



DRENAGEM URBANA: MITIGANDO IMPACTOS

Prof. Dr. ROBERTO KOCHEN

Presidente e Diretor Técnico – GeoCompany Tecnologia Engenharia e Meio Ambiente

kochen@geocompany.com.br

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP
AESABESP

FENASAN 2022

GESTÃO LUCIOMAR SANTOS WERNECK



DRENAGEM URBANA

- O exemplo do Município de São Paulo :

- DESAFIOS:
 - Galerias antigas e comprometidas;
 - Poluição das águas acelera deterioração;
 - Inúmeras interferências por tubulações e fundações;
 - Difícil acesso: por poços de visitas em avenidas de tráfego intenso.

ATIVO DE DRENAGEM DA PMSP



RESERVATÓRIOS

- 27 Piscinões
- 21 Polderes
- 3 Lagos com controle de cheias
- 4.136 Km de galerias fechadas
- 3.900 Km de canais naturais e revestidos
- 6.747 bocas de leão
- 172.181 bocas de lobo
- 77.599 Poços de Visitas

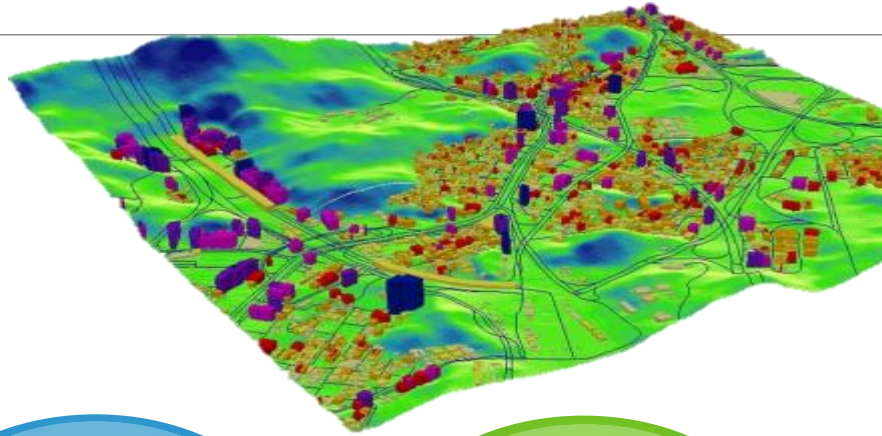
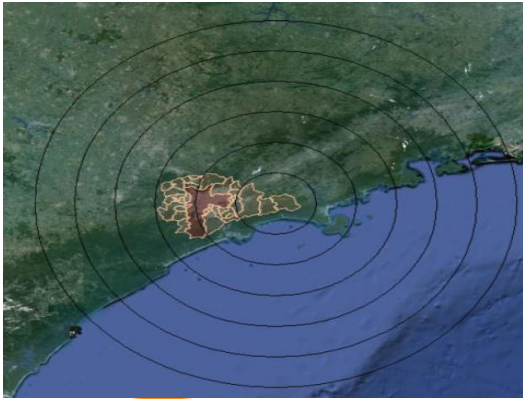
POLDERES

LAGOS

PIRAJUSSARA	2	Pq Esmeralda Jardim D'Orly
ARICANDUVA	5	R1 R2 R4 R5 R6
TIETÊ	1	Jardim Romano
MARGINAL TIETÊ - Pontes	12	V Guilherme, Limão, Aricanduva, V Maria, Bandeiras, Casa Verde, Anhanguera
ACLIMAÇÃO		Pq Aclimação
FIAT LUX		Pq Cidade de Toronto
TREMembé	R1	Horto Florestal

