

ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO

VOLUME XIII



Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento

13^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

13ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

69 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl1053

ISBN: 978-65-5367-592-6

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. projeto 2. construção 3. melhorias I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl1053>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA GESTÃO DA CRISE HÍDRICA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	
Marcelo dos Santos Targa	
Getúlio Teixeira Batista	
Nelson Wellausen Dias	
DOI 10.37423/241209506	
CAPÍTULO 2	17
RISCO TECNOLÓGICO À SAÚDE HUMANA: ESTUDO DE CASO	
Patrícia dos Santos Matta	
Carolina Dias Lelacher	
Cleber Vinicius Akita Vitorio	
Josimar Ribeiro de Almeida	
Laís Alencar de Aguiar	
Raphael do Couto Pereira	
DOI 10.37423/241209510	
CAPÍTULO 3	42
EFEITOS PREVISTOS DA ELEVÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COSTA BRASILEIRA – O CASO DO MUNICÍPIO DE PORTO DE SANTOS – SP - BRASIL	
Gilberto Berzin	
DOI 10.37423/241209523	

Capítulo 1



10.37423/241209506

UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA GESTÃO DA CRISE HÍDRICA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Marcelo dos Santos Targa

Universidade de Taubaté

Getúlio Teixeira Batista

Universidade de Taubaté

Nelson Wellausen Dias

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



Resumo: Neste artigo é apresentada uma análise preliminar sobre os efeitos da crise hídrica recente na região sudeste do Brasil sobre a gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul. A análise foi desenvolvida com base em dados secundários obtidos junto aos órgãos gestores nas esferas nacional e estadual. Os resultados destacam o conflito pelo direito de uso da água entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com destaque para a transposição de água para o rio Guandu e a iminente interligação da bacia do rio Paraíba do Sul com o Sistema Cantareira, bem como o estágio atual da gestão de recursos hídricos com ênfase em questões que envolvem o uso integrado da água e da energia, como a questão das perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água, e as soluções para ampliação da disponibilidade de água para abastecimento.

Palavras-Chave: Escassez; abastecimento de água; gestão de recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

Como é de conhecimento geral, do total da água disponível em nosso planeta apenas uma pequena parcela está na forma de água doce utilizável para uso humano, mais especificamente 0,6% na forma de água subterrânea e 0,15% na forma de água superficial que escoam pelos rios. O Brasil detém cerca de 18% da água doce do mundo, o que corresponde a uma disponibilidade de água per capita da ordem de 48 milhões de litros por habitante ano e essa água está concentrada nas formas mais facilmente acessíveis como em rios e lagos (ONU, 2012). Dessa água 80% estão concentradas no Pantanal e na Amazônia, regiões com cerca de 22% da população brasileira. Sendo assim, somente 20% de toda a água do Brasil estão disponíveis nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, as quais concentram 78% da população (IBGE, 2011). Mas quando se considera as 100 maiores cidades brasileiras somente 28 apresentam disponibilidade hídrica satisfatória (ABES, 2013).

O último censo demográfico apontou que 84% da população do Brasil vive em áreas urbanas (IBGE, 2011) e enfrenta sérios problemas com poluição causada por esgoto doméstico não tratado e, em muitos casos, liberado in natura nos corpos hídricos. Isso porque apenas 56,3% das cidades possuem rede de coleta de esgoto e apenas uma parte efetivamente trata o esgoto recolhido antes de liberá-lo no meio ambiente.

A necessária ampliação da infraestrutura de nosso país tem incluído, também, o aumento da disponibilidade de energia elétrica e de água para abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação na agricultura e insumo ou matéria-prima para processos industriais. Apesar de alguns avanços observados nos últimos 30 anos pela ampliação dos serviços de água, esgoto, geração de energia e produção de alimentos, muito desse avanço ocorreu por meio da incorporação de novas áreas (seja pela expansão da fronteira agrícola ou pela expansão das áreas urbanas) e consequentes desmatamentos, queimadas e impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração de água, acelera o escoamento superficial, aumenta a erosão e reduz a fertilidade do solo, com a consequente sedimentação dos rios e o rebaixamento e contaminação dos aquíferos.

O Brasil, apesar de possuir a maior disponibilidade de água doce do planeta, passou, a partir de 2012, a ter problemas com a escassez de água em regiões outras que não o semiárido do Nordeste. A incidência desses eventos de seca fez com que 27% (1.485) dos municípios publicassem decretos de situação de emergência no ano de 2013 (ANA, 2015). Sendo que no semiárido nordestino 97% tiveram pelo menos um decreto de reconhecimento de seca ou estiagem emitido em 2013. A maior concentração relativa de registros ocorreu nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Paraíba,

todos com mais de 90% dos municípios com algum tipo de decreto. Na ocorrência de seca a Região Hidrográfica Paraíba liderou a percentagem de municípios que decretaram situação de emergência ou estado de calamidade pública por motivo de seca ou estiagem em 2013, com 90,5% dos municípios, seguida pelas RH Atlântico Nordeste Oriental e São Francisco com 82,5% e 60,9%, respectivamente (ANA, 2014).

A escassez hídrica tem se tornado uma realidade em vários estados brasileiros. Entretanto, o caso que vem tendo maior repercussão é, sem dúvida, a escassez de água e a falta de chuvas na região Sudeste entre 2013 e 2015, uma vez que esse caso impactou diretamente o abastecimento de 43% da população brasileira nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Esse evento extremo é tido como o pior dos últimos 80 anos e afetou de forma mais acentuada aproximadamente 20 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O cuidado com as águas de modo organizado ainda é recente no Brasil e teve início em 1991 no Estado de São Paulo com a Lei Estadual 7663, uma vez que a política nacional de recursos hídricos só foi instituída em 1997 com a Lei Federal 9433 que, em síntese, apresenta o mesmo espírito da política de recursos hídricos do Estado de São Paulo cujos preceitos são: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, por meio de uma administração descentralizada, participativa e integrada, com o reconhecimento de que a água é um bem público de valor econômico, cuja utilização, além de ser cobrada, deve ser compatibilizada por todos os usuários e com os programas de desenvolvimento regional e de proteção do meio ambiente.

OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar a crise hídrica recentemente observada na região sudeste do Brasil e suas consequências para a gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Paraíba do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise desenvolvida nesse artigo foi realizada a partir de dados secundários obtidos junto aos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos a nível nacional e estadual, principalmente da Agência Nacional de Águas (ANA), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) e Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA).

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para fins de gerenciamento dos recursos hídricos, o estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) e o estado do Rio de Janeiro em 10 Regiões Hidrográficas, conforme pode ser observado na Figura 1.

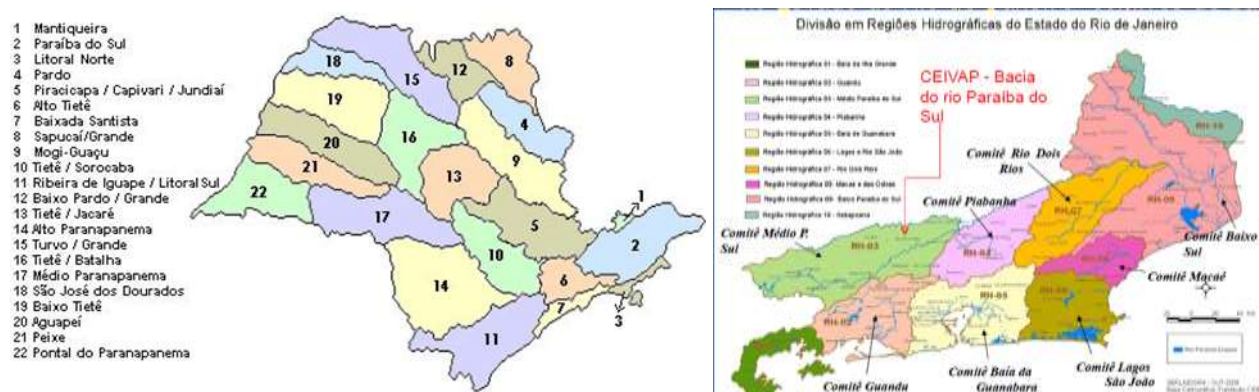


Figura 1. Divisão hidrográfica dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Fonte: Adaptado de SIGRHI, 2013 e CEIVAP, 2013

A bacia do rio Paraíba do Sul tem uma área de aproximadamente 62.074km² e abrange 184 municípios, sendo 88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo (UGRHI 2). Essa bacia foi pioneira no cenário nacional, em 2003, ao estabelecer a cobrança pelo uso da água e a reversão do montante arrecadado para aplicação em projetos de recuperação da própria bacia. A cobrança aos usos de captação, consumo e lançamento de efluentes de usuários sujeitos à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos com captação de água superior a 1,0 l/s foi instituída após ampla discussão entre os poderes públicos, os setores de usuários e as organizações civis representadas no âmbito do Comitê para Integração da Bacia do rio Paraíba do Sul - CEIVAP, com objetivo de melhorar a quantidade e a qualidade das águas da bacia (ANA, 2014).

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

O sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo é pioneiro no Brasil e está baseado em três instâncias interdependentes: O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), elaborado a partir dos planos de bacias e atualizado a cada 4 anos; o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), constituído por recursos financeiros provenientes de diversas fontes, incluindo a cobrança pelo uso da água; e os Colegiados Consultivos e Deliberativos, constituídos de forma paritária

por representantes do estado, municípios e sociedade civil, que compreendem o Conselho Estadual de Recursos hídricos (CRH) e os Comitês das Bacias Hidrográficas (CBHs).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Paraíba do Sul possui um papel estratégico no Brasil por estar localizada entre os dois maiores polos industriais e as duas maiores concentrações populacionais do país, as regiões metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro. Consequentemente, essa bacia hidrográfica passa por um processo complexo de gestão que envolve a mediação de acentuados conflitos de usos múltiplos, sendo o principal a transposição de cerca de 160 m³/s (que equivale a aproximadamente dois terços da vazão do rio neste ponto) realizada por desvio e bombeamento para a geração de energia elétrica e deságue na bacia hidrográfica do rio Guandu. Nessa bacia a água é utilizada para diluir os efluentes domésticos da região de montante, conter a franja salina do oceano (30 m³/s), suprir uso industrial e abastecer cerca de nove milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) (INEA, 2014).

O Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul consiste em um intrincado e complexo conjunto de estruturas hidráulicas existentes nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, conforme representado na Figura 2.

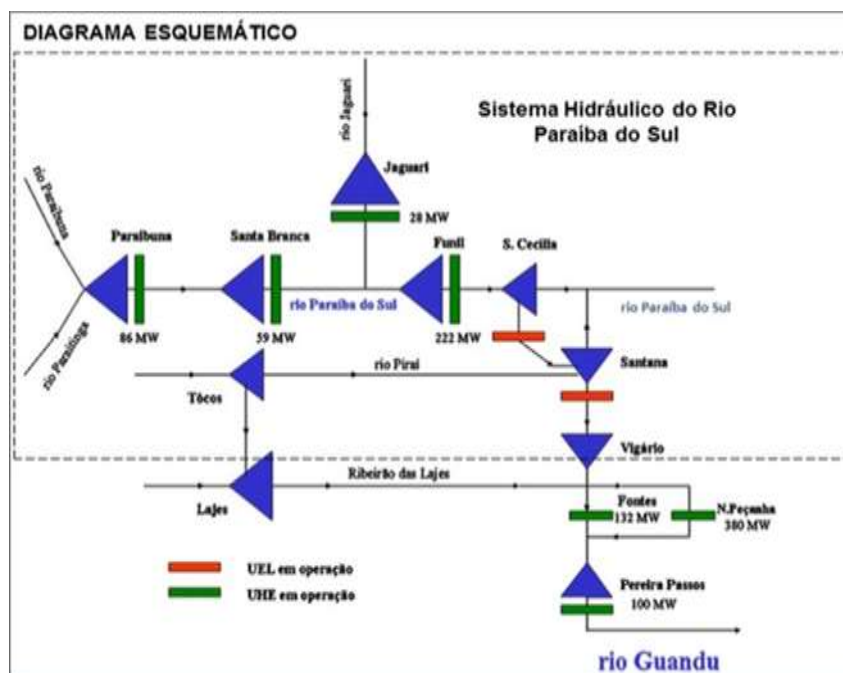


Figura 2. Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul

Tal complexidade de gestão se tornou ainda mais grave quando o governo do Estado de São Paulo anunciou, em março de 2014, que iria reforçar o abastecimento da RMSP pela interligação do Sistema Paraíba do Sul com o Sistema Cantareira (Figura 3). Essa interligação seria feita por bombeamento de no máximo 5 m³/s e seria uma via de mão dupla, podendo atender aos dois sistemas na medida da necessidade.

O Sistema Cantareira é composto pelos reservatórios Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras, dos quais dois (Jaguari e Cachoeira) são de dominialidade federal e os outros de dominialidade estadual. Os quatro primeiros funcionam em conjunto como um “reservatório único ou equivalente” (Sistema Equivalente) com total de armazenamento de 1.459 milhões de m³, dos quais 973 milhões m³ (67% do volume total) estão dentro da faixa normal de operação (volume útil total), o qual pode ser retirado para consumo por gravidade. Estes reservatórios são abastecidos pelos afluentes do Rio Piracicaba os quais possuem o mesmo nome dos reservatórios. Neste Sistema Equivalente, os reservatórios Jaguari e Jacareí formam um reservatório único. Os túneis e canais do Sistema Cantareira desviam água de alguns rios na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba para o Rio Juqueri, realizando uma transposição para a bacia do Alto Tietê. As águas do Rio Juqueri são, então, captadas no reservatório de Paiva Castro. Deste, as águas são bombeadas para o reservatório de Águas Claras, onde são tratadas pela Estação de Tratamento de Água Guaraú, tendo como finalidade o abastecimento de cerca de 45% da população da RMSP (ANA, 2015).



Figura 3. Perfil esquemático do Sistema Cantareira, com a interligação de bacias

Fonte: ANA, 2015.

Essa decisão tomada pelo governo do Estado de São Paulo ocasionou um dos mais importantes e emblemáticos conflitos pelo uso da água de nossa história recente. De um lado o Estado de São Paulo com a necessidade de captar água para o abastecimento humano (prioridade 1) e de outro o Estado do Rio de Janeiro com outorga de uso da água para geração de energia (prioridade 2) e aproveitamento sem outorga para abastecimento da RMRJ a partir do rio Guandú.

