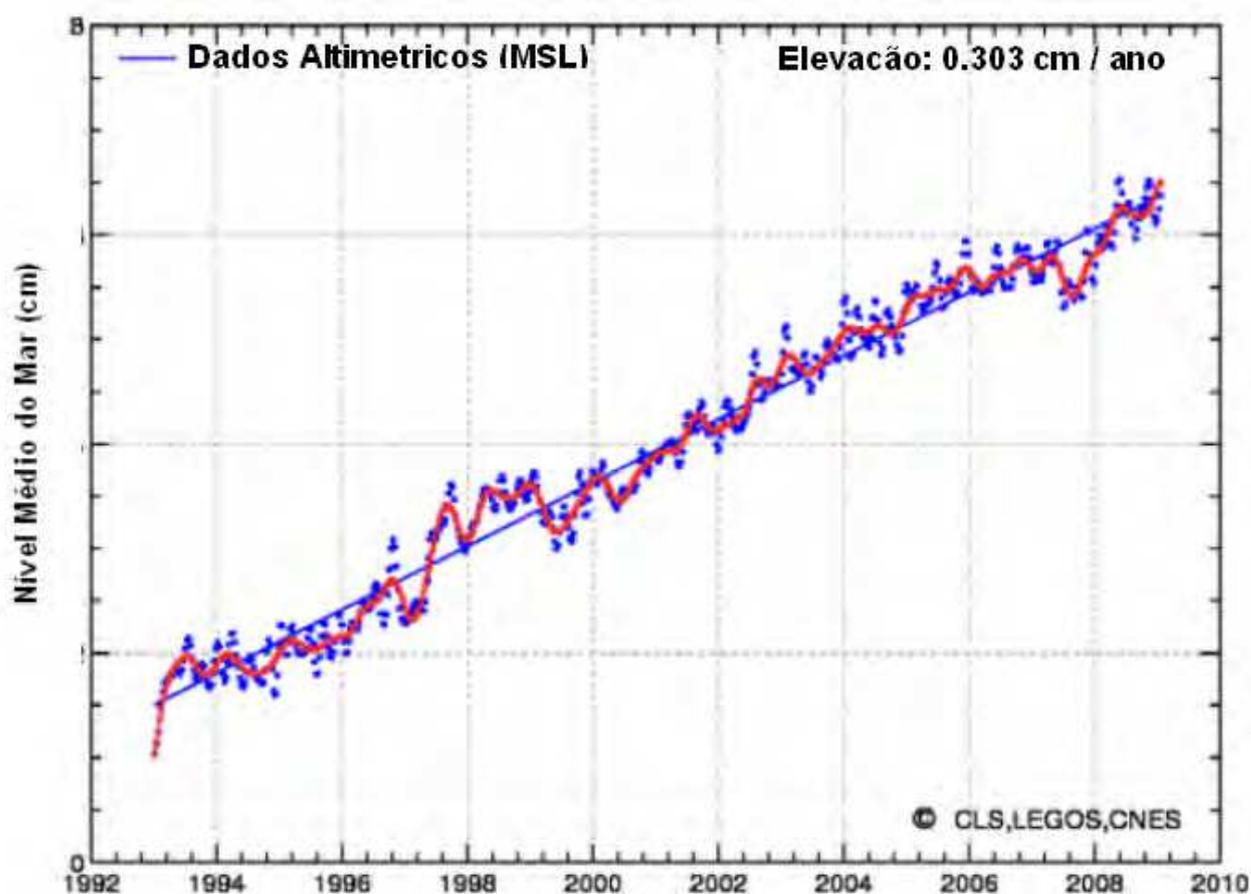


Figura 67 - Dados altimétricos via satélite da elevação do nível médio do mar.  
Fonte: CAZENAVE, 2009.

A Figura 68 mostra medições através de registros maregráficos para o município de Cananéia no período de 1954 a 2004. Pode-se observar que a taxa de aumento médio do nível do mar é muito próxima da alcançada pela altimetria de satélite, com elevações do nível médio do mar na ordem de 0,4119 cm/ano.

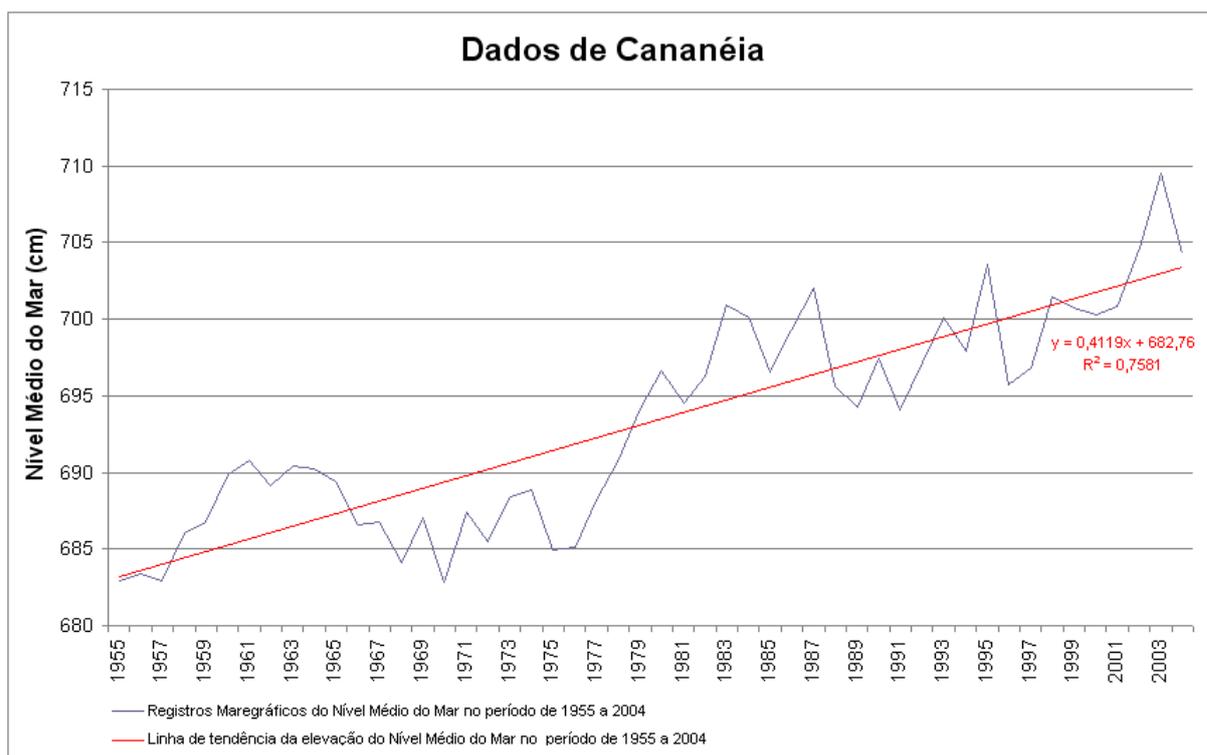


Figura 68 - Registros maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Cananéia / SP.

Fonte: Adaptado de GLOSS, 2009.

A Figura 69 foi desenvolvida para o município de Ubatuba também com as medições através de registros maregráficos fornecido pelo sistema GLOSS da Base da praia dos Pulsos (Ubatuba) no período de 1954 a 1993. A partir destes resultados, pode-se observar que a taxa de aumento médio do nível do mar também é muito próximo do alcançado pela altimetria de satélite mesmo utilizando uma série menor que a de Cananéia, com elevações do nível médio do mar na ordem de 0,2409 cm/ano.

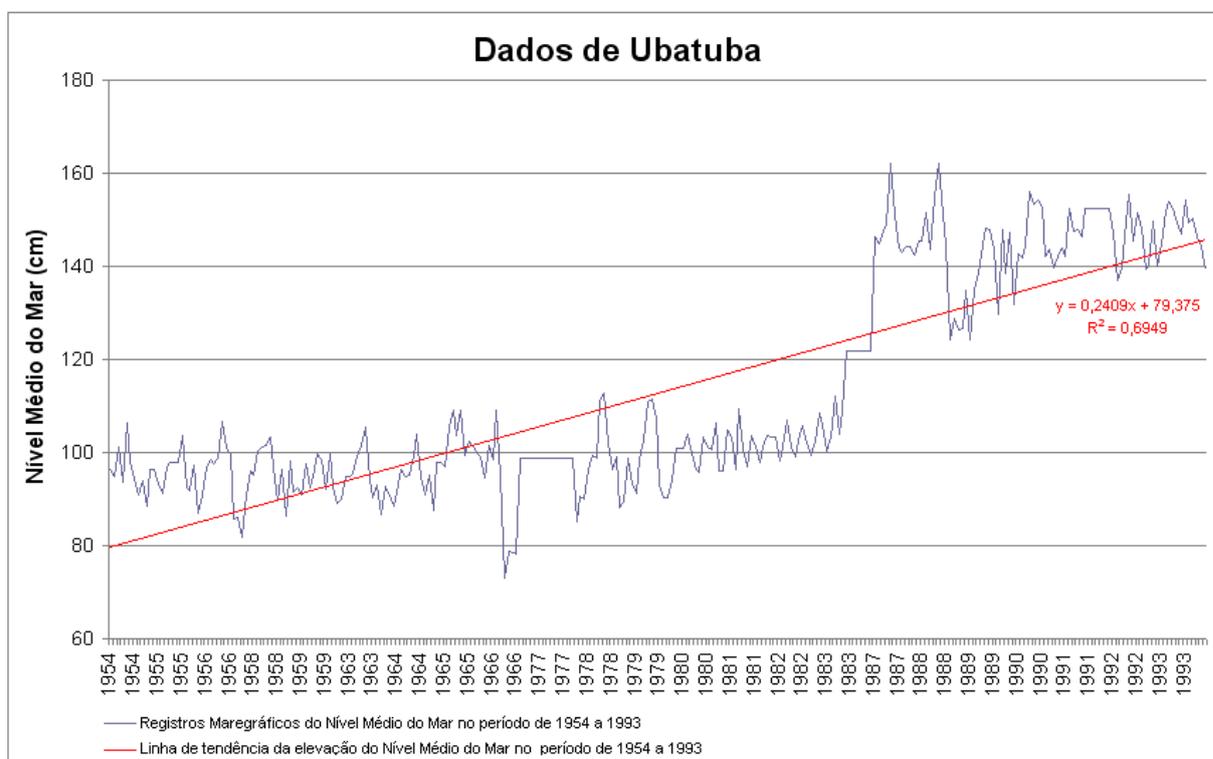


Figura 69 - Registros Maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Ubatuba / SP. Fonte: Adaptado de GLOSS, 2009.

Em resumo, as taxas de aumento do nível do médio do mar variam entre 0,2409 (dados observados em Ubatuba) para 0,4119 cm/ano para Cananéia, passando pelo valor médio global derivado de observações altimétricas (0,303 cm/ano). Assim sendo, assumiu-se, para este estudo a taxa de aumento de 0,2409 cm/ano, sendo a mais otimista obtida dos dados de registros maregráficos e altimétrico. A partir deste valor e extrapolando do ano de 1993 (último ano de dado observacional) e até o ano de 2100, obtém-se a Figura 70.

A Figura 70 utiliza os registros maregráficos e através de uma linha de tendência que projeta a elevação do nível médio do mar para a cidade de Ubatuba para os anos até 2050 e 2100. Foi estimado um aumento de 124 cm para o ano de 2050 e de 268 cm para o ano de 2100.

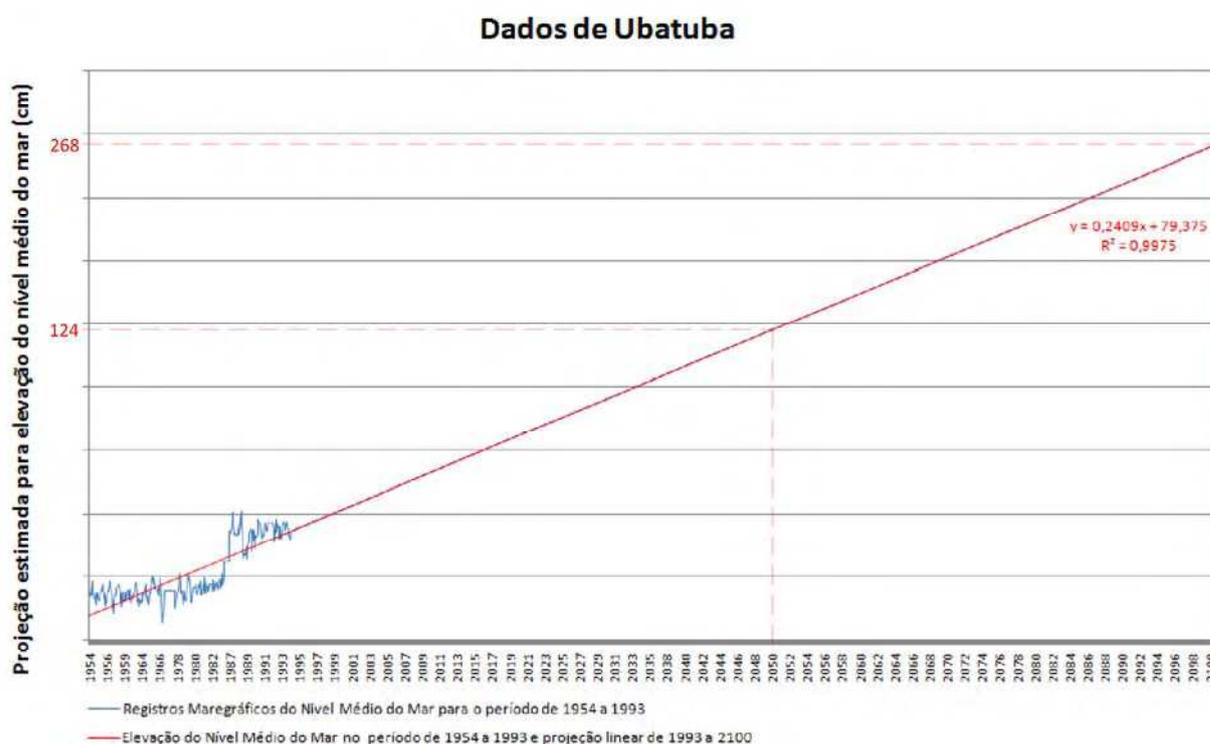


Figura 70 - Registros maregráficos da elevação do nível médio do mar para o município de Ubatuba / SP, com projeção até o ano de 2100.  
Fonte: Adaptado de GLOSS, 2009.

As Figuras 71 a 74 mostram as variações topográficas inundadas devido ao aumento do nível médio do mar para os anos de 2050 e 2100. A Tabela 20 apresenta uma síntese das larguras das praias (medida por POLETTO, 2008) e as estimativas de perdas de praia para os anos de 2050 e 2100, para as estações de verão e inverno. No Apêndice B, são apresentadas todas as praias (11 praias) estudadas neste trabalho.

Para a praia das Couves 1 (Figuras 71 e 72), no verão, estima-se uma perda de 499 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda de 1350 cm de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 845 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda de 1542 cm de praia para o ano de 2100. Pelo fato de que no verão (Figura 72) é possível prever que a faixa de areia desapareceria neste trecho fotografado com o avanço de 13 metros no ano de 2100.

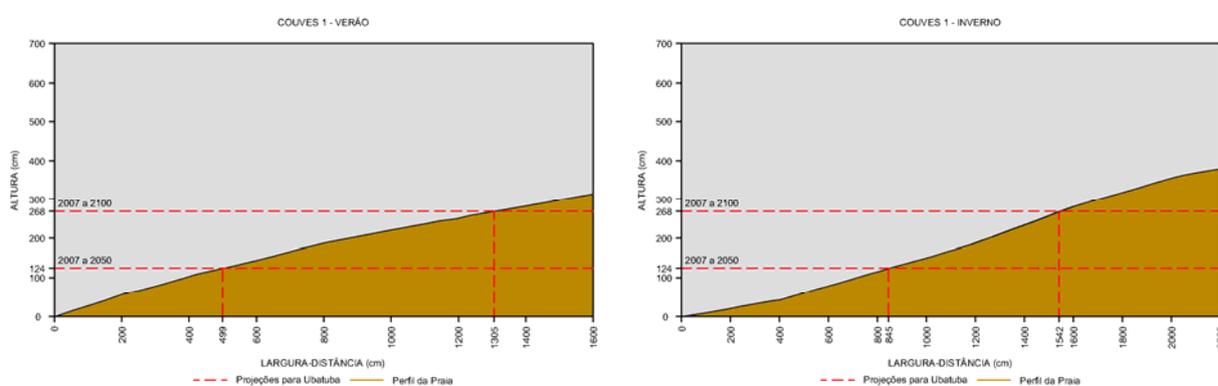


Figura 71 - Perfil da praia das Couves 1, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura 72 – Imagens do perfil da praia das Couves 1, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Engenho (Figuras 73 e 74), no verão, estima-se perda total de área de praia já para o ano de 2050. Para o período de inverno a previsão é ainda mais dramática visto a maior extensão da perda prevista.

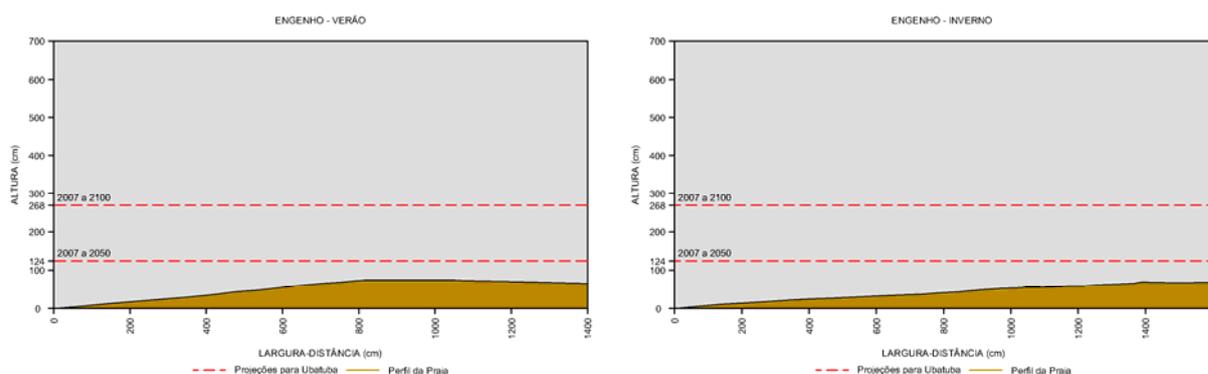


Figura 73 - Perfil da praia do Engenho, no verão (direita) e no inverno (esquerda), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura 74 – Imagens do perfil da praia do Engenho, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP

Fonte: POLETTTO, 2008

Devido a grande modificação de topografia entre os meses de verão e inverno (POLETTTO, 2008), observa-se na Tabela 20 que em média, perde-se mais área de praia no verão do que no inverno. Para o ano de 2100, estima-se que praticamente todas as praias estudadas estarão completamente inundadas, portanto com perda total das faixas de areia atuais.

Tabela 20 – Largura e perdas das praias para os anos de 2050 e 2100 nos períodos de verão e inverno, para as 11 praias analisadas.

