Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



35ETC-06637 - EFEITOS PREVISTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COSTA BRASILEIRA - O CASO DO MUNICÍPIO E PORTO DE SANTOS - SP- BRASIL

GILBERTO BERZIN
Email: gberzin@uol.com.br
+55(13)99104.4800

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp

O FENÔMENO DO AQUECIMENTO GLOBAL

Três perguntas sempre acompanham qualquer discussão em torno do aquecimento global:

- **1ª) Questiona-se: O fenômeno é real?**
- **2ª) Os efeitos das mudanças no clima da Terra são eminentes?**
- **3ª) Como impedir que o problema se agrave?**

O QUE FAZER ?

Os 141 países que assinaram o Protocolo de Quioto (1997), concluíram que a resposta às duas primeiras perguntas é SIM e que a Terceira pode começar a ser resolvida com a redução da emissão dos poluentes responsáveis pelo efeito estufa, medida à qual aderiram. Estão discutindo até hoje, assinam protocolos, mas não cumprem.

Os efeitos da mudança climática já não podem ser ignorados.

AQUECIMENTO NATURAL

- **Deve-se considerar inicialmente que um terço do aquecimento terrestre tem causas naturais mais diversas e imponderáveis a nós.**
- **O aumento e a diminuição da temperatura fazem parte do ciclo natural do planeta, mas o que está ocorrendo agora é diferente, nos últimos 120 anos a temperatura média anual da superfície terrestre aumentou 1ºC. Pode parecer pouco se comparado às variações de um dia de verão, mas, em termos climáticos globais, mudanças desse tipo têm enormes consequências. As geleiras que cobriram a maior parte do Hemisfério Norte durante a última era glacial, que terminou 12.000 anos atrás, foram formadas por uma queda de apenas 2ºC na temperatura média do planeta.**

O que dizem as Pesquisas da Elevação Global do Nível do mar?

- A subida do nível do mar pode ser produto do aquecimento global através de dois processos principais: a expansão da água do mar devida ao aquecimento dos oceanos e o derretimento de massas de gelo sobre terra firme. Prevê-se que aquecimento global possa causar uma subida significativa do nível do mar ao longo do século XXI.
- Existem dezenas de pesquisas que levam em consideração inúmeros fatores, há um relatório da ONU, onde são apresentados três cenários, o primeiro apresenta um aumento do nível do mar em 59 cm até o final do século, outro preconiza um aumento de 12 metros e o terceiro em até 70 metros, totalmente imprevisível.

- Já o IPCC (Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática), sugere um máximo de 80 cm, que não é descartável.
- A temperatura da Terra aumentará entre 1,8º e 4º C até o fim do século, segundo o relatório do IPCC, apresentado em Paris. O texto afirma que há uma "enorme probabilidade" de que o aquecimento se deva à ação humana.
- O grupo, criado pela ONU (Organização das Nações Unidas) e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988, reúne 2.500 cientistas de mais de 130 países e prevê mais chuvas fortes, derretimento de geleiras, secas e ondas de calor, o que está ocorrendo atualmente (2024).

Efeitos nas áreas costeira mundiais e brasileiras.

- Segundo Bird (1993), cerca de 90% dos litorais a nível do globo terrestre estão num processo de erosão. Se uma parte desse problema resulta da subida do nível do mar, posterior ao fim da Pequena Idade do Gelo, pensa-se que a variação do nível do mar contribuiu apenas com 10% para a produção desse recuo.
  - Sabemos pela regra de Brunn, que uma subida do nível do mar tem um impacto no recuo da linha de costa 100 vezes maior. Isso é suficiente para pôr os litorais numa situação de alerta, mas por si só não pode explicar um fenómeno com a amplitude que a erosão costeira apresenta.

Variação do Nível do Mar

- O prof. Afrânio Rubens de Mesquita, pesquisador do Maptolab, explica que as medições de nível do mar dependem de um conjunto de variáveis:
- “a variação do volume de água doce presente no mar decorrente do degelo;
- a variação da salinidade da água;
- a variação de temperatura decorrente do aquecimento global;
- a variação vertical da crosta em relação ao centro da Terra;
- a variação devido aos ventos e outros fenômenos atmosféricos;
- a variação oceanográfica decorrente das ondas e correntes oceânicas;
- a variação astronômica, devido ao Sol e a Lua (marés)
- o posicionamento das órbitas dos planetas (causador das Glaciações) em relação à Terra, entre outras variáveis”.