Entre 2013 e 2014 foi registrado no sistema Cantareira a vazão média anual igual a $8,70\text{m}^3/\text{s}$, o menor valor já registrado no histórico desde 1930. Essa vazão corresponde a cerca de 22% da média anual ($39,44\text{ m}^3/\text{s}$) e a 40% da vazão média de 1953 ($21,81\text{ m}^3/\text{s}$) que era, até então, o menor valor de vazão média anual já registrado (ANA, 2015). Embora a Agência Nacional de Águas (ANA) tenha sido criada como agência reguladora dos usos múltiplos da água, a situação técnica e principalmente política ficou mais crítica por terem ocorrido em um período que antecedia as eleições presidenciais e estaduais de 2014. Com isso, o Supremo Tribunal Federal (STF) foi acionado no início de novembro de 2014 e tomou a decisão de mediar uma solução que contemplasse os três estados (SP, RJ, MG), culminando no final de novembro em um acordo entre esses estados o qual autorizou o governo de São Paulo a iniciar os procedimentos para a contratação das obras de interligação dos dois sistemas. A definição da nova regra de operação do Sistema Paraíba do Sul (ANA, 2015) foi um importante resultado de gestão nesse conflito com definições mais claras dos usos da água em períodos de seca e de chuvas, bem como a sequência de deplecionamento dos barramentos de jusante para montante da bacia, ampliando assim o armazenamento nos reservatórios de Paraibuna e Jaguari, no estado de São Paulo.

Um aspecto muito relevante que merece destaque, uma vez que causa impacto significativo na viabilização de atividades de intervenção positiva que permitam melhorar a quantidade e qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, é que a empresa Light não paga pelo uso dos recursos hídricos da bacia sob a alegação de que já transfere recursos financeiros para o sistema integrado de recursos hídricos destinados à compensação de áreas de inundação. Porém, ainda que a legislação estabeleça que a geração de energia hidrelétrica é uso não consuntivo, no caso da bacia do rio Paraíba do Sul ela só é possível devido à transposição de um volume expressivo de água por meio da derivação, bombeamento, elevação e queda no Sistema Ligth-Guandu.

Essa crise hídrica na região sudeste trouxe como lição a todos brasileiros de que a água é um bem finito e que temos o dever de conservá-la. O que se torna evidente, também, é a necessidade de analisar criticamente as medidas que foram tomadas, seja pelos gestores públicos (ajustes estruturais) quanto pelas pessoas individualmente, na tentativa de atender às diversas demandas e manter uma

dada disponibilidade hídrica. Isso porque, por outro lado, está evidente que o limite de concentração urbana e respectiva concentração de atividades econômicas que demandam expressivos aportes de recursos naturais (especialmente a água) já foi atingido nessa região de entorno da bacia do rio Paraíba do Sul. O que deve induzir nosso pensamento para uma análise crítica sobre até que ponto deve-se importar recursos de outro local para suprir o crescimento populacional e econômico em uma região que já não dispõe mais desses recursos?

O consumidor residencial possui grande expressividade no consumo urbano de água assim como grande potencial de conservação (POMPERMAYER, 1996). Na RMSP, durante a crise da água, ocorreu toda a sorte de ações individuais, desde a coleta de água da chuva até de reuso da água proveniente do banho e do descarte das máquinas de lavar roupa para usos como descargas em sanitários, lavagem de calçadas e pisos, irrigação de vasos e rega de jardins. Posteriormente, a SABESP concedeu bônus de 30% na conta de usuários que economizassem pelo menos 20% da sua média mensal, mas também adotou a cobrança de uma sobretaxa de 40% a 100% para os consumidores que aumentassem o consumo de água acima de 20% da mesma média (SABESP, 2015).

Outra questão que ficou evidente nessa crise hídrica é a elevada perda física de água que ocorre principalmente na distribuição pelos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) no Brasil. Embora a média nacional tenha sido reduzida de 45,6% em 2004 para 37% em 2013, os valores por estado ainda são muito elevados, chegando às médias regionais de 50,8% no Norte, 45,0% no Nordeste, 35,1% na região Sul e 33,4% na região Sudeste. Mesmo com esse quadro agravante em um cenário de crise hídrica, a meta definida para o Brasil até 2030 é de reduzir essas perdas para 31% (PLANSAB, 2014), ou seja, um valor muito acanhado considerando a gravidade da situação de escassez e o volume de desperdício que essas perdas provocam.

Em se pensando que a matriz energética brasileira está alicerçada na geração hidrelétrica, com relação aos SAA, a redução das perdas físicas de água nas redes de distribuição possibilita, também, num cenário mais amplo, na redução do gasto com energia elétrica, uma vez que ao se reduzir as perdas na rede de distribuição se reduz, também, o volume de água tratada (POMPERMAYER, 1996), o que permite diminuir os custos de produção mediante a redução no consumo de energia elétrica e de produtos químicos, além de permitir o uso das instalações existentes para aumentar a oferta de água sem necessidade de expansão do sistema produtor (TSUTIYA, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modo de vida da sociedade e a sua relação com os recursos naturais tem sido amplamente discutida nas mais diversas instâncias, principalmente diante de desafios de magnitude imprevisível como as mudanças climáticas globais e, principalmente, a crise da água, realidades com as quais pessoas e governos devem buscar adaptação (UNDP 2006). Seus efeitos podem ser mais fortemente sentidos nos países em desenvolvimento, onde os recursos e investimentos são sempre limitados, e onde devem ser priorizadas medidas de conservação da água associadas a um bom planejamento (VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2006). Pesquisas científicas e experiências internacionais vêm demonstrando a eficiência e a necessidade de se implantar programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Iniciativas de PSA no Brasil têm demonstrado um ganho de conscientização dos gestores públicos da água e também privados. A recuperação da Mata Atlântica por meio da intensificação de PSA, corredores ecológicos, etc. representa um grande potencial comprovado pelas experiências internacionais para melhorar a infiltração de água e contribuir para o abastecimento dos aquíferos, mas para garantir o resultado positivo é preciso chover. E no momento estamos diante do prognóstico ruim para 2015, pois embora nas bacias hidrográficas da região sudeste (do Paraíba do Sul inclusive) tenha chovido de janeiro a março de 2015 pouco acima da média histórica, isso não recuperou o nível normal de água nas represas. Para garantir a chuva no sudeste é preciso, também, que seja controlado o desmatamento na Amazônia, o qual já acumula uma perda de 762 mil Km², pois já há evidências científicas suficientes que atestam o papel que a floresta amazônica tem no regime de chuvas nas regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. O governo brasileiro vem intensificando a construção de hidrelétricas com o represamento de água em áreas com grande biodiversidade, como a Amazônia, decisão essa que segue na contramão das tendências mundiais. Nos Estados Unidos, por exemplo, a desativação e o desmonte de represamentos tem sido uma realidade nos últimos anos. De acordo com o grupo de conservação *American Rivers*, mais de 1.100 represas foram removidas no país nos últimos cem anos, aproximadamente 800 destas represas foram removidas nos últimos vinte anos e 65 apenas em 2012. (GRABLE, 2014). Essas ações foram tomadas com o intuito de recuperar ecossistemas ribeirinhos, matas ciliares e fauna aquática, além de promover outros benefícios.

REFERÊNCIAS

ABES (2013). Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Setembro, 45p.

ANA (2015). Conjuntura dos recursos hídricos 2014. Brasília. Informe. Agência Nacional de Águas, ANA. 107p.

DUARTE P., ALEGRE H., COVAS D. I. C. (2008) Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água. In. VIII Seminário Ibero-americano SEREA.

GRABLE, J. (2014). After the flood. Dams across the United States are being decommissioned and rivers restored to their natural flow. As scientists are learning, tearing down the barriers is just the first step in returning a river to health. http://www.earthisland.org/journal/index.php/eij/article/after_the_flood. Consultado em 23/03/2015.

IBGE (2011). CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acesso em março, 2013.

INEA (2014). Proposta paulista de transposição do rio Paraíba do Sul e segurança hídrica do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. Instituto Estadual de Meio Ambiente –INEA. Nota Técnica. Março, 20p.

ONU (2012). Managing Water under Uncertainty and Risk. UNESCO, Parte 2. wwdr4, p. 230 – 370. Disponível em: <http://www.unesco.org> . Acesso em 20/03/2015.

PLANSAB (2014). Plano Nacional de Saneamento Básico. Ministério das Cidades. Brasília, DF, 220p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br> . Acesso em 20/03/2015.

POMPERMAYER, M. L. (1996). Conservação de energia elétrica através da racionalização do uso urbano da água. Uma análise das possibilidades baseando-se na cidade de Campinas (SP). Dissertação (Mestrado). Campinas: UNICAMP.

SABESP (2015). A Seca Persiste Continue Economizando. SABESP, São Paulo, SP. Folheto, Tarifa de contingência. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br>. Acesso em: 20/03/2015.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2013). Ministério das Cidades. Brasil. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 20/03/2015.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2011). Ministério das Cidades. Brasil. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> Acesso em: 20/03/2015.

TSUTIYA, M. T. (2001) Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. 1ª. Ed. São Paulo: ABES.

UNDP (2006). Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. New York, 2006. (Human Development Report 2006). 421 p. disponível em:

<http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/hdr/human-development-report-2006.html> Acesso em: 20/03/2015.

VAIRAVAMOORTHY, K; MANSOOR, M. A. M. (2006). Demand Management in developing countries. In: BUTLER, D.; ALI MEMON, F. (Ed.). Water demand management. London, UK: IWA Publishing, 361 p.

Capítulo 2



10.37423/241209510

RISCO TECNOLÓGICO À SAÚDE HUMANA: ESTUDO DE CASO

Patrícia dos Santos Matta

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ*

Carolina Dias Lelacher

Dasi Consultoria e Engenharia

Cleber Vinicius Akita Vitorio

Instituto Espaço Templo

Josimar Ribeiro de Almeida

Aposentado UFRJ

Laís Alencar de Aguiar

*Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD
/ CNEN*

Raphael do Couto Pereira

Troy University (EUA)



Resumo: Refletir sobre os impactos decorrentes de postos combustíveis e seus efeitos para a saúde humana contribuem para o desenvolvimento de uma perspectiva ampla de gestão ambiental. Nesse sentido o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que contribuam para a mitigação de impactos ambientais em postos combustíveis tornam-se uma alternativa necessária. A utilização da técnica da Análise de Riscos tem sido amplamente utilizada para a mitigação de impactos ambientais, visando a proposição de soluções ambientais e a promoção da saúde humana. Desta forma, o presente estudo de caso apresenta-se como parte do trabalho intitulado “Avaliação da Presença de Combustível no Solo e Lençol Freático”, no qual utilizou-se a metodologia para a análise de risco baseada em moldes de Tier 2 para compostos BTXE (Benzeno, Tolueno, Xilenos e Etilbenzeno), através do modelo para cálculos backward (inverso). Para tanto, foram instalados 5 poços para a coleta e monitoramento de água subterrânea e 27 pontos de sondagem de amostras de solo, para a avaliação das concentrações máximas permitidas (SSTL) de compostos orgânicos voláteis, análises de BTXE (Benzeno, Tolueno, Xilenos e Etilbenzenos), chumbo tetraetila e TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo). Em seguida, comparou-se os resultados obtidos com o padrão nacional disponível (Portaria 36 – Ministério da Saúde) e padrões internacionais (Lista Holandesa, Lista Canadense e Guia de Portabilidade de Águas da OMS – Organização Mundial de Saúde). Sendo assim, conclui-se que para as águas subterrâneas os compostos de benzeno possuem certo grau de risco à saúde humana; em contrapartida para amostras de solo e águas subterrâneas compostos tolueno, etilbenzeno e xilenos, apresentaram-se inofensivos à saúde humana.

Palavras chaves: Saúde Ambiental; Análise de Risco; Postos de Combustíveis; Solo; Água.

INTRODUÇÃO

O estudo de análise de risco em postos de combustíveis vem se mostrando cada vez mais necessário em virtude do potencial gerador de impacto à saúde ambiental associado aos compostos presentes na gasolina. Há que se pensar a saúde ambiental como o ramo da saúde pública que considera não apenas a ausência de doença do ser humano, como também, todas as interações sociais, culturais e econômicas estabelecidas entre o homem e o meio ambiente (BRASIL, 2015).

Desse forma, técnicas para o aprimoramento da análise de risco tem sido elaboradas, destacando-se o estudo de análise de risco desenvolvida pelo American Society for Testing and Materials (ASTM): Standard Guide for Risk-Based Corrective Action (RBCA) aplicado a sites onde ocorreram vazamentos de combustíveis (ASTM E 1739 – 95).

A utilização da análise de risco para o controle e monitoramento de ambientes aquáticos, terrestres, atmosféricos, biótico e abióticos, em postos combustíveis, demonstra-se essencial para o equilíbrio ambiental desta atividade, como apresentado no trabalho “Avaliação da Presença de Combustível no Solo e Lençol Freático”.

Sendo assim, neste estudo, realizou-se a análise de risco segundo os moldes de Tier 2 para compostos BTXE (Benzeno, Tolueno, Xilenos e Etilbenzeno), através do modelo para cálculos intitulado backward (inverso), que considera o máximo risco aceitável no solo e água subterrânea segundo os padrões estabelecidos pela ASTM. Como base nesses valores, nos receptores potenciais, nos caminhos de exposição considerados nos dados de toxidades e características física e químicas dos compostos estudados foram obtidos os valores de concentrações máximas permitidas (SSTL) no solo e água subterrânea, para os compostos analisados especificamente no site em questão.

O posto de gasolina analisado neste estudo encontra-se em operação a cerca de 50 anos como posto de abastecimento de combustíveis e troca de óleo, não tendo sido apresentados registros sobre a utilização do solo em plantações.

A região onde o posto localiza-se possui o abastecimento de água tratada fornecida pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos /CEDAE, sendo responsável também pela coleta do esgoto. Com relação às águas subterrâneas, não observou-se registros de sua utilização pelo posto de combustível, sendo verificado o seu escoamento em direção à Lagoa e suscetível à influência das marés.

Segundo informações, a principal fonte de contaminação ocorreu a partir de vazamento nas linhas de gasolina anteriormente a realização de uma reforma total em Junho/98, quando todas as instalações foram substituídas.

Dessa maneira, para o desenvolvimento deste estudo realizou-se uma vistoria simultânea em 27 pontos de sondagens, visando o seu reconhecimento e medições de compostos orgânicos voláteis no solo, coleta de amostras do solo para análise química dos compostos BTXE (Benzeno, Tolueno, Xilenos e Etilbenzenos), chumbo tetra etila e TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo), além de instalações de 5 poços de monitoramento e coleta de alíquotas de água subterrânea para análise química dos mesmos compostos de solo.

Os resultados analíticos foram analisados e comparados com o padrão nacional disponível (Portaria 36 – Ministério da Saúde) e internacionais (Lista Holandesa, Lista Canadense e Guia de Portabilidade de Águas da OMS – Organização Mundial de Saúde) para os compostos em questão.

Devido á restrição das listas de referência com as quais os resultados analíticos foram comparados (ex: Lista Holandesa), foi recomendada a realização de uma análise de risco nos moldes do RBCA (Risk Based Corrective Action) Tier 2, específica para locais onde ocorre manipulação de combustíveis, visando o estabelecimento de padrões de BTXE específicos para área do Posto.

Desse modo, através dos dados obtidos almeja-se analisar dimensionar a magnitude e os riscos ambientais representados pela contaminação do posto de gasolina, projetando as ações de remediação eventualmente necessárias.

II METODOLOGIA

A tabela 1.1 apresenta os resultados das análises químicas de BTXE.