1		GUARAÚ
2		BANANAL
3		RIO DAS PEDRAS
4		PACAEMBÚ
5	RAR-1	ARICANDUVA 1
6	RAR-2	ARICANDUVA 2
7	RAR-3	ARICANDUVA 3
8	RAR-5	ARICANDUVA 5
9	RCA-1	CAGUAÇU
10	RLI-1	LIMOEIRO
11	RRI-1	RINCÃO
12	RIN-1	INHUMAS
13	R9	VILA FORMOSA
14		JABAQUARA
15	R1	CORDEIRO 1
16	R2	CORDEIRO 2
17	R3	CORDEIRO 3
18		PEDREIRA
19	RVE-2	ANHANGUERA
20		GUAMIRANGA
21		JD SONIA MARIA
22	RO-4	ORATÓRIO
23	RPI-6	SHARP
24	RPI-2A	MARIA SAMPAIO
25		OLARIA
26	RPI-7	CEDROLÂNDIA
27		DIÓGENES

SISTEMA DE ALERTA

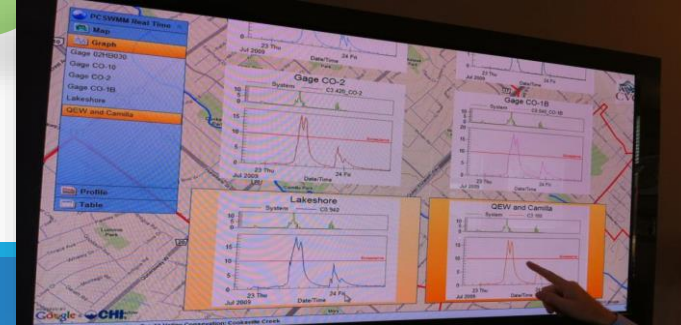
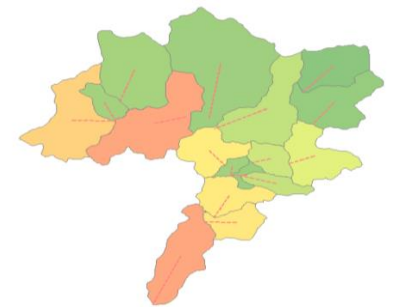