EFEITOS NAS ÁREAS COSTEIRAS DO MUNDO

- **Vamos reproduzir apenas as imagens dos continentes, obtidas nos painéis públicos do "Museo do Amanhã" , no Rio de Janeiro, gerido pelo Instituto de Desenvolvimento e Gestão – IDG, iniciativa da Prefeitura do Rio de Janeiro.**
- **Os painéis a seguir mostram a invasão nas partes baixas dos continentes e ressalta ainda que a vida nos oceanos também sofrerá, pois o aquecimento das água está associado a diminuição dos níveis de oxigênio e aumento de acidez do ambiente. Juntos irão afetar drasticamente a reserva de peixes e vida dos corais, lares de grande parte da biodiversidade marinha. Em *AZUL* são as áreas representadas como inundáveis. Os continentes identificam-se por si mesmo.**

Ásia e Oceania



Austrália et al



África e Arábia



Europa



América do Norte e Central (parte)



América do Sul e Central (parte)



Efeitos na Costa Brasileira

- – O nível do mar na costa brasileira tende a aumentar nas próximas décadas. No Brasil, contudo, onde grande parte da população vive em cidades costeiras, não há um estudo integrado da vulnerabilidade dos municípios litorâneos e a outros impactos decorrentes das mudanças climáticas, como o aumento da frequência e da intensidade de chuvas.
- Há pesquisas isoladas cujos resultados são divulgados em eventos e publicados nos anais, como este trabalho apresentado neste Congresso.

Há pelo menos um relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) sobre “Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas”, de 2017, num evento no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro.

Foi apoiado pela FAPESP e foi resultado do Projeto Metrópole e de outros apoiados pela Fundação no âmbito do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas, financiado pela Fundação e pelo CNPq.

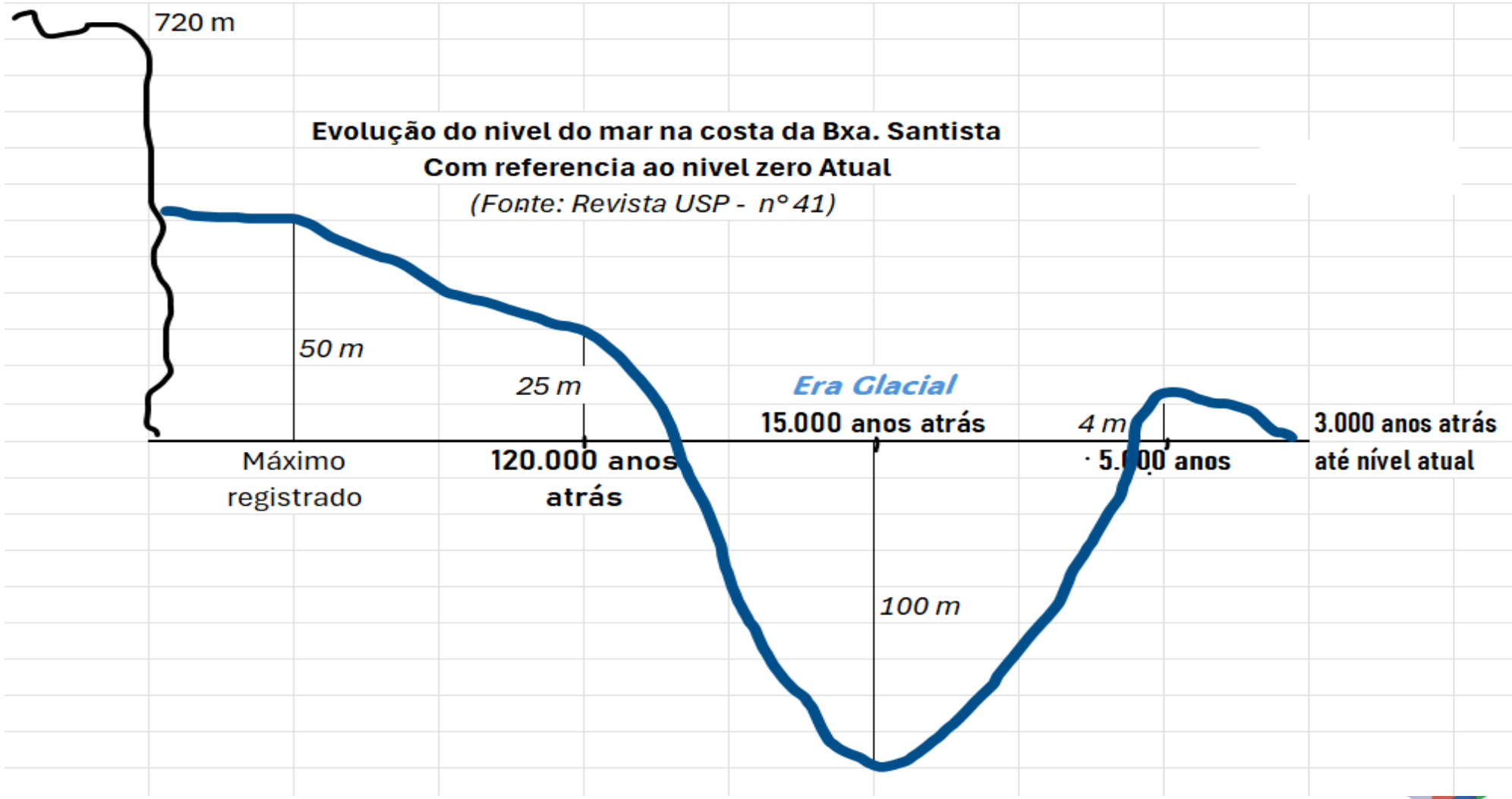
- Entre essas cidades, onde 60% da população reside na faixa de 60 quilômetros da costa, estão Rio Grande (RS), Laguna e Florianópolis (SC), Paranaguá (PR), Santos (SP), Rio de Janeiro (RJ), Vitória (ES), Salvador (BA), Maceió (AL), Recife (PE), São Luís (MA), Fortaleza (CE) e Belém (PA).

- Nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, por exemplo, têm sido registradas taxas de aumento do nível médio do mar de 1,8 a 4,2 mm por ano desde a década de 1950.

Dos Efeitos no Litoral Santista

- Milênios atrás, toda a região da Baixada Santista estava coberta por uma camada de até 50 m de altura de água, só eram visíveis os morros principais (*Revista USP,* nº 41). *(Isto com base nos estudos detalhados do solo da região: rochas, depósitos de argilas orgânicas, areias...).*
- *A*dmitindo que o nível médio atual seja zero, no início do Pleistoceno, há cerca de 120.000 anos, o nível do mar teria de 20 a 25 m, ou seja, chegava ao pé do Planalto Paulista (*Serra do Mar*), desde então foi abaixando devido a última idade glacial e formaram-se cordões de areia à medida que o nível abaixava. Em seguida, vários canais e baías foram sendo erodidos, até o nível do mar atingir cerca de 100 m abaixo do atual.
- No Holoceno, era do domínio dos humanos e dos animais atuais, há cerca de 15.000 anos, de novo o nível voltou a subir, com a diminuição da glaciação nos polos. Em 5.000 anos estava com 4,0 m acima do nível atual e aos 3.000 anos atrás atingiu os níveis atuais.

Evolução do Nível do mar na costa santista



Na cidade de Santos, no litoral sul paulista, onde está situado o maior porto da América Latina, onde a topografia média é de 2,0 m , o nível do mar tem aumentado 1,2 mm por ano, em média, desde a década de 1940. Além disso, ocorreu um aumento significativo na altura das ondas – que alcançava 1 metro em 1957 e passou a atingir 1,3 m, em 2002 – e na frequência de ressacas no município.

Detalhe do Planalto Paulista e a Baixada Santista

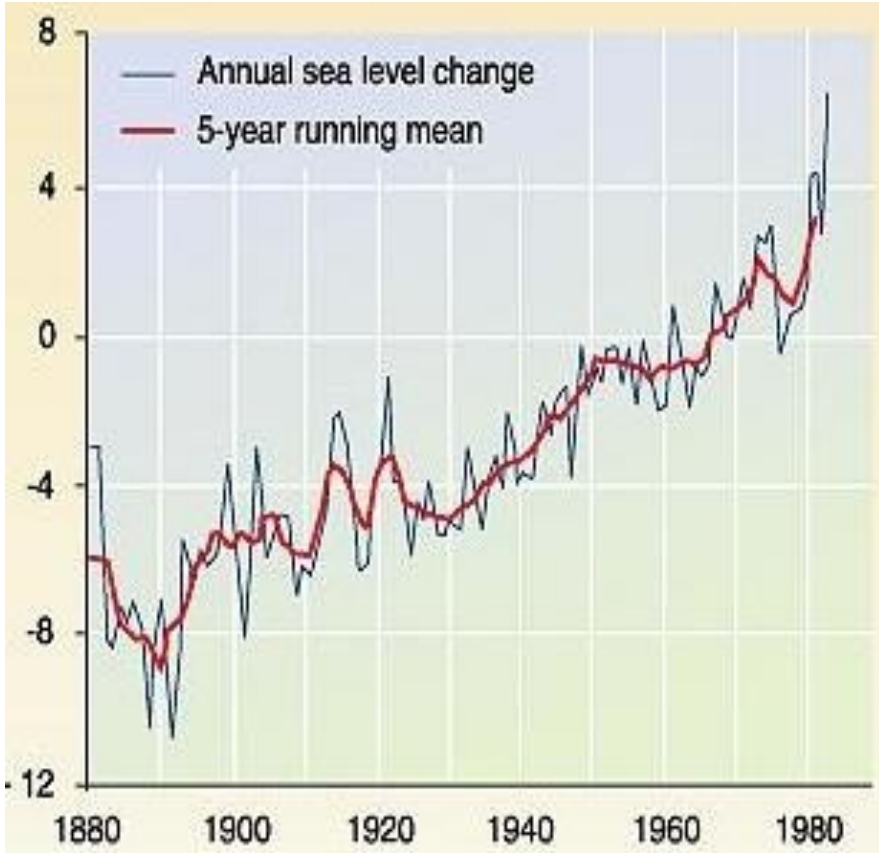
(Vê-se a mancha da Grande São Paulo) Fonte: Mapa " Costa dos Fortes" ed- Vista Divina – S/P.