Os resultados indicam a presença de BTXE em concentrações relativamente baixas nas amostras de solo. Entretanto, como alguns dos valores superam os limites estabelecidos pela Lista Holandesa, foi realizada a presente análise de risco visando a verificação dos limites máximos estabelecidos para estes parâmetros especificamente para o site em questão.

As concentrações de BTXE obtidas nas amostras de água subterrâneas coletadas nos poços de monitoramento encontram-se na tabela 1.2.

Os resultados indicam presença de BTXE em concentrações relativamente altas nas amostras de água subterrâneas quando comparadas com os limites estabelecidos pela Lista Holandesa, portanto foi

realizada a presente análise de risco visando a verificação dos limites máximos estabelecidos para estes parâmetros na água subterrânea, especificamente para o site em questão.

TABELA 1.1 – RESULTADOS DAS ANALISES QUÍMICAS DA BTXE – SOLO (mg/Kg)					
N° da Amostra/Sondagem	Intervalo Amostrado	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
SS-01	1,1-1,3	<0,039	<0,039	<0,039	<0,058
SS-02	1,1-1,3	<0,039	<0,039	8,206	5,314
SS-03	1,3-1,4	<0,035	<0,035	<0,035	0,286
SS-04	1,1-1,3	<0,039	<0,039	<0,039	<0,058
SS-05	1,2-1,4	<0,038	<0,038	<0,038	<0,057
Max		0,019	0,019	8,206	5,314
Média		0,019	0,019	1,6563	1,1373

Fonte: os próprios autores

TABELA 1.2 – RESULTADOS DAS ANALISES QUÍMICAS DA BTXE – SOLO (mg/Kg)					
N° da Amostra	Ponto de Coleta	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
AA-01	PM-01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
AA-02	PM-02	0,65	0,013	0,022	0,59
AA -03	PM-03	2,9	3,2	1,1	7,7
AA-04	PM-04	0,24	<0,0005	0,2	0,87
AA-05	PM-05	0,5	0,012	0,027	1,786
AA-06	PM-04	0,13	0,15	0,044	0,176
Max		2,9	3,2	1,1	7,7
Média		0,7367	0,5626	0,2322	1,8537

Fonte: os próprios autores

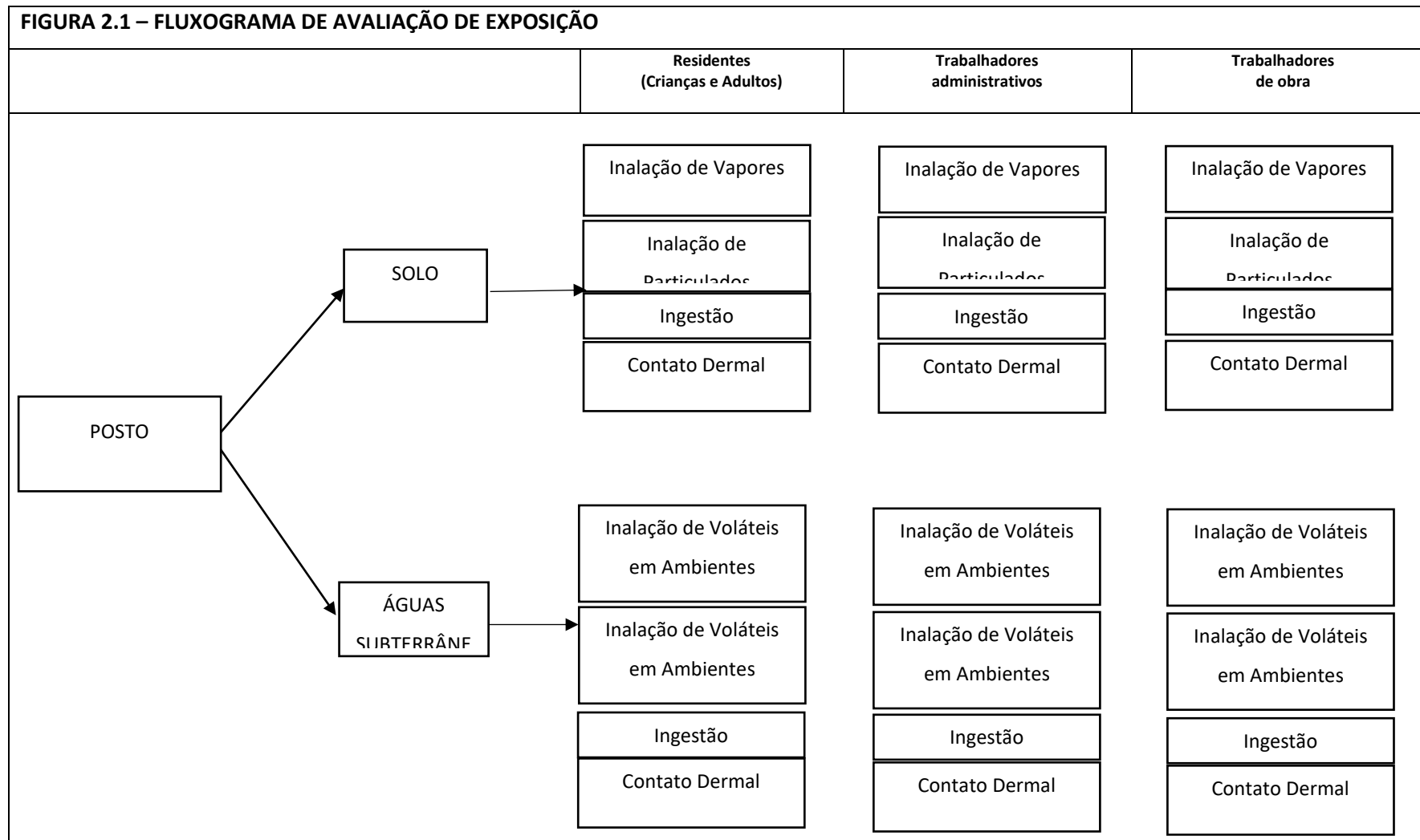
RBCA - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

MODELO DE EXPOSIÇÃO CONCEITUAL DO LOCAL (MECL) PARA AS CONDIÇÕES ATUAIS

A área em estudo é atualmente um posto de abastecimento de combustíveis, sendo o entorno composto por residências e comércio. Dessa forma, os receptores de interesse mais relevantes são os funcionários administrativos e trabalhadores de eventuais obras. Com base nesses fatores, a Figura 2.1 e a tabela 2.1 apresentam os caminhos completos e rotas de exposição considerados na análise de risco (RBCA).

MODELO DE EXPOSIÇÃO CONCEITUAL DO LOCAL (MECL) PARA AS CONDIÇÕES FUTURAS

Conforme informações da TEXACO a área em estudo continuará a ser utilizada no futuro para os mesmos fins atuais. Visto que o cenário será o mesmo atual, o MECL das condições futuras será o mesmo do MECL das condições atuais. Assim, nenhum cálculo será conduzido, já que as concentrações objetivo para as condições atuais serão aplicadas às condições futuras.



Fonte: Os próprios autores

Inalação

Caminhos Potenciais completo

Inalação

Caminhos Potenciais completo

TABELA 2.2 – caminhos completos e rotas de exposição

Fonte e rota de exposição	Residentes (crianças e adultos)	Trabalhadores administrativos	Trabalhadores de obras
Solo Inalação de vapores Inalação de particulados Ingestão Contato dermal	FALSE FALSE FALSE FALSE	TRUE FALSE FALSE FALSE	TRUE TRUE TRUE TRUE
Água Subterrânea Inalação de voláteis em ambientes fechados Inalação de voláteis em ambientes abertos Ingestão Contato dermal (direct)	FALSE TRUE TRUE Cam. incompleto	TRUE TRUE FALSE Cam. incompleto	Cam. Incompleto TRUE Cam. Incompleto TRUE

Fonte: Os próprios autores

FATORES DE EXPOSIÇÃO, PROPRIEDADES TOXICOLÓGICAS E PARÂMETROS DE DESTINO E TRANSPORTE

A liberação dos compostos químicos de interesse no solo é estimada usando modelos como descrito na documentação guia da **ASTM E 1739-95**.

Os parâmetros de destino e transporte utilizados para cálculo do modelo foram baseados em informações específicas do local e em valores, foram baseados em informações específicas do local e em valores da **ASTM E1739-95** apresentados na tabela 2.3.

Os fatores da exposição utilizados e seus respectivos valores, foram baseados na **ASTM E1739-95** e em experiências profissionais adquiridas (**Tabela 2.4**).

As propriedades químicas de cada composto, e os valores de toxicidade usados para estimar o risco e o quociente de perigo são apresentados respectivamente nas tabelas 2.5 e 2.6.

Foi adotado um risco-objetivo conservador de 1×10^{-6} (ASTM) e um quociente de perigo de 1 (ASTM) para compostos químicos carcinogênicos e não carcinogênicos e não-carcinogênicos, respectivamente.

TABELA 2.3 – PARÂMETROS DE DESTINO E TRANSPORTE

Posto de gasolina

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Valores utilizados	Referência
PARÂMETROS DO SITE:				
Maior extensão da área fonte	W	cm	2000	Específico no site
Maior extensão da área onde pode haver obras	W	cm	3000	Específico no site
Espessura do solo superficial contaminado	d	cm	150	Específico no site
Profundidade até o topo do solo subsuperficial contaminado	Ls	cm	150	Específico no site
PARAMETROS DO SOLO				
Densidade do solo seco		g/cm ³	1,85	Experiência Prof.
Matéria orgânica	foc	g/C/g-SOLO	0,01	ASTM
Porosidade total do solo		-	0,25	FETTER,1988
Espessura da franja capilar	hcap	cm	5	ASTM
Espessura da zona vadosa	hv	Cm	150	Específico do site

Volume de água contido na franja capilar		-	0,225	90% da porosidade
Volume de água contido na zona vadosa		-	0,12	Experiência Prof
Volume de água contido nas fundações		-	0,12	
Volume de ar contido na franja capilar		-	0,025	
Volume de ar contido na sombra vadosa		-	0,13	
Volume de água contido nas fundações		-	0,13	
PARÂMETROS RELATIVOS À ÁGUA SUBTERRÂNEA:				
Profundidade da água subterrânea	Lgw	cm	150	=h _c pa + h _v
Velocidade de Darcy (Gradiente hidráulico * Condutividade hidráulica)	Ugw	Cm/ano	37000	Específicos do site
Espessura da zona de variação da água	dgw	cm	200	ASTM
Razão de infiltração de água no solo	IR	cm/ano	30	ASTM
Comprimento da fonte (Perpendicular ao fluxo da água subterrânea)	Y	cm	2000	Específico do site
Distancia da fonte até o POE para ingestão da água subterrânea	Xpoe.gw	cm	5000	Específico do site
Dispersividade longitudinal de água subterrânea (x)	ax	cm	500,00	=Xpoe/10
Dispersividade transversal de água subterrânea (y)	ay	cm		=Xpoe/30
Dispersividade vertical (z)	az	cm	25,00	=Xpoe/200
PARAMETROS PARA AMBIENTES ABERTOS:				
Altura do ar respirado em ambientes abertos		cm	200	ASTM
Velocidade dos ventos em ambientes abertos	Ua	cm/seg	225	ASTM
Distancia da fonte até o POE para inalação de ar em ambientes abertos	Xpoe.air	cm	1	Específico do site
Dispersividade transversal de ar em ambientes abertos (y)	Xy	cm	0,18	Calculado
Dispersividade vertical de ar em ambientes abertos (z)	Xz	cm	0,14	Calculado
Razão de emissão de particulados	Pe	g/cm²seg	9,9E-14	ASTM
PARÂMETROS PARA AMBIENTES FECHADOS:				
Renovação de ar em ambientes fechados				
Residencial	ER	1/seg	0,00014	ASTM
Comercial	ER	1/seg	0,00023	ASTM
Altura do ambiente				
Residencial	Lb	cm	200	ASTM
Comercial	Lb	cm	300	ASTM
Espessura da fundação ou da parede				
Residencial	Lcrak	cm	15	ASTM
Comercial	Lcrak	cm	15	ASTM
Área de rachaduras das fundações/paredes				
Residencial	h	-	0,001	Específico do site
Comercial	h	-	0,001	Específico do site

Fonte: Os próprios autores

TABELA 2.4 – FATORES DE EXPOSIÇÃO

Posto de gasolina

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Valores utilizados	Referência
Risco máximo aceitável	TR	-	100E-06	ASTM
Máximo quociente de perigo	THQ	-	1	ASTM
PESO				
Crianças residentes	BW	Kg	16	RAGS
Adultos residentes	BW	Kg	70	ASTM
Trabalhadores administrativo	BW	Kg	70	ASTM
Trabalhadores de obras	BW	Kg	70	ASTM
DURAÇÃO DE EXPOSIÇÃO:				
Crianças residentes	ED	Ano	6	RAGS
Adultos residentes	ED	Ano	20	Exp. Profissional
Trabalhadores administrativo	ED	Ano	25	ASTM
Trabalhadores de obras	ED	Ano	1	Exp. Profissional
FREQUENCIA DE EXPOSIÇÃO:				
Crianças residentes	EF	dia/ano	200	ASTM
Adultos residentes	EF	dia/ano	200	Exp. Profissional
Trabalhadores administrativo	EF	dia/ano	250	ASTM
Trabalhadores de obras	EF	dia/ano	10	Exp. Profissional
RAZÃO DE INALAÇÃO EM AMBIENTES ABERTOS:				
Crianças residentes	IRa	m³/dia	15	Exp. Profissional
Adultos residentes	IRa	m³/dia	20	ASTM
Trabalhadores administrativo	IRa	m³/dia	20	ASTM
Trabalhadores de obras	IRa	m³/dia	20	Exp. Profissional
RAZÃO DE INALAÇÃO EM AMBIENTES FECHADOS:				
Crianças residentes	IRa	m³/dia	20	Exp. Profissional
Adultos residentes	IRa	m³/dia	20	ASTM
Trabalhadores administrativo	IRa	m³/dia	20	ASTM
ÁREA SUPERFICIAL DA PELE				
Crianças residentes	SA	cm²	2100	Exp. Profissional
Adultos residentes	SA	cm²	1700	ASTM
Trabalhadores administrativo	SA	cm²	1700	ASTM
Trabalhadores de obras	SA	cm²	1700	Exp. Profissional
FATOR ADERÊNCIA				
Crianças residentes	M	mg/cm²	0,5	Exp. Profissional
Adultos residentes	M	mg/cm²	0,5	ASTM
Trabalhadores administrativo	M	mg/cm²	0,5	ASTM
Trabalhadores de obras	M	mg/cm²	0,5	Exp. Profissional
RAZÃO DE INGESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS				

Crianças residentes	IRw	L/dia	0,01	Exp. Profissional
Adultos residentes	IRw	L/dia	0,01	Exp. Profissional
Trabalhadores administrativo	IRw	L/dia	1	ASTM
CONTATO DERMAL COM A ÁGUA SUBTERRÂNEA				
Tempo de exposição	T.dc	hr	1	Exp. Profissional
Grossura da pele	d.skin	cm	0,001	RAGS