Aquisição e processamento do radar

Modelagem de inundações em tempo real

Análise das manchas de inundação




Sistema de suporte à decisão virtual



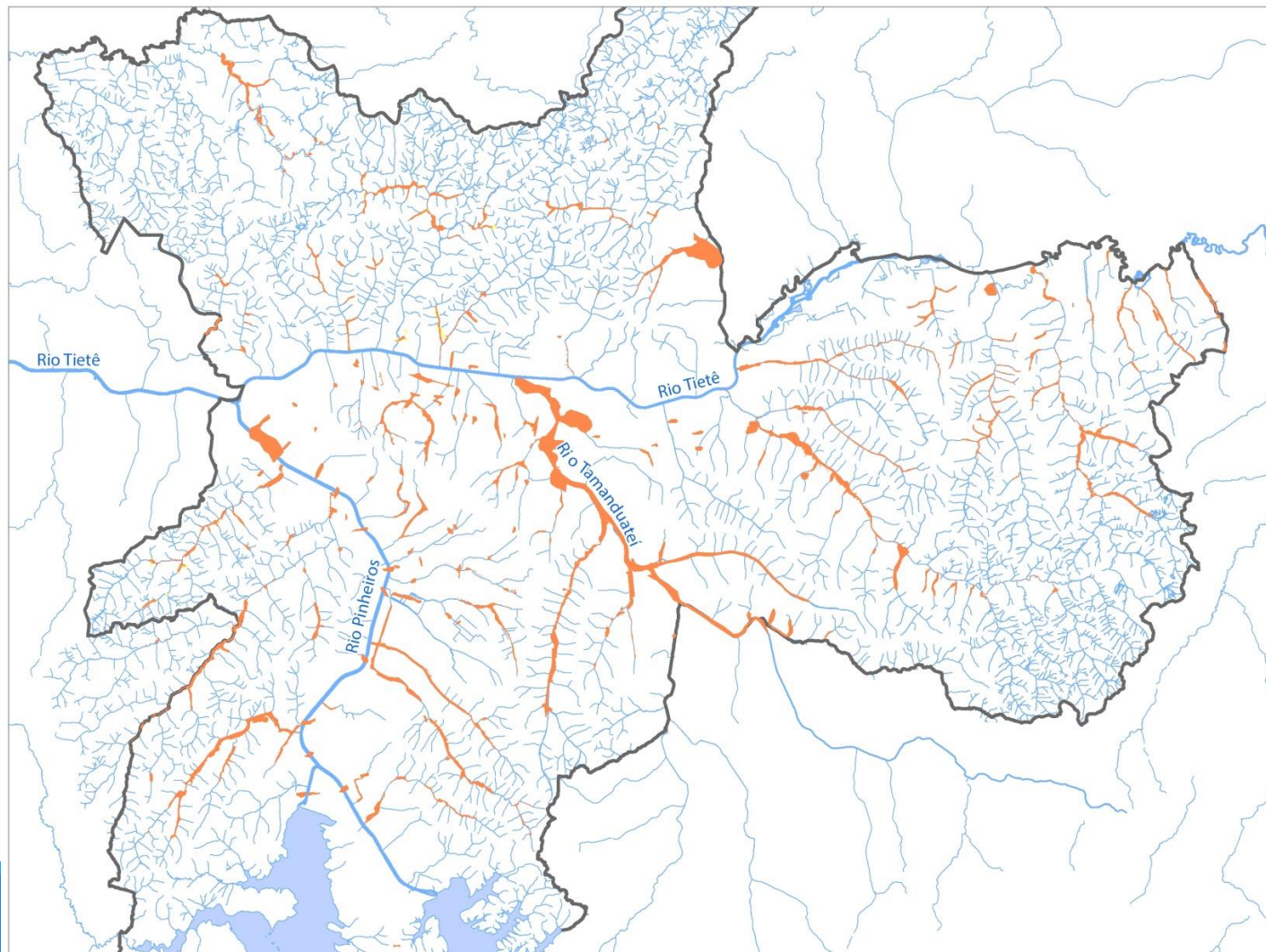
Mapeamento de Inundações no Município de São Paulo

Chuvas
frequentes
(TR 5 anos)

Legenda

-  Hidrografia
-  Município de São Paulo
-  Área de inundação

0 2,5 5 10 km



Zoneamento de uso em áreas inundáveis

1) Zona de passagem de cheia -> alto risco.

Possui função hidráulica;

Não deve ser ocupada;

Uso paisagístico e proteção ambiental.

2) Zona com restrições de ocupação: esta área representa o restante da superfície inundável.

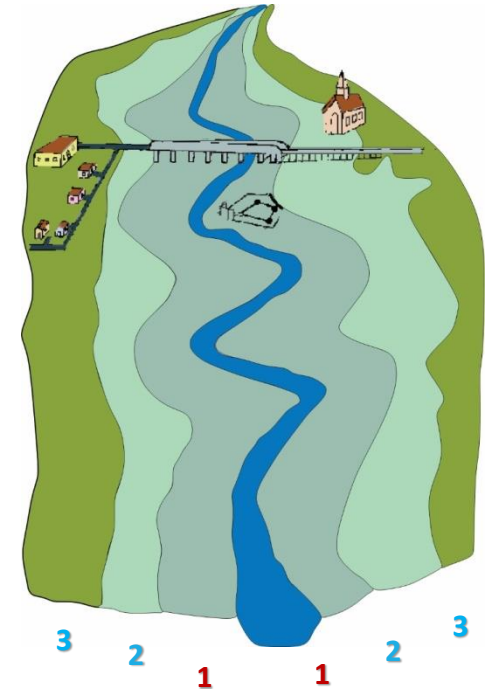
Parques e atividades recreativas;

Uso agrícola, industrial e comercial;

Habitações a prova de inundações;

3) Zona de baixo risco hidrológico: área com baixa probabilidade de inundações.

Não necessita de regulamentação, mas a população deve ser informada sobre o risco de possíveis danos em eventos críticos.