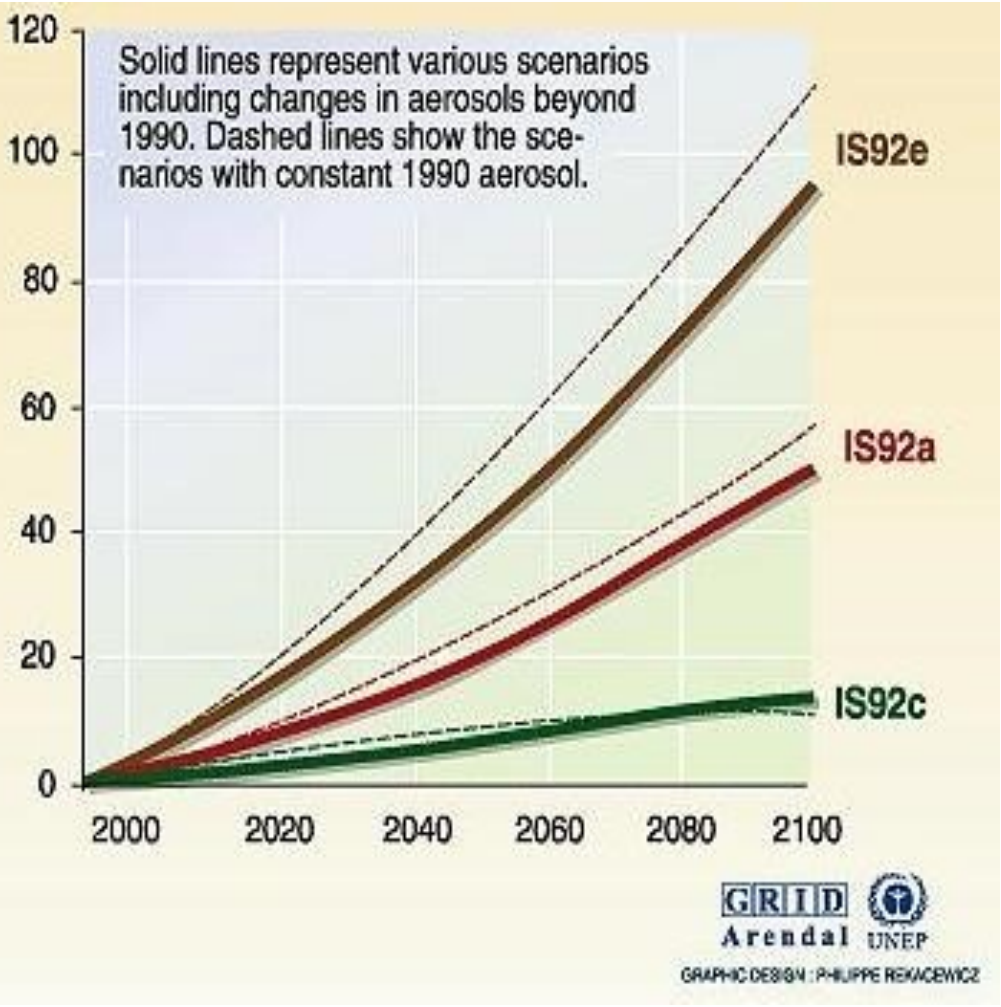


Estudos Utilizados para as Simulações no Estuário de Santos.

- Com fito de utilizar valores que permitam o estudo das consequências a serem previstas para a Baixada Santista, apoiou-se em pesquisa cujos resultados são muito confiáveis preparados e apresentados na pesquisa *Sea Level Rise Due to Global Warning – Climate Change* pelo *Grid Arenal, UNED e Observed Climate Trends*, onde em gráficos reproduzidos a seguir, se observa a tendência de aumento do nível do mar no último século.