Fonte: Os próprios autores

TABELA 2.5 – PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS COMPOSTOS

Posto de gasolina

Compostos Químicos	Solubilidade da água (mg/L)	Peso Molecular (gr/mole)	Lei de Henry Constante (___)	Carbon Org. Coef. Ads. Koc (mL/g)	Log Coef. De Partic. ___ Log Kow [-]	Coeficiente de difusão		Const.dedegrad
						no ar (cm²/s)	na água (cm²/s)	
VOCs								
Benzeno	175E+03	7,81E+01	2,20E-01	3,80E+01	2,20E+00	9,30E-02	1,10E-05	0,00E+00
Etilbenzeno	1,52E+02	1,06E+02	3,20E-01	9,55E+01	3,15E+00	7,60E-06	8,50E-06	0,00E+00
Tolueno	5,15E+02	9,24E+01	2,60E-01	1,35E+02	2,80+00	8,50E-02	9,40E-06	0,00E+00
Xilenos (totais)	1,98E+02	1,06E+02	2,90E-01	2,40E+02	3,20E+00	7,20E-02	8,50E-06	0,00E+00

Fonte: Os próprios autores

TABELA 2.5 – PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS COMPOSTOS

Posto de gasolina

Compostos Químicos	Fator de decaimento		Dose de Ref.		Oral Rel. Factor Abs (RAFo)	Derm. Rel Fac. Abs (RAFd)
	Oral (SFo) [Kg-dia/mg]	Inal.(SFi) [Kg-dia/mg]	Oral (RfDo) [mg/Kg-dia]	Inal.(RfDi) [mg/Kg-dia]		
VolatileOrganicCompounds						
Benzeno	0,029	0,029	-	0,0017	1	0,5
Etilbenzeno	-	-	0,1	0,29	1	0,5
Tolueno	-	-	0,2	0,11	1	0,5
Xilenos (totais)	-	-	2	0,086	1	0,5

Fonte: Os próprios autores

III RESULTADOS

A comparação entre as concentrações máximas e médias encontradas no site e os limites máximos estabelecidos através do RBCA no solo e água subterrânea, os valores podem ser vistos na Tabela 3.1. Observa-se que as concentrações médias e máxima do benzeno nas águas subterrâneas ultrapassam os valores máximos estabelecidos para estes parâmetros no site em questão.

As tabelas 3.2 e 3.3, mostram respectivamente os limites máximos e mínimos estabelecidos através do modelo para o solo e água subterrânea, em todos os caminhos de exposição considerados.

As tabelas 3.4 a 3.5 apresentam os valores limites para cada receptor analisado em todos os caminhos de exposição considerados para os compostos BTXE. Os campos preenchidos por “CI” indicam os caminhos incompletos e portanto, não foram calculados e os campos preenchidos por “NA” identificam os caminhos não aplicáveis por se tratarem de compostos carcinogênicos ou não-carcinogênicos.

SOLO

Comparando-se as concentrações máximas e médias de BTXE obtidas nas amostras de solo, verifica-se que nenhum composto ultrapassa o limite máximo estabelecido pelo RBCA (SSTL) para o solo.

3.1 TABELA - COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES MÁXIMOS ESTABELECIDOS ATRAVÉS DO RBCA E AS CONCENTRAÇÕES ENCONTRADAS NO SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEA

Posto de gasolina

Compostos químicos	Concentração no solo			Concentrações nas águas subterrâneas		
	Máximas [mg/kg]	Média (mg/kg)	SSTLs (mg/kg)	Máximas [mg/L]	Média (mg/L)	SSTLs (mg/L)
VOCs						
Benzeno	1,90E-02	1,90E-02	3,15E+01	2,90E+00 FAIL	7,37E-01	1,47E+00
Etilbenzeno	8,21E+00	1,66E+00	9,47E+04 > RES	1,11E+00	2,32E-01	1,18E+03 > RES
Tolueno	1,90E-02	1,90E-02	3,59E+04 > RES	3,20E+00	5,63E-01	1,55E+03 > RES
Xilenos (totais)	5,31E+00	1,14E+00	2,81E+04 > RES	7,70E+00	1,85E+00	1,29E+03 > RES

Fonte: Os próprios autores

3.2 TABELA- RESUMO DAS MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES CALCULADAS PARA O SOLO [mg/kg]

Posto de gasolina

Compostos químicos	Crianças Residentes	Adultos Residentes	Trabalhadores Administrativos	Trabalhadores de obra	Concentrações Mais restritas
VOCs					
Benzeno	Cl	Cl	3,15E+01		3,15E+01
Etilbenzeno	Cl	Cl	9,47E+04	>res	9,47E+04 > RES
Tolueno	Cl	Cl	3,59E+04	>res	3,59E+04 > RES
Xilenos (totais)	Cl	Cl	2,81E+04	>res	2,81E+04 > RES

Fonte: Os próprios autores

3.3 TABELA- RESUMO DAS MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES CALCULADAS PARA ÁGUA SUBTERRANEA [mg/kg]

Posto de gasolina

Compostos químicos	Crianças Residentes	Adultos Residentes	Trabalhadores Administrativos	Trabalhadores de obra	Concentrações Mais restritas
VOCs					
Benzeno	8,87+00	1,16E+01	1,47E+00	1,03E+02	1,47E+00
Etilbenzeno	2,21E+03	9,65E+03	3,73E+03	1,18E+03	1,18E+03 > SOL
Tolueno	4,41E+03	1,93E+04	1,55E+03	3,58E+03	1,55E+03 > SOL
Xilenos (totais)	8,77E+03	2,88E+04	1,29E+03	2,17E+04	1,29E+03 > SOL

Fonte: Os próprios autores

3.4 TABELA- SSTLs para Crianças Residentes – CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Águas subterraneas Ingestão [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs						
Benzeno	Cl	7,83E-01	Cl	8,87E+00	Cl	3,81E+01
Etilbenzeno	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA
Tolueno	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA
Xilenos (totais)	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA

Fonte: Os próprios autores

5 TABELA- SSTLs para Crianças Residentes – NÃO CARCINOGENÉTICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Águas subterrâneas Ingestão [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs						
Benzeno	Cl	3,31E+00	Cl	NA	Cl	1,61E+02
Etilbenzeno	Cl	5,65+02	Cl	2,21+03	Cl	2,66E+04
Tolueno	Cl	2,14E+02	Cl	4,41E+03	Cl	1,05E+04
Xilenos (totais)	Cl	1,67E+02	Cl	4,41E+04	Cl	8,77E+03

Fonte: Os próprios autores

3.6 TABELA- SSTLs para adultos Residentes – CARCINOGENÉTICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Águas subterrâneas Ingestão [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs						
Benzeno	Cl	7,71E-01	Cl	1,16E+01	Cl	3,75E+01
Etilbenzeno	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA
Tolueno	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA
Xilenos (totais)	Cl	NA	Cl	NA	Cl	NA

Fonte: Os próprios autores

3.7 TABELA- SSTLs para adultos Residentes – NÃO CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Solo subsuperf. Inalação em Amb. fechados [mg/kg]	Solo subsuperf. Inalação em Amb. abertos [mg/kg]	Águas subterrâneas Ingestão [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs								
Benzeno	Cl	1,09E+01	Cl	#VALUE!	Cl	NA	Cl	5,28E+02
Etilbenzeno	Cl	1,85E+03	Cl	#VALUE!	Cl	9,65E+03	Cl	8,73E+04
Tolueno	Cl	7,03E+02	Cl	#VALUE!	Cl	1,93E+04	Cl	3,43E+04
Xilenos (totais)	Cl	5,49E+02	Cl	#VALUE!	Cl	1,93E+05	Cl	2,88E+04

Fonte: Os próprios autores

3.8 TABELA- SSTLs para trabalhadores Administrativo – CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Águas subterrâneas Ingestão [mg/L]	Água subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Água subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs						
Benzeno	4,93E-01	4,93E-01	3,15E+01	Cl	1,47E+00	2,40E+01
Etilbenzeno	NA	NA	NA	Cl	NA	NA
Tolueno	NA	NA	NA	Cl	NA	NA
Xilenos (totais)	NA	NA	NA	Cl	NA	NA

Fonte: Os próprios autores

3.9 TABELA X- SSTLs para trabalhadores Administrativo – NÃO CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Fechado [mg/m³-ar]	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Solo subsuperf. Inalação em Amb. fechados [mg/kg]	Solo subsuperf. Inalação em Amb. abertos [mg/kg]	Águas subterrâneas Ingestão [mg/L]	Água subterrânea Inalação em Amb. Fechados [mg/L]	Água subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs								
Benzeno	8,69E+00	8,69E+00	5,55E+02	Cl	Cl	Cl	2,58E+01	4,23E+02
Etilbenzeno	1,48E+03	1,48E+03	9,47E+04	Cl	Cl	Cl	3,73E+03	6,98E+04
Tolueno	5,62E+02	5,62E+02	3,59E+04	Cl	Cl	Cl	1,55E+03	2,74E+04
Xilenos (totais)	4,39E+02	4,39E+02	2,81E+04	Cl	Cl	Cl	1,29+03	2,30E+04

Fonte: Os próprios autores

3.10 TABELA- SSTLs para trabalhadores de obras – CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m³-ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Águas subterrâneas Contato Dermal [mg/L]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs				
Benzeno	3,08E+02	5,73E+02	1,03E+02	1,00+4
Etilbenzeno	NA	NA	NA	NA
Tolueno	NA	NA	NA	NA
Xilenos (totais)	NA	NA	NA	NA

Fonte: Os próprios autores

3.11 TABELA- SSTLs para trabalhadores de obras – NÃO CARCINOGENICOS

Posto de gasolina

Compostos químicos	Ar Inalação em Amb. Abertos [mg/m ³ -ar]	Solo superf. Ingestão Inalação e Contato Dermal [mg/kg]	Solo subsuperf. Contato Dermal (DIRECT) [mg/kg]	Solo subsuperf. Inalação em Amb. abertos [mg/kg]	Águas subterrâneas Contato Dermal (DIRECT) [mg/kg]	Águas subterrânea Inalação em Amb. Abertos [mg/L]
VOCs						
Benzeno	2,17E+02	4,22E+02	Cl	Cl	NA	7,04E+03
Etilbenzeno	3,70E+04	8,39E+04	Cl	Cl	1,18E+03	1,16E+06
Tolueno	1,41E+04	4,44E+04	Cl	Cl	3,58E+03	4,57E+05
Xilenos (totais)	1,10E+04	4,89E+04	Cl	Cl	2,17E+04	3,84E+05

Fonte: Os próprios autores

ÁGUA SUBTERRÂNEA

As concentrações máximas e média de benzeno obtidas nas amostras de água subterrânea ultrapassam o SSTL estabelecido através do RBCA na condição de inalação de vapores em ambientes fechados pelos trabalhadores administrativos conforme pode ser verificado na tabela X no posto de amostragem PM-03.

É importante salientar que a Lagoa Rodrigo de Freitas situa-se a aproximadamente 50m do posto e, portanto, existe um certo tempo de deslocamento das águas subterrâneas provenientes do posto até o ponto de exposição. Além disso há um fator de retardamento e degradação natural do composto. Para confirmação desse valor, recomenda-se a instalação de um poço de monitoramento próximo a Lagoa.

Quanto ao risco de inalação de vapores em ambientes fechados, deve-se realizar o saneamento das águas subterrâneas para que os valores de benzeno sejam tais que não ofereçam riscos à saúde humana.

Os compostos tolueno, etilbenzeno e xilenos não ultrapassam os limites máximos estabelecidos através de RBCA, levando-se em consideração as rotas de exposição previamente mencionadas.

ÁGUAS SUBTERRÂNEA RASA

A possibilidade de ingestão das águas subterrâneas é remota, pois a região é provida de abastecimento público (Águas do Rio) e, segundo o levantamento realizado, não existe poços rasos nas imediações.

ÁGUAS SUBTERRÂNEA PROFUNDA

A região é provida de abastecimento público e não se tem informações sobre a existência de poços profundos no entorno.

INCERTEZAS E LIMITAÇÕES

Esta análise de risco foi realizada segundo os moldes **ASTM E-1739**, sendo que as incertezas e limitações inerentes ao processo são discutidas abaixo.

DADOS ANALÍTICOS

A análise de risco foi realizada com base nos resultados analíticos existentes que, segundo a ASTM, são suficientes. Entretanto, em alguns casos é impossível concluir que as concentrações a baixo do

limite de detecção mencionado pelo laboratório sejam realmente nulas. Assim, para efeitos dos cálculos das medidas das concentrações obtidas no site, todos os valores com resultados a baixo dos limites de detecção foram assumidos como sendo a metade do valor do limite de detecção.

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AOS RECEPTORES POTENCIAIS

A decisão quanto à avaliação da exposição aos contaminantes, considera dados relativos ao uso atual e futuro do site, caminhos de exposição e receptores. Vários dos valores numéricos usados para o cálculo das concentrações máximas permitida para o site no solo e águas subterrâneas são adotados através de experiência profissional e/ou estimados. Todos os dados assumidos, foram estimados da maneira mais restritiva.

AVALIAÇÃO DA TOXIDADE AOS RECEPTORES POTENCIAIS

Os valores recomendados pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) para definições de valores de risco para compostos não carcinogênicos e doses de referência também possuem incertezas. A USEPA assume que estes valores estão super estimados em no mínimo uma potência de 10.

CARACTERIZAÇÃO DE RISCO

Conforme mencionado anteriormente, a estimativa de risco requer vários inputs e valores assumidos. Foram considerados valores restritivos, portanto os máximos valores permitidos para os parâmetros analisados no solo e águas subterrâneas, também apresentam um fator de segurança já embutidos.

IV CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que as concentrações do composto benzeno encontradas na águas subterrâneas apresentam certo grau de risco a saúde humana devido a possibilidade de inalação dos vapores e provenientes da água subterrânea em ambientes fechados (escritórios administrativos e loja de convivência).

As concentrações dos compostos tolueno, etilbenzeno e xilenos encontrados nas águas subterrâneas não ultrapassam os limites máximos estabelecidos através do RBCA para nenhum caminho de exposição, portanto não representam riscos à saúde humana.

A presença de traços dos compostos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no solo não representam risco à saúde humana pois as concentrações verificadas não ultrapassam os limites máximos estabelecidos através do RBCA para todos as rotas de exposição existentes.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

Corrective Action APPLICdat Pctroloum Rcloasosltos. Doslgnatlon E 1739-95'

BAUM GARTNER, A LIEBSCHER, H J. 1996. Aligomoino Hydrologic – Quantitativo Hydrologie. Gebrüder Borntraegcr. Borln. 42Cpp.

BRUNO, R C.. 1983. Sources of Indoor Radon in Houses: A Rovio W. Air Pollution e Control Association

BRASIL. Ministério da Saúde. Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS). Brasília, DF, 2015. 37 p.

