



# DRENAGEM URBANA: MITIGANDO IMPACTOS

Prof. Dr. ROBERTO KOCHEN

Presidente e Diretor Técnico – GeoCompany Tecnologia Engenharia e Meio Ambiente

[kochen@geocompany.com.br](mailto: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

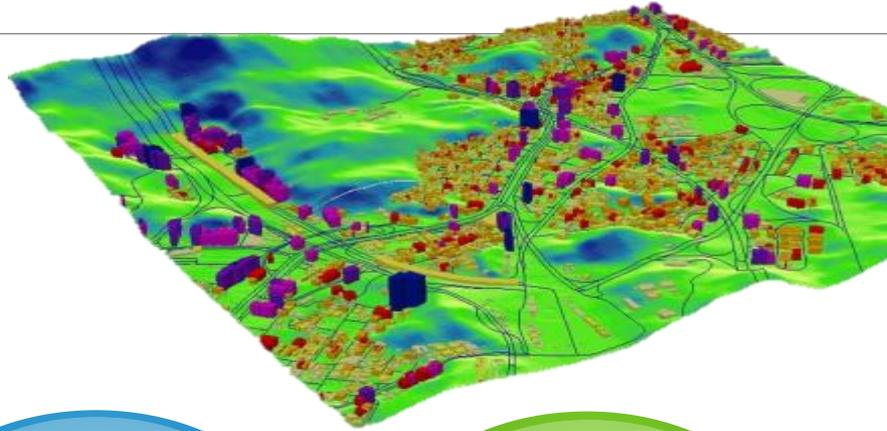
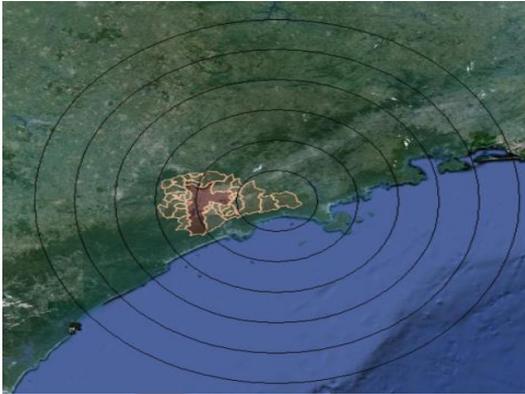
POLDERES

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

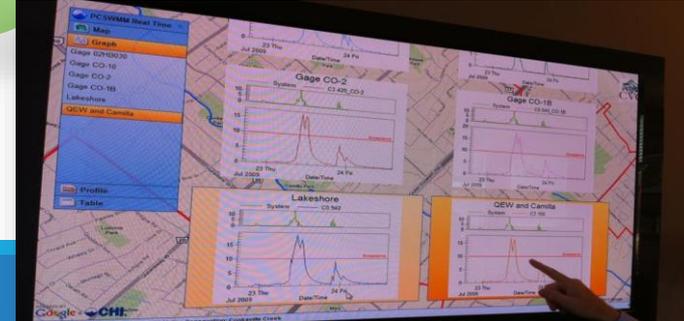
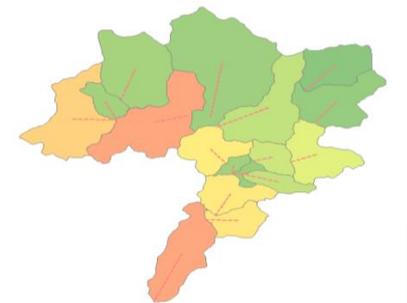