Variações do Nível Médio do Mar devido ao Aquecimento Global



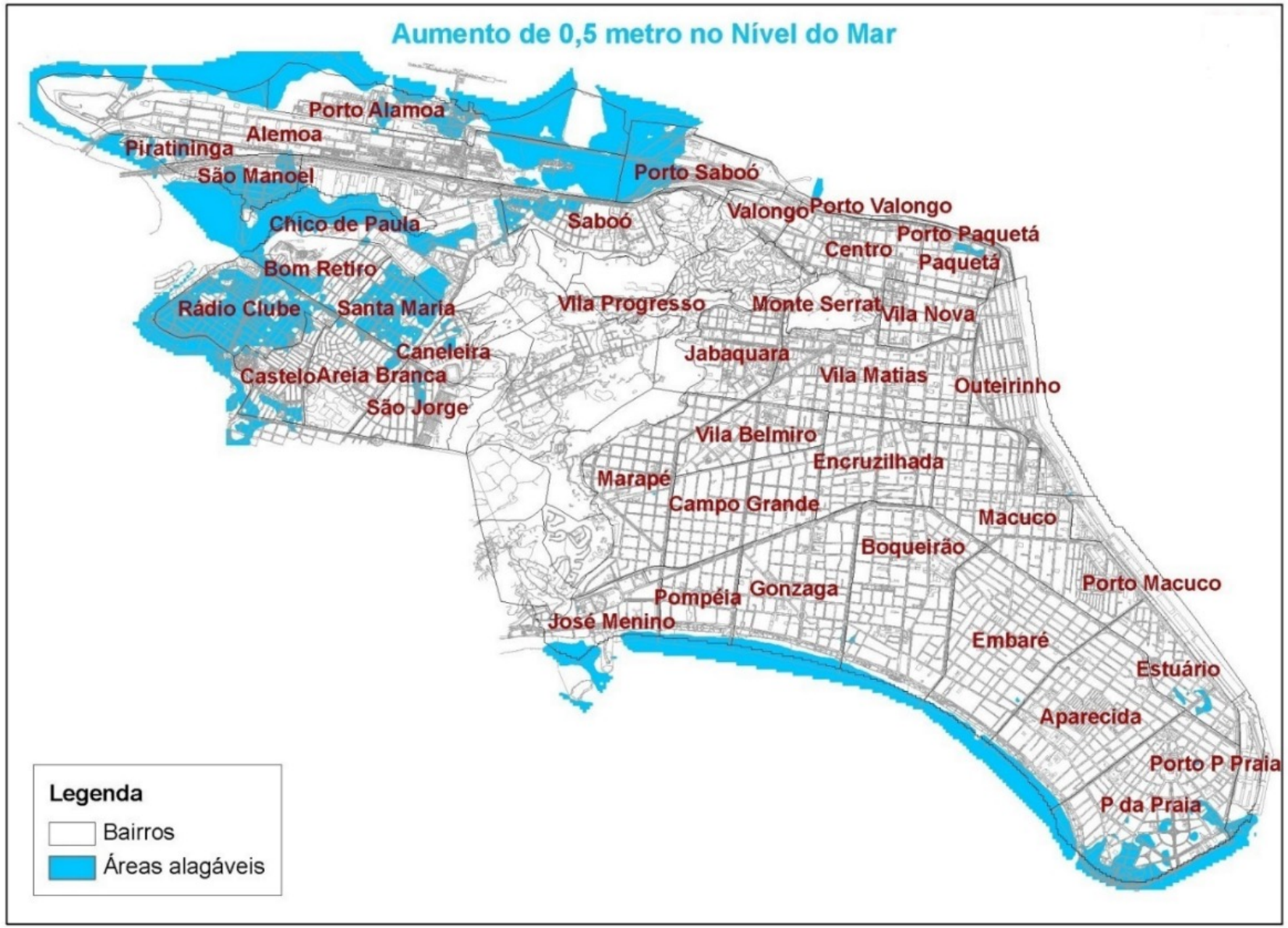


O QUE VAI ACONTECER NA BAIXADA SANTISTA?