CSD-GEOKLOCK, 1999. Avaliação da Presença dc Combustível no solo e Lençol Freático (SP/768/R075/99).

FEENSTRA, S. D; MACKAY, M. and CHERRY, J, A, 1991. A Methodo f Assessing Residual NAPL Basedon Organic Chemical Concentrations in Soil samples. Ground Water Monitoring Review: 128-136.

FETTER, C. W., 1980. Applied Hydrogeology. Second Edition. 591 p.

HOWARD, P. et al., 1991. Handbook of Environmental Degradation Rates. Lewis Publishers Inc., Chelsea, MI.

LYMAN, W. J., REEHL, W. F. and ROSENBLATT, D. H. 1990. Handbook of Chemical Property Estimation Methods. McGraw-Hill. New York.

VTHIBODEAUX, L. J. and HWANG, S. T], 1982. Land Farming of Petrole um Wastes Modeling the Air Emissions Problem. Environmental Progress. 1 (1):42-46.

U. S. Environmental Protection Agency (EPA), 1985. Rapid Assessment of Exposuroto Particulat e Emissions from Surface Contaminated Sites. Office of Health and Environmental Assessment. EPA]600/8-85/002.

S. Environmental Protection Agency (EPA), 1988. Super fund Exposure Assessment Manual. EPA/640/1-88/001.

U. S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989A. Exposure Factors Handbook Office of Health and Environmental, U.S. EPA/600/8-89/043.

U. S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989B. Risk Assessment Guidancefo Super fund, Vol. I. Human Health Evaluation Manual (Part A). EPAJ540i1-89/002.

U. S. Environmental ProtectionAgency (EPA), 1991. Human Health Evaluate Manual, Supplemental Guidance: "Standard Default Exposure Factors' Integrated Risk Information System (IRIS). On-line, Environmental Criteriaand Assessment Office, OH. Drinking. A. S. Environmental Protection Agency (EPA), 1994B. National Primary

Capítulo 3



10.37423/241209523

EFEITOS PREVISTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COSTA BRASILEIRA – O CASO DO MUNICÍPIO DE PORTO DE SANTOS – SP - BRASIL

Gilberto Berzin

Berzin Assistência Técnica Ltda.



Resumo: Foi apresentado no XXI-FENASAN-2010, o *paper* intitulado “*O que os Engenheiros Precisam Saber Sobre a Elevação do Nível do Mar e seus Efeitos na Baixada Santista*”, baseando-se nele, foi atualizado e reapresentado do que ocorrerá na área costeira do Brasil.

O aumento do nível do mar, previsto pelos cientistas até o final do século, será lento e gradual, permitindo o seu acompanhamento e gerando providências para amenizar e evitar o possível caos urbano, mas é preciso verificar os seus possíveis efeitos, estudar e planejar e executar agora as obras de contenção. Será realizado uma análise sobre o aquecimento global e seus efeitos mundiais e principalmente nas cidades costeiras do Brasil, notadamente para a cidade e Porto de Santos. Será apresentado o possível alagamento de bairros santistas, devido ao aumento do nível do mar, para diversas variações de nível em relação ao nível máximo das marés, baseando-se em pesquisas cujos resultados são muito confiáveis e apresentados na pesquisa *Sea Level Rise Due to Global Warning – Climate Change* pelo *Grid Arenal, UNED e Observed Climate Trends*, Os efeitos foram avaliados nos Sistemas de Drenagem de águas pluviais , Captação e Tratamento de Água e de Coleta, Tratamento e Disposição de esgotos.

Palavras-Chave: Aquecimento Global, Aumento Nível do Mar, Efeitos na Baixada Santista.

INTRODUÇÃO

Deve-se justificar o texto longo de início, com vários dados e informações, pois o intuito deste trabalho é conscientizar os profissionais de uma realidade que está ocorrendo e a maioria não leva em conta em seus projetos e decisões.

O relatório do IPCC (Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática), estudo da ONU sobre o impacto ambiental, tem suscitado muitas discussões na mídia e gerado as mais variadas interpretações sobre as mudanças climáticas. Diz-se que esses relatórios geram a interconexão do assunto e propicia muitos pesquisadores e especialistas ou não, surgirem na mídia para debater os assuntos, alguns até com conclusões assustadoras.

Parafraseando o geógrafo Aziz N. Ab'Saber, professor emérito da USP, no Jornal do Campus, março/07 : “Esses relatórios são muito importantes como alerta, quando tem a preocupação de chamar a atenção de governantes e cientistas, mas o problema é que há uma tendência de se transformar esses alertas em discussões alarmantes para a mídia em geral.”

Visando esclarecer dúvidas, sem provocar alardes e falsas interpretações, está-se apresentando de uma maneira clara, o que há de realidade em todas as suposições, principais estudos, tendências e principalmente o que iria acontecer com as cidades costeiras do Brasil e o Estuário de Santos, caso os resultados destas pesquisas se concretizarem. Algumas perguntas:

1 - POR QUE OCORRE O AQUECIMENTO GLOBAL?

Três perguntas acompanham a discussão em torno do aquecimento global:

1ª) Questiona-se se o fenômeno é real?

2ª) Os efeitos das mudanças no clima da Terra são eminentes?

3ª) Como impedir que o problema se agrave?

Os 141 países que assinaram o Protocolo de Quioto, 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. Os efeitos da mudança climática já não podem ser ignorados.

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 1°C. 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 2°C na temperatura média do planeta.

Ao contribuir para acelerar o aquecimento, os seres humanos estão mexendo com algo que está além da capacidade de controle da mais avançada tecnologia. Pelos padrões de tempo da natureza, o *homo sapiens* é apenas um piscar de olhos – não mais do que 0,005% do total da idade do planeta.

O aquecimento global atual é resultado da atividade humana, pelo aumento dos gases do efeito estufa na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO₂). Esses gases formam uma espécie de manto em torno do planeta, impedindo que a radiação solar, refletida pela superfície em forma de calor, se dissipe no espaço. O efeito estufa é um fenômeno natural, que garante as condições de temperatura e clima necessárias para a existência de vida na Terra, mas agora está se tornando crítico.

O aumento do CO₂ pode ser considerado o gatilho de uma série de efeitos, sendo um dos principais, o denominado efeito antiestufa do albedo (fenômeno em que o branco do gelo e da neve reflete para o espaço 90% da radiação solar que o planeta recebe), ele ajuda a manter a temperatura média do planeta em 14,6°C. Com a diminuição da capa de gelo haverá uma maior absorção dos raios solares, provocando um círculo vicioso e contribuindo para o aquecimento global.

2- QUAIS OS EFEITOS DO AQUECIMENTO GLOBAL?

O gelo da Antártica (Polo Sul) e do Ártico (Polo Norte) são vitais na manutenção do equilíbrio do clima no nosso planeta. As mudanças aceleradas na criosfera (conjunto dos ambientes congelados da Terra) ocasionarão consequências dramáticas nas outras partes do mundo.

O que está agora ocorrendo nos Polos deixou de ser um alerta para se tornar gerador de efeitos do que está acontecendo por lá e são mais rápidas e intensas do que as sentidas em qualquer outra parte do mundo.

Notícias alarmantes de que grandes bancos de gelo se desprendem na Antártida, 700 km² e agora mais 3.400 km², mas alguns argumentam que estes desprendimentos não aumentam o nível dos oceanos, pois o gelo já estava flutuando anteriormente, mas estas plataformas normalmente seguram

geleiras que estão sobre o solo, quando se desintegram o gelo derrete para os oceanos com mais facilidade.

No Ártico, o ritmo da elevação da temperatura na atmosfera é o dobro da média global. Estima-se que a calota gelada do Oceano Ártico deve desaparecer totalmente durante o verão a partir de 2060. Na escala geológica, meio século é um piscar de olhos.

O terceiro relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, da ONU, coloca o Ártico no topo da lista das regiões sob maior pressão do aquecimento global, devido à elevação da temperatura superior à média mundial.

Há mais suposições alarmantes, por exemplo, com o derretimento do gelo do Ártico haverá o resfriamento da corrente quente do Golfo, e esta deixará de aquecer o norte da Europa, tornando a Inglaterra num iceberg, gelando todo o norte da Espanha, França, Holanda, Escandinávia, países bálticos, ... uma tragédia. Outra digna de ser citada é que com o derretimento da capa de gelo da Groelândia o nível do mar irá subir mais de 5 metros, alagando todas as partes baixas costeiras do mundo.

Mas há fatos incontestáveis: inundações sem limites em países da Europa e América, além de nos últimos cinco anos ter ocorrido os verões mais quentes.

O Banco Mundial prevê uma América Latina mais pobre e improdutiva nas próximas décadas, afirma que o degelo dos pequenos glaciares dos Andes, que formam as nascentes dos rios dos quais dependem todo o sistema de florestas tropicais, afetará significativamente o clima da Amazônia, criando grandes áreas de savanas. A cheia do rio Negro, que inundou parte de Manaus, foi provocada pelo aumento do nível do rio Solimões (degelo acrescido de chuvas), que funcionou como uma barragem para as águas do Negro. Como o correu em maio/24 no Rio Grande do Sul onde a falta de um escoamento eficiente da Lagoa dos Patos para o Oceano provocou um represamento catastrófico, devido aos grandes volumes de chuvas da região do rio Guaíba.

Enfim, todas as regiões do mundo irão se modificar, não sendo o escopo da atual pesquisa examinar cada uma das principais áreas a serem afetadas.

3- 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, já citado, 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, alguns mais pessimistas outros não, por exemplo há um relatório da ONU, onde são apresentados três cenários, sendo que o primeiro apresenta um aumento do nível do mar em 59 cm até o final do século, outro preconiza um aumento de 12 metros (não devendo ocorrer neste século) 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. Climatologistas respeitáveis tais como o alemão Stefan Rahmstorf propõem valores próximos de 1,5 m. Até o final desta segunda década do século XXI, várias outras previsões irão aparecer devido ao acompanhamento sistemático da evolução do clima na Terra.

A temperatura da Terra aumentará entre 1,8° e 4° 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 atualmente 2.500 cientistas de mais de 130 países e prevê mais chuvas fortes, derretimento de geleiras, secas e ondas de calor.

Entre outras conclusões, o estudo aponta a possibilidade do derretimento total do gelo do Polo Norte até 2100 e a redução da cobertura de neve em outras áreas do planeta. Isso significará uma elevação do nível do mar.

Nas próximas duas décadas, a temperatura aumentará 0,2 ° C por década devido ao efeito estufa acumulado e será inevitável que o aumento continue ao ritmo de 0,1 ° C por década, mesmo que o nível de emissão de poluentes seja contido e se equipare ao nível de 2000. O texto afirma ser "muito provável", com mais de 90% de probabilidade, que atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis, expliquem a maior parte do aquecimento nos últimos 50 anos. O documento é mais realista que o último relatório de 2001, quando o IPCC disse que a ligação era "provável", com 66% de probabilidade. Basearam-se suas estimativas no compêndio das pesquisas científicas realizadas nos últimos seis anos para corrigir os dados de seu relatório anterior, de 2001, calculam que as temperaturas poderiam aumentar entre 1,1° C e 6,4° C.

Fenômenos extremos como ondas de calor e trombas d'água estão sendo cada vez mais frequentes e os ciclones tropicais mais intensos, principalmente na velocidade do vento e nas chuvas que provocam. Particularmente no Brasil, tivemos os últimos verões com todas estas características.

- EFEITOS NAS ÁREAS COSTEIRA MUNDIAIS E BRASILEIRAS.

Inúmeras notícias circulam pelos meios de comunicação do mundo, por exemplo: relatando providencias que estão sendo tomadas em New York – USA, onde se está encarando cautelosamente as ameaças representadas pela elevação do nível dos mares e enchentes por tempestades cada vez mais severas. Mas há críticas que estão agindo lento demais. O Japão preve gastos iniciais de 1 bilhão de dolares para proteções em suas areas costeiras e portuárias principais.

Indica-se o site “*Net Web Design Made Simple*” de autoria da pesquisadora Christina Breaut, que em março/2023, detalhou as principais areas alágaveis de todos os continentes do planeta.

A título de ilustração vamos reproduzir apenas as imagens brasileiras, obtidas nos paineis públicos do Museo do Amanha , no Rio de Janeiro, gerido pelo Instituto de Desenvolvimento e Gestão – IDG, iniciativa da Prefeitura do Rio de Janeiro.

Os paineis 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 niveis de oxigenio 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 areas representadas como inundaveis.

Os continentes identificam-se por si mesmo.

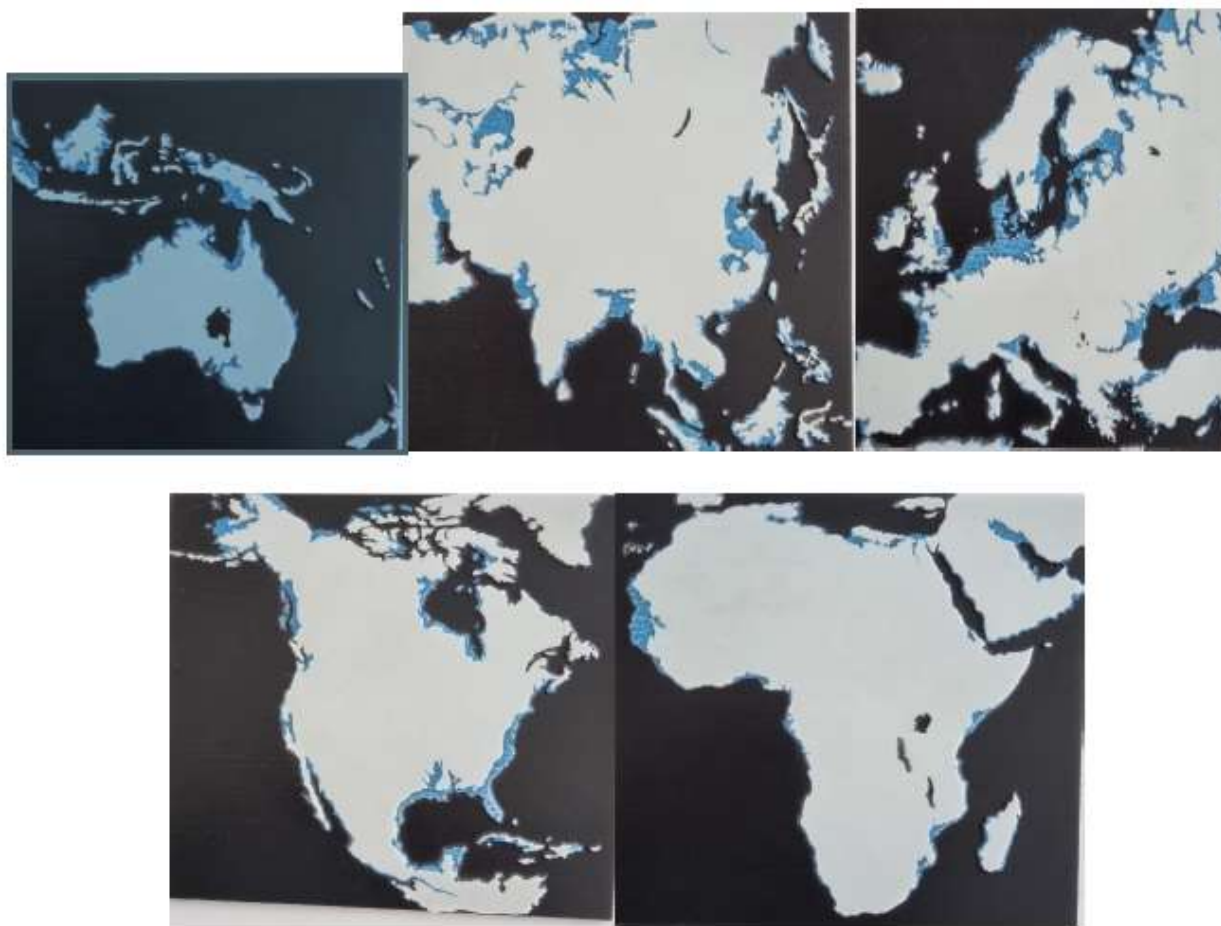


Figura-1 - Ilustrações da Invasão das águas dos oceanos nos continentes – Fonte: Museo do Amanha – RJ



Figura-2 - Ilustração da Invasão das águas dos oceanos na América do Sul – Fonte: Museo do Amanha – RJ

Analisando algumas das medições e comentários no Brasil, segundo dados coletados em portos ao longo da costa brasileira, o nível do mar está aumentando no Brasil cerca de 40 centímetros (cm) por século, ou 4 milímetros (mm) por ano (mm/ano). A constatação é do Laboratório de Marés e Processos Temporais Oceânicos (Maptolab) do Instituto Oceanográfico (IO) da USP que investiga as variações no nível do mar no litoral brasileiro, a partir de séries de medições que começaram em 1980. As análises dos dados são feitas por médias de variações diárias, médias sazonais e médias anuais do nível do mar, que permitem estimar a variação local de longo prazo.