<b>Praias</b>	<b>Largura Verão 2007</b>	<b>Perda de praia Verão 2050</b>	<b>Perda de praia Verão 2100</b>	<b>Largura Inverno 2007</b>	<b>Perda de praia Inverno 2050</b>	<b>Perda de praia Inverno 2100</b>
Couves 1	1600 cm	499 cm	1305 cm	2000 cm	845 cm	1542 cm
Couves 2	1000 cm	1000 cm	1000 cm	2000 cm	1010 cm	1680 cm
Porcos	5600 cm	5600 cm	5600 cm	8800 cm	1803 cm	8800 cm
Prumirim	5600 cm	5600 cm	5600 cm	3200 cm	630 cm	3200 cm
Palmas	1200 cm	992 cm	1200 cm	2800 cm	2321 cm	2800 cm
Leste	4000 cm	4000 cm	4000 cm	4600 cm	1918 cm	4600 cm
Engenho	1400 cm	1400 cm	1400 cm	1600 cm	1600 cm	1600 cm
Presídio	3000 cm	2937 cm	3000 cm	3000 cm	2355 cm	3000 cm
Sapateiro	1600 cm	1028 cm	1600 cm	1800 cm	1151 cm	1800 cm
Sul	1200 cm	704 cm	1200 cm	1000 cm	840 cm	1000 cm
Maranduba	4000 cm	2478 cm	4000 cm	2400 cm	1113 cm	2400 cm

Fonte: Largura das praias (POLETTI, 2008)

Segundo Muehe e Neves (2008), a problemática do aquecimento global também impacta na vulnerabilidade de áreas afetadas pelo aumento do nível médio do mar.

O aquecimento de áreas costeiras traz conseqüências diversas para a circulação hidrodinâmica, bem como para a fauna e flora das águas mais rasas. Isto se faz particularmente mais grave por conta dos parâmetros de dimensionamento dos emissários submarinos de esgoto. Nos casos de muitas cidades onde o esgoto é lançado *in natura* (apenas peneiramento), mudanças nas condições de estratificação marinha ou da temperatura da água superficial podem fazer com que a meia-vida bacteriana seja maior do que aquela projetada e águas com grau de contaminação acima do exigido por lei atinjam praias mais distantes (MUEHE & NEVES, 2008).

As Figuras 75 a 80 mostram áreas próximas ao mar e seus possíveis impactos com a elevação do nível médio do mar. Nas Figuras 75 a 77 é demonstrada a proximidade das áreas de mangues as faixas de praia atuais, na Figura 78 e 79 é demonstrado a proximidade de lagoas e rio, e na Figura 80 a proximidade do estuário. A elevação do nível do mar deverá afetar também estas áreas adjacentes aumentando o grau de impacto desse fenômeno.



Figura 75 - Praia da Fazenda e sua área de mangue, em 21 outubro de 2007, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.



Figura 76 - Praia de Ubatumirim e sua área de mangue, em 21 outubro de 2007, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.

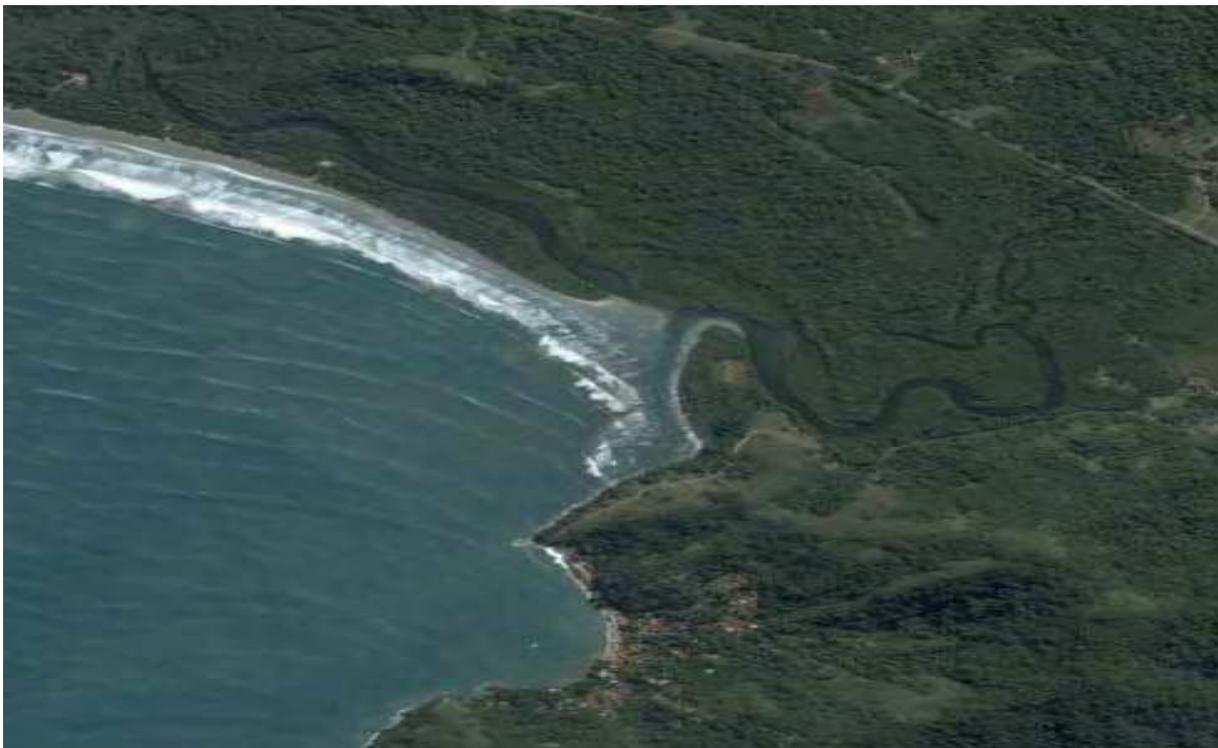


Figura 77 – Praia de Pinguaba e sua área de mangue, em 09 de maio de 2003, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.

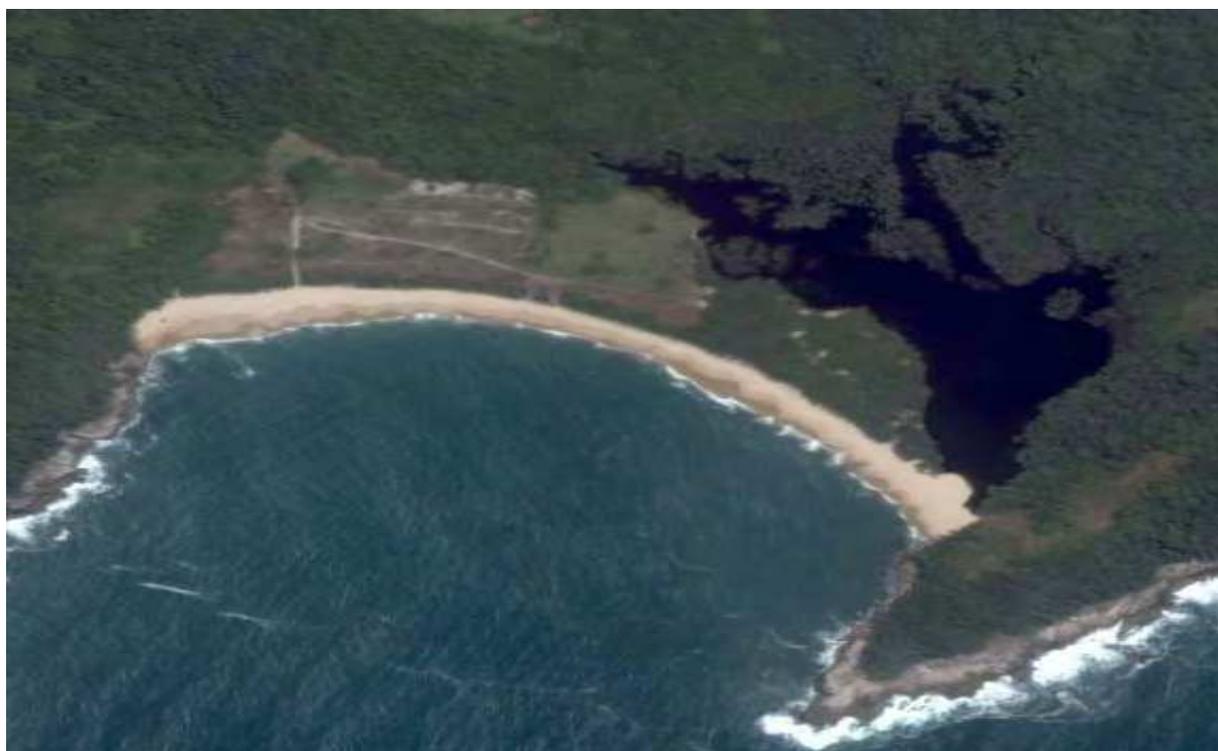


Figura 78 – Praia da Lagoa, com vegetação de restinga e sua lagoa em 10 de novembro de 2002, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.

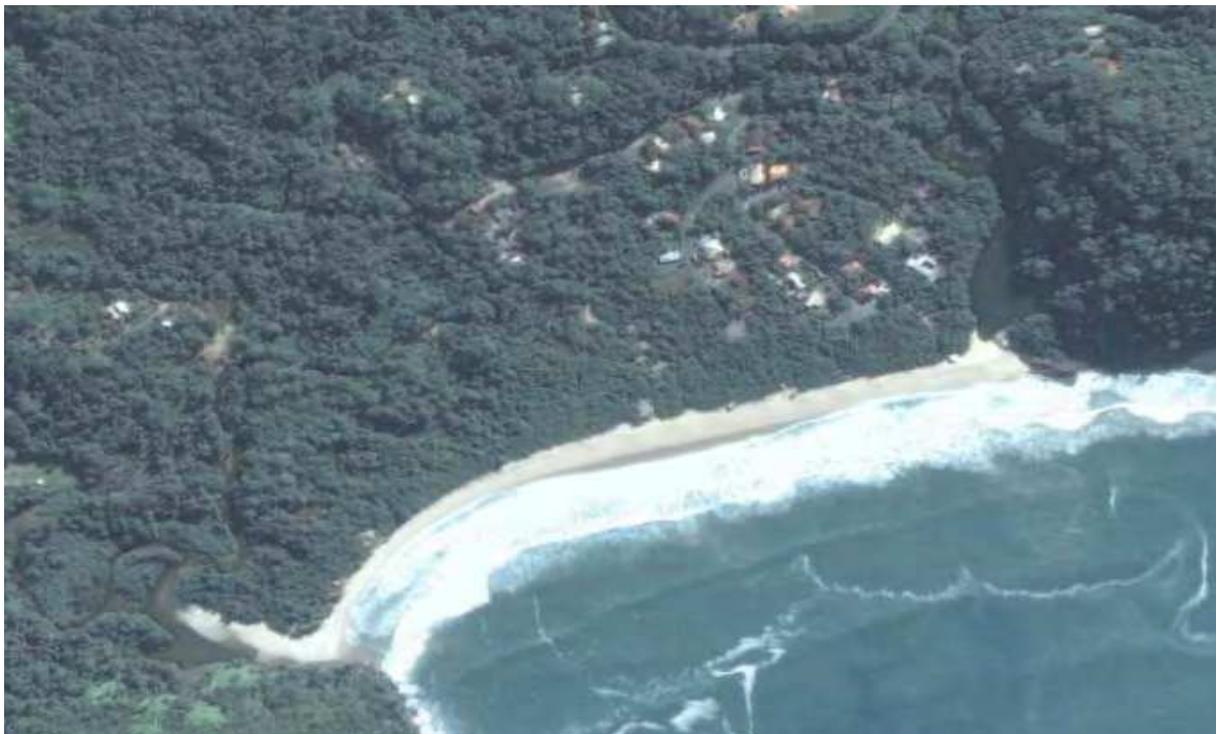


Figura 79 - Praia do Prumirim com o Rio Prumirim (esquerda) e a Lagoa Prumirim (direita) em 14 de junho de 2003, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.



Figura 80 - Praia de Itamambuca e seu estuário (esquerda) em 21 de outubro de 2007, Ubatuba / SP.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos valores calculados neste trabalho a partir das simulações climáticas do *Hadley Center for Climate Research* (Reino Unido) usando um modelo de circulação geral da atmosfera acoplado (oceano-atmosfera), estima-se um aumento na temperatura média global de  $5,3 (\pm 3,0)^{\circ}\text{C}$  para o cenário A2 e um aumento de  $3,4 (\pm 3,0)^{\circ}\text{C}$  para o cenário B1, entre os anos de 1950 (início da série de dados) e 2099 (final). Além disso, deverá ocorrer um aumento maior dos valores de temperatura mínima do que aqueles associados à temperatura máxima. É importante citar também que a variação da temperatura ocorrerá com maior intensidade nos meses de inverno do que de verão, podendo provocar uma mudança no ciclo hidrológico da região, em função da maior temperatura do ar e da conseqüente perda de água por evaporação.

Não foi possível calcular o aumento do nível médio do mar a partir dos dados de simulação climática, mas estimou-se este aumento a partir de dados históricos medidos por registros maregráficos e de altimetria do nível médio dos mares, dados estes obtidos por satélite específico. A partir destas informações, estimou-se um aumento na elevação do nível médio do mar de 124 e de 268 cm até os anos de 2050 e 2100, respectivamente.

Esse aumento na temperatura poderá desencadear uma série de fenômenos anômalos que poderão causar sérios impactos ambientais em todo o litoral brasileiro, particularmente no município de Ubatuba que concentra o maior número de praias do Litoral Norte de São Paulo. Em particular, caso este aumento do nível médio dos mares seja confirmado, algumas praias insulares da região serão completamente perdidas (por exemplo, as praias Couves 2, Porcos, Prumirim, entre outras).

Entretanto, deve-se ressaltar que existem incertezas quanto as simulações climáticas. Entre outras, pode-se relacionar a questão da estimativa da concentração de  $\text{CO}_2$  e de aerossóis nos cenários A2 e B1 que não levam em conta situações econômicas recentes (tal como a grave crise econômica de 2008-2009 que certamente está reduzindo as atividades industriais do planeta). Outra fonte de incerteza diz respeito as características não lineares da atmosfera e o fato de que a temperatura da

água do mar (principalmente do Oceano Atlântico Equatorial) influenciar fortemente as características climáticas do Brasil.

Apesar disso, este tipo de previsão (climática e baseado em modelos matemáticos) é uma das melhores ferramentas que um gestor ambiental pode ter, visando a determinação de políticas públicas que se preocupem com esta temática e preparando a sociedade para o mundo do próximo século.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se:

a) Obter a altimetria (perfil) das praias continentais nas cartas topográficas, para poder estimar a área a ser perdida pelo aumento do nível médio do mar;

b) Analisar dados de simulação climática da variável temperatura do ar em uma escala espacial maior (em torno de 40 km x 40 km), visando focar especificamente a região de Ubatuba.

c) Investigar novas saídas de modelos de circulação geral da atmosfera que contenham, explicitamente, a variável de nível médio dos mares. Dados recentes mostram que a comunidade científica tem sido conservador nas estimativas de aumento do nível médio dos mares, principalmente pelo fato dos modelos de circulação geral da atmosfera acoplados não representar adequadamente a questão da expansão térmica dos oceanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P. "Obras e gestão de portos e costas, a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental". Editora Edgard Blucher, São Paulo, 2006.

ALLEY, R. et al. Contribuição do grupo de trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima: Sumário para os formuladores de políticas: Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas/](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/). Acesso em dez. 2008.

ANDRÉ, I. R. N. Algumas considerações sobre Mudanças Climáticas e Eventos Atmosféricos severos no Brasil. Climatologia e Estudo da Paisagem. Rio Claro, vol.1, nº 1/2 – p.1 - Dezembro de 2006.

ANTUNES, M. S. O Efeito Estufa. 2002. Disponível [http://www.cartografia.org.br/xxi\\_cbc/250-G46.pdf](http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/250-G46.pdf) > acesso em: abr. de 2008.

ASSAD, E. D. Mudanças climáticas deverão impactar o setor agrícola brasileiro. Notícias Secretaria do Ensino Superior do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ensinosuperior.sp.gov.br/sis/lenoticia.php?id=403>>. Acesso em: mar de 2009.

ARASAKI, E. Efeitos da elevação do nível do mar sob o ponto de vista da engenharia Costeira, Portuária e Ambiental. Seminário "O aquecimento global e as conseqüências nas regiões litorâneas". Centro de Experimentação em Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte (CEDS Litoral Norte). São Sebastião, São Paulo, 21/03/2009.

ARTAXO, P. Mudanças climáticas globais: cenários para o planeta e a Amazônia. 2008. Mudanças climáticas informações e reflexões para um jornalismo contextualizado. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/mudancas-climaticas-globais-cenarios-para-o-planeta-e-amazonia>>. Acesso em: abril de 2009.

BAKER, M.; EKWURZEL, B. Global warning. Union of Concerned Scientists. 2006. Disponível em: [http://www.ucsusa.org/global\\_warning/science/recordtemp2005.html](http://www.ucsusa.org/global_warning/science/recordtemp2005.html)>. Acesso em: mar. 2007.

BROWN, B. E. Coral bleaching; causes and consequences. Coral Reefs 16(2); 129-138, 1997.

BROWN, B. E. & OGDEN, J. C. Coral bleaching – environmental stress can cause irreparable harm to coral reefs. Sci. Am. 268(1): 64-70, 1993.

BROWN, L., Elevação do Nível do Mar Força Evacuação de Ilha-Nação. EPI-Earth Policy Institute / UMA-Universidade Livre da Mata Atlântica. 2008. Disponível <<http://www.wwiuma.org.br>> Acesso em jan. de 2009.

BRUUN, P. Sea Level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Wyareways and Harbors Division*, 88:117-130, 1962.

CALDEIRA, K. Recifes de coral começarão a dissolver quando a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera dobrar. *Revista Geophysical Research Letters*. Edição de 13/03/2009.

CASTRO, C. B. & PIRES, D. O. A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Revista Brasileira Oceanográfica* 47(1)87-90.

CAVALCANTI, I. F. A. Ciclones extratropicais, IV Curso de interpretação de imagens e análises meteorológicas, UNIVAP, São José dos Campos, 1995.

CAZENAVE, A. Mar subirá 1,80 m até 2100, Folha de São Paulo, em Chicago, 22/02/2009, Disponível em: <http://search.folha.com.br/search?site=online&q=Anny+Cazenaveonível>>. Acesso em mar. 2009.

CEDS, CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO LITORAL NORTE. Seminário “O aquecimento global e as conseqüências nas regiões litorâneas”. CEDS Litoral Norte. São Sebastião, São Paulo, 20 e 21/03/2009.

CGIAR. CGIAR Mid-Term Meeting 1998: preliminar end-of-meeting report. [S.L:s.n.], 1998.

COLLISCHONN, W. Simulação hidrológica de grandes bacias, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CONNEL, J. H. Diversity in tropical rain forest and coral reef. *Science* 199(4335):1302-1310, 1978

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University, 1995.

DIAS, M. G. Aquecimento Global. Trabalho realizado no âmbito da disciplina de introdução à Metodologia de Pesquisa da Licenciatura em relações internacionais. Universidade de Coimbra. Coimbra, 2007.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Variabilidade Climática da temperatura do ar no Estado de São Paulo. *Revista de Iniciação Científica: CETEPE-EESC/USP* 7:23-29, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação às emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999d. 35p. (Relatório Técnico).

FAHRBACH, E. Gelo do Ártico desaparecerá no verão até 2100, diz especialista. G1, Ciência e Saúde, 20/04/2007, Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL24942-5603,00-GELO+DO+ARTICO+DESAPARECERA+NO+FIM+DO+SECULO.html>>. Acesso em mar. 2009.