DRENAGEM SUSTENTÁVEL



Proteger mananciais
Moradias irregulares em áreas de manancial, como Billings e Guarapiranga, não só colaboram com a contaminação das águas como em muitos casos ocorrem em áreas de risco, sujeitas a deslizamentos. Tirar as pessoas desses locais e fazer a recomposição florestal dessas áreas é fundamental para diminuir o número de vítimas em chuvas intensas e também proteger os mananciais

Piscininhas
É importante fazer a chamada retenção distribuída da água. Em vez de fazer grandes obras de piscinão, que são caras, os governos podem incentivar piscininhas em casas, de modo que a população possa captar e reservar água da chuva. Isso previne alagamentos e reduz a pressão sobre o consumo de água em períodos secos

Reúso potável
Adotar nas estações de tratamento de esgoto sistemas avançados com membranas de ultrafiltração duplas, como é feito em países como Austrália, Bélgica e África do Sul, que permitam limpar a água e direcioná-la direto para a rede de abastecimento

Reúso não-potável
Adotar ações para ampliar o reúso de água em condomínios, prédios comerciais e grandes estabelecimentos

Desocupar áreas de risco
Moradias em morros que podem deslizar ou em áreas que podem alagar têm de ser retiradas para proteger as pessoas

Proteger grandes reservatórios
Fazer reflorestamento no entorno do Cantareira e do Alto Tietê para garantir o fluxo de água para os reservatórios

Melhorar a infiltração
A água retida que não for utilizada pode ser reservada para o futuro, por exemplo, em pequenas cisternas. Também pode ser facilitado o sistema para infiltração no lençol freático e recarga de aquíferos

Ter muito mais árvores
Adoção de parques lineares nas margens de grandes rios e de córregos. Aumentar as áreas de várzeas e recompor a vegetação. As árvores amortecem a água das chuvas e permitem sua penetração no lençol freático, minimizando enchentes e a contaminação das águas

PLANEJAMENTO INTEGRADO

- PLANEJAMENTO INTEGRADO
- OBRAS DE DRENAGEM E PAISAGEM URBANA

- PISCINÕES: ocupam área urbana cada vez mais escassa
- ALTERNATIVAS
 - Túneis de drenagem com volume de reserva
 - Parques lineares
 - Revitalização de galerias antigas
 - Revitalização de córregos

MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE CHEIAS

+ ESCOAMENTO

- CANAIS
- GALERIAS
- TÚNEIS
- ALTEAMENTO DE PONTES

+ RETENÇÃO

- RESERVATÓRIOS
- PARQUES LINEARES
- LAGOS COM CONTROLE
- POLDERES

+ INFILTRAÇÃO

- PISOS PERMEÁVEIS
- JARDINS DE CHUVA
- POÇOS DE INFILTRAÇÃO



CASO – São Bernardo do Campo

■ PISCINÃO

- Escavação em diafragma e tirantes
- Laje de Cobertura

■ TÚNEL DE RESTITUIÇÃO

- grande diâmetro ~ 6,0m
- Comprimento extenso ~ 1,0km
- O piscinão foi escavado em frente ao Paço Municipal, área de alagamentos frequentes;
- Foi coberto por laje para restituição da área ao uso urbano.