O professor Afrânio Rubens de Mesquita, pesquisador do Maptolab, explica que as medições de nível do mar dependem de um conjunto de variáveis, usando suas palavras “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) e o posicionamento das órbitas dos planetas (causador das Glaciações) em relação à Terra, entre outras variáveis”.

As medições do nível do mar da Costa Brasileira são feitas em estações permanentes distribuídas ao longo da costa por diferentes instituições: Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), Diretoria e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o IO, que realiza, além das medições permanentes nas estações de Cananéia e de Ubatuba, no litoral Sul do Estado de São Paulo, realiza medições de caráter não permanente em oceano profundo, ao longo da plataforma continental.

Deve-se lembrar que os oceanos absorvem cerca de 90 por cento da energia solar absorvida pelos gases de efeito estufa. O restante se divide entre as geleiras, os mares congelados, a superfície não coberta pelo mar e a atmosfera – ou seja, somente uma pequena fração do calor capturado aquece o ar da atmosfera. E, apesar das medições dos satélites, o calor medido nos oceanos, até uma profundidade de cerca de 1.000 metros, está constante há anos.

Em julho de 2022 foi divulgado pela Agência/FAPESP: “Foi descoberto o mecanismo que pode provocar o colapso da grande circulação do Atlântico”. O pesquisador José Tadeu Arantes, noticiou que a Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico – que leva águas quentes do hemisfério Sul para o hemisfério Norte, e traz águas frias do hemisfério Norte para o hemisfério Sul – é um mecanismo fundamental para a regulação do clima do planeta. Essa célula já colapsou no passado, devido a fatores naturais, e

seu último colapso teve papel crucial no processo de deglaciação. Agora, a célula está outra vez ameaçada, por causa do aquecimento global. E uma pesquisa recentíssima descobriu a sequência de eventos que provoca o colapso.

O estudo foi realizado por pesquisadores alemães e brasileiros e teve como um dos autores principais o paleoclimatologista Cristiano Mazur Chiessi, professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). Artigo a respeito foi publicado em *Nature Communications: “Subsurface ocean warming preceded Heinrich Events”*.

Realizaram uma investigação dos sedimentos marinhos coletados entre o Canadá e a Groenlândia, descobriu-se que, no passado, o aquecimento da subsuperfície oceânica daquela região fez com que as grandes geleiras que um dia cobriram os territórios que correspondem ao Canadá e ao norte dos Estados Unidos liberassem quantidades colossais de icebergs no Atlântico”, o que está para se repetir.

COMO OCORRERÁ NA COSTA BRASILEIRA

Em 2017, Iton Alisson da Agência/FAPESP, fez uma série de observações do que ocorrerá na costa brasileira com a elevação do nível do mar nas próximas décadas.

Resumiu-se as principais observações, juntamente com nossos comentários.

No Brasil vivem 60% da população em cidades costeiras e não há um estudo integrado da vulnerabilidade destes municípios costeiros, que possibilitaria estimar danos sociais, econômicos e ambientais e com isto elaborar uma Plano de Ação.

As conclusões são do relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) sobre “Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas”, lançado em 2017, durante um evento no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro. A publicação teve o apoio da FAPESP e são resultado do **Projeto Metrópole** e de outros projetos apoiados pela Fundação no âmbito do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (**PFPMSG**) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas, financiado pela Fundação e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Foi feita exaustiva pesquisa sobre publicações nacionais e internacionais sobre o tema e possibilitar a apresentação de um relatório por José Marengo, coordenador-geral de pesquisa e desenvolvimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e um dos autores e editores do relatório, à **Agência FAPESP**, que resumimos abaixo:

Entre 1901 e 2010 o nível médio do mar globalmente aumentou 19 centímetros – com variação entre 17 e 21 centímetros.

Entre 1993 e 2010, a taxa de elevação correspondeu a mais de 3,2 milímetros (mm) por ano – com variação entre 2,8 e 3,6 mm por ano.

No Brasil há uma relativa incerteza pois não há registros históricos contínuos e confiáveis . Não se conseguiu evidenciar o aumento do nível do mar no Brasil, devido as poucas observações existentes, mas atualmente várias cidades portuárias, tal como Santos, já estão registrando rotineiramente com marégrafos, as alturas diárias das marés.

Considerando que as cidades litoraneas, 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. Na cidade de Santos, no litoral sul paulista, onde está situado o maior porto da América Latina, 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.

Já no Rio de Janeiro, a análise dos dados da estação maregráfica da Ilha Fiscal – que tem a série histórica mais antiga do Brasil e fica no meio da Baía da Guanabara – indica uma tendência média de aumento do nível do mar de mais ou menos 1,3 mm por ano, com base nos dados mensais do nível do mar do período de 1963 a 2011 e com um índice de confiança de 95%.

Em Recife o nível do mar aumentou 5,6 mm entre 1946 e 1988 – o que corresponde a uma elevação de 24 centímetros em 42 anos. A erosão costeira e a ocupação do pós-praia provocaram uma redução da linha de praia em mais de 20 metros na Praia de Boa Viagem – a área da orla mais valorizada da cidade, este fato é discutível pois as correntes transportadoras de areia para a praia foram cerciadas pelo molhe construído a montante da praia, desviando a corrente e formando um grande banco de areia longe da costa.

“Existem poucas observações como essas em outras regiões do país. Quando tentamos levantar dados dos últimos 40 ou 100 anos sobre o aumento do nível do mar em outras cidades do Nordeste, como Fortaleza, por exemplo, é difícil encontrar”, disse Marengo.

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Os impactos socioeconômicos seriam mais restritos às proximidades das 15 maiores cidades litorâneas, que ocupam uma extensão de 1,3 mil quilômetros da linha costeira – correspondente a 17% da linha costeira do Brasil.

Entre as principais consequências da elevação do nível do mar, estão o aumento da erosão costeira, da frequência, intensidade e magnitude das inundações, da vulnerabilidade de pessoas e bens e a redução dos espaços habitáveis.

Ressaltou Marengo : “Os impactos mais evidentes da elevação do nível do mar são o aumento da frequência das inundações costeiras e a redução da linha de praia. Mas há outros não tão perceptíveis, como a intrusão marinha, em que a água salgada do mar começa a penetrar aquíferos e ecossistemas de água doce”.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) cita que as projeções do quinto relatório (AR5) do são que a elevação do nível do mar globalmente varie entre 0,26 e 0,98 metro até 2100 – em um cenário mais pessimista. O relatório apresenta estimativas similares para a costa brasileira.

Considerando que a probabilidade de inundações aumenta com a elevação do nível do mar pode ser esperada uma maior probabilidade de inundações em áreas que apresentam mais de 40% de mudanças no nível do mar observadas nos últimos 60 anos – como é o caso de várias metrópoles costeiras brasileiras, ressaltam os autores.

As inundações costeiras serão mais preocupantes no litoral do Nordeste, Sul e Sudeste, e também podem afetar o litoral sul e sudoeste da cidade do Rio de Janeiro. Os seis municípios fluminenses mais vulneráveis à elevação do nível do mar, de acordo com estudos apresentados no relatório, são Parati, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé e Campos dos Goytacazes.

“A combinação do aumento do nível do mar com tempestades e ventos mais fortes pode provocar danos bastante altos na infraestrutura dessas cidades”, estimou Marengo.

EXEMPLO DE UM PLANO EM SANTOS-SP

O documento destaca o Plano Municipal de Adaptação à Mudança de Clima (PMAMC) da cidade de Santos como exemplo de plano de ação para adaptação às mudanças de clima e os seus impactos nas

idades . elaboração do plano foi baseada nos resultados do Projeto Metrópole, coordenado por Marengo.

O estudo internacional estimou que a inundação de áreas costeiras das zonas sudeste e noroeste de Santos, causada pela combinação da elevação do nível do mar com ressacas, marés meteorológicas e astron micas e eventos climáticos extremos, pode causar prejuízos acumulados de quase R\$ 2 bilhões até 2100 se não forem implementadas medidas de adaptação.

O estudo é realizado por pesquisadores do Cemaden, dos Institutos Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e Geológico (IG) e das Universidades de São Paulo (USP) e Estadual de Campinas (Unicamp), em parceria com colegas da University of South Florida, dos Estados Unidos, do King’s College London, da Inglaterra, além de técnicos da Prefeitura Municipal de Santos.

“Nossa intenção é aplicar essa metodologia utilizada em Santos em outras cidades litorâneas brasileiras para termos pelo menos uma estimativa inicial do custo de adaptação   elevação do nível do mar”, disse Marengo.

ESTUDO DOS EFEITOS NO LITORAL SANTISTA

Pesquisa do efeito da elevação do nível do mar na Baixada Santista, mas não sem antes se verificar a **Evolução** do Litoral da Baixada Santista ou “Como Era o litoral da Baixada Santista antigamente?”.

Mil nios 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*, n  41). Com base nos estudos detalhados do solo da região (rochas, depósitos de argilas orgânicas, areias...) e admitindo 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 p  da Serra do Mar, desde então foi abaixando, provavelmente como resultado da última idade glacial, e formaram-se cordões de areia   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.

Então, já 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, como se observa na figura 3.



Figura - 3 – 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.

Até o século XIX manteve-se praticamente constante, subindo entre 0.1 e 0.2 mm/ano. A partir de 1992 dados de altimetria, obtidos pelo satélite TOPEX/Poseidon, indicam uma subida média de 3 mm/ano, mas entanto, não foi detectada uma aceleração significativa na velocidade de subida do nível do mar durante o século XX.

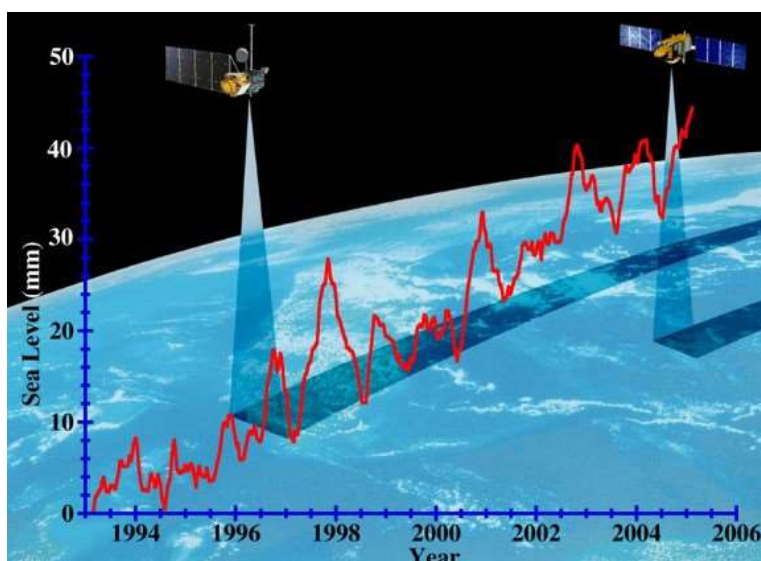


Figura-4 – Com é o rastreamento do satélite TOPX/Poseidon

QUAIS OS ESTUDOS EXISTENTES PARA A REGIÃO?

Várias publicações, técnicas ou não, procuram antever o que acontecerá com a região da baixada santista, mas como o intuito não é gerar polemicas, não serão comentados.

Merece destaque mesmo assim, uma maquete do Estuário de Santos montada num galpão do Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da USP em 2007, ao abrigo do Ministério do Meio Ambiente. Trata-se de um modelo físico de 750 m², onde foram simuladas várias elevações do nível do mar e seus efeitos de inundação de áreas locais. Os pesquisadores apresentaram vários resultados de grande impacto visual., apesar de não serem tão exatos devido à desproporção entre as medidas horizontais (quilômetros) e as verticais (metros), analisa as linhas de costa e partes internas sem detalhes das construções, além de não representar as ruas e avenidas das cidades.

Foi dado enfoque maior para a Ilha de São Vicente, precisamente para a cidade de Santos, onde está o maior porto da América Latina, mostrando o potencial dos resultados da pesquisa atual, podendo ser estendida para todas as cidades do Estuário, e desde que seja de interesse e se tenha um perfeito cadastro topográfico, com uma altimetria detalhada.

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 na Figura-5, se observa a tendência de aumento do nível do mar no último século. Não serão detalhados os cenários, suas causas, suposições e considerações técnicas, pois não é o objetivo da pesquisa.

Três cenários de aumento do nível até 2100, considerando as três propostas mais previsíveis:

1o – Aumento de 5 a 7 cm.

2o – Aumento de 50 a 57 cm.

3o – Aumento de 95 a 110 cm.