FAUTIN, D. G. & BUDDEMEIER, R. W. Adaptive bleaching: a general phenomenon. *Hydrobiologia* 530/531(1-3):459-467, 2004.

FEUSP. O., O que é Efeito Estufa ? Elevação dos Mares. 2002. Disponível em: <<http://quimica.fe.usp.br/global/ca4/mares.htm>>. Acesso em abr. 2008.

FEELY, R.; LANGDON, C. Relatório alerta sobre ameaça do CO<sub>2</sub> à vida marinha. Ministério da Ciência e Tecnologia. 05/07/2006. Disponível em: <<http://cptec.inpe.br//lba/index.php?p=18&lg=eng&op=619>> . Acesso em: fev. 2009.

FIELD C. Gravidade do aquecimento global foi subestimada diz cientista. Folha online BBC Brasil, 15/02/2009, Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/bbc/ult272u504315.shtml>>. Acesso em mar. 2009.

FILHO, F.D.A., O aquecimento Global e a Teoria de Gaia: Subsídios para um debate das causas e conseqüências. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, Rio Claro – Vol.2 – nº 1 – p.4, junho de 2007.

FITT, W.K., SPERO, H.J., HALAS, J., WHITE, M.W. & PORTER, J.W. Recovery of the coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean “Bleaching event”. *Coral Reefs* 12(2):57-61.

FONSECA, F.E., A convergência entre a proteção ambiental e a proteção da pessoa humana no âmbito do direito internacional. *Revista Brasileira de Política Internacional* Print ISSN 0034-7329. vol.50 no.1 Brasília Jan./June 2007.

GARDNER, T.A., COTE, I.M., GILL, F.A, GRANT, A. & WATKINSON, A.R. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301(5635):958-960, 2003.

GLYNN, P.W. *Global Ecological Consequences of the 1982-1983 El Niño Southern Oscillations*. Elsevier Oceanography, Amsterdam, 1990.

GLYNN, P.W. Coral reef bleaching: ecological perspective. *Coral Reefs* 12(1):1-17, 1993.

GLOSS, Global Observing Sea Level System. Core Network by Gloss 2002. Disponível em: <<http://www.pol.ac.uk/psmsl/programmes/gloss.info.htm>>. Acesso em: abr. 2008.

GLOSS, Global Observing Sea Level System. AAGN – Afro América Gloss News. 2008. Disponível em: < <http://www.mares.io.usp.br/aagn/ind.html> >. Acesso em: fev. 2009.

GOYA, S.C., TESSLER, M.G. Conditioning factors of coastal processes in the Brazilian Coastal Area. Revista do Departamento de Geografia, n.17, p.11-23. Universidade de São Paulo, 2005.

GOREAU, T.J. & MACFARLANE, A.H. 1990. Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987-88 coral-bleaching event. Coral Reefs 8(4):211-215, 1990.

GORNITZ, V., LEBEDEFF, S., Global Sea-Level Changes During the Past Century. In D. Nummedal et al. (Eds). Sea-Level Fluctuation and Coast Evolution. Oklahoma, USA, Soc. Econ. Paleont. And Mineral, 1987.

HANSEN, J., A bomba relógio do aquecimento global. Scientific American Brasil. Nº 23, Abril de 2004. Disponível em: <<http://www2.uol.com.br/sciam/conteúdo/matéria/matéria-4html>>. Acesso em abr. 2007.

HARARI, J., FRANÇA, C.A.S., III Conferência Regional sobre Mudanças Climáticas: América do Sul 04/11/08 a 08/11/08 – São Paulo – Brasil, Nível do Mar no Litoral do Brasil. 2008. Disponível <<http://www.mares.io.usp.br>> Acesso em dez. de 2009.

HOLDREN, J., SGARBI, L. Era Glacial: o que escondem de nós. Ciência & Tecnologia, p.74, 16/mai/2007.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados cidades, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em jan. de 2009.

INSTITUTO FLORESTAL. A Gestão das Unidades de Conservação do Litoral Norte. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. Mapa Regional de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <[http://www.igc.sp.gov.br/imagens/mapas\\_rg\\_grd.jpg](http://www.igc.sp.gov.br/imagens/mapas_rg_grd.jpg)> . Acesso em: mar. 2009.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Relatório Zero. Plano de Bacias do Litoral Norte. Brasília: IPT, 2000.

IPCC, INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change - scientific-technical analysis. Cambridge: University Press, 1996.

IPCC, INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2007: the physical science basics. Summary for policymakers. IPCC: Genebra, 2007, Disponível em <<http://www.ipcc.ch>> acesso em: fev. 2007.

IPCC, INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Third assessment report: climate change 2001. Climate change: the scientific basis - contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/tar/wg1/128.htm>>. Acesso em: fev 2007.

IPCC, PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. A ciência da mudança do clima. Sumário Técnico do Relatório do Grupo de Trabalho I – Quarto Relatório de Avaliação do IPCC – 2007. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/ciencia/relatori.htm>>. Acesso em: abr. 2007.

JONES, B.M. Increase in the rate and uniformity of coastline erosion in arctic Alaska. Edição online de 14/02/2009 da revista Geophysical Research Letter.

JONES, J. W; PICKERING, N. B; ROSENZWEIG, C; BOOTE, K. J. Simulated impacts of global change on crops. Gainesville: University of Florida, 1997. (Technical Bulletin, 100).

KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N., TESTA, V., DUTRA, L.X.C. & SPANÓ, S. Rapid assessment of Abrolhos reefs, eastern Brazil (Part 1: stony corals and algae) Atoll Res. Bull. 496:172-188., 2003.

KNOWLTON, N. & JACKSON, J.B. Shifting baselines, local impacts and global change on coral reefs. PloS Biol. 6(2):0215-0220, 2008.

LAMPARELLI, C.C. et al. Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, CETESB, 1998.

LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P. & TESTA, V. Corals and Coral Reefs of Brazil. In Latin America Coral Reefs (J. Cortês ed.) Elsevier Publisher, Amsterdam, p.9-52, 2003.

LEÃO, Z.M.A.N. & KIKUCHI, R.K.P., MOURA, R.L., THOMPSON, F., REIS, R.D., KAUFMAN, L. Diseases leading to accelerated decline of reef corals in the largest South Atlantic reef complex (Abrolhos Bank, Eastern Brazil). Mar. Pol. Bul. Doi:10.1016, 2008.

LINDZEN R., O aquecimento da Terra é realmente perigoso ? Massachusetts Institute of Technology, USA. 2002. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/samojeden/noticia22.html>>. Acesso em: abril 2008.

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 / Jose A. Marengo – MMA, 2006.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C.A. Lições do Catarina e do Katrina. Ciência Hoje. Vol. 37. Nº 221. 2005. Disponível em: <<http://www.ciencia.org.br>>. Acesso em: 01 abr. 2007.

MARTINS, M. et al. Comportamento da Pressão Atmosférica e do vento máximo no episódio Catarina: Resultados Preliminares In: XIII Congresso brasileiro de meteorologia. Anais. Fortaleza, 2004.

MATTOS, L.F.; SATYAMURTY, P. Catarina: Um Sistema Meteorológico raro no Litoral Brasileiro, In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais. Fortaleza, 2004.

MESQUITA, A.R.; Nível do mar no litoral do Estado de São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://www.mares.io.usp.br>> Acesso em: jan. de 2009.

MESQUITA, A.R., FRANCO, A.S., HARARI, J., FRANÇA C.A.S. On sea level along the Brazilian coast – part 2. 2005. Disponível em: <[http://www.mares.io.usp.br/aagn/aagn8/ca/sea\\_level3\\_partii.html](http://www.mares.io.usp.br/aagn/aagn8/ca/sea_level3_partii.html)>. Acesso em jan. 2009.

MICHALEK-WAGNER, K. & WILLIS, B. Impacts of bleaching on the soft coral *Lobophyton compactum*, 1. Fecundity, fertilization and offspring viability. *Coral Reefs* 19(3):231-239, 2001.

MIGOTTO, A.E. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. In Proc. Intern. Conference on Coelenterate Biology, 6, 1995. ICCB, Leeuwenhorst, p.329-335, 1997.

MUEHE, D., NEVES, C.F. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. *Revista Parcerias Estratégicas*, nº 27, Brasília, dezembro de 2008.

MULLER-PARKER, G. & D'ELIA, S.F. Interactions between corals and their symbiotic algae. In *Life and death of coral reefs* (C. Birkeland, ed.) Chapman and Hall, New York, p.96-112, 1997.

MUNK, W. Twentieth century sea level: An Enigma. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 99, nº 10:6550-6555, 2002.

MUSCATINE, L. The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. In *Ecosystems of the world 25: Coral Reefs* (Z. Dubinsky, ed.). Elsevier, New York, p.75-84, 1990.

NASA, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION; Earth Observatory 10<sup>th</sup> Anniversary. Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=6354>>. Acesso em: jan. 2009.

NASA, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION; GODDARD SPACE FLIGHT CENTER (NASA/GSFC). 2005 Warmest year in over a century. Disponível em: <[http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/2005\\_warmest.html](http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/2005_warmest.html)>. Acesso em: abr. 2007.

NASA'S EARTH OBSERVATORY. Rare south atlantic tropical ciclone. Disponível em: <[http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/Archive/Mar2004/Brazil\\_tmo2004086.jpg](http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/Archive/Mar2004/Brazil_tmo2004086.jpg)>. Acesso em: abr. 2007.

NOAA, NATIONAL OCEANIX AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. An introduction to coastal habitats and biological resources for oil spill response. 2009.

NOBRE, C.A., Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Parcerias estratégicas – nº 12. 2001. Disponível <[http://www.cgee.org.br/arquivos/pe\\_12.pdf#page=240](http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_12.pdf#page=240)> Acesso em: jan. de 2009.

NOBRE, C. A; ASSAD, E. D. O aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. INPE e Print, São José dos Campos, v. 1, 2005. Disponível em: <<http://eprint.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51/doc/v1.pdf>> Acesso em: 23 de mar. 2007.

OLIVEIRA, M.D.M., KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N. & DUTRA, L.X.C. Coral bleaching in Brazil, Western South Atlantic. In Abstract 10<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symp. Japoneze Coral Reef Society, Okinawa, p.406, 2004.

OLIVEIRA, G.S. Aquecimento Global, Mudanças Climáticas e elevação do Nível do mar. Seminário “O aquecimento global e as conseqüências nas regiões litorâneas”. Centro de Experimentação em Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte (CEDS Litoral Norte). São Sebastião, São Paulo, 20/03/2009.

PASKOFF, R. Les Littoraux, impact des aménagements sur leur evolution, Col. Géographie, Paris, Masson, p.185, 1985.

PENNER, E.J., The cloud conundrum. 23/30, dez. 2004, Vol. 432. Disponível em: <[www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature)>. Acesso em: mai. 2007.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, I. L., O aquecimento global e a região sudeste do Brasil: Implicações Ambientais, São Paulo, 2006.

PIRAZZOLI, P. A. World Atlas of Holocene. Sea Level Changes. New York: ELSEVIER, p.300, 1991.

POLETTO, C. R. B. Gerenciamento Costeiro no Estado de São Paulo. Diagnóstico da situação atual do litoral norte, 2004. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004.

POLETTO, C. R. B. Mapeamento de sensibilidade ambiental e vazamento de óleo – carta SAO das ilhas costeiras do município de Ubatuba, São Paulo. Dissertação de Mestrado – Universidade de Taubaté, São Paulo, 2008.

PUGH, D.T. Tides, Surges an Mean Sea Level. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. p.472, 1987.

RAHMSTORF, S. Mar subirá 1,80 m até 2100, Folha de São Paulo, em Chicago, 22/02/2009, Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u507991.shtml>>. Acesso em mar. 2009.

REGO, E.H. Como as prefeituras estão se preparando diante da elevação do nível do mar. Seminário “O aquecimento global e as conseqüências nas regiões litorâneas”. Centro de Experimentação em Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte (CEDS Litoral Norte). São Sebastião, São Paulo, 21/03/2009.

SAMPAIO A. C. F.; FARIA, A. P.; MELO, A. A., MENEZES, P. M. L. Oscilação do nível do mar no futuro e possíveis conseqüências no Brasil: Pequeno Ensaio. 2002. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/samojeden/noticia22.html>>. Acesso em: abril 2008.

SHAW, R. H., Observation of Organized Structure in Turbulent Flow within and above a Forest Canopy, Boundary-Layer Meteorology, 1997.

SILVA, R.R. et al. Impactos da Temperatura da Superfície do Mar no Ciclone Catarina In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1.: Fortaleza / CE. Anais. 2004.

SILVA, S.T. Planejamento Urbano na Zona Costeira. Doutora em Direito Ambiental pela Universidade de Paris1. Panthéon – Sorbone. Professora de Mestrado em Direito da Universidade Católica de Santos (UNISANTOS) e do Mestrado de Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). 2006.

SMA, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. Litoral Norte. São Paulo: SMA/CPLA, 2005.

SMA, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. Conhecer para conservar – As Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. São Paulo: Editora Terra Virgem, 1999.

SOUZA, C.R. A erosão nas praias do litoral norte de São Paulo: indícios, causas e o que fazer. Seminário “O aquecimento global e as conseqüências nas regiões litorâneas”. Centro de Experimentação em Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte (CEDS Litoral Norte). São Sebastião, São Paulo, 21/03/2009.

STANLEY JR., G.D. Photosymbiosis and the evolution of modern coral reefs. Science 312(5775):857-858, 2006.

STEFFEN, K. Estudo conclui que derretimento de gelo na Groenlândia sofreu aceleração. Agência EFE, 11/12/2007. Disponível em: <<http://200.222.115.37/data/Pages/449683DFITEMID156847CB82724A01A276B995E0A64B2BPTBRIE.htm>>. Acesso em mar. 2009.

STERN, N. Stern Review on the economics of climate change. 2006. Disponível em: <<http://www.hm-treasury.gov.uk>>. Acesso em: jul. 2008.

SUGUIO, K., Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro ?). Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 2001.

SZMANT, A.M. & GASSMAN, N.J. The effects of prolonged bleaching on the tissue biomass and reproduction of the reef coral *Montastrea annularis*. *Coral Reefs* 8(4):217-224, 1990.

TOZZI, H.A.M. Influência das tempestades extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande do Norte e Chuí, RS. Campanha de outono e inverno de 1996. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

TAVARES, A.C. Variabilidade e Mudanças Climáticas. Tese (livre Docência). Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Rio Claro, 2001.

TRABANCO, J.L.A., SIMÕES, E.F.J., BUENO, R.F., Metodologia para implantação de estações GPS de alta precisão para apoio ao monitoramento do nível médio do mar. 2001. Disponível <<http://www.cartografia.org.br/xixcbccd/artigos/c2>> Acesso em: mar. de 2008.

TUCCI, C.E.M., Variabilidade e mudanças de clima no semi-árido. Clima e Recursos Hídricos. Editores C. Tucci e B. Braga. Coleção ABRH Vol. 9, Porto Alegre, RS., 2003.

WALTHER, G.R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T.J.C., FROMENTIN, J.M., HOEGH-GULDBERG, O. & BAIRLEIN, F. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416(6879):389-395, 2002.

WANG, M., OVERLAND, J.E. "A sea ice free Summer Arctic Within 30 years?". Publicado na *Geophysical Research Letters*, 36, L07502, doi:10.1029/2009gl037820.

WILKINSON, C. Status of coral reefs of the world 2002. GCRMN. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, p.7-44, 2002.

WILKINSON, C., LAUDEN, O., CESAR, H., HODGSON, G., RUBENS, J. & STRONG, A. Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean. An ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28(4):188-196, 1999.

ZANIRATO, S.H. Desafios para a Conservação do Patrimônio da Humanidade diante das Mudanças Climáticas. *Diez Años de Câmbios em el mundo, em la Geografía y en las Ciencias Sociales 1999 – 2008*, Barcelona, 2008. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/378.htm>>. Acesso em: fev. 2009.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

**Neste apêndice serão apresentadas as Tabelas e Figuras relativas aos valores estatísticos calculados para o período de 1950 a 2099, para os dois cenários estudados (A2 e B1), para todos os meses do ano.**

As Tabelas A-1 e A-2 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-1 e A-2.

Tabela A-1 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Janeiro	20,8	22,2	19,4	2,9	0,8
1960-1969 - Janeiro	21,3	21,8	20,2	1,6	0,5
1970-1979 - Janeiro	21,3	22,9	20,2	2,7	1,0
1980-1989 - Janeiro	21,6	23,7	20,6	3,1	0,9
1990-1999 - Janeiro	21,3	23,4	19,7	3,7	1,0
2000-2009 - Janeiro	21,3	22,7	19,8	3,0	1,1
2010-2019 - Janeiro	21,6	22,9	20,4	2,4	0,7
2020-2029 - Janeiro	21,9	22,8	20,8	2,0	0,6
2030-2039 - Janeiro	22,4	23,5	21,3	2,3	0,8
2040-2049 - Janeiro	22,7	24,8	21,5	3,3	0,9
2050-2059 - Janeiro	22,7	23,7	21,8	1,9	0,7
2060-2069 - Janeiro	24,0	25,2	23,3	2,0	0,7
2070-2079 - Janeiro	24,1	25,4	22,8	2,7	0,9
2080-2089 - Janeiro	24,8	26,2	23,5	2,7	0,9
2090-2099 - Janeiro	24,8	26,0	23,5	2,5	1,0

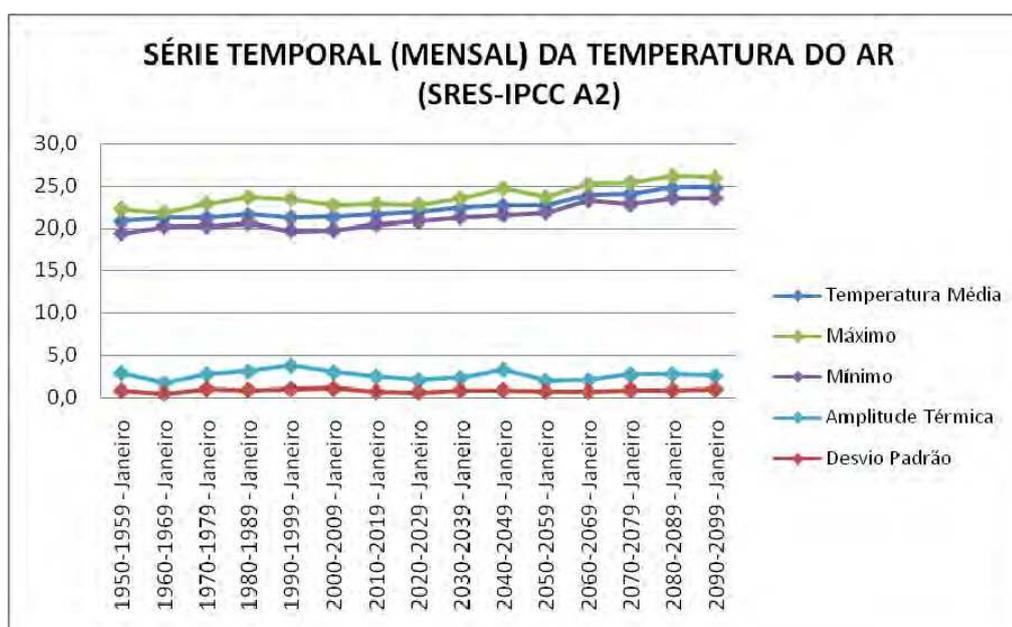


Figura A-1 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário A2.