Aquisição e processamento do radar

Modelagem de inundações em tempo real

Análise das manchas de inundação

Sistema de suporte à decisão virtual

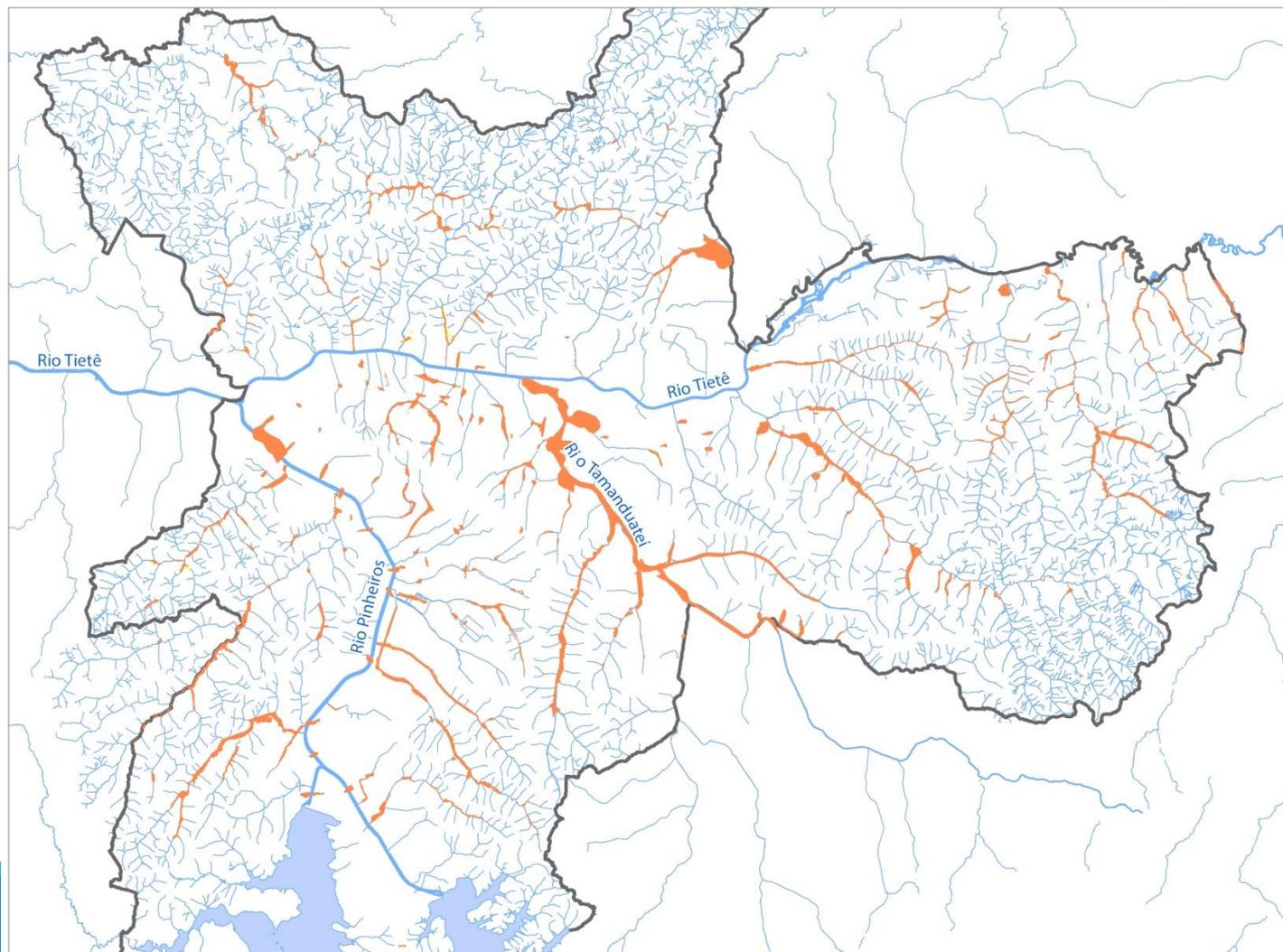


# Mapeamento de Inundações no Município de São Paulo

Chuvas  
frequentes  
(TR 5 anos)

Legenda

- Hidrografia
- ▭ Município de São Paulo
- Área de inundação



# 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.**

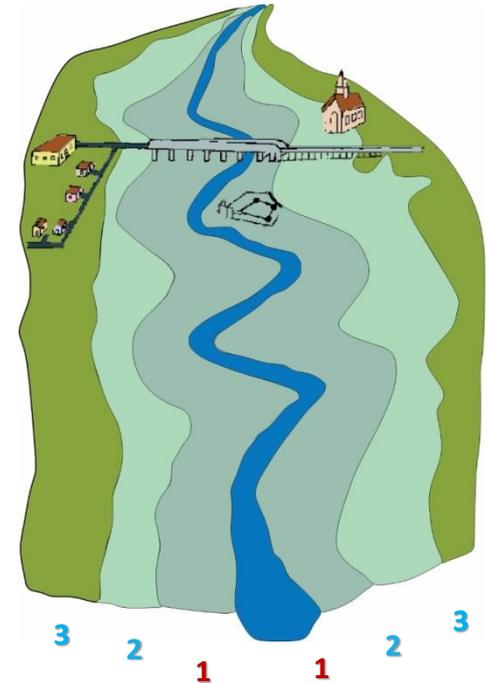
Parques e atividades recreativas;