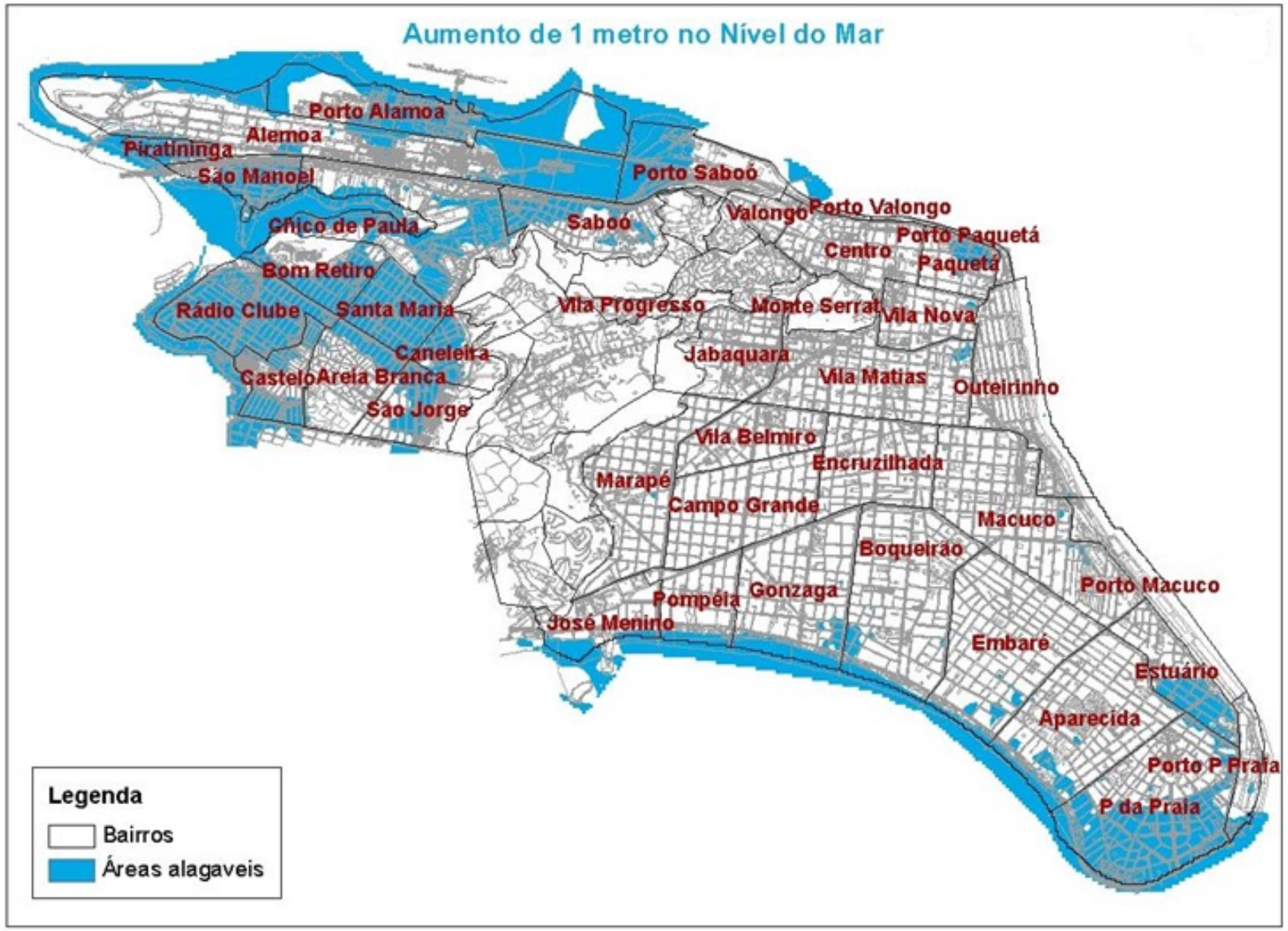
- **Para se avaliar a topografia da área insular de Santos foi utilizada a Base Cartográfica do Projeto Digital da PMS. Foram interpolados, através do método de kricagem com a utilização do *software* ArcGIS Desktop 9.2, aproximadamente 17.000 pontos cotados para elaborar o mapa da topografia da região.**

- **Foi obtida a cota do nível da água média, com base nas medições dos sete canais de drenagem. A partir dessa cota, foram simulados cenários de aumento relativo do nível do mar em 0,5 m, 1,0m e 1,5m, considerando um evento extremo de preamar em maré de sizígia de acordo com *Grid Arendal.***