Tabela A-2 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Janeiro	20,8	22,2	19,4	2,9	0,8
1960-1969 - Janeiro	21,3	21,8	20,2	1,6	0,5
1970-1979 - Janeiro	21,3	22,9	20,2	2,7	1,0
1980-1989 - Janeiro	21,6	23,7	20,6	3,1	0,9
1990-1999 - Janeiro	21,1	22,4	20,1	2,4	0,7
2000-2009 - Janeiro	21,5	22,6	20,4	2,2	0,8
2010-2019 - Janeiro	21,7	23,0	20,2	2,8	0,8
2020-2029 - Janeiro	21,7	22,7	20,9	1,9	0,7
2030-2039 - Janeiro	22,0	22,9	20,8	2,0	0,6
2040-2049 - Janeiro	22,3	23,9	21,3	2,6	0,7
2050-2059 - Janeiro	22,3	23,7	21,0	2,7	0,9
2060-2069 - Janeiro	23,2	26,1	21,8	4,3	1,2
2070-2079 - Janeiro	23,4	25,3	21,6	3,7	1,1
2080-2089 - Janeiro	22,9	23,8	21,9	2,0	0,5
2090-2099 - Janeiro	23,6	25,3	22,4	2,8	1,0

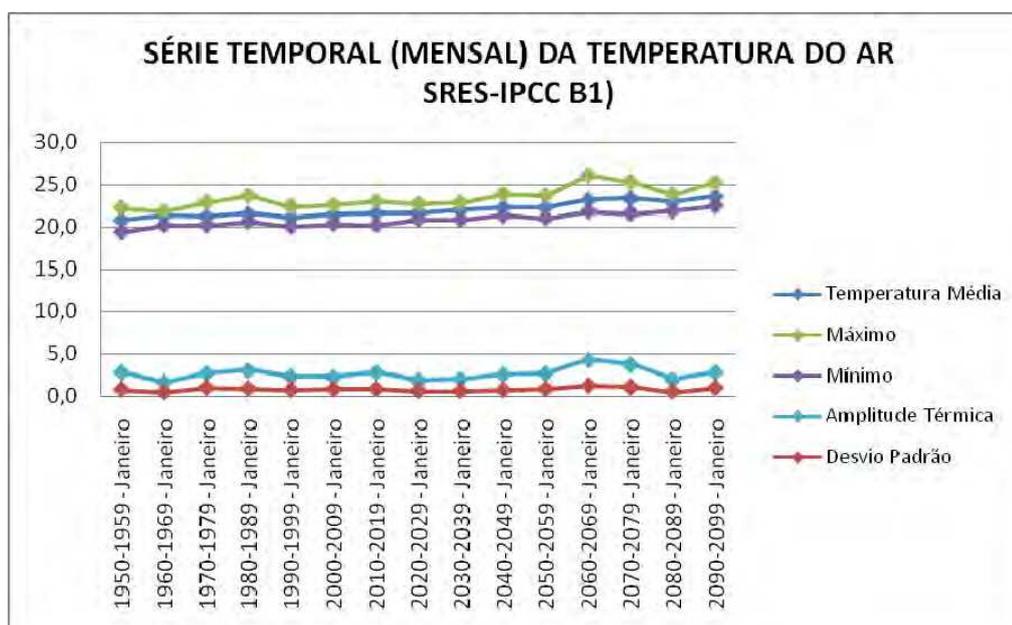


Figura A-2 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de janeiro para o cenário B1.

As Tabelas A-3 e A-4 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-3 e A-4.

Tabela A-3 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Fevereiro	20,8	21,7	20,0	1,7	0,6
1960-1969 - Fevereiro	20,7	21,6	20,2	1,4	0,5
1970-1979 - Fevereiro	21,0	22,3	19,5	2,8	0,9
1980-1989 - Fevereiro	21,5	22,5	20,5	2,0	0,8
1990-1999 - Fevereiro	21,4	22,3	20,7	1,6	0,5
2000-2009 - Fevereiro	21,3	22,5	20,6	1,9	0,7
2010-2019 - Fevereiro	21,6	22,2	20,8	1,4	0,4
2020-2029 - Fevereiro	21,6	22,6	20,8	1,8	0,6
2030-2039 - Fevereiro	22,2	23,3	21,6	1,7	0,6
2040-2049 - Fevereiro	22,4	23,4	21,4	2,0	0,7
2050-2059 - Fevereiro	22,9	23,3	22,1	1,2	0,3
2060-2069 - Fevereiro	24,0	25,4	23,1	2,4	0,8
2070-2079 - Fevereiro	23,8	24,7	22,6	2,2	0,7
2080-2089 - Fevereiro	25,1	26,8	23,1	3,6	1,0
2090-2099 - Fevereiro	25,0	27,5	23,5	4,0	1,1

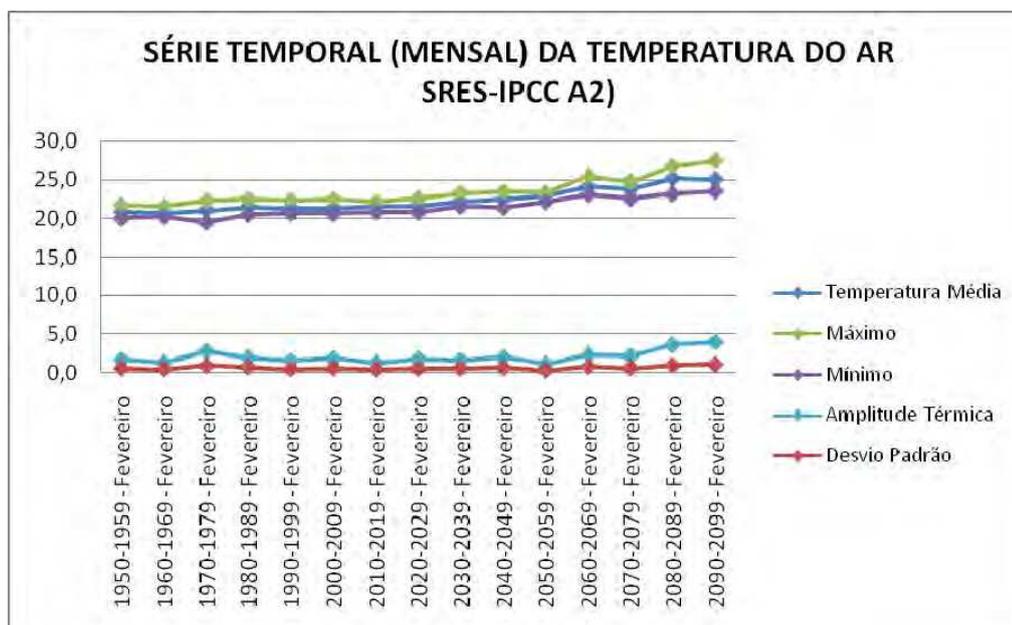


Figura A-3 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário A2.

Tabela A-4 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Fevereiro	20,8	21,7	20,0	1,7	0,6
1960-1969 - Fevereiro	20,7	21,6	20,2	1,4	0,5
1970-1979 - Fevereiro	21,0	22,3	19,5	2,8	0,9
1980-1989 - Fevereiro	21,5	22,5	20,5	2,0	0,8
1990-1999 - Fevereiro	21,0	22,5	19,8	2,6	0,9
2000-2009 - Fevereiro	21,7	22,5	20,7	1,8	0,6
2010-2019 - Fevereiro	21,7	22,5	20,4	2,1	0,8
2020-2029 - Fevereiro	21,6	23,0	20,4	2,6	0,8
2030-2039 - Fevereiro	22,1	23,6	20,8	2,8	0,9
2040-2049 - Fevereiro	22,2	23,8	21,2	2,6	0,8
2050-2059 - Fevereiro	22,2	22,9	20,6	2,2	0,7
2060-2069 - Fevereiro	23,4	25,5	22,1	3,4	1,1
2070-2079 - Fevereiro	23,5	25,6	22,5	3,1	1,1
2080-2089 - Fevereiro	23,1	24,7	21,1	3,6	1,1
2090-2099 - Fevereiro	23,7	24,4	22,6	1,8	0,6

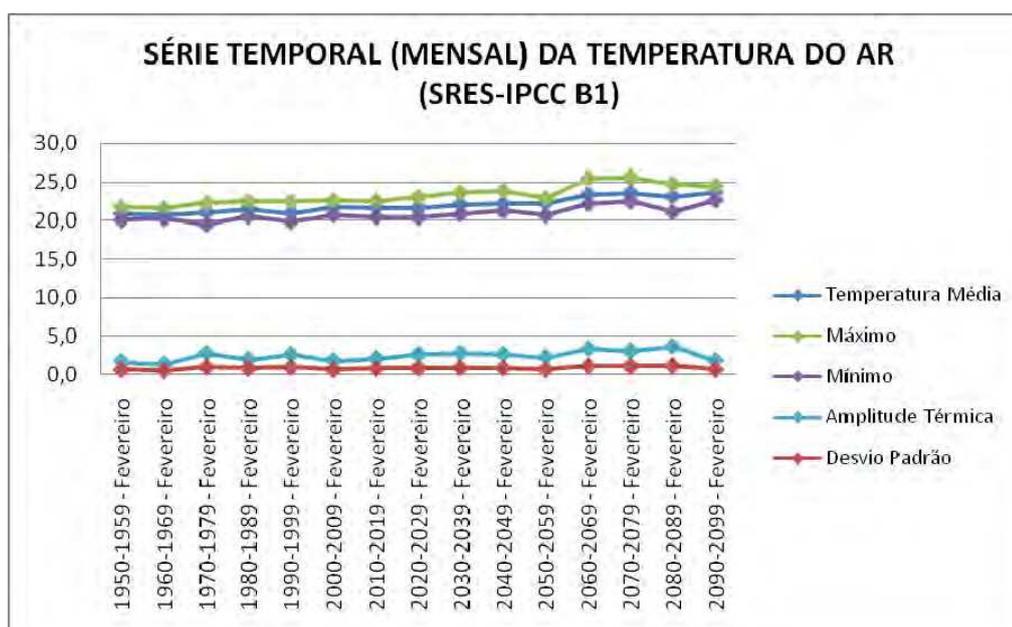


Figura A-4 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de fevereiro para o cenário B1.

As Tabelas A-5 e A-6 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-5 e A-6.

Tabela A-5 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Março	20,2	21,2	18,4	2,7	0,8
1960-1969 - Março	20,0	21,6	18,7	3,0	1,0
1970-1979 - Março	20,4	21,8	19,4	2,4	0,7
1980-1989 - Março	20,1	21,6	18,5	3,1	1,0
1990-1999 - Março	20,6	21,6	19,4	2,2	0,7
2000-2009 - Março	20,3	21,3	19,0	2,3	0,8
2010-2019 - Março	20,4	21,7	19,5	2,2	0,7
2020-2029 - Março	21,0	22,0	19,2	2,8	1,0
2030-2039 - Março	21,0	23,5	19,2	4,3	1,3
2040-2049 - Março	21,4	23,0	19,6	3,5	1,0
2050-2059 - Março	22,5	24,6	20,8	3,8	1,1
2060-2069 - Março	22,7	24,8	21,6	3,2	1,0
2070-2079 - Março	23,1	24,4	21,7	2,6	0,9
2080-2089 - Março	23,9	25,6	22,5	3,0	1,0
2090-2099 - Março	24,1	26,7	22,5	4,2	1,2

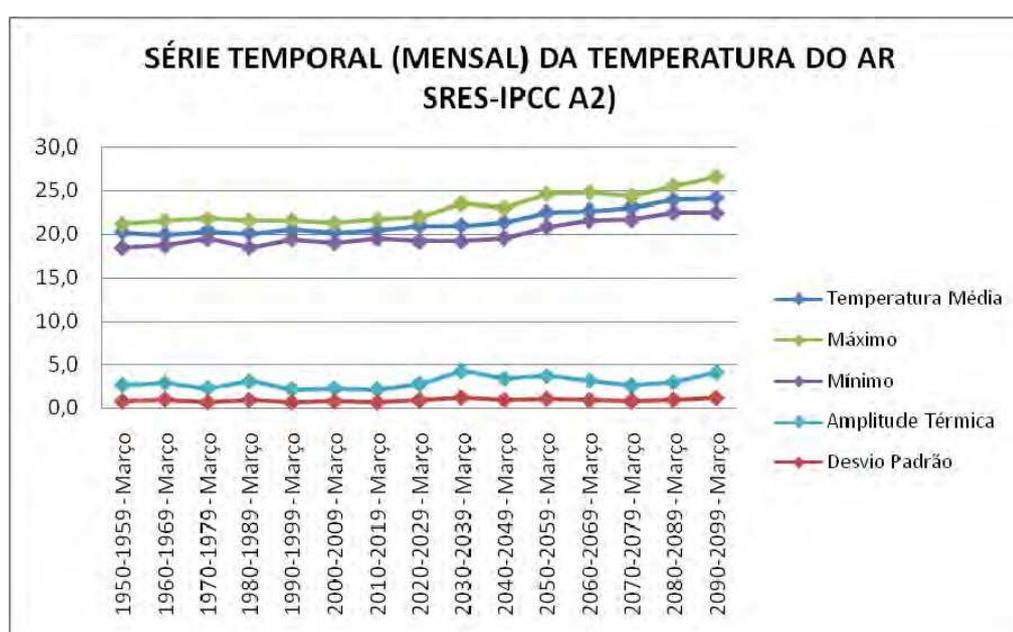


Figura A-5 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário A2.

Tabela A-6 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Março	20,2	21,2	18,4	2,7	0,8
1960-1969 - Março	20,0	21,6	18,7	3,0	1,0
1970-1979 - Março	20,4	21,8	19,4	2,4	0,7
1980-1989 - Março	20,1	21,6	18,5	3,1	1,0
1990-1999 - Março	19,8	21,7	18,6	3,1	1,1
2000-2009 - Março	20,9	22,1	19,7	2,5	0,6
2010-2019 - Março	20,6	21,6	19,8	1,8	0,5
2020-2029 - Março	20,8	22,3	19,2	3,1	1,0
2030-2039 - Março	21,5	22,8	20,8	2,0	0,6
2040-2049 - Março	21,6	23,4	20,2	3,1	1,0
2050-2059 - Março	21,4	23,0	19,8	3,2	0,9
2060-2069 - Março	22,2	24,3	20,6	3,6	1,2
2070-2079 - Março	22,3	24,3	20,8	3,5	1,0
2080-2089 - Março	22,5	24,7	20,5	4,2	1,3
2090-2099 - Março	23,0	24,3	21,9	2,4	0,6

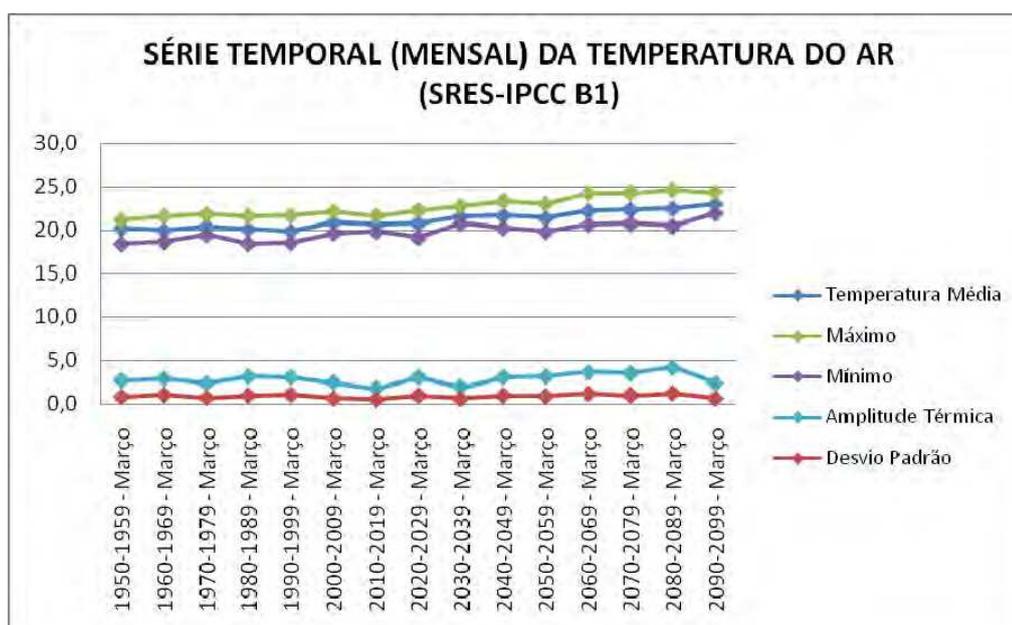


Figura A-6 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de março para o cenário B1.

As Tabelas A-7 e A-8 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-7 e A-8.

Tabela A-7 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Abril	17,9	19,2	16,3	2,9	0,9
1960-1969 - Abril	17,9	19,8	16,1	3,7	1,0
1970-1979 - Abril	18,3	21,5	16,9	4,7	1,7
1980-1989 - Abril	18,2	19,5	16,4	3,1	1,0
1990-1999 - Abril	17,8	19,8	15,7	4,2	1,2
2000-2009 - Abril	17,4	18,3	15,6	2,8	0,9
2010-2019 - Abril	18,8	19,6	18,0	1,6	0,6
2020-2029 - Abril	18,7	21,8	17,6	4,3	1,3
2030-2039 - Abril	19,2	21,8	17,9	3,9	1,3
2040-2049 - Abril	19,9	22,0	17,4	4,6	1,2
2050-2059 - Abril	20,6	23,9	19,3	4,6	1,4
2060-2069 - Abril	21,1	22,7	20,3	2,4	0,9
2070-2079 - Abril	21,1	22,5	19,5	3,0	1,1
2080-2089 - Abril	22,2	23,8	19,3	4,5	1,4
2090-2099 - Abril	22,6	25,4	20,6	4,9	1,4

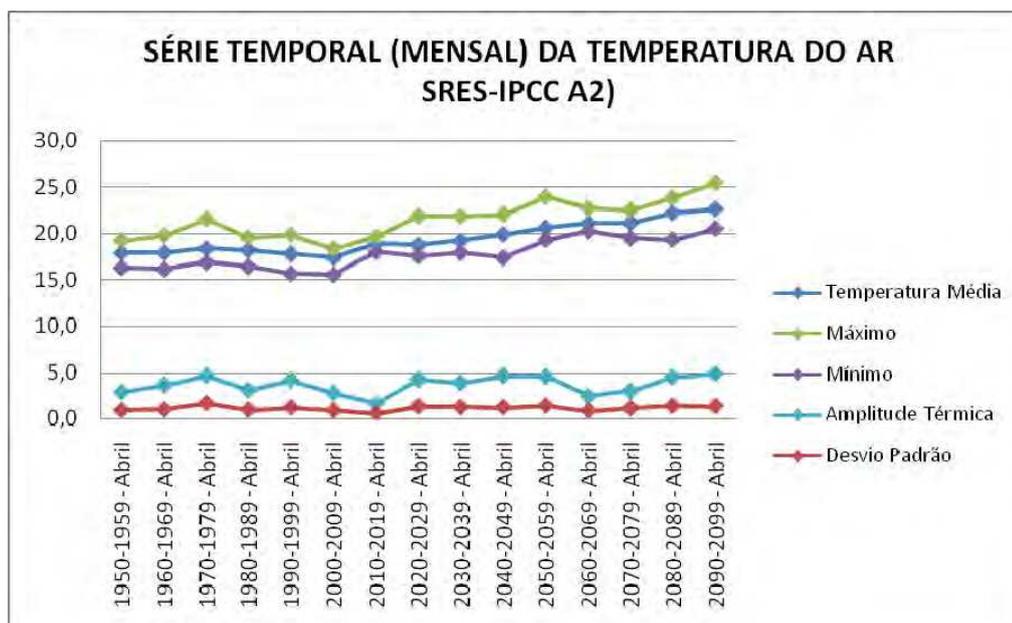


Figura A-7 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário A2.