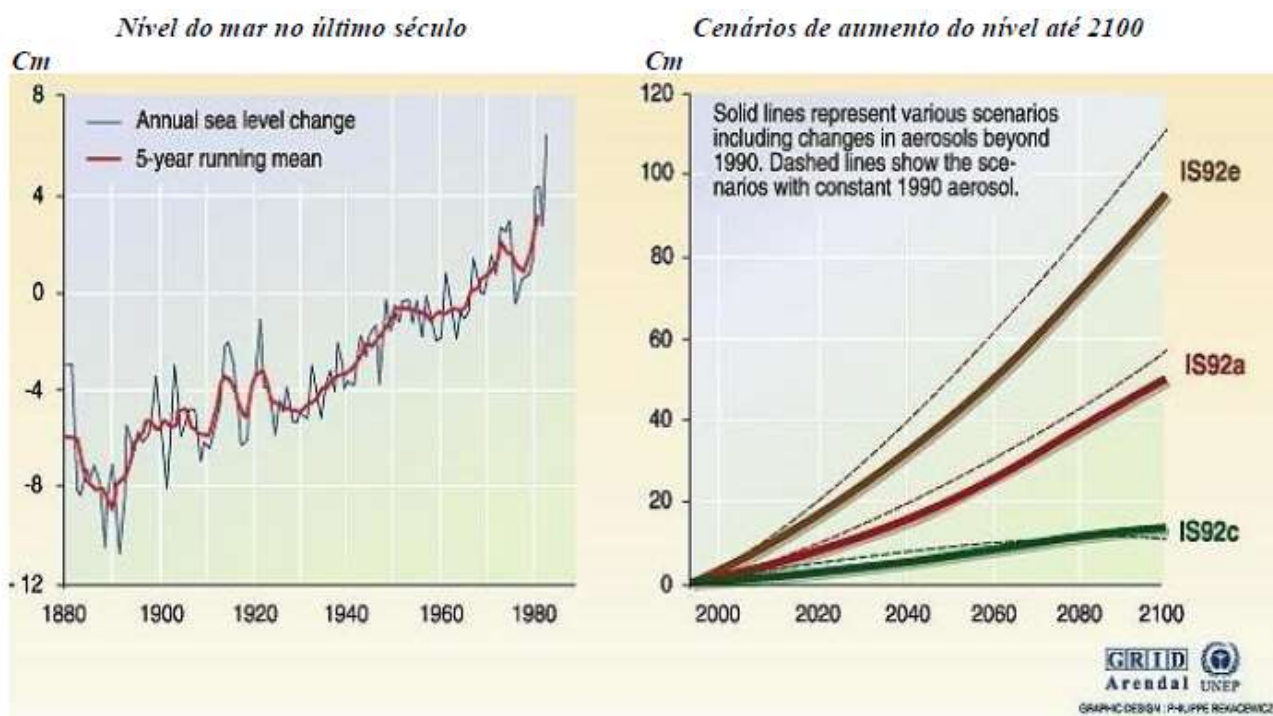


Figura-5 – Variações do Nível Médio do Mar devido ao Aquecimento Global

Nota: O estudo conclui que ao longo dos últimos 100 anos, o nível global do mar subiu cerca de 10 a 25 cm. Uma observação importante é que o nível do mar é difícil de medir. Mudanças do nível relativo do mar foram obtidas principalmente a partir de dados de maré calibrada. Na maré pelo sistema convencional de medida, o nível do mar é medido em relação a uma terra-mar-base de referência do indicador. O grande problema é que a terra há experiências de movimentos verticais (por exemplo, os efeitos isostáticos, neotectonismos e sedimentação), e estes se incorporam nas medições. No entanto, métodos aperfeiçoados de filtrar os efeitos de longo prazo dos movimentos terrestres verticais, bem como uma maior confiança na maior maré para estimar as tendências, proporcionaram uma maior confiança de que o nível do mar aumentou dentro do intervalo especificado.

O estudo também afirma ser provável que grande parte da subida do nível do mar tem sido relacionada ao aumento simultâneo na temperatura global nos últimos 100 anos. Nesta escala de tempo, o aquecimento e a consequente expansão térmica dos oceanos podem ser responsáveis por cerca de 2-7 centímetros da subida do nível do mar observado, enquanto o recuo observado de geleiras e calotas polares pode ser responsável por cerca de 2-5 cm.

Outros fatores são mais difíceis de quantificar. A taxa de aumento do nível do mar observado sugere que houve uma contribuição líquida positiva das enormes camadas de gelo da Groenlândia e da Antártida, mas as observações dos mantos de gelo ainda não permitem significativas estimativas quantitativas de suas contribuições distintas. Os mantos de gelo são uma importante fonte de

incertezas na contabilização de alterações no passado do nível do mar, devido à insuficiência de dados sobre essas placas de gelo nos últimos 100 anos.

Estudou-se simulações planialtimétricas do que iria acontecer na ilha de São Vicente no litoral, de São Paulo – SP, principalmente na área da cidade e no Porto de Santos, caso os resultados das pesquisas se concretizarem.

O QUE VAI ACONTECER NA BAIXADA SANTISTA?

Para responder esta questão, utilizou-se de valores reais, passíveis de serem medidos e obtidos na realidade, desde que se tenha a altimetria precisa das regiões.

Para correlacionar a altura das marés com a parte física da cidade (ruas, calçadas prédios), foi utilizada uma técnica que para muitos pode ser simplista, mas os resultados são surpreendentemente exatos.

Foi escolhido o dia 28/08/2007 e o horário de maré mais alta (de sizígia) cerca de 1,50 m às 15h30min, durante a estofa de preamar, pela Tábua de Marés publicada pela Marinha do Brasil, com base na **figura 6** abaixo:

Horário	Altura
03:09	1,4 m
09:09	- 0,2 m
15:32	1,5 m
21:43	0,2 m

Figura-6 – Horário e Nível das marés para o Porto de Santos em 28/08/2007.

Neste horário foi realizado medidas entre o nível das águas nos sete canais de Santos e pontos de referência nas pontes sobre os canais, nas vigas de concreto da sustentação das pontes. Posteriormente foram feitas correções, com base nos dados obtidos no marégrafo da CODESP (localizado no píer da Conceiçãozinha), devido à diferença de horários e consequentemente diferença na altura da maré nas medições a fim de se trabalhar com a mesma altura de maré, sendo escolhido o valor de 1,5 metros por representar as maiores marés que ocorrem na região. (*Lâmina d'água = Altura do referencial do canal, com a lâmina d'água.*)

	PONTO DE COLETA	HORÁRIO	Lâmina d'água (m)	Cota Referencial	Nível da Maré	Cota da Lâmina d'água (m)
28/08/07	CANAL 7	15:45	1,48	2,69	1,45	1,21
28/08/07	CANAL 6	15:59	1,78		1,4	
28/08/07	CANAL 5	16:09	1,29	2,43	1,4	1,14
28/08/07	CANAL 4	16:24	1,54	2,47	1,3	0,93
28/08/07	CANAL 3	16:36	1,45	2,65	1,3	1,20
28/08/07	CANAL 2	16:49	1,05	3,01	1,2	
28/08/07	CANAL 1	17:03	2,10	2,80	1,2	0,70
28/08/07	Pier SV, Praia do Gonzaguinha	17:30	1,55		1,1	
				Média		1,18

Figura- 7 - Nível da Maré em Relação a Pontos Fixos nos Canais de Santos

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 krigagem com a utilização do *software* ArcGIS Desktop 9.2, aproximadamente 17.000 pontos cotados para elaborar o mapa da topografia da região, conforme mostra a Figura .

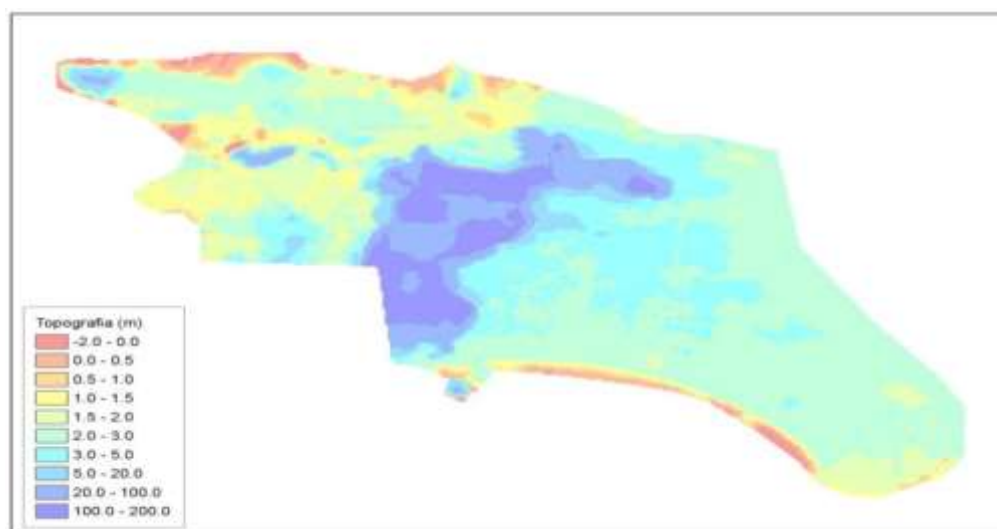


Figura 9- Topografia da Porção Insular de Santos

Foi obtida a cota do nível da água médio, 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, também foi simulado um cenário com aumento relativo no nível do mar de 1,5m considerando um evento extremo de baixa-mar em maré de sizígia.

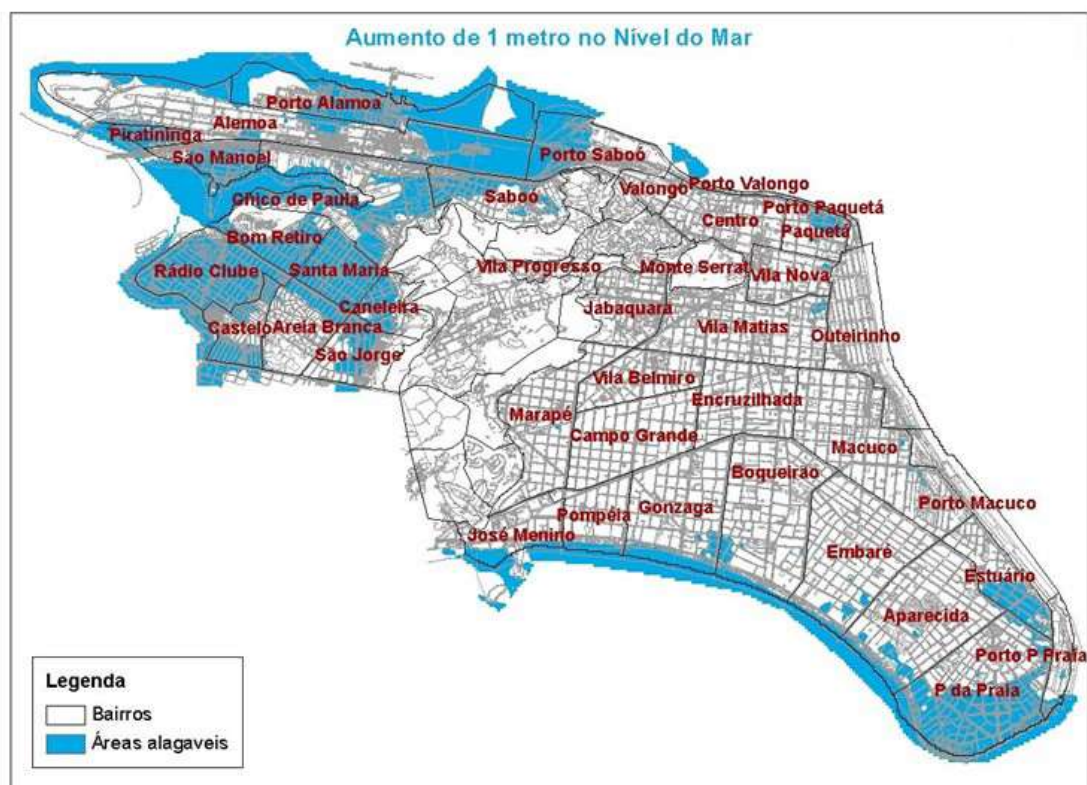
A partir dos cenários calculados, com a utilização do *software* ArcGIS Desktop 9.2 e baseados no mapa topográfico, foram desenvolvidas as plantas mostrando as áreas de inundação nos cenários simulados, descritos anteriormente.

A seguir são apresentados os **Cenários 1, 2 e 3** dos efeitos provocados pela elevação do nível do mar em 0,5; 1,0 e 1,5 metros, sempre com referência ao nível máximo atual nas marés de sizígia, ou seja, serão as áreas alagáveis quando de marés altas (áreas azuis)

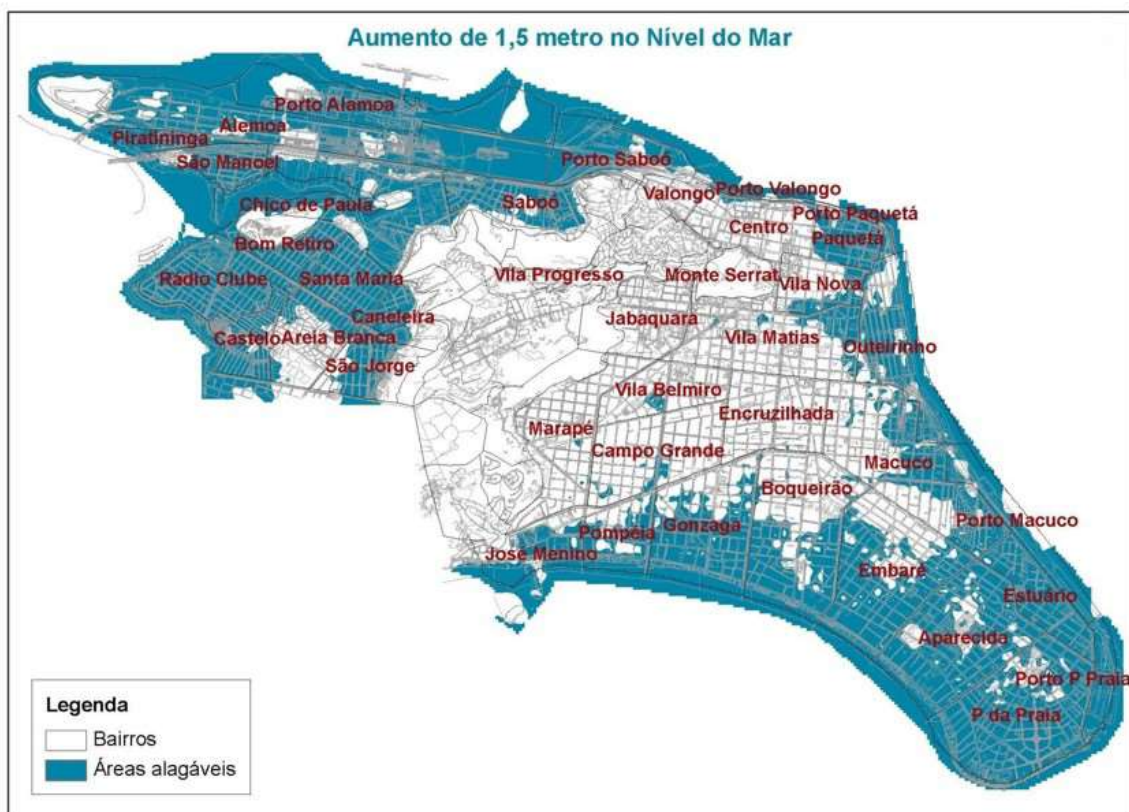
Com o fito de mostrar o potencial dos resultados obtidos foi preparado também um *zoom* detalhado da área de Santos denominada Ponta da Praia, no **Cenário. 4**