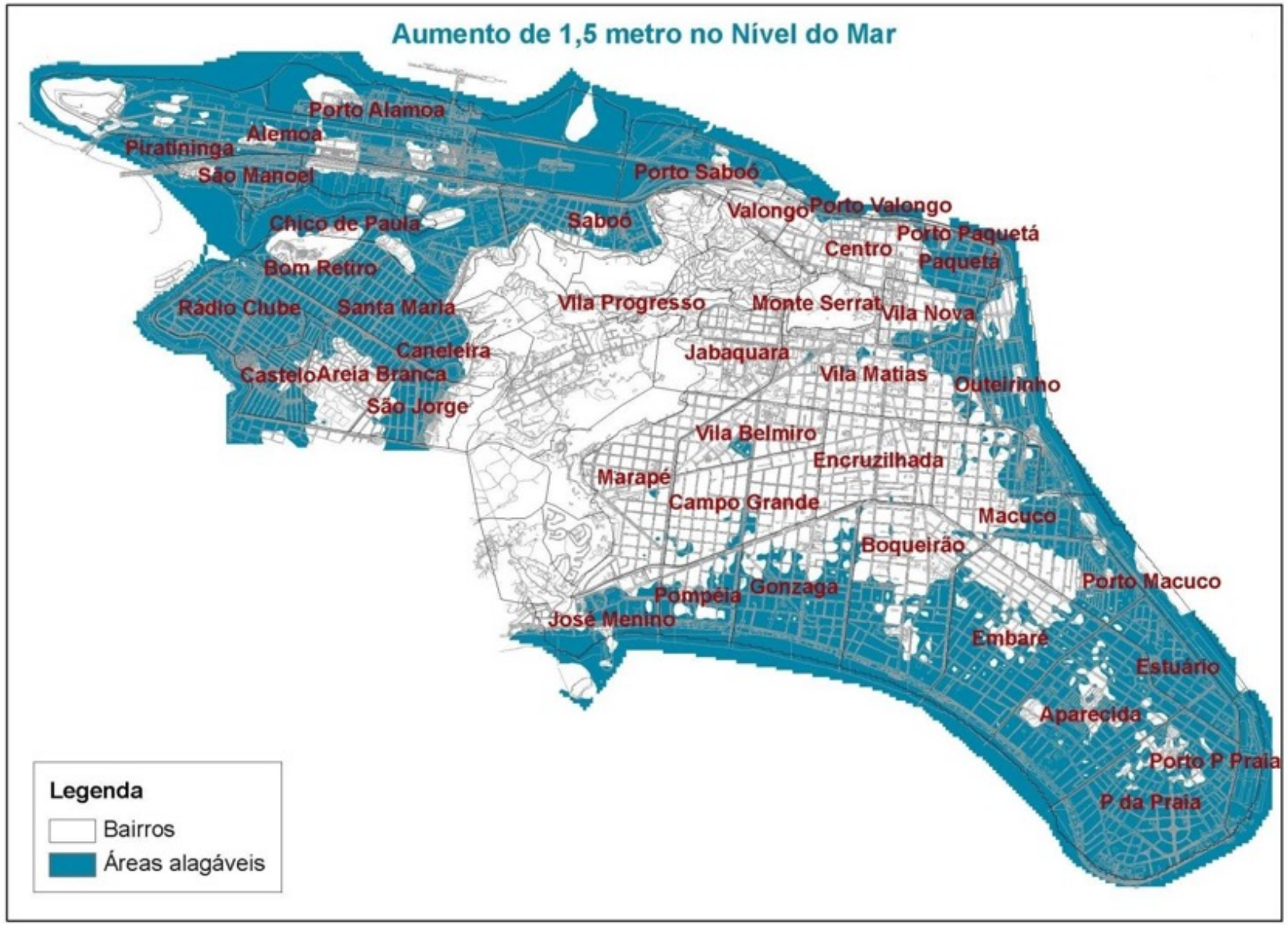
Cenário. 1 – Áreas alagáveis com o aumento de 0,5 metro das marés máximas atuais.



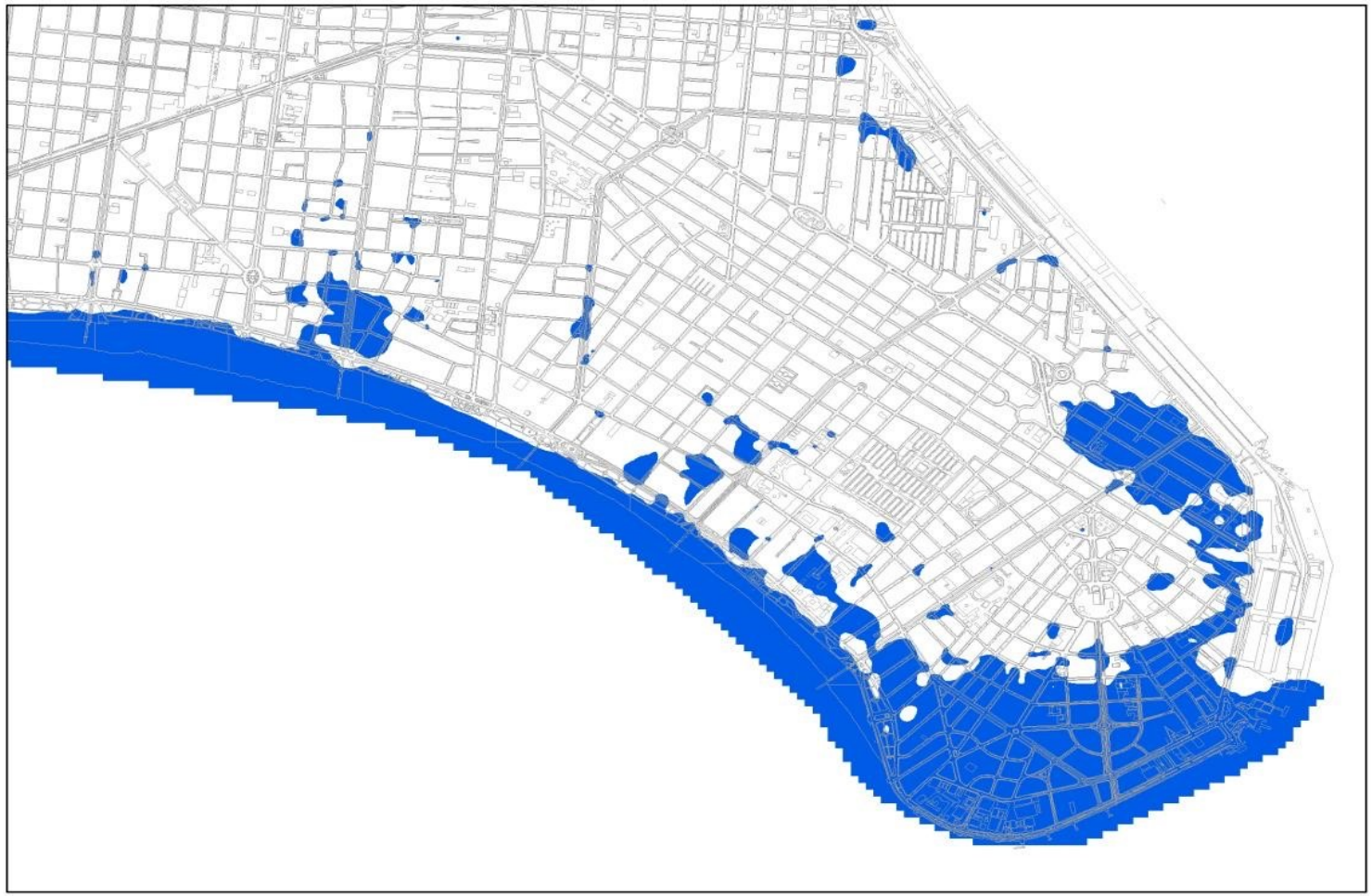
Cenário. 2 – Áreas alagáveis com o aumento de 1,0 metro das marés máximas atuais