Tabela A-8 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Abril	17,9	19,2	16,3	2,9	0,9
1960-1969 - Abril	17,9	19,8	16,1	3,7	1,0
1970-1979 - Abril	18,3	21,5	16,9	4,7	1,7
1980-1989 - Abril	18,2	19,5	16,4	3,1	1,0
1990-1999 - Abril	17,8	19,3	16,3	3,0	1,0
2000-2009 - Abril	18,8	21,5	17,1	4,4	1,2
2010-2019 - Abril	18,3	20,1	17,5	2,6	0,7
2020-2029 - Abril	18,8	20,1	17,1	3,0	1,0
2030-2039 - Abril	19,3	20,7	18,1	2,6	0,8
2040-2049 - Abril	19,9	22,8	17,8	5,0	1,8
2050-2059 - Abril	19,1	20,3	17,2	3,1	1,0
2060-2069 - Abril	21,1	24,2	18,8	5,4	1,6
2070-2079 - Abril	21,2	22,8	19,5	3,3	1,1
2080-2089 - Abril	20,7	22,1	18,3	3,9	1,3
2090-2099 - Abril	21,0	22,4	18,4	4,0	1,2

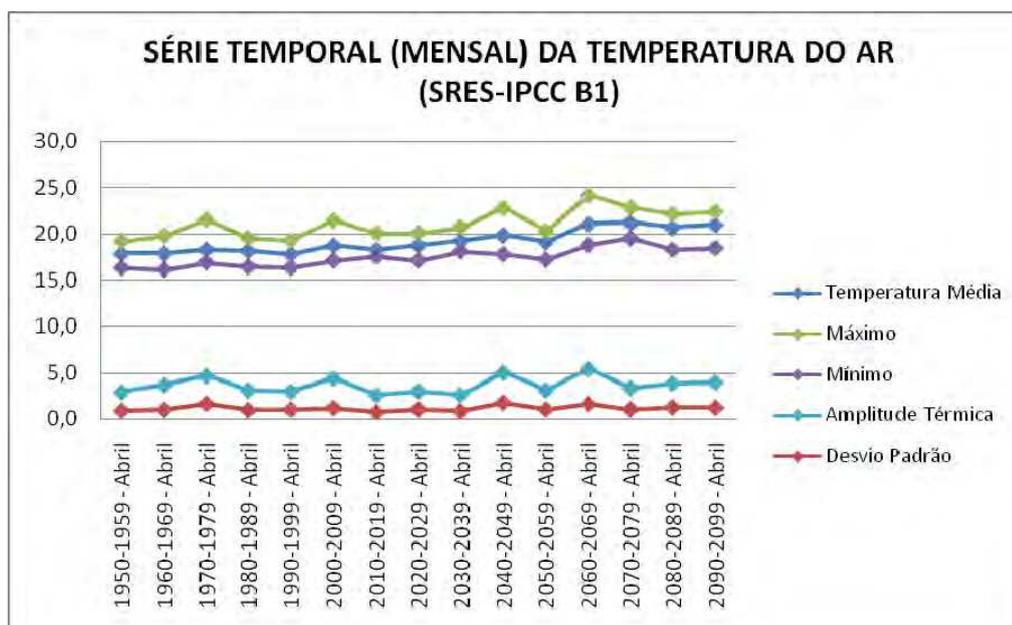


Figura A-8 - Série temporal dos estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de abril para o cenário B1.

As Tabelas A-9 e A-10 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-9 e A-10.

Tabela A-9 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Maio	14,9	16,6	13,6	3,0	1,0
1960-1969 - Maio	14,8	18,9	13,3	5,6	1,6
1970-1979 - Maio	15,2	18,8	13,5	5,3	1,6
1980-1989 - Maio	14,8	17,3	12,6	4,7	1,4
1990-1999 - Maio	14,8	18,8	13,2	5,6	1,6
2000-2009 - Maio	14,6	17,0	12,7	4,3	1,3
2010-2019 - Maio	14,9	16,1	13,9	2,2	0,7
2020-2029 - Maio	15,3	16,9	13,1	3,8	1,1
2030-2039 - Maio	16,8	21,1	14,1	7,0	2,2
2040-2049 - Maio	17,0	19,1	15,0	4,1	1,5
2050-2059 - Maio	17,5	19,9	15,9	4,0	1,7
2060-2069 - Maio	18,5	20,7	16,5	4,2	1,2
2070-2079 - Maio	18,6	20,4	16,3	4,1	1,6
2080-2089 - Maio	20,3	22,9	16,7	6,3	2,2
2090-2099 - Maio	20,3	21,9	17,5	4,3	1,4

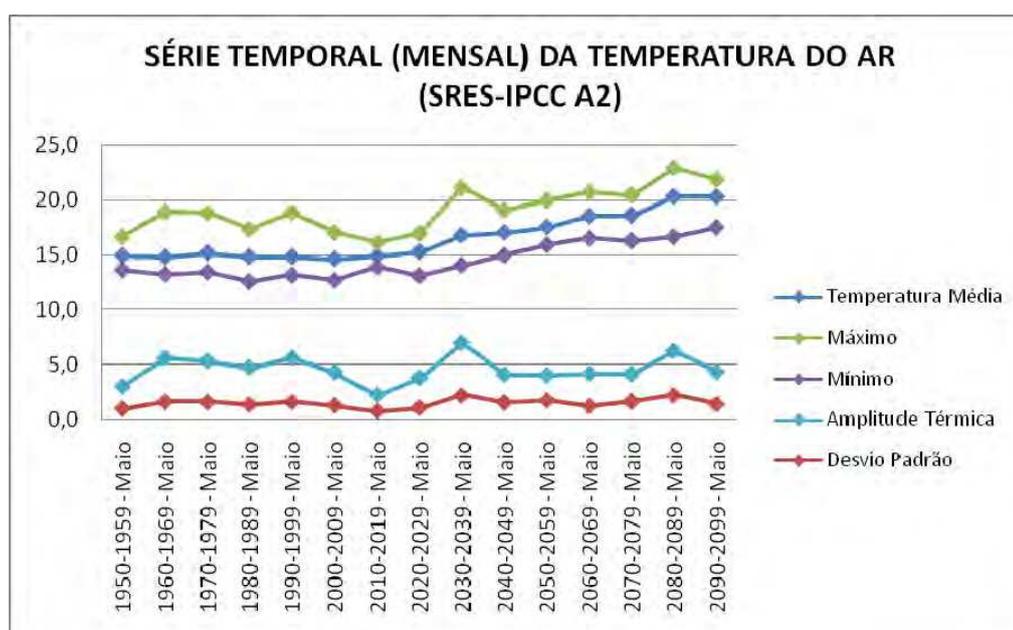


Figura A-9 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário A2.

Tabela A-10 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Maio	14,9	16,6	13,6	3,0	1,0
1960-1969 - Maio	14,8	18,9	13,3	5,6	1,6
1970-1979 - Maio	15,2	18,8	13,5	5,3	1,6
1980-1989 - Maio	14,8	17,3	12,6	4,7	1,4
1990-1999 - Maio	14,9	17,1	11,7	5,4	1,5
2000-2009 - Maio	15,3	20,4	13,5	6,9	2,0
2010-2019 - Maio	15,5	17,5	14,1	3,4	1,1
2020-2029 - Maio	16,4	18,3	14,6	3,8	1,3
2030-2039 - Maio	16,7	19,8	14,6	5,2	1,6
2040-2049 - Maio	16,6	20,5	15,1	5,4	1,7
2050-2059 - Maio	16,4	19,4	14,3	5,1	1,5
2060-2069 - Maio	18,2	20,7	15,1	5,6	1,6
2070-2079 - Maio	17,9	19,8	15,1	4,8	1,6
2080-2089 - Maio	18,9	22,5	16,6	6,0	1,7
2090-2099 - Maio	18,1	19,9	16,5	3,4	1,1

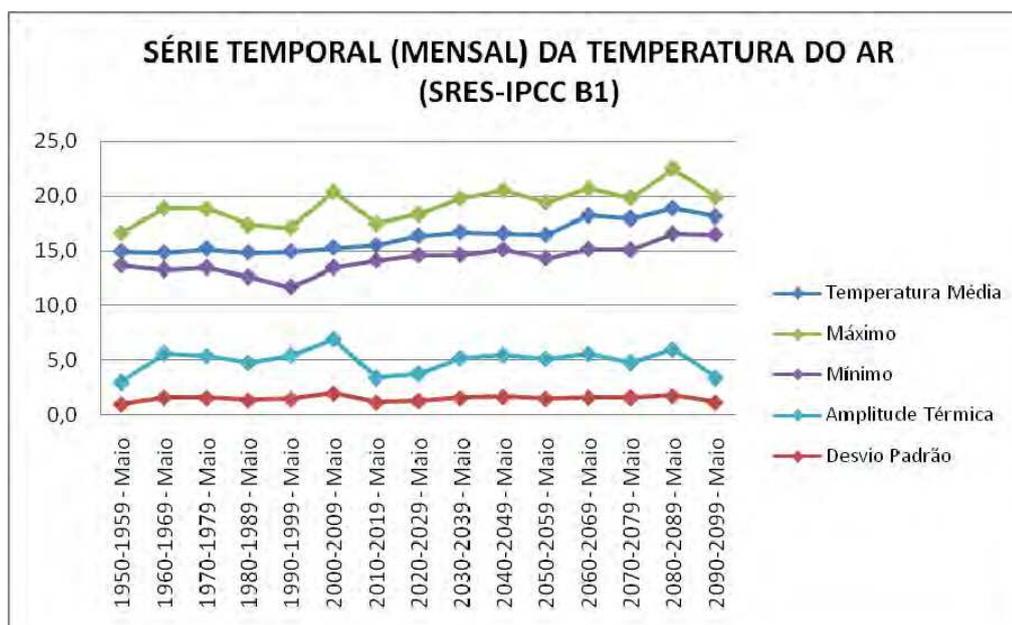


Figura A-10 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de maio para o cenário B1.

As Tabelas A-11 e A-12 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-11 e A-12.

Tabela A-11 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Junho	12,5	14,8	9,7	5,1	1,6
1960-1969 - Junho	12,6	17,1	10,2	6,8	2,2
1970-1979 - Junho	13,2	16,3	11,0	5,3	1,8
1980-1989 - Junho	12,8	15,7	11,9	3,8	1,1
1990-1999 - Junho	12,8	16,2	10,3	5,8	1,7
2000-2009 - Junho	13,9	17,1	11,7	5,4	1,8
2010-2019 - Junho	12,8	14,9	11,2	3,7	1,3
2020-2029 - Junho	13,4	16,1	11,1	5,0	1,7
2030-2039 - Junho	14,1	20,3	11,5	8,8	2,5
2040-2049 - Junho	14,4	16,8	12,0	4,7	1,6
2050-2059 - Junho	16,1	19,8	13,0	6,8	2,5
2060-2069 - Junho	16,8	21,0	13,9	7,1	1,9
2070-2079 - Junho	17,0	19,1	15,0	4,0	1,5
2080-2089 - Junho	18,8	20,9	14,0	6,9	2,2
2090-2099 - Junho	19,2	20,8	16,3	4,6	1,5

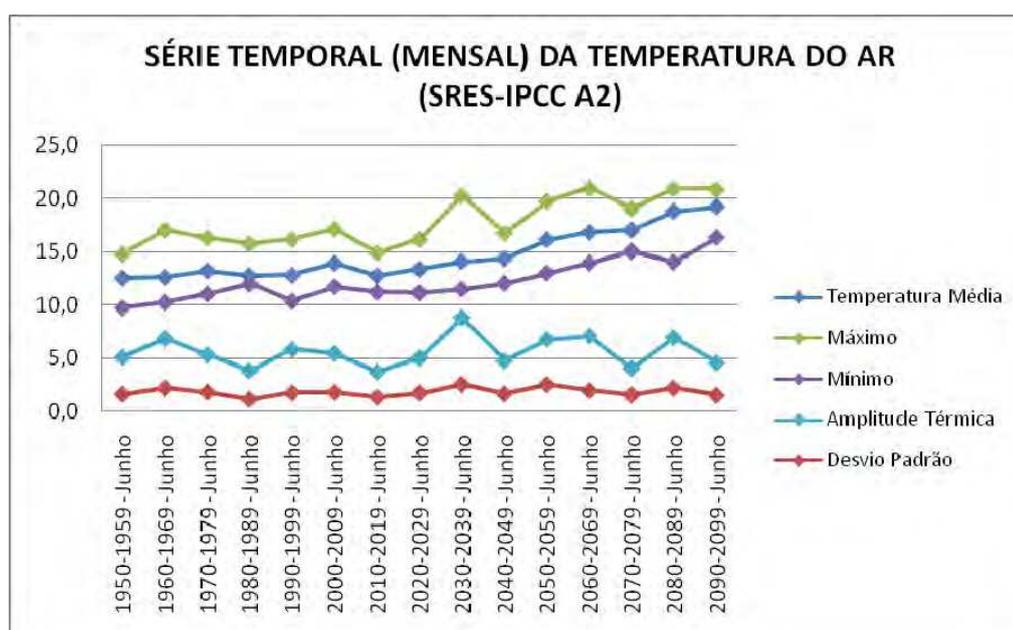


Figura A-11 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário A2.

Tabela A-12 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Junho	12,5	14,8	9,7	5,1	1,6
1960-1969 - Junho	12,6	17,1	10,2	6,8	2,2
1970-1979 - Junho	13,2	16,3	11,0	5,3	1,8
1980-1989 - Junho	12,8	15,7	11,9	3,8	1,1
1990-1999 - Junho	12,4	14,2	9,5	4,7	1,6
2000-2009 - Junho	13,2	18,0	10,6	7,4	2,3
2010-2019 - Junho	13,4	15,9	11,6	4,4	1,6
2020-2029 - Junho	13,8	16,1	11,7	4,5	1,6
2030-2039 - Junho	15,2	17,5	12,3	5,2	1,6
2040-2049 - Junho	14,6	18,3	12,2	6,1	2,1
2050-2059 - Junho	14,3	16,6	12,3	4,3	1,3
2060-2069 - Junho	16,4	19,2	13,3	5,9	2,0
2070-2079 - Junho	16,8	19,3	14,6	4,7	1,5
2080-2089 - Junho	17,3	22,1	13,8	8,3	2,3
2090-2099 - Junho	16,2	18,7	14,2	4,5	1,4

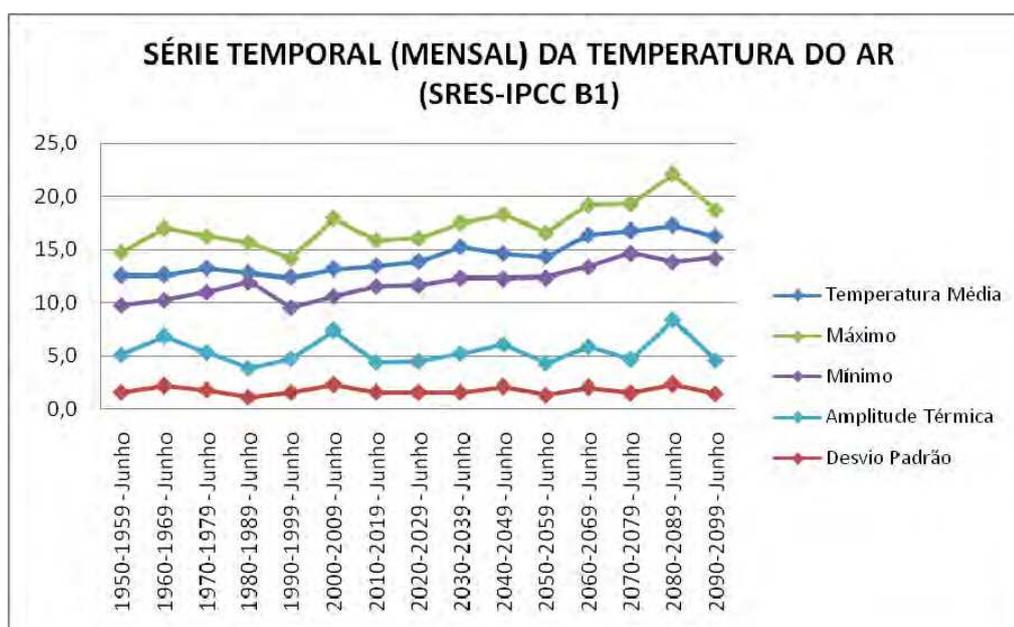


Figura A-12 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de junho para o cenário B1.

As Tabelas A-13 e A-14 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-13 e A-14.

Tabela A-13 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Julho	12,2	14,6	9,9	4,7	1,4
1960-1969 - Julho	12,6	15,1	10,4	4,7	1,8
1970-1979 - Julho	13,5	17,9	11,6	6,2	2,1
1980-1989 - Julho	13,4	15,2	10,9	4,3	1,5
1990-1999 - Julho	13,7	16,1	11,2	4,9	1,6
2000-2009 - Julho	13,3	15,7	11,3	4,4	1,5
2010-2019 - Julho	13,2	14,3	11,9	2,3	0,9
2020-2029 - Julho	14,3	18,7	11,3	7,3	2,1
2030-2039 - Julho	14,9	20,5	12,2	8,3	2,6
2040-2049 - Julho	15,4	19,3	12,7	6,6	2,2
2050-2059 - Julho	15,7	17,8	12,7	5,0	1,7
2060-2069 - Julho	16,9	21,7	13,2	8,5	2,3
2070-2079 - Julho	17,5	19,3	15,1	4,2	1,6
2080-2089 - Julho	19,0	21,2	17,0	4,2	1,4
2090-2099 - Julho	19,7	24,2	14,4	9,9	2,7

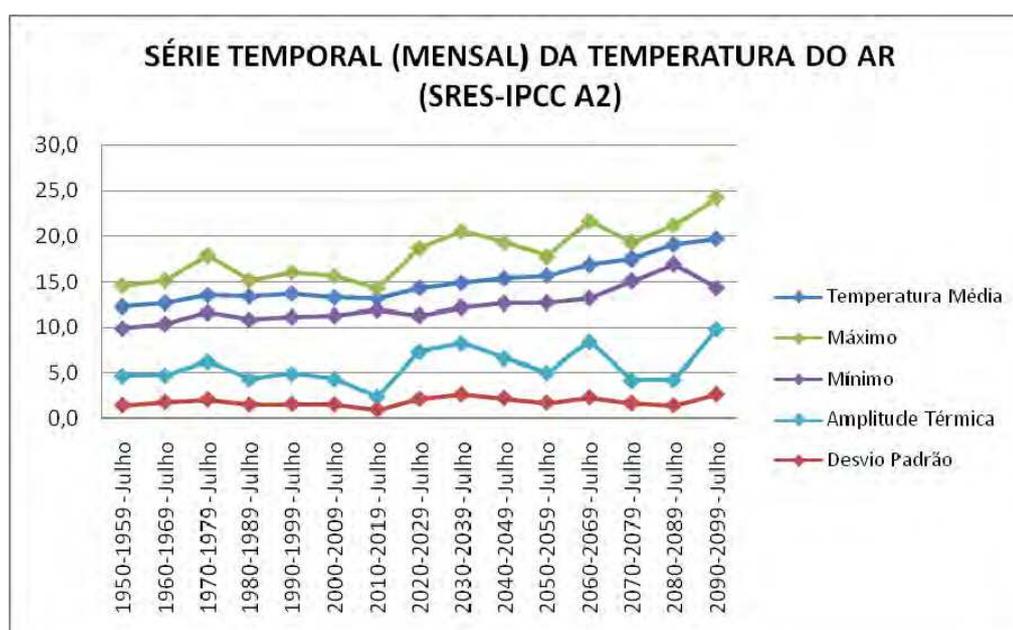


Figura A-13 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário A2.