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

## Desocupar áreas de risco

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

## Reúso não-potável

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

## 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

## 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

## Proteger grandes reservatórios

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





# 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

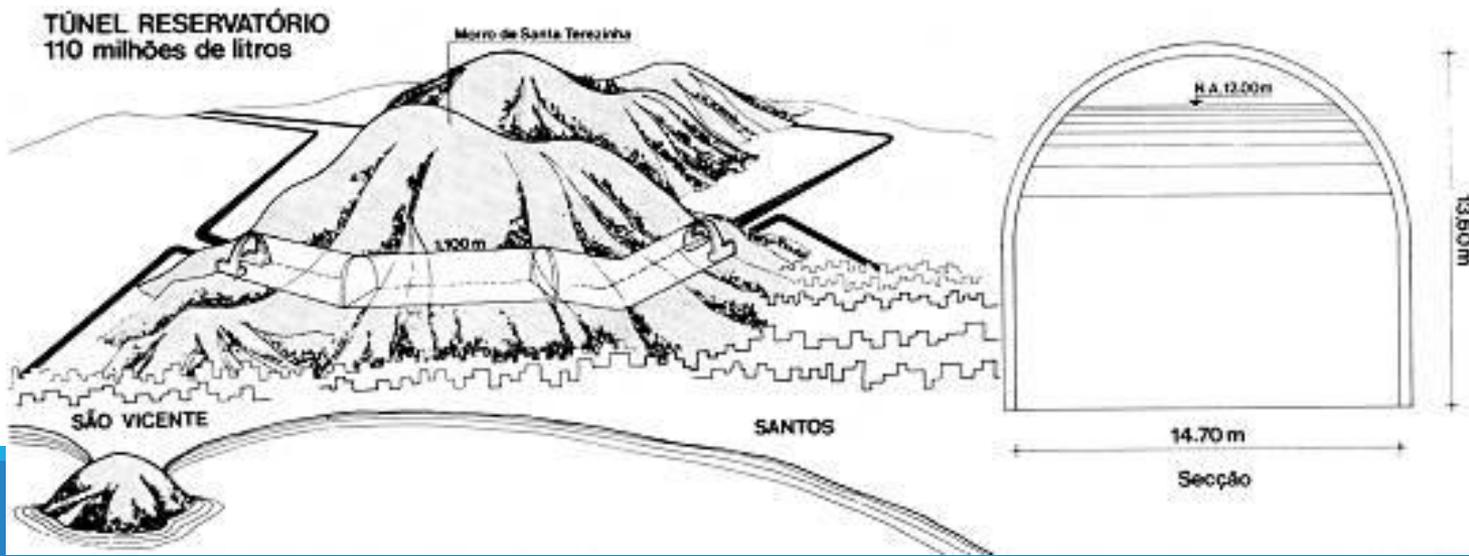
# SANTOS – SÃO VICENTE

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

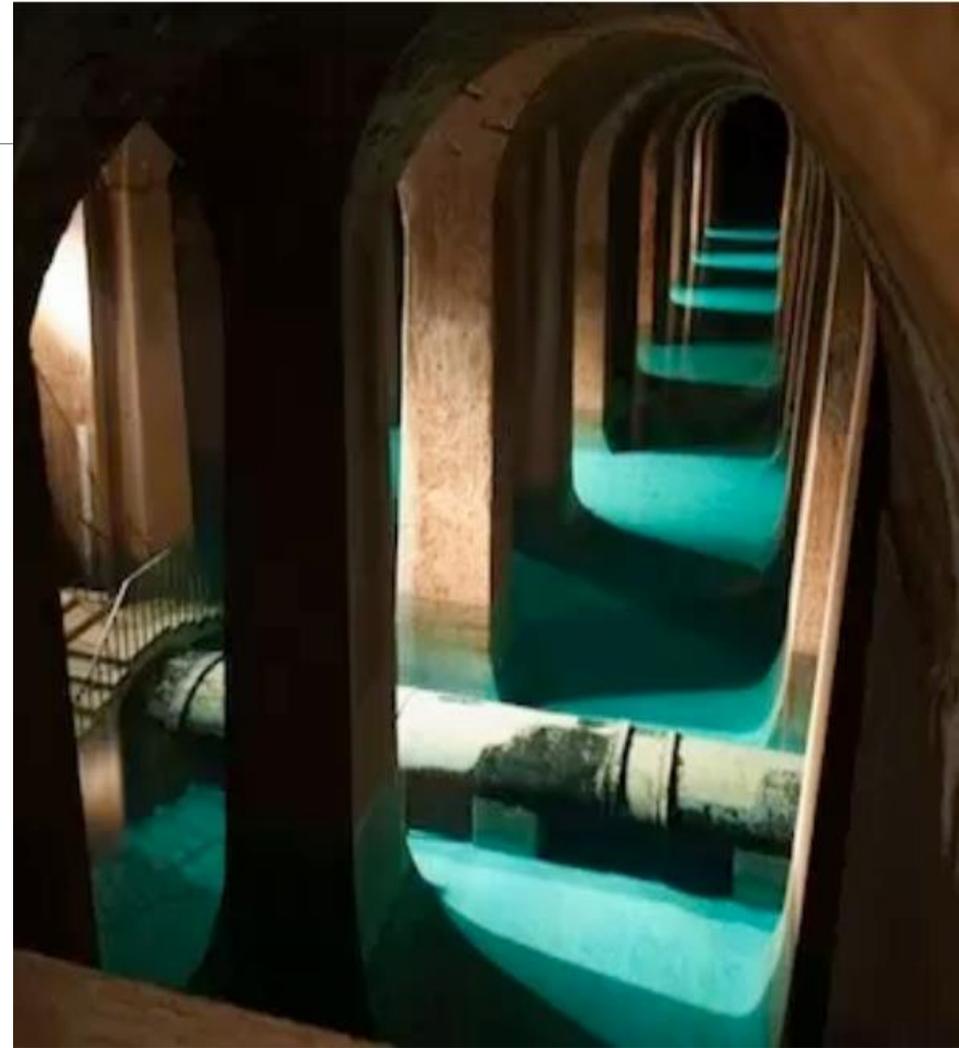
---

Le réservoir Montsouris

Capacidade para 200.000m<sup>3</sup>

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

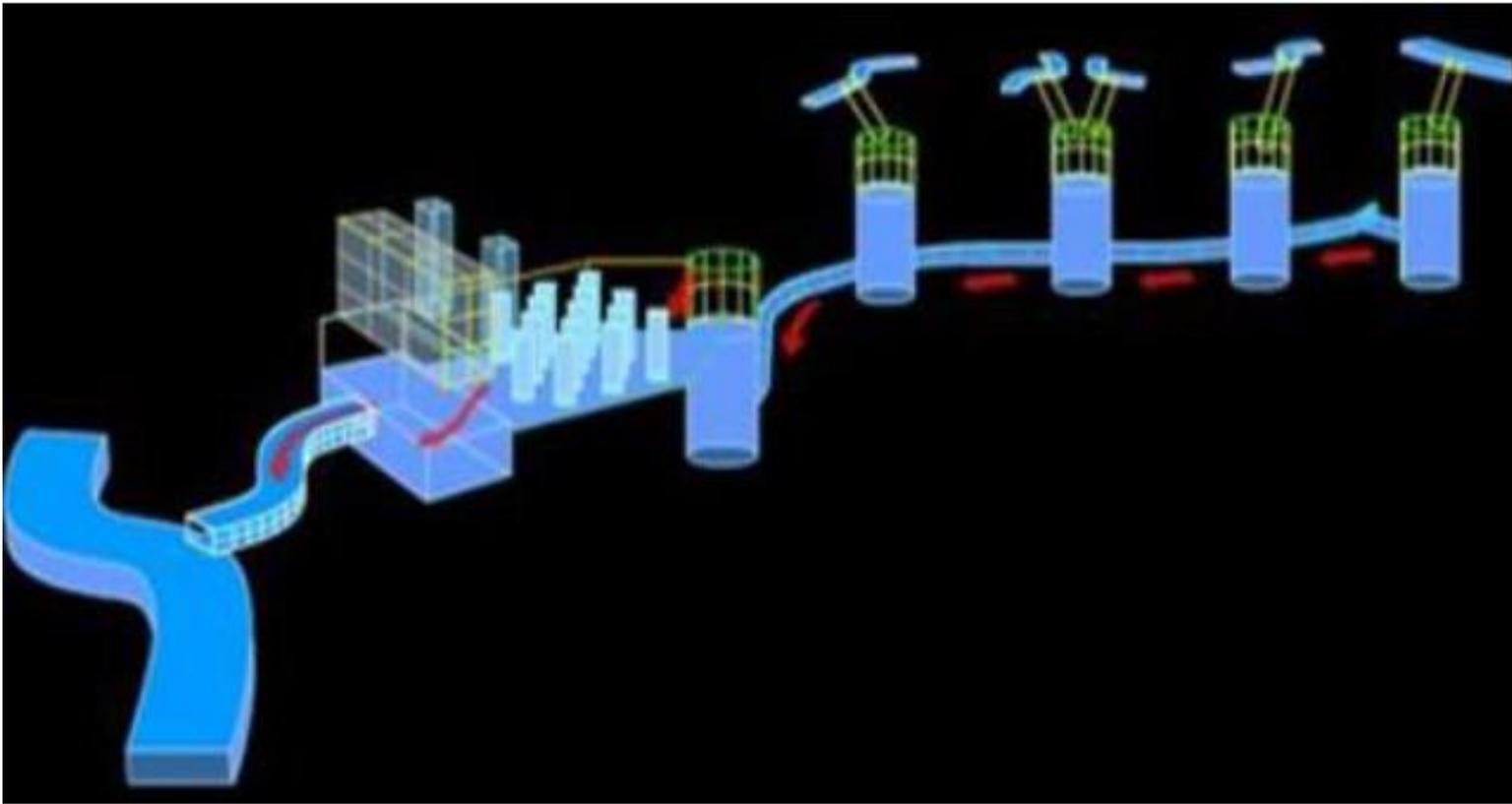
É composto por:

- 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

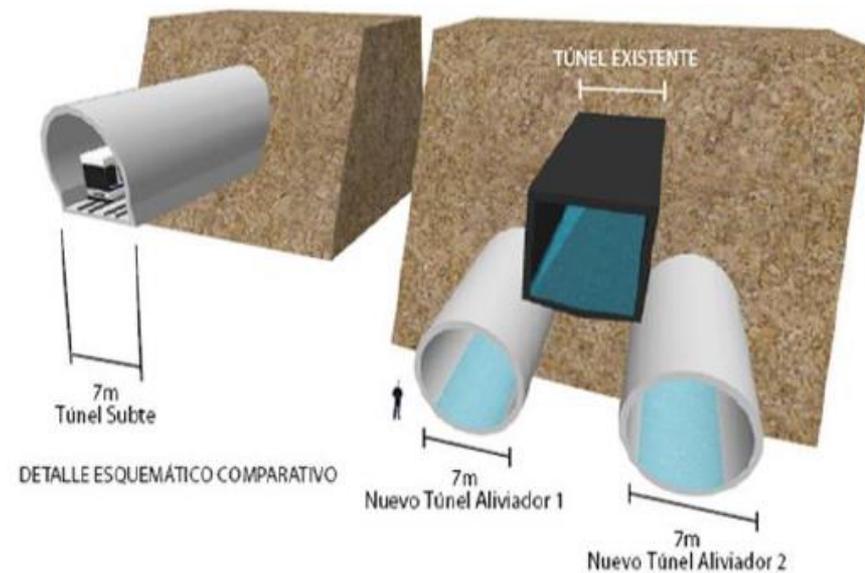
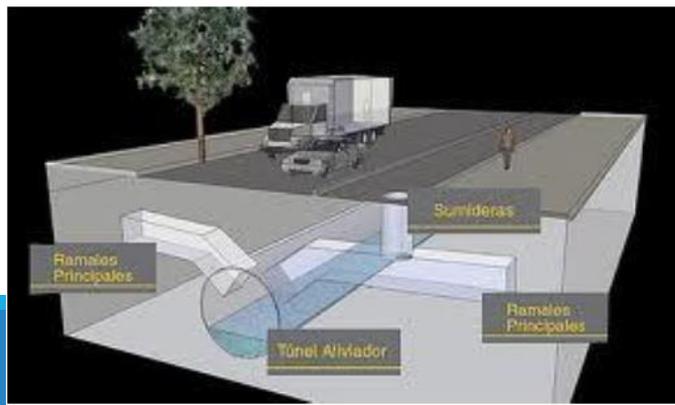


# BUENOS AIRES

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 200.000m<sup>3</sup>

- 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°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 m<sup>3</sup>)

# 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.