Cenário. 3 – Áreas alagáveis com o aumento de 1,5 metro das marés máximas atuais



Cenário. 4 – Detalhe de Áreas alagáveis com o aumento de 1,0 metro



Simulação de inundação para o bairro de Ipanema no Rio de Janeiro

Fonte : Revista Veja - 2005





QUAIS OS EFEITOS NAS ÁREAS DA BAIA E ESTUÁRIO DE SANTOS?

- **Todo o sistema de abastecimento (ETA´s), drenagem de águas pluviais serão atingidos, assim como o sistema de coleta de esgotos, pois os tampões dos PV´s passarão a admitir água nos coletores e galerias , aumentando significativamente a vazão e sobrecarregando as redes, EEE´s e a EPC.**
- **Os Emissários sofrerão uma sobrecarga não previsível.**
- **No porto de Santos, os terminais terão que adaptar aos níveis.**
- *Atenção: Em qualquer um dos cenários não será só o efeito dos alagamentos a considerar, deve-se sempre levar em conta o efeito das ondas, que será muito destruidor, mesmo sem grandes ressacas, pois está na sua constância (várias por minuto) este poder de danificar o que encontrar no seu caminho.*

O que deve ser Feito para Prevenir e/ou Amenizar?

- **1º) Reduzir drasticamente a emissão dos gases poluentes.**
- Finalmente na COP-28, 28ª Conferência do Clima da ONU , terminou com uma decisão histórica: pela primeira vez em três décadas de discussões, cerca de 200 paises concordaram em eliminar gradualmente os combustiveis fósseis de suas matrizes energéticas.

- **2º) Há ideias mirabolantes**, tais como lançar milhares espelhos refletores entre a Terra e Sol, a de lançar gases por meio de milhares de balões na estratosfera para gerar nuvens que refletiriam parte dos raios solares resfriando a Terra e outras mais.

- **3º) Procurar adaptar-se da melhor maneira possível às transformações que o mundo viverá nas próximas décadas.**
- Essas mudanças serão inevitáveis, mesmo com a diminuição da participação humana no efeito estufa, sabe-se um terço do aquecimento tem causas naturais.
- Cada população terá de se preparar para um tipo diferente de desequilíbrio climático, como enchentes, furacões ou secas, e isso terá um custo alto em obras de proteção costeira.

Obras que serão necessárias dependendo da região.

- - Construção e/ou aumento da altura de muradas junto às praias,
- - Molhes, quebra-mares, espigões marítimos,
- - Obras de proteção e defesa costeiras mais afastadas das praias, controle de erosão marítima. Os governos estaduais e municipais poderão exigir que obras junto ao mar tenha uma determinada altura e ou tipo de estrutura.
- - Modificação de toda a logística do Porto, além de obras de contenção, devido ao alagamento constante das áreas junto aos atracadouros. Todas estas obras muito dispendiosas e devem ser estudas e previstas em longo prazo.



O D S

Dentro da ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - metas estabelecidas pelos Estados membros da ONU, em 2017, fixando 17 metas que integram a Agenda 2030 , este *paper* se enquadra nos :

- **ODS-6 – Água Potável e Saneamento para Todos.**
- **ODS-13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima.**