CASO – São Bernardo do Campo



CASO – São Bernardo do Campo



CASO – São Bernardo do Campo



01 07 2019

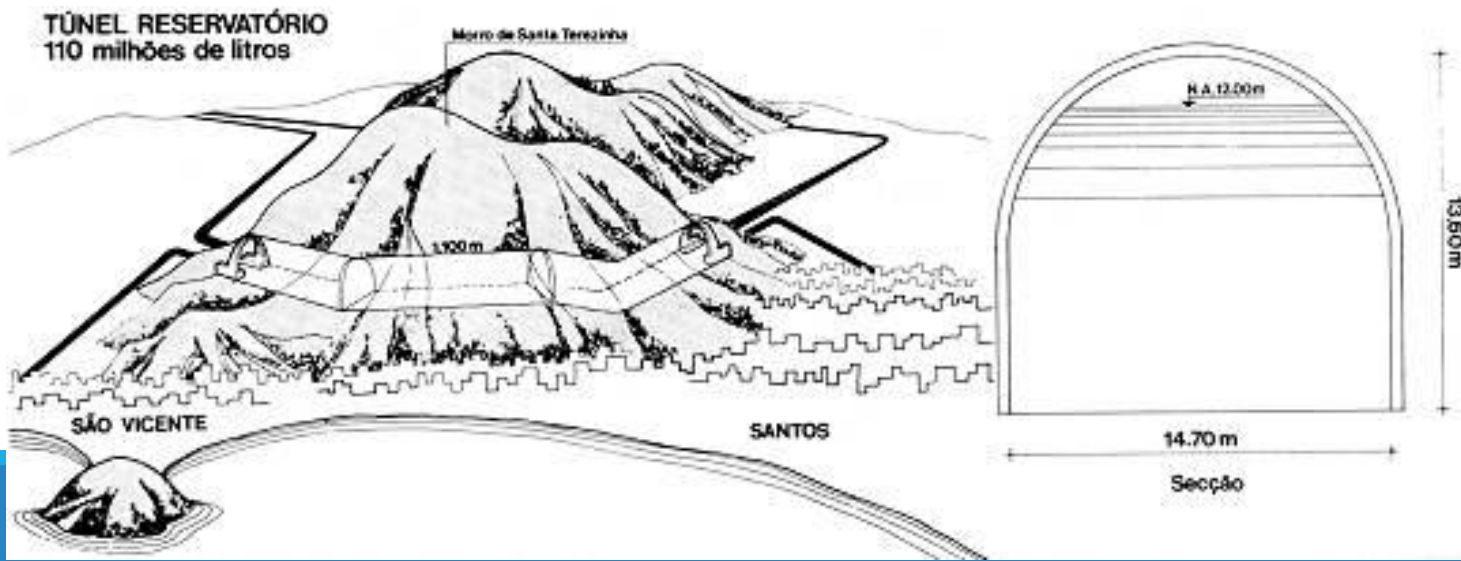
SANTOS – SÃO VICENTE

Reservatório Túnel de Santa Tereza-Voturuá

Maior reservatório em túnel da América do Sul

Extensão de 1.100m (800m de reservatório)

Projetada em 1970 e inaugurado em 1981



SANTOS – SÃO VICENTE

Atende aos municípios de Santos, São Vicente, parte do Guarujá e possibilidade de atender Cubatão

Capacidade de 110 milhões de litros de água



PARIS

Le réservoir Montsouris

Localizado no final da linha 4 do metro, em meio ao
14 *arrondissement* da Cidade-Luz

Construído em 1874 por Eugène Belgrand



PARIS

Le réservoir Montsouris

Capacidade para 200.000m³

1 dos 5 principais reservatórios de água da França – provisiona 20% do consumo da cidade

235m de comprimento





OUTROS PROJETOS COM OBJETIVOS DISPERSOS:

TARP – CHICAGO

Rede de Túneis e Reservatórias para canalizar e armazenar esgoto e água pluvial

G-CANS – TÓQUIO

Rede de Túneis e Reservatório para armazenar água contra efeito de inundações

NOVA IORQUE

Rede de Túneis e Reservatórios para abastecimento de água na cidade

PROJETO G-CANS

TÓQUIO

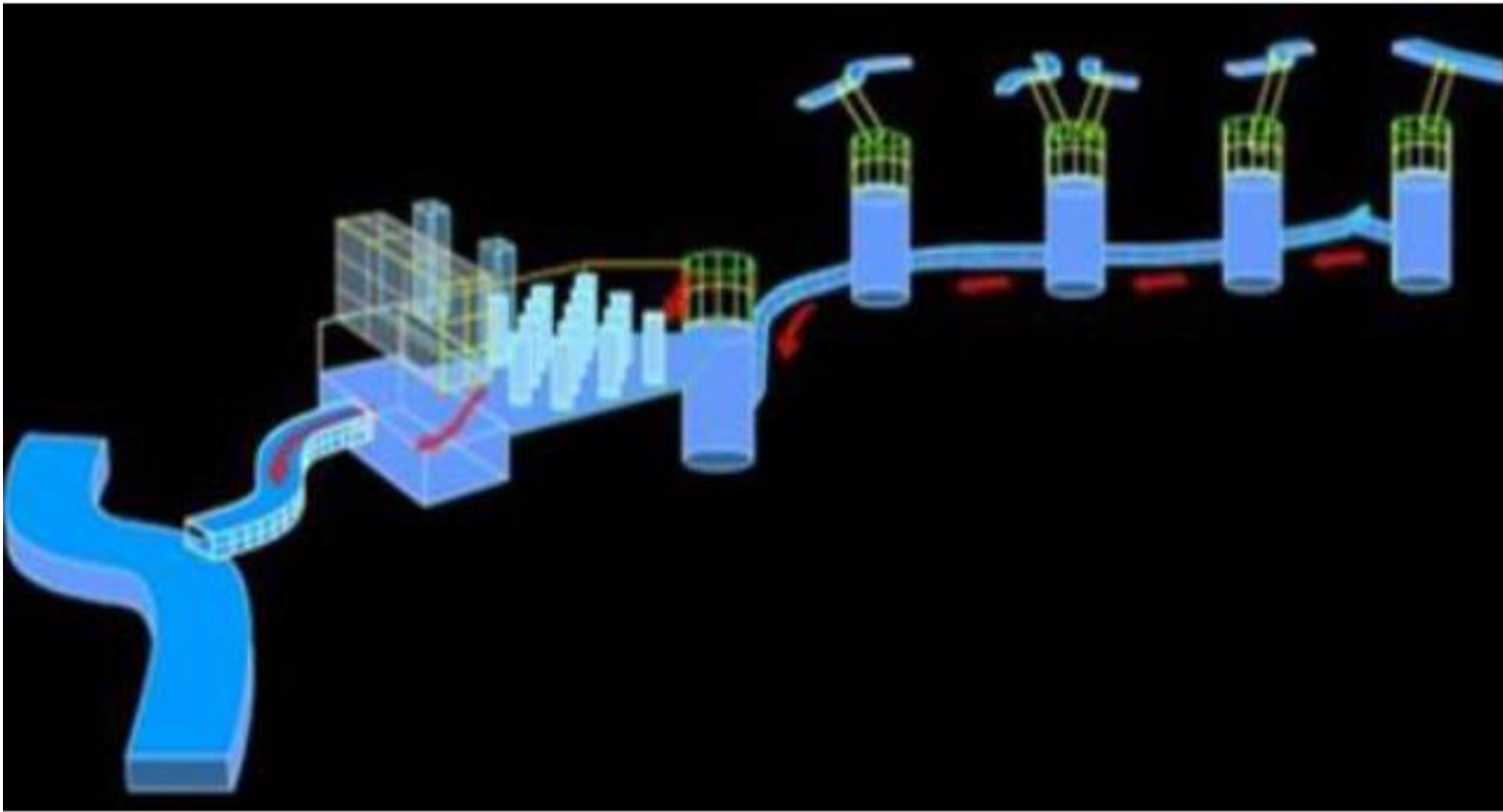
Canal Subterrâneo de Descarga da Área Metropolitana

É composto por:

- Um tanque reservatório com 25,4 metros de altura e 177 metros de comprimento
- Cinco poços de 32 metros de diâmetro por 65 metros de profundidade
- 64 km de Túneis
- Túnel Principal com 6,3km



PROJETO G-CANS



PROJETO TARP

Chicago – EUA

Sistema é composto por uma rede de mais de 100 milhas de túneis e 3 reservatórios que armazenam águas residuais até que possam ser tratadas e liberadas para vias navegáveis