Tabela A-14 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Julho	12,2	14,6	9,9	4,7	1,4
1960-1969 - Julho	12,6	15,1	10,4	4,7	1,8
1970-1979 - Julho	13,5	17,9	11,6	6,2	2,1
1980-1989 - Julho	13,4	15,2	10,9	4,3	1,5
1990-1999 - Julho	12,7	15,7	9,9	5,8	2,0
2000-2009 - Julho	13,9	18,3	11,1	7,1	2,3
2010-2019 - Julho	13,8	17,2	11,5	5,7	2,0
2020-2029 - Julho	14,0	16,1	11,5	4,6	1,4
2030-2039 - Julho	15,0	17,9	12,5	5,5	1,8
2040-2049 - Julho	14,7	18,1	12,5	5,6	1,8
2050-2059 - Julho	15,3	17,9	12,6	5,3	1,8
2060-2069 - Julho	16,2	18,0	13,5	4,6	1,6
2070-2079 - Julho	16,8	20,1	14,0	6,1	1,8
2080-2089 - Julho	17,5	20,2	14,0	6,2	2,1
2090-2099 - Julho	16,9	19,3	13,0	6,3	1,7

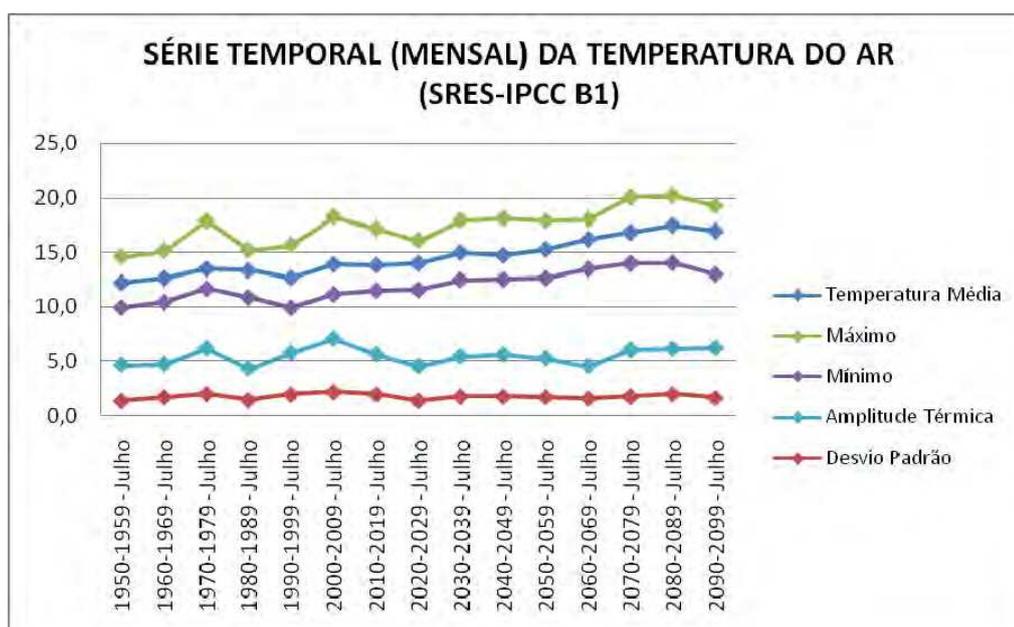


Figura A-14 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de julho para o cenário B1.

As Tabelas A-15 e A-16 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-15 e A-16.

Tabela A-15 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Agosto	15,9	18,1	13,9	4,2	1,4
1960-1969 - Agosto	14,9	17,2	12,3	4,9	1,4
1970-1979 - Agosto	16,9	20,1	14,8	5,3	1,8
1980-1989 - Agosto	15,8	18,5	13,5	5,0	1,7
1990-1999 - Agosto	17,1	19,7	14,2	5,6	2,0
2000-2009 - Agosto	17,1	19,4	15,3	4,1	1,2
2010-2019 - Agosto	16,1	19,9	13,1	6,8	2,3
2020-2029 - Agosto	17,1	18,1	15,1	3,0	0,8
2030-2039 - Agosto	17,2	21,5	14,6	6,8	1,8
2040-2049 - Agosto	18,0	21,1	15,4	5,7	1,8
2050-2059 - Agosto	19,2	21,4	17,1	4,3	1,4
2060-2069 - Agosto	20,0	22,4	15,8	6,5	1,8
2070-2079 - Agosto	20,5	22,7	18,1	4,6	1,5
2080-2089 - Agosto	22,2	24,4	19,7	4,7	1,8
2090-2099 - Agosto	22,7	24,7	20,6	4,1	1,5

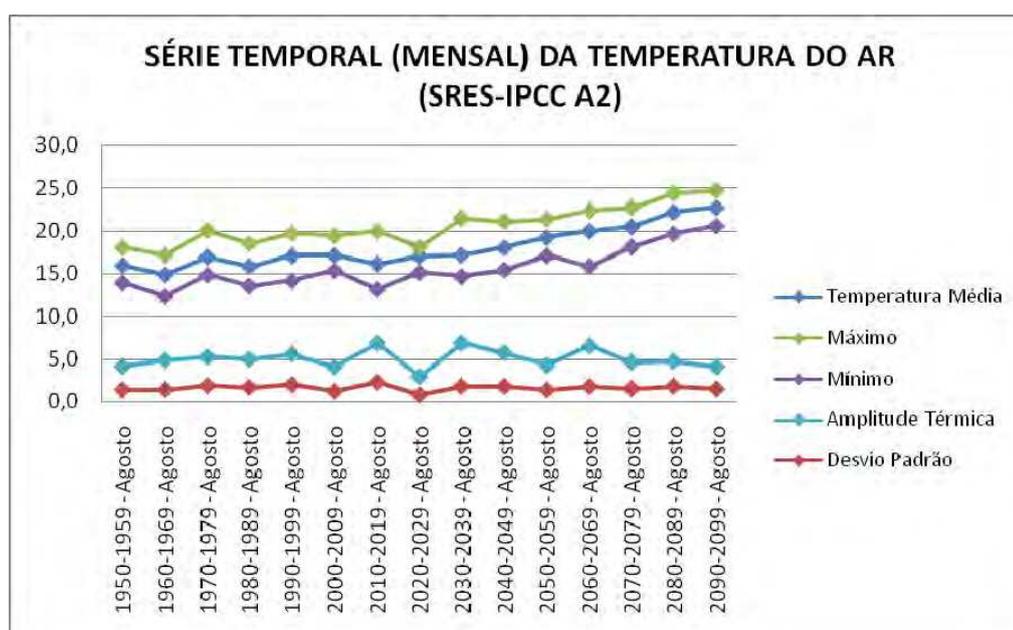


Figura A-15 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário A2.

Tabela A-16 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Agosto	15,9	18,1	13,9	4,2	1,4
1960-1969 - Agosto	14,9	17,2	12,3	4,9	1,4
1970-1979 - Agosto	16,9	20,1	14,8	5,3	1,8
1980-1989 - Agosto	15,8	18,5	13,5	5,0	1,7
1990-1999 - Agosto	17,1	19,5	15,0	4,5	1,6
2000-2009 - Agosto	16,3	20,2	13,9	6,3	1,9
2010-2019 - Agosto	17,3	18,5	16,5	2,1	0,8
2020-2029 - Agosto	17,6	19,4	13,1	6,3	1,8
2030-2039 - Agosto	17,8	20,0	13,6	6,4	2,0
2040-2049 - Agosto	18,1	21,0	13,9	7,2	2,2
2050-2059 - Agosto	19,2	23,2	16,5	6,7	2,1
2060-2069 - Agosto	19,1	20,1	18,0	2,1	0,7
2070-2079 - Agosto	19,9	22,5	16,3	6,2	2,0
2080-2089 - Agosto	20,2	23,9	16,7	7,1	2,2
2090-2099 - Agosto	19,6	22,5	16,2	6,2	2,0

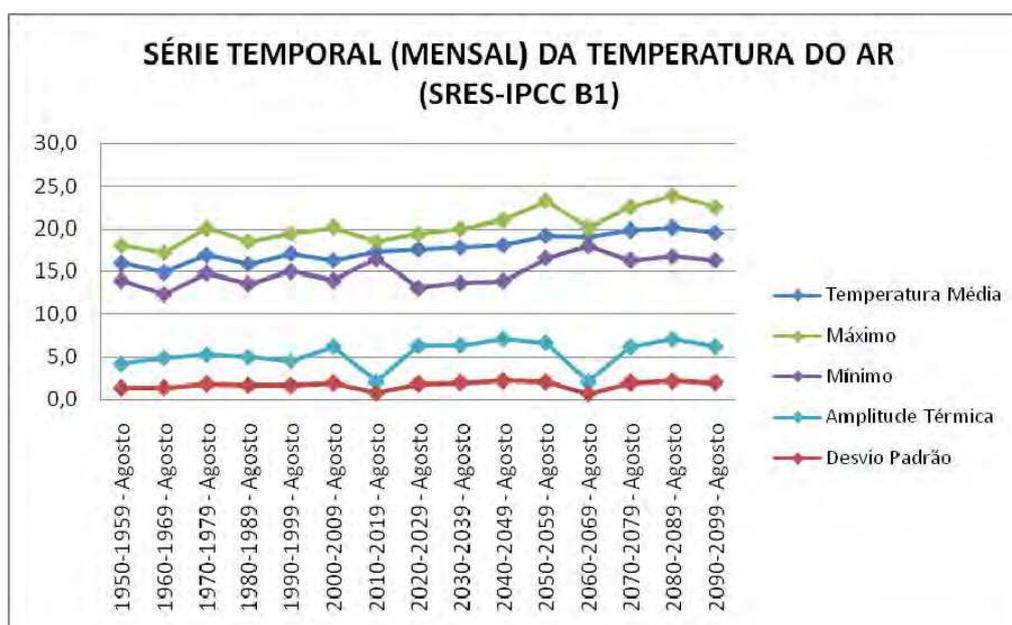


Figura A-16 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de agosto para o cenário B1.

As Tabelas A-17 e A-18 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-17 e A-18.

Tabela A-17 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Setembro	18,3	21,5	16,0	5,4	1,6
1960-1969 - Setembro	18,5	20,7	16,1	4,6	1,6
1970-1979 - Setembro	17,7	19,8	16,4	3,4	1,1
1980-1989 - Setembro	18,1	21,2	15,5	5,8	1,7
1990-1999 - Setembro	19,0	22,3	15,7	6,6	1,9
2000-2009 - Setembro	19,9	24,1	14,6	9,6	2,4
2010-2019 - Setembro	18,4	22,4	16,2	6,2	2,0
2020-2029 - Setembro	20,1	23,4	17,4	6,0	2,0
2030-2039 - Setembro	20,3	23,3	18,0	5,3	1,8
2040-2049 - Setembro	20,8	24,8	16,5	8,2	2,4
2050-2059 - Setembro	22,1	28,2	18,9	9,3	2,7
2060-2069 - Setembro	22,9	28,8	18,3	10,5	3,0
2070-2079 - Setembro	24,1	26,4	20,7	5,6	1,9
2080-2089 - Setembro	24,0	29,2	19,2	10,0	3,7
2090-2099 - Setembro	24,2	26,1	21,1	5,0	1,7

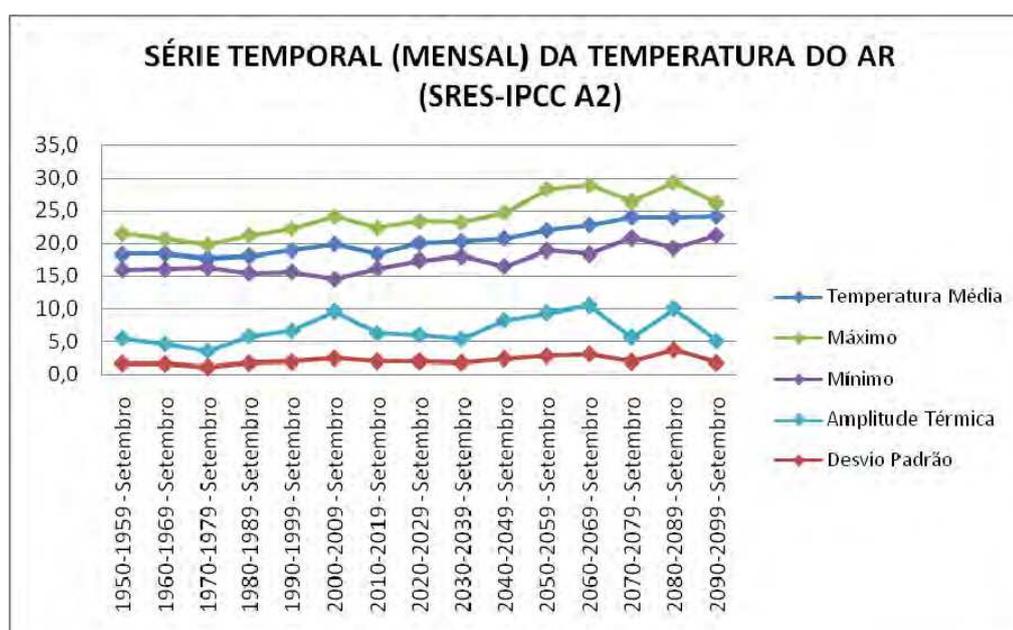


Figura A-17 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário A2.

Tabela A-18 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Setembro	18,3	21,5	16,0	5,4	1,6
1960-1969 - Setembro	18,5	20,7	16,1	4,6	1,6
1970-1979 - Setembro	17,7	19,8	16,4	3,4	1,1
1980-1989 - Setembro	18,1	21,2	15,5	5,8	1,7
1990-1999 - Setembro	18,7	24,4	17,2	7,2	2,1
2000-2009 - Setembro	19,0	20,5	17,9	2,6	0,9
2010-2019 - Setembro	19,5	22,2	17,1	5,1	1,6
2020-2029 - Setembro	20,1	25,4	17,3	8,1	2,9
2030-2039 - Setembro	20,2	24,9	17,6	7,3	2,2
2040-2049 - Setembro	21,3	25,8	17,7	8,1	2,3
2050-2059 - Setembro	22,0	25,3	18,9	6,4	1,8
2060-2069 - Setembro	23,0	28,0	20,6	7,4	2,5
2070-2079 - Setembro	21,8	23,6	19,0	4,6	1,6
2080-2089 - Setembro	21,2	22,6	18,5	4,2	1,3
2090-2099 - Setembro	23,4	28,5	18,3	10,2	3,5

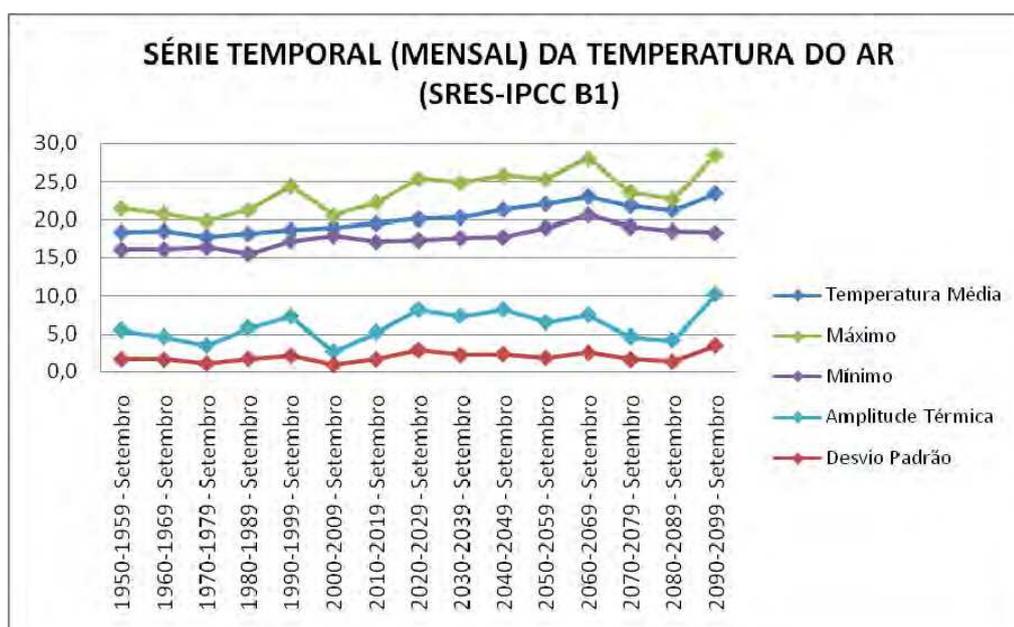


Figura A-18 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de setembro para o cenário B1.

As Tabelas A-19 e A-20 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-19 e A-20.

Tabela A-19 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Outubro	19,2	21,0	16,8	4,3	1,3
1960-1969 - Outubro	19,4	22,0	16,8	5,2	1,8
1970-1979 - Outubro	19,7	21,3	17,9	3,5	1,2
1980-1989 - Outubro	19,7	23,0	17,8	5,2	1,6
1990-1999 - Outubro	20,0	21,2	17,9	3,3	1,0
2000-2009 - Outubro	19,1	20,0	18,5	1,5	0,5
2010-2019 - Outubro	20,4	23,3	18,0	5,2	1,8
2020-2029 - Outubro	20,9	23,4	19,0	4,4	1,5
2030-2039 - Outubro	21,2	23,2	19,8	3,4	1,1
2040-2049 - Outubro	21,3	22,1	20,0	2,1	0,8
2050-2059 - Outubro	22,4	25,6	19,1	6,4	1,9
2060-2069 - Outubro	23,9	30,0	20,6	9,5	3,0
2070-2079 - Outubro	23,0	25,1	20,8	4,2	1,7
2080-2089 - Outubro	25,2	30,7	22,2	8,5	2,9
2090-2099 - Outubro	25,5	28,2	21,4	6,7	2,1

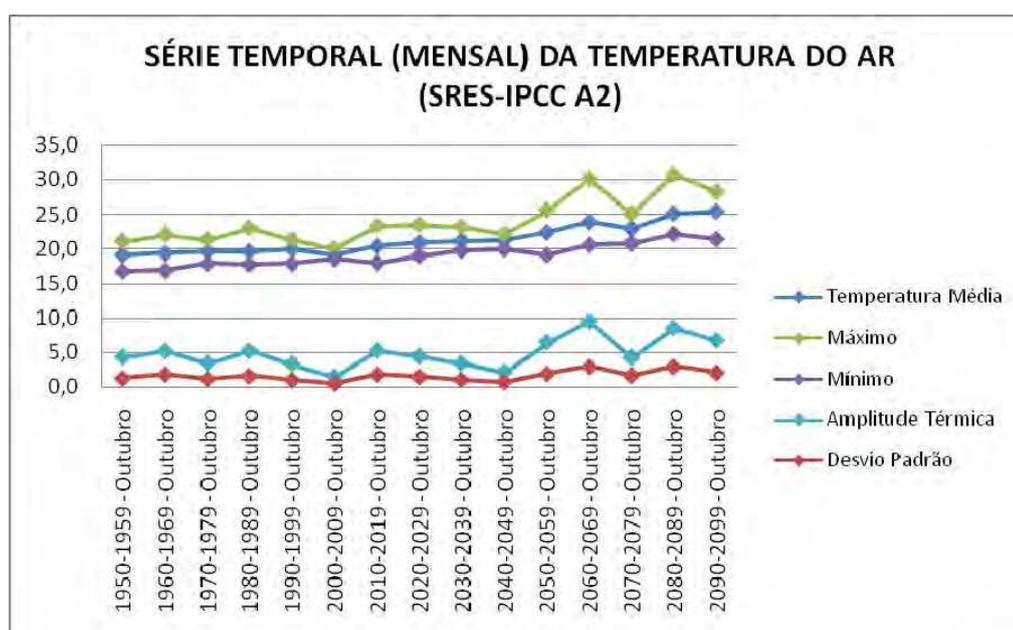


Figura A-19 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário A2.