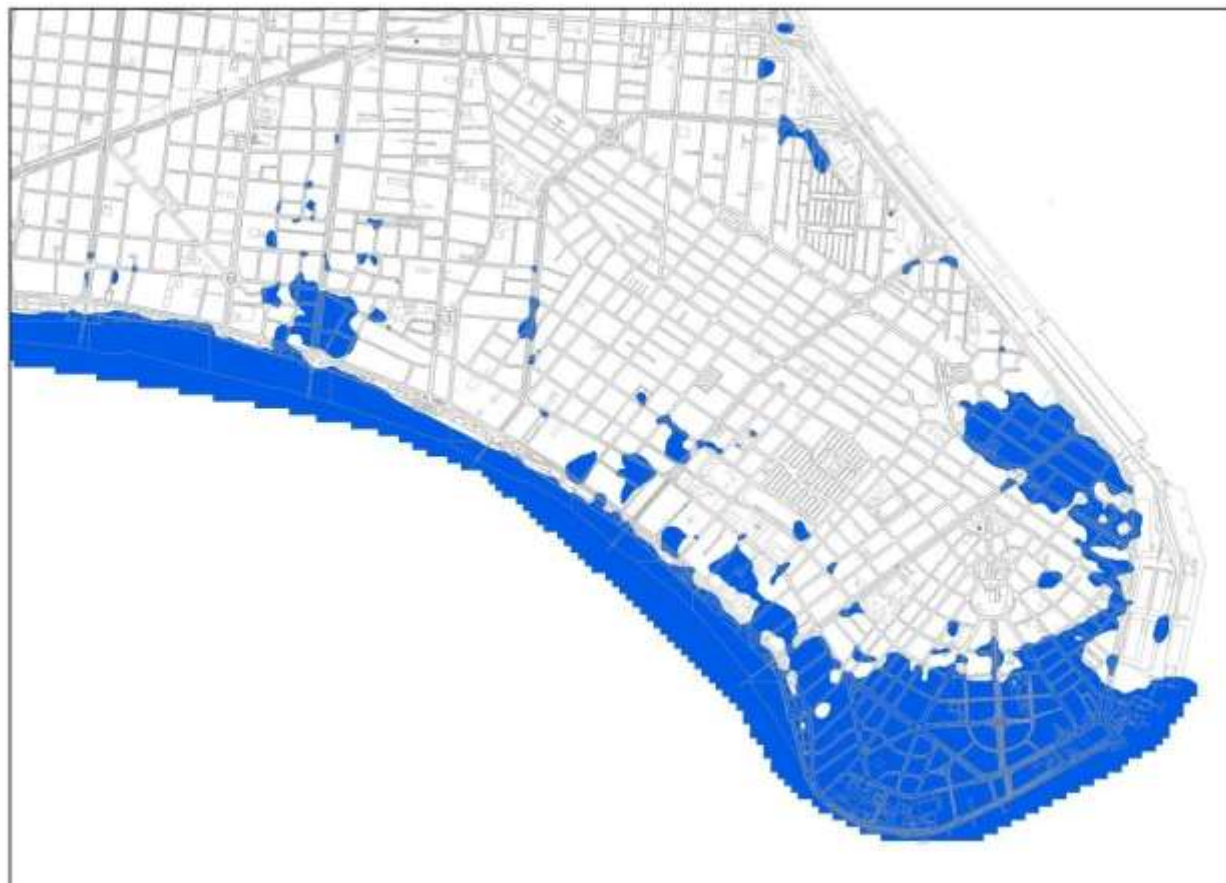
Cenário. 1 – Áreas alagáveis com o aumento de 0,5 metro das marés máximas atuais.



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.

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

- **Nos manguezais:** Antes uma explicação: O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeito ao regime das marés. Ocorre em regiões costeiras abrigadas como estuários, baías e lagunas, e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução para muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (Schaeffer-Novelli, 1995).

Segundo Herz (1991), o Brasil é coberto por aproximadamente 10.000 Km² com áreas de manguezal, no Estado de São Paulo estão apenas 231 Km². No Estado de São Paulo ocorrem tipicamente três espécies de vegetação nos manguezais, são elas: *Rizophora mangle*, conhecida popularmente como mangue vermelho; *Avicennia schaueriana*, conhecida popularmente como mangue preto; *Laguncularia racemosa*, conhecida popularmente como mangue branco.

Nos manguezais da região da Baixada Santista são encontradas essas três espécies de vegetação, e cobrem aproximadamente uma área de 120,2 Km² segundo Lamparelli & Moura (1998). Um estudo recente (Schmiegelow *et. al.*, 2008), calculou a cobertura de manguezais no entorno do Sistema Estuarino de Santos chegando em uma área de 71,3 Km².

O manguezal por estar localizado na região costeira e é fortemente influenciado pelo regime das marés evidentemente sofrerá com essas alterações provocadas pelo aquecimento global, principalmente no que diz respeito ao aumento da temperatura do ar e o aumento relativo do nível médio do mar. Sabe-se que os manguezais são importantes estabilizadores da linha de costa, devido a sua grande adaptabilidade, além da retenção de sedimentos, um pequeno aumento no nível médio do mar aumentaria a salinidade no estuário, assim forçando os manguezais a colonizarem outras regiões, onde ocorra o aporte de sedimentos.

Na região da Baixada Santista os manguezais já sofreram e ainda sofrem diversos impactos oriundos da ação antrópica, com o aumento relativo do nível do mar é possível que esses manguezais não venham a colonizarem outras regiões, principalmente pelas alterações no fluxo dos sedimentos, como por exemplo, devido a construções de estradas, outro fator é a forte ocupação urbana no entorno das áreas de manguezais, assim possivelmente impossibilitando a colonização de novos locais.

Em qualquer um dos cenários, o aumento do nível do mar também iria causar o aumento da salinidade no estuário, causando a morte das espécies arbóreas encontradas nos manguezais, pois prejudicaria sua respiração e retenção de água. Com isto uma parte dos manguezais desapareceriam em todo o Estuário, pois várias espécies respiram por suas raízes e estas ficariam permanente afogadas.

Como esse aumento seria gradativo é possível que parte dos manguezais se adapte e colonizem novas regiões “rio acima”, mas como na região da Baixada Santista o transporte de sedimentos nesses ecossistemas foi alterado principalmente devido à construção de estradas, pontes etc. e há uma grande ocupação nas áreas no entorno desses ecossistemas que dificultaria a colonização de novas áreas.

- **Nas praias e regiões costeiras:** Os cenários apresentados falam por si. As áreas azuis representam as áreas inundáveis nas marés altas. Com o intuito de enfatizar ocorrências, chama-se atenção para alguns aspectos:

Cenário. 1 - Só com um aumento de 0,50 m da maré mais alta (média de 1,50m), pode-se verificar que nas marés mais altas a faixa da praia iria ficar encoberta pela água, e algumas pequenas áreas da Ponta

da Praia seriam alagadas. As zonas Noroeste, Alemoa, ... seriam também alagadas. O Porto por ter sua estrutura mais alta ficaria nesta fase livre de inundações.

Cenários. 2 e 4 (zoom) – Com mais 1,0 m , constata-se que toda a faixa da areia da praia e grande partes dos jardins seriam alagados a cada maré mais alta. Diversas pequenas áreas junto a praia, muito bem conhecidas dos santistas, seriam alagadas, no bairro do Gonzaga, nas primeiras quadras junto ao Canal-3 e entre os Canais 4 a 6. Boa parte da Ponta da Praia seria atingida nas marés mais altas, assim como a área portuária das proximidades. A zona Noroeste será totalmente alagada. Todo o sistema de 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, aumentando significativamente a vazão e sobrecarregando a rede e a EPC.

Cenário. 3 - Realmente com 1,50 m, será o caos total na urbanização da cidade, drenagem e coleta de esgotos, grandes áreas de bairros em toda a cidade seriam alagadas na altas marés. O Porto será duramente prejudicado. A vista geral do Cenário.3 é o suficiente para se concluir.

Com o aumento de 1,0 a 1,50 m do nível atual do mar, nas marés mais altas (sizígia) que chega a atingir normalmente 1,60 m, haverá um represamento das águas do rio Cubatão, mudando a cunha salina para pontos do rio acima, que irão atingir a captação do ETA-Cubatão da SABESP, fazendo com que passe a operar apenas com a barragem Sub-Álvea, logicamente com vazão reduzida. O Rio Cubatão irá também alagar grandes trechos do parque industrial.

Os emissários submarinos de esgoto da baixada irão receber uma perda de carga no valor da nova maré, alterando substancialmente as vazões de saída dos difusores e sua consequente diluição.

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. Os jardins seriam destruídos assim como o pavimento calçadas das ruas, as garagens e pátios dos prédios seriam invadidos pelas águas e ondas, enfim o caos.

CONCLUSÃO

Não há como fechar os olhos e ignorar mais o alerta dos pesquisadores sobre o derretimento das geleiras e outros efeitos do aquecimento global. É preciso que a sociedade comece a planejar agora obras de contenção para conviver com o possível aumento do nível do mar esperado para as próximas décadas.

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

Há duas maneiras de reagir às mudanças climáticas no planeta:

1º) Reduzir drasticamente a emissão dos gases poluentes.

Pelo Protocolo de Quioto (1997) os 141 países signatários se comprometem a voltar aos níveis de poluição anteriores a 1990, havendo ainda muita divergência sobre isto. Os Estados Unidos, responsável por 36% das emissões mundiais, recusou-se a assinar o tratado porque achava que o aquecimento global não era uma questão urgente e que os custos econômicos para o reverter seriam excessivos. Os indícios de estavam errados são cada vez mais fortes. Os países do Caribe e da América do Sul são responsáveis por somente por 12% das emissões mundiais.

Tinha-se a esperança que haveria compromissos a seguir para uma solução global na Conferência de Copenhague (COP-15) - 15.ª Conferência das Partes sobre o Clima, que aconteceu em 2009, em Copenhague, Dinamarca, com a presença de 192 países. O tema central foi: “As alterações climáticas e o novo protocolo para deter o aquecimento global”.

Estes 192 membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas teriam a responsabilidade que envolve o futuro de todo o mundo: firmar um acordo convincente capaz de reduzir a emissão de gases causadores de efeito estufa, principal responsável pelas alterações do clima global, dentre as quais, o superaquecimento do planeta. Como o Protocolo de Kyoto, determinou metas obrigatórias de 5% de redução das emissões de gases de efeito estufa para a União Europeia e mais 37 países industrializados (de 2008 a 2012), as nações em desenvolvimento, como Brasil, China e Índia não foram obrigadas a reduzir os poluentes que emitem. No entanto, seus representantes deverão ser cobrados a firmarem compromissos significativos em âmbito nacional, durante a COP-15.

O encontro foi considerado o mais importante da história recente dos acordos multilaterais ambientais pois teve por objetivo estabelecer o tratado que substituirá o Protocolo de Quioto, vigente de 2008 a 2012. No início, referida nos corredores como “Hopenhague” , de *hope* (esperança) , e no seu término de “Flopenhague”, de *flop* (fiasco), pois não conseguiu unificar os objetivos ambientais aos econômicos entre países pobres e ricos. Foi encerrada não gerando nenhum documento legal de compromisso entre as nações.

A COP-16, em Cancun-Mé iniciou com uma atmosfera de esfriamento das expectativas pelos seus resultados, o que tirou a pressão dos negociadores em obter um acordo final legalmente vinculante nesse momento.

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

países concordaram em eliminar gradualmente os combustíveis 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", disse à revista "VEJA" o economista australiano Warwick McKibbin, da UMA - Canberra. A mesma reportagem afirma que: "Nosso sucesso como espécie ocorreu na janela geológica entre o fim da última era glacial e hoje, marcada por temperaturas amenas. Uma pequena variação pode ser letal para nosso estilo de vida".

Alguns exemplos: se a elevação do nível dos oceanos for somente de 1,0 metros, conforme uma das estimativas até o fim do século, a cidade do Recife-PE, terá de construir diques para não ser totalmente inundada pelo mar. No Rio de Janeiro com 1,5 m, a Barra da Tijuca desaparecerá nas marés mais altas, alguns outros bairros do Rio só ficarão os morros, que se tornarão ilhas. A título de ilustração apresenta-se como seria os efeitos do aumento da maré na praia de Ipanema, no Rio de Janeiro.



Figura-10 - Simulação de inundação para o bairro de Ipanema no Rio de Janeiro

Na Baixada Santista e Municípios Costeiros.

O aumento do nível, se ocorrer, será lento e gradual, permitindo o seu acompanhamento, e em se verificando, inúmeras providências deverão ser tomadas, para isto os municípios precisam saber com antecedência onde atuar, quais as áreas atingidas e o que fazer para controlar e/ou proteger estas áreas em função do aumento do nível das marés e das ondas. A técnica desenvolvida pelo NPH-UNISANTA tem condições de determinar com exatidão todas estas áreas dos municípios costeiros do Brasil.

A região do Estuário de Santos, onde estão situadas as cidades de Santos, São Vicente, Guarujá, Praia Grande, Bertioga e Cubatão, com cerca de um milhão de habitantes, deve se prever inicialmente com controle de nível, instalando um marégrafo registrador de concepção moderna, com o intuito de se acompanhar as oscilações de nível local, inclusive com comparações com as alturas previstas pela Tábua das Marés.

Citam-se algumas obras que se farão necessárias dependendo de cada caso e 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 estudadas e previstas em longo prazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.XXI - FENASAN - 2010 - “O que os Engenheiros Precisam Saber Sobre a Elevação do Nível do Mar e seus Efeitos na Baixada Santista”,
2. ACARENA – Associação Catarinense de Preservação da Natureza, “Nível do Mar” – 2006.
3. Agência FAPESP, “Descoberto o mecanismo que pode provocar o colapso da grande circulação do Atlântico”, 07/2022.
4. Chiessi, C.Mazur , professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). Artigo publicado no Nature Communications: “Subsurface ocean warming preceded Heinrich Events”.
5. GRID ARENAL, UNED E OBSERVED CLIMATE TRENDS – “Sea Level Rise Due to Global Warning” – 2005 - London
6. ITON ALISSON - Agência FAPESP – “Nível do mar na costa brasileira tende a aumentar nas próximas décadas” – 2017
7. Laboratório de Marés e Processos Temporais Oceânicos (Maptolab) do Instituto Oceanográfico (IO) da USP.
8. Marengo, José, coordenador-geral de pesquisa e desenvolvimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) – “Relatorio da Agência FAPESP”
9. Museo do Amanha , no Rio de Janeiro, gerido pelo Instituto de Desenvolvimento e Gestão – IDG
10. REVISTA VEJA – Efeitos do Aquecimento Global, Edição nº 1923, de setembro 2005.

ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO

VOLUME XIII



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)