Objetivo principal de proteger a área do Lago Michigan de poluição e prever sistema de controle de inundação à cidade



PROJETO TARP

Fase 1

- 109.4 milhas (176,0 km)
- Seção variável com diâmetro entre 8 e 33ft (2,4 e 10m)
- Completa em 2006
- Sistemas de túneis
 - Mainstream
 - Upper Des Plaines (O'Hare)
 - Des Plaines
 - Calumet

Fase 2

- Reservatórios
 - Majewski Reservoir
 - Thornton Composite Reservoir
 - McCook



NEW YORK'S WATER SUPPLY

Túnel 1 – inaugurado em 1917

Túnel 2 – inaugurado em 1936

TÚNEL Nº1

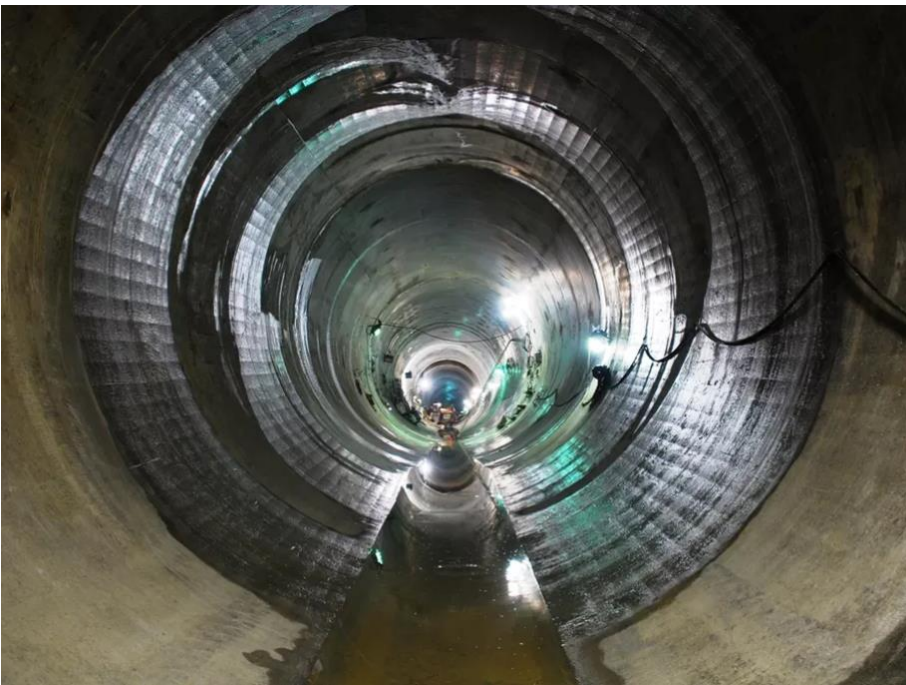


TÚNEL Nº2



NEW YORK'S WATER SUPPLY

Túnel 3 – Em construção – Previsão de conclusão em 2020

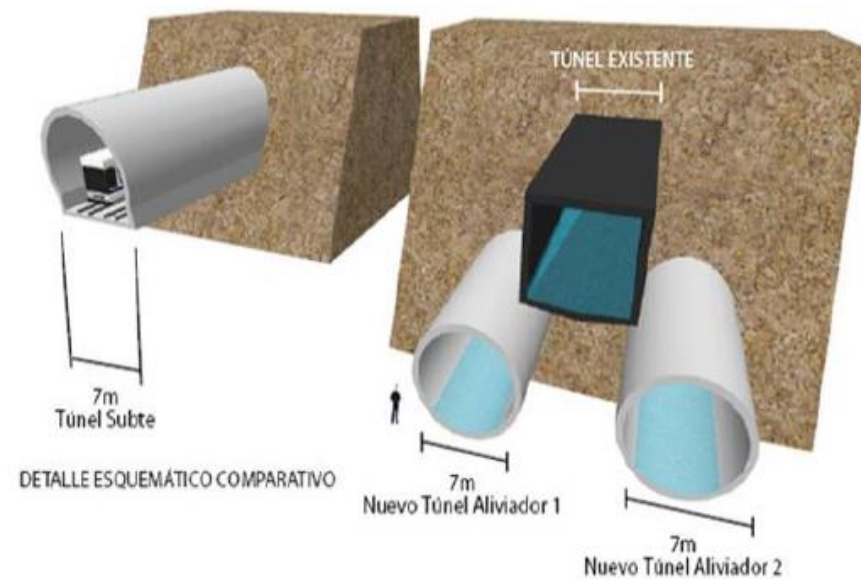
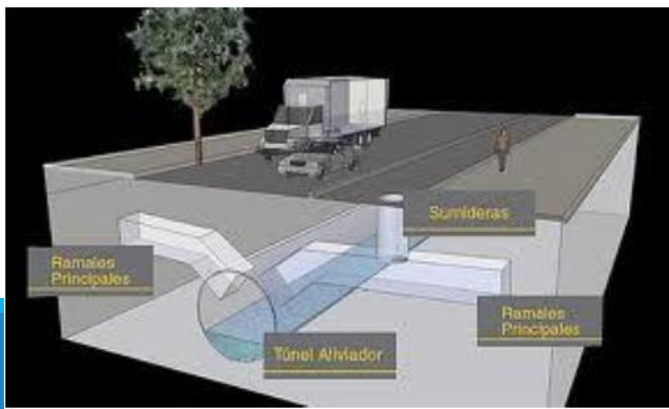


BUENOS AIRES

Sistema de 2 túneis (sifão invertido), conectando os poços de coleta e o de saída

2 túneis

- L=4,6km e 9,9km, D=6,9m, Z=21m
- 2 tuneladora
- Poços construtivos (D=40m, Z=30m)



TÚNEL DO GUARAÚ

CONJUNTO DE TÚNEIS DESTINADOS AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

CAPACIDADE DE 200.000m³

- Duas células composta de, respectivamente, 14 e 12 túneis variando de 25 a 128m, e a outra de 145 a 165m, todos com seções semicirculares com 12m de diâmetro. Os túneis secundários terão extensão total de 3.102m