Tabela A-20 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Outubro	19,2	21,0	16,8	4,3	1,3
1960-1969 - Outubro	19,4	22,0	16,8	5,2	1,8
1970-1979 - Outubro	19,7	21,3	17,9	3,5	1,2
1980-1989 - Outubro	19,7	23,0	17,8	5,2	1,6
1990-1999 - Outubro	20,2	22,7	18,1	4,6	1,6
2000-2009 - Outubro	19,6	21,7	18,3	3,4	1,2
2010-2019 - Outubro	19,8	21,4	18,1	3,3	1,1
2020-2029 - Outubro	20,7	25,0	18,1	6,9	2,6
2030-2039 - Outubro	21,7	24,4	19,5	4,9	1,6
2040-2049 - Outubro	21,7	23,9	19,0	4,9	1,6
2050-2059 - Outubro	22,1	24,0	20,0	4,0	1,1
2060-2069 - Outubro	23,1	25,3	20,5	4,9	1,6
2070-2079 - Outubro	22,2	24,0	20,7	3,3	1,1
2080-2089 - Outubro	23,0	24,8	21,3	3,5	1,2
2090-2099 - Outubro	23,6	26,9	21,9	4,9	1,3

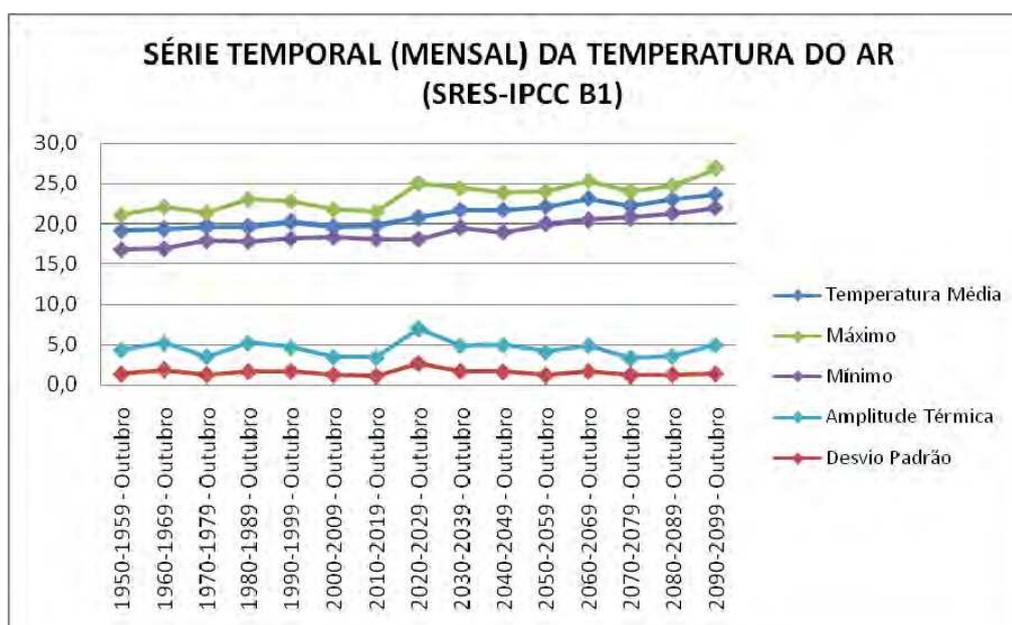


Figura A-20 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de outubro para o cenário B1.

As Tabelas A-21 e A-22 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-21 e A-22.

Tabela A-21 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Novembro	20,2	22,1	18,8	3,4	1,0
1960-1969 - Novembro	20,0	23,1	18,4	4,7	1,3
1970-1979 - Novembro	20,0	21,5	18,3	3,2	1,0
1980-1989 - Novembro	19,9	22,3	18,0	4,3	1,5
1990-1999 - Novembro	20,4	22,7	18,5	4,2	1,5
2000-2009 - Novembro	20,2	21,4	18,7	2,7	0,8
2010-2019 - Novembro	20,7	22,0	19,3	2,7	0,8
2020-2029 - Novembro	21,0	22,3	18,5	3,8	1,2
2030-2039 - Novembro	21,5	24,6	19,9	4,7	1,5
2040-2049 - Novembro	21,7	24,2	20,4	3,8	1,2
2050-2059 - Novembro	22,3	24,9	20,1	4,9	1,4
2060-2069 - Novembro	23,4	27,5	21,1	6,4	1,8
2070-2079 - Novembro	23,5	26,0	22,1	3,9	1,2
2080-2089 - Novembro	24,9	26,9	22,8	4,1	1,5
2090-2099 - Novembro	25,1	27,6	23,2	4,5	1,5

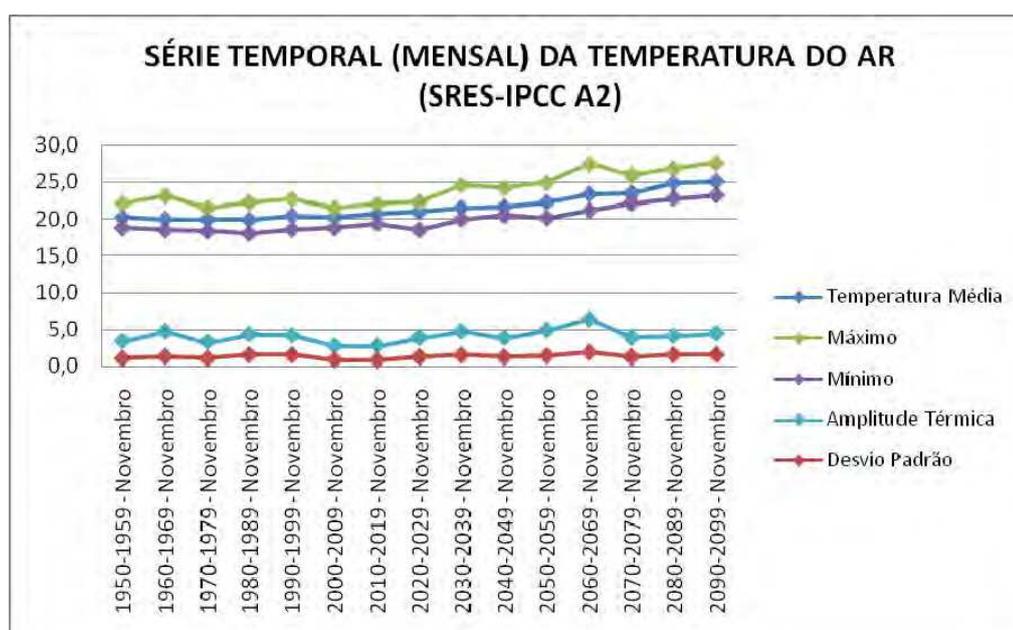


Figura A-21 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário A2.

Tabela A-22 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Novembro	20,2	22,1	18,8	3,4	1,0
1960-1969 - Novembro	20,0	23,1	18,4	4,7	1,3
1970-1979 - Novembro	20,0	21,5	18,3	3,2	1,0
1980-1989 - Novembro	19,9	22,3	18,0	4,3	1,5
1990-1999 - Novembro	20,4	22,4	18,3	4,2	1,3
2000-2009 - Novembro	20,6	21,8	18,8	3,0	1,1
2010-2019 - Novembro	20,2	21,9	19,0	3,0	0,9
2020-2029 - Novembro	21,8	28,1	18,4	9,7	2,7
2030-2039 - Novembro	21,2	23,7	19,6	4,1	1,5
2040-2049 - Novembro	21,0	22,6	19,1	3,6	1,1
2050-2059 - Novembro	21,6	23,9	20,4	3,6	1,1
2060-2069 - Novembro	22,7	24,1	21,0	3,2	1,1
2070-2079 - Novembro	22,9	25,0	21,3	3,8	1,3
2080-2089 - Novembro	23,6	25,0	21,7	3,4	1,1
2090-2099 - Novembro	23,5	25,6	21,2	4,4	1,3

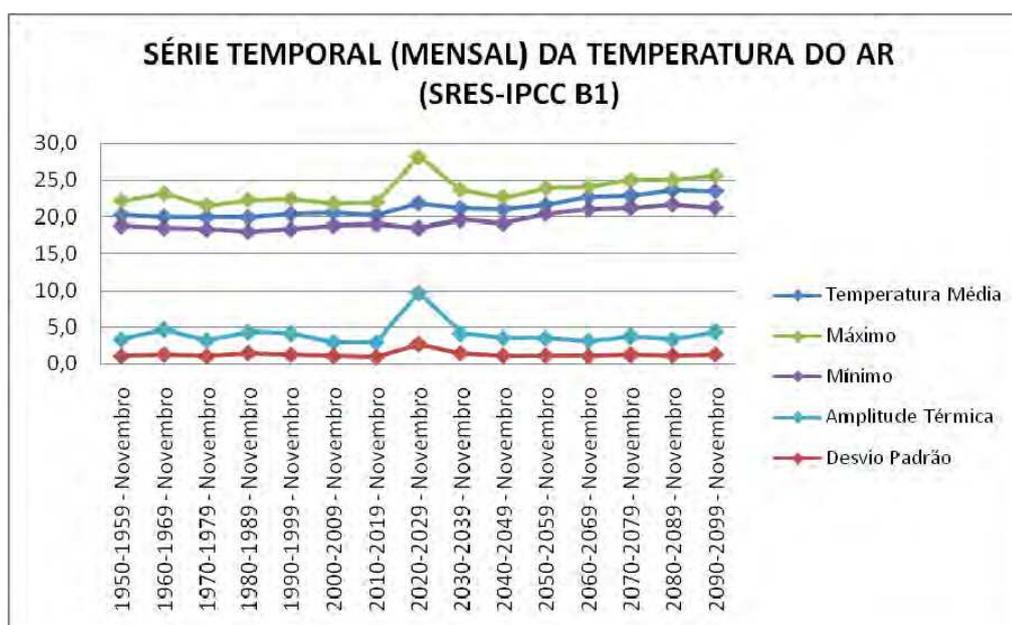


Figura A-22 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de novembro para o cenário B1.

As Tabelas A-23 e A-24 apresentam os valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro dos cenários A2 e B1, respectivamente, sendo que as respectivas séries temporais dos cenários são apresentadas nas Figuras A-23 e A-24.

Tabela A-23 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário A2.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)	(SRES-IPCC A2)
1950-1959 - Dezembro	21,4	24,5	20,4	4,0	1,1
1960-1969 - Dezembro	21,2	23,5	20,0	3,6	1,1
1970-1979 - Dezembro	21,1	21,8	20,2	1,6	0,5
1980-1989 - Dezembro	21,1	22,7	19,5	3,2	0,9
1990-1999 - Dezembro	21,2	22,8	19,1	3,8	1,2
2000-2009 - Dezembro	20,5	22,1	19,3	2,8	1,0
2010-2019 - Dezembro	20,8	23,4	19,5	3,9	1,0
2020-2029 - Dezembro	21,6	23,2	20,5	2,7	1,0
2030-2039 - Dezembro	21,8	23,2	20,3	2,9	1,0
2040-2049 - Dezembro	22,1	23,9	20,6	3,3	1,0
2050-2059 - Dezembro	22,7	24,3	21,7	2,6	0,8
2060-2069 - Dezembro	23,5	24,9	21,2	3,7	1,0
2070-2079 - Dezembro	23,2	25,2	21,9	3,3	1,0
2080-2089 - Dezembro	25,0	26,4	23,4	3,0	1,0
2090-2099 - Dezembro	25,0	27,8	23,2	4,5	1,3

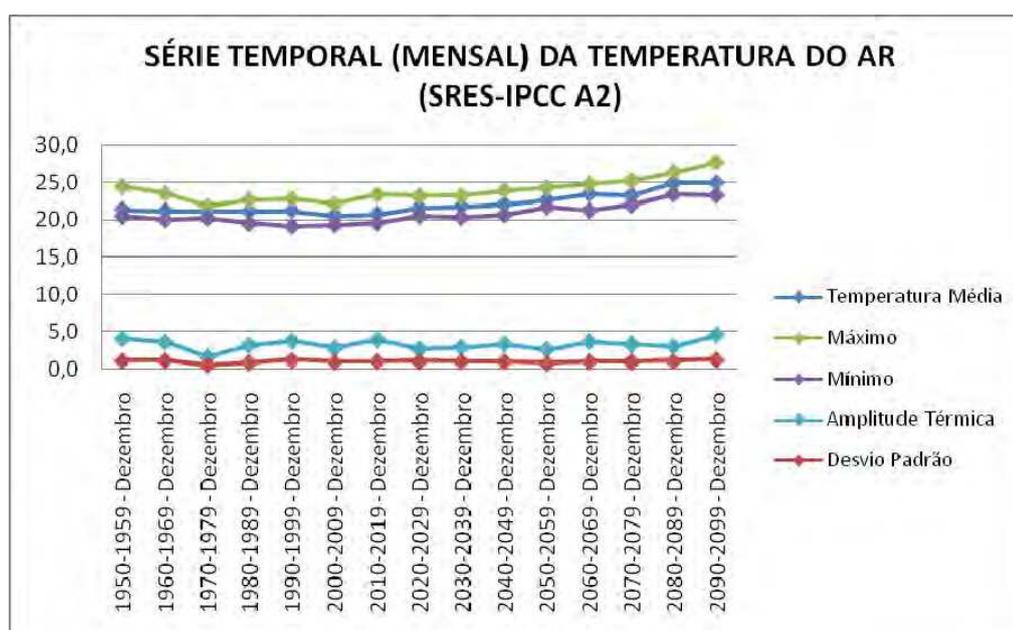


Figura A-23 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário A2.

Tabela A-24 - Valores Estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário B1.

Anos	Temperatura Média	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica	Desvio Padrão
	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)	(SRES-IPCC B1)
1950-1959 - Dezembro	21,4	24,5	20,4	4,0	1,1
1960-1969 - Dezembro	21,2	23,5	20,0	3,6	1,1
1970-1979 - Dezembro	21,1	21,8	20,2	1,6	0,5
1980-1989 - Dezembro	21,1	22,7	19,5	3,2	0,9
1990-1999 - Dezembro	20,8	22,1	19,2	2,9	1,0
2000-2009 - Dezembro	21,1	22,7	19,4	3,3	0,9
2010-2019 - Dezembro	21,5	23,3	20,4	2,9	1,0
2020-2029 - Dezembro	21,4	22,4	20,4	2,0	0,5
2030-2039 - Dezembro	22,2	24,6	21,3	3,4	0,9
2040-2049 - Dezembro	21,9	23,1	20,4	2,7	1,0
2050-2059 - Dezembro	22,2	24,0	21,3	2,7	0,8
2060-2069 - Dezembro	23,3	25,3	22,3	3,0	0,9
2070-2079 - Dezembro	23,4	24,8	22,5	2,3	0,8
2080-2089 - Dezembro	22,8	24,5	21,0	3,4	1,1
2090-2099 - Dezembro	23,3	24,0	21,8	2,2	0,8

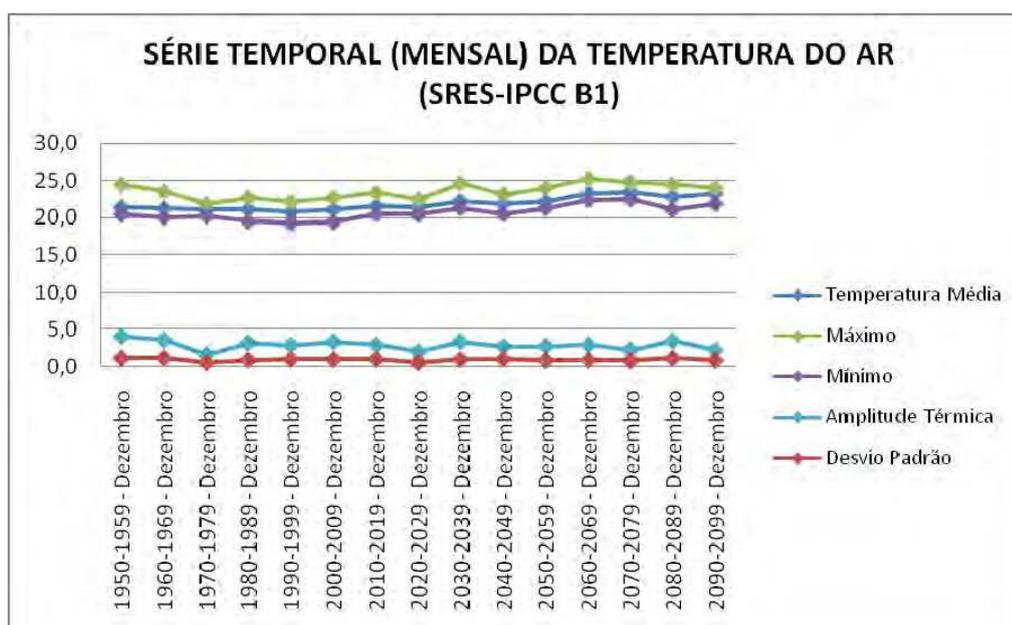


Figura A-24 - Série temporal dos valores estatísticos (média, máximo, mínimo, amplitude térmica e desvio padrão) para a temperatura média mensal do mês de dezembro para o cenário B1.

## **APÊNDICE B**

**Neste apêndice serão apresentadas os perfis de 11 praias insulares do município de Ubatuba, São Paulo e suas imagens, com estimativa de perda de área devido à elevação do nível médio do mar para os anos de 2050 e 2100, no verão e no inverno.**

Utilizando-se das estimativas de aumento do nível médio do mar (NMM) realizados na seção 5.2, efetuou-se uma projeção da área de praia ocupadas por praias insulares em Ubatuba. A seguir, faz-se uma descrição completa dos efeitos em cada uma delas.

Para a praia das Couves 2 (Figuras B-1 e B-2), no verão, estima-se uma perda de 1000 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 1010 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda de 1680 cm de praia para o ano de 2100.