- Dois túneis perimetrais de cerca de 570m, que circundam em parte os túneis secundários, com seções formadas de semicírculos de 6m de diâmetro sobre retângulos de 3 m de altura
- Dois túneis principais de 318m de comprimento cada, com seções semicirculares de 12m de diâmetro separadas por um septo ao longo de sua extensão
- Conduitos de alimentação e descarga, a montante e a jusante com respectivamente, 185 a 127m de comprimento através de escavação em solo

2ª BATERIA DE FILTROS (EM CONSTRUÇÃO)

1ª BATERIA DE FILTROS

DECANTADORES

FLOCULADORES

DECANTADORES

N 7.406.400

N 7.406.200

N 7.406.000

JANELA
PA ESCAVAÇÃO VER DES
Nº TRG-23-2022
TRG-23-2023

R-1

$R = 46,952$
 $T = 10,00$
 $AC = 74^{\circ}29'06,1''$

TÚNEIS PRINCIPAIS

VER NOTA 2

TÚNEL PERIMETRAL

TÚNEIS SECUNDÁRIOS

TÚNEL PERIMETRAL

TÚNEIS SECUNDÁRIOS



DEEP TUNNEL - MILWAUKEE

Protege a Cidade de Milwaukee de inundações

Túnel

17 a 32 pés de diâmetro (5,2 a 9,8m)

28,5 milhas de comprimento (45 km)

300 pés de profundidade (91,4m)

Capacidade de 500 milhões de galões (1,89 milhões de m³)

DEEP TUNNEL - MILWAUKEE





CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O uso de piscinões encontra-se em um limite pela escassez de áreas disponíveis;
- Alguns córregos e galerias ainda podem ser revitalizados , porém o aumento da capacidade é limitado;
- Melhor Alternativa: Construção de túneis sob vias publicas com volume de reservação para amortecimento das cheias.