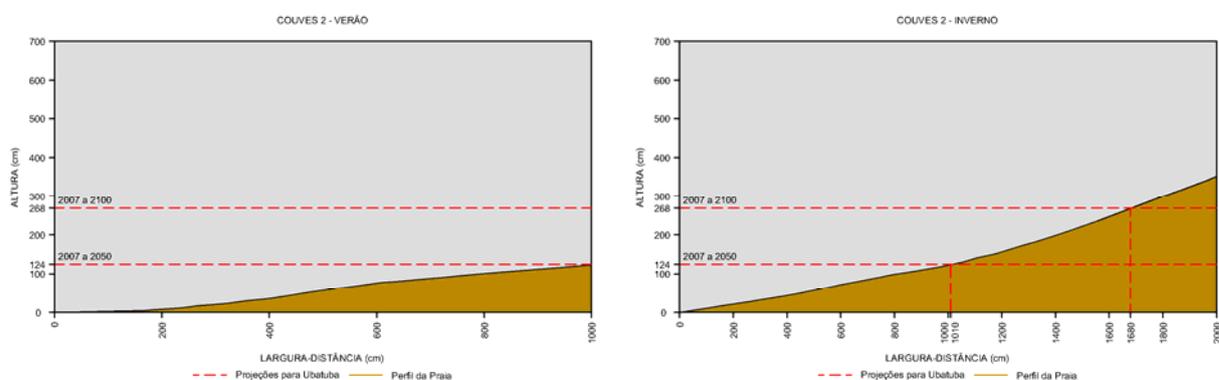


Figura B-1 - Perfil da praia das Couves 2, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

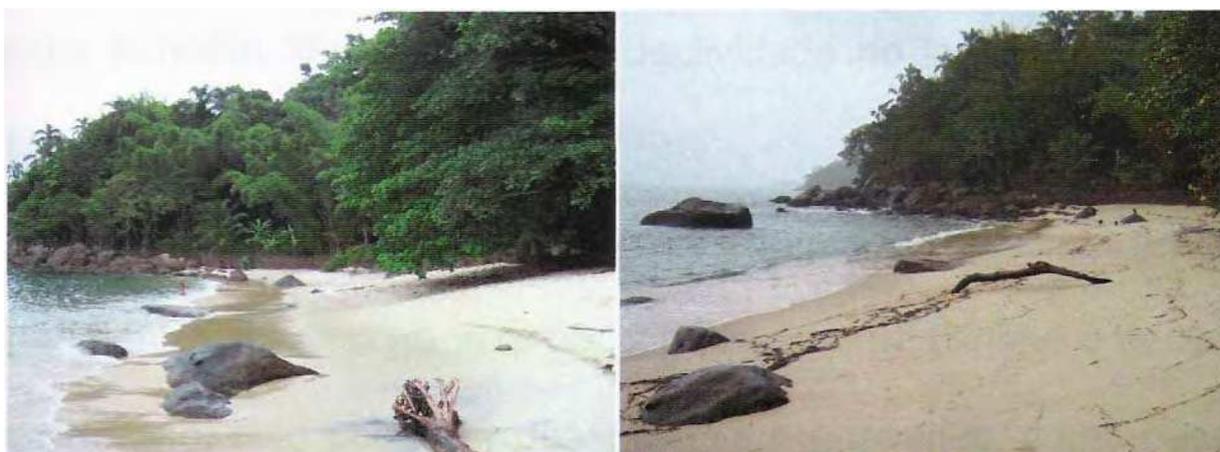


Figura B-2 - Imagens do perfil da praia das Couves 2, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Leste (Figuras B-3 e B-4), no verão, estima-se uma perda de 4000 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 1918 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia para o ano de 2100.

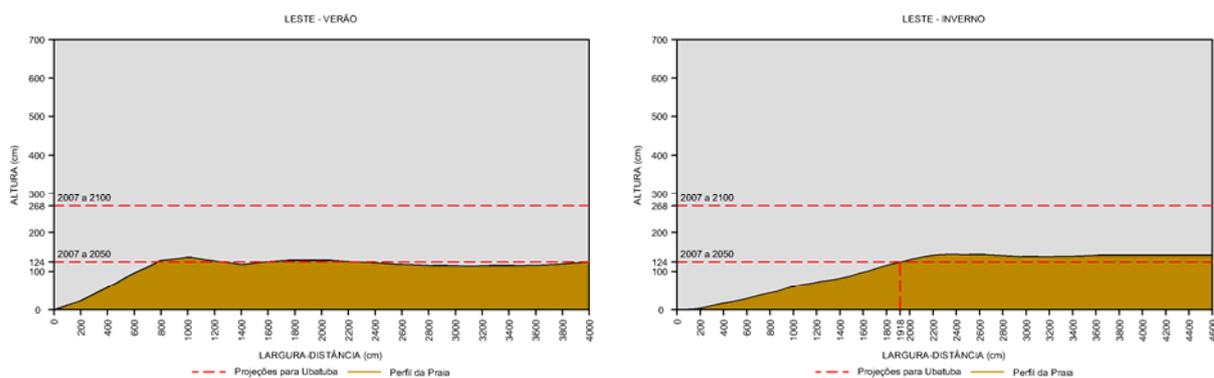


Figura B-3 - Perfil da praia do Leste, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.



Figura B-4 - Imagens do perfil da praia do Leste, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia de Maranduba (Figuras B-5 e B-6), no verão, estima-se uma perda de 2478 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total (4000 cm) da área de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 1113 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (2400 cm) para o ano de 2100.

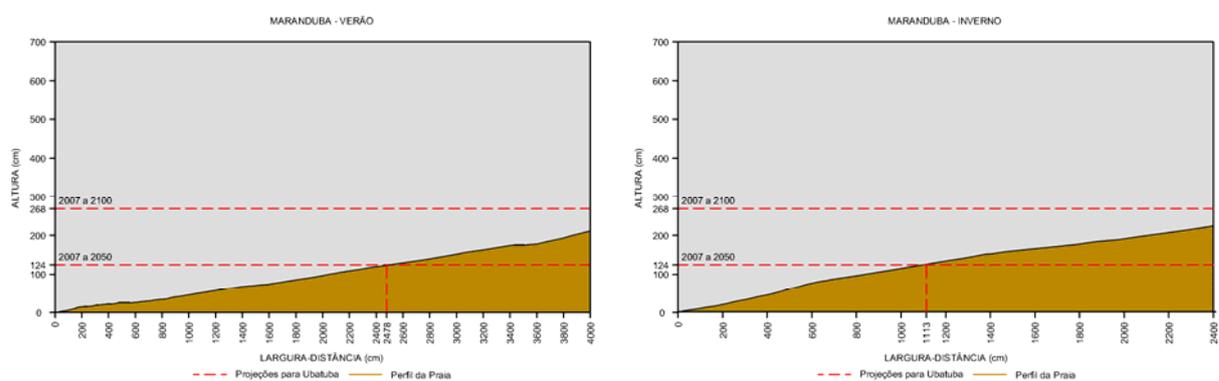


Figura B-5 - Perfil da praia de Maranduba, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-6 - Imagens do perfil da praia de Maranduba, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia das Palmas (Figuras B-7 e B-8) no verão, estima-se uma perda de 992 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total (1200 cm) da área de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 2321 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (2800 cm) para o ano de 2100.

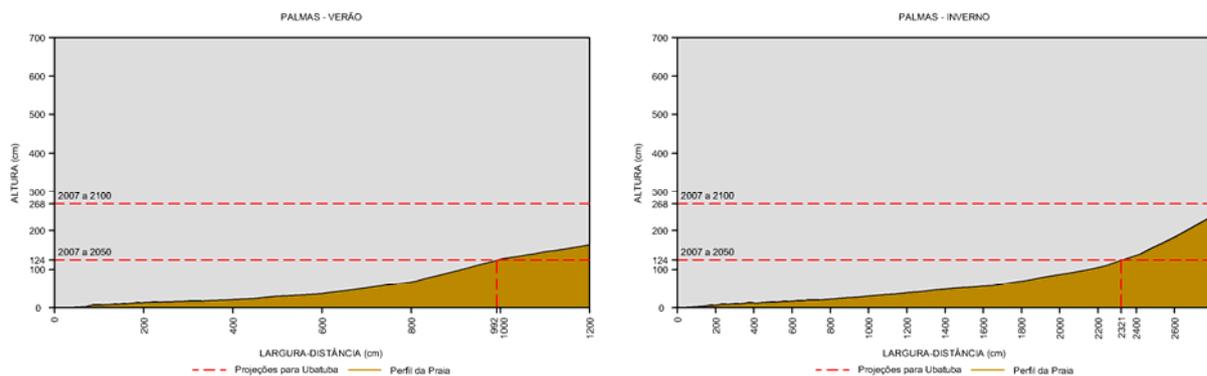


Figura B-7 - Perfil da praia das Palmas, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-8 - Imagens do perfil da praia das Palmas, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia dos Porcos (Figuras B-9 e B-10), no verão, estima-se uma perda total de 5600 cm de praia para o ano de 2050 e 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 1803 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (8800 cm) para o ano de 2100.

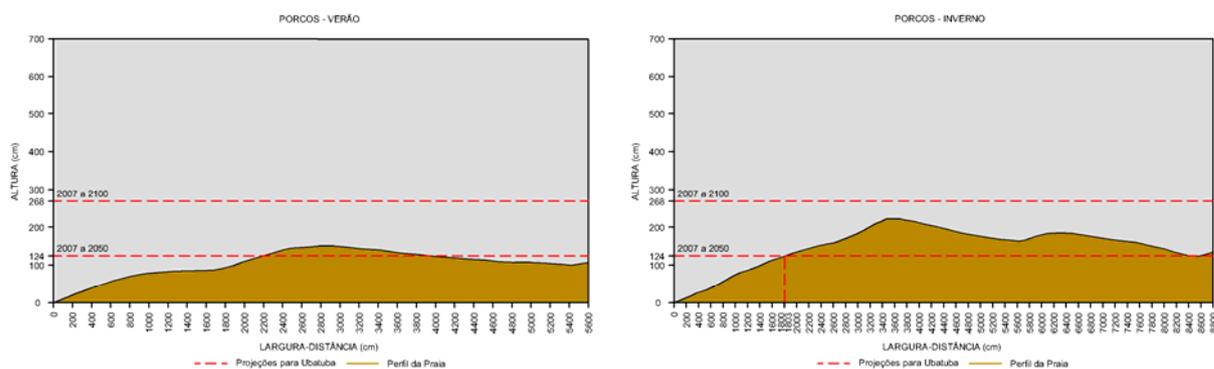


Figura B-9 - Perfil da praia dos Porcos, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.

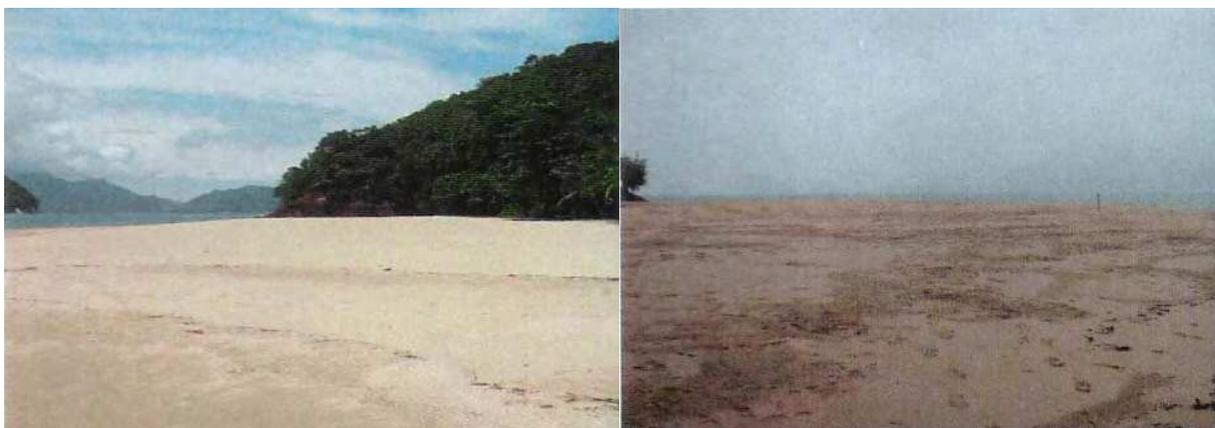


Figura B-10 - Imagens do perfil da praia dos Porcos, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Presídio (Figuras B-11 e B-12), no verão, estima-se uma perda total de 2937 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total de 3000 cm de área de praia para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 2355 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (3000 cm) para o ano de 2100.

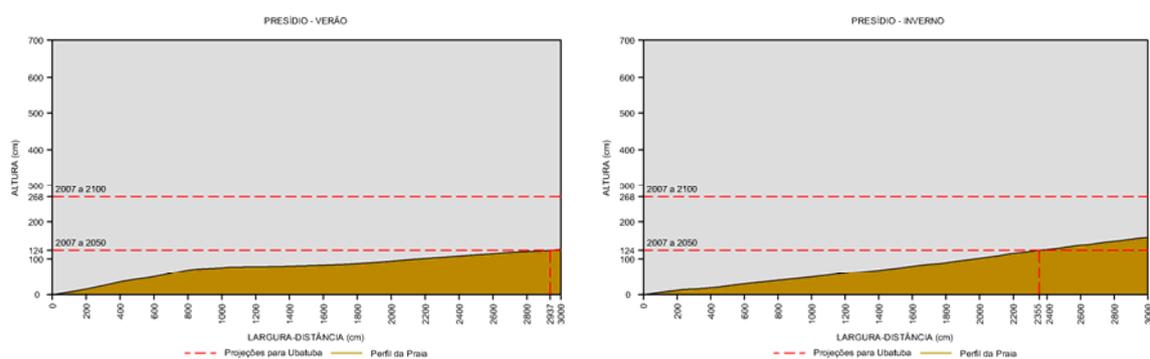


Figura B-11 - Perfil da praia do Presídio, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-12 - Imagens do perfil da praia do Presídio, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Prumirim (Figuras B-13 e B-14), no verão, estima-se uma perda total de 5600 cm de praia para o ano de 2050 e 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 630 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (3200 cm) para o ano de 2100.

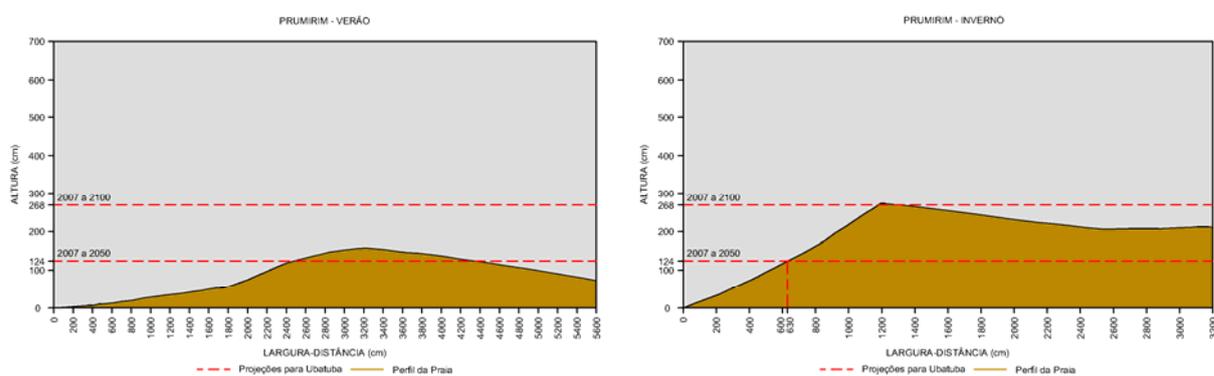


Figura B-13 - Perfil da praia do Prumirim, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-14 - Imagens do perfil da praia do Prumirim, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Sapateiro (Figuras B-15 e B-16) no verão, estima-se uma perda 1028 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (1600 cm) para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 1151 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (1800 cm) para o ano de 2100.

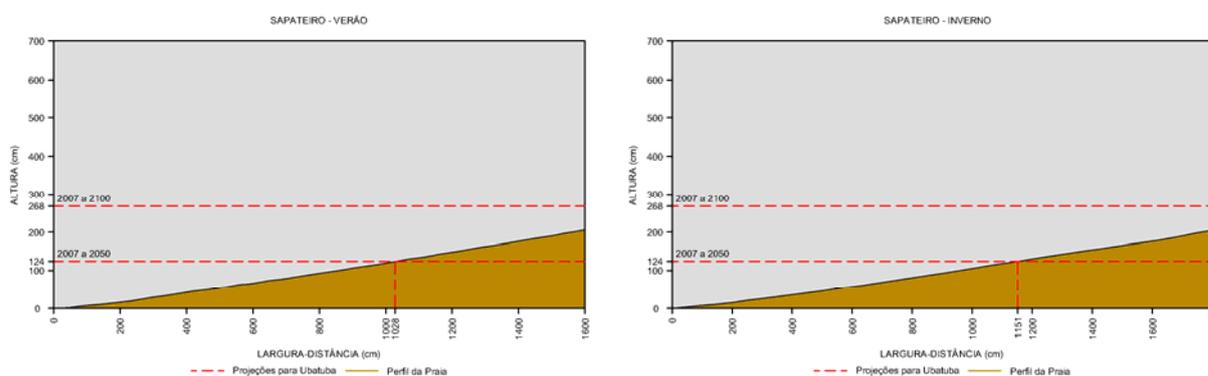


Figura B-15 - Perfil da praia do Sapateiro, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-16 - Imagens do perfil da praia do Sapateiro, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.

Para a praia do Sul (Figuras B-17 e B-18) no verão, estima-se uma perda 704 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (1200 cm) para o ano de 2100. Para o período de inverno estima-se uma perda de 840 cm de praia para o ano de 2050 e uma perda total da área de praia (1000 cm) para o ano de 2100.

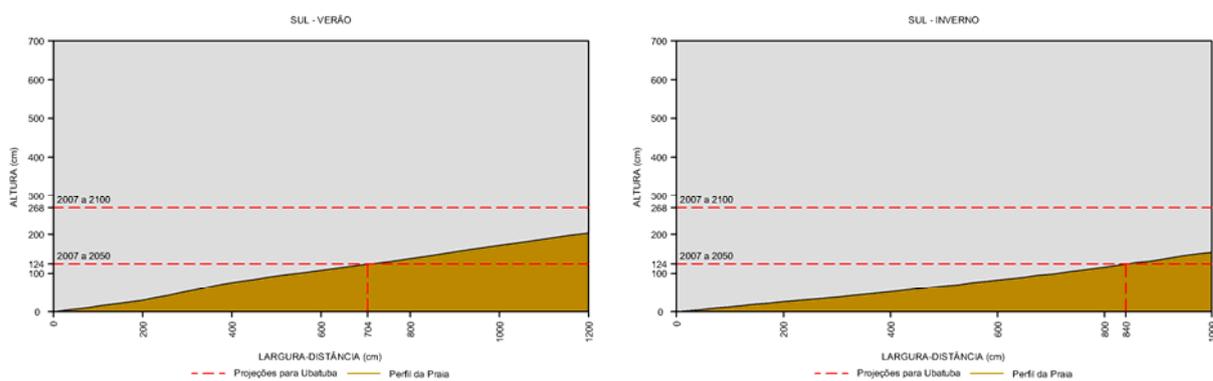


Figura B-17 - Perfil da praia do Sul, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: Adaptado de POLETTTO, 2008.



Figura B-18 - Imagens do perfil da praia do Sul, no verão (esquerda) e no inverno (direita), no município de Ubatuba / SP.

Fonte: POLETTTO, 2008.