PHD-2307 - Hidrologia Aplicada

Medidas para o Controle de Inundações Urbanas

O caso do "Piscinão" do Pacaembu

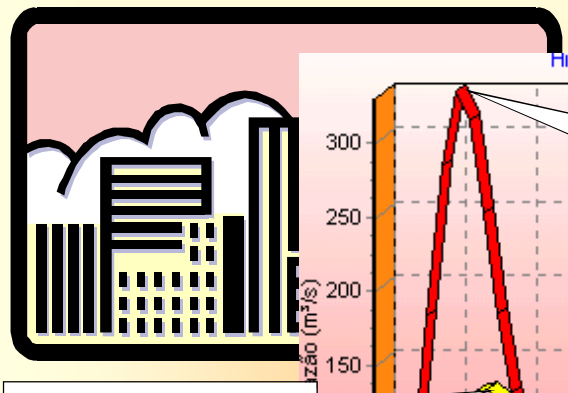
Prof. Dr Rubem La Laina Porto

Prof. Dr. Kamel Zahed Filho

Prof. Dr. Luís Antonio Villaça de Garcia

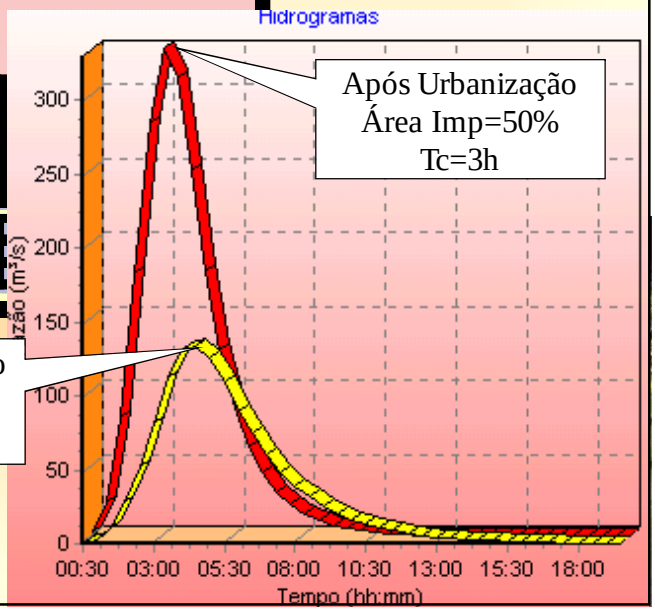
Junho de 2008

Bacia Antes e Depois da Urbanização



Antes da Urbanização
Área Imp= 0%
Tc=5h

AD= 100 km²
P= 65 mm



Enchentes Urbanas

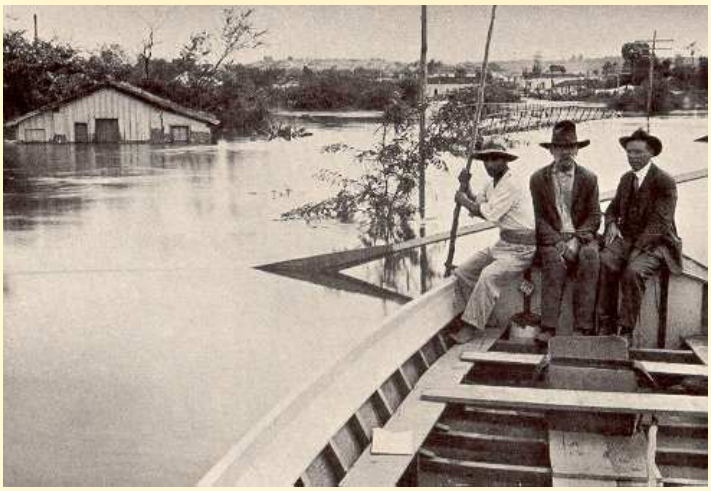
- **Causa: Impermeabilização**
- **Conseqüências:**
  - **Aumento dos picos de vazão e antecipação dos picos**
- **Inundações Localizadas**
  - **Estrangulamento da seção do rio (pilares, aterros)**
  - **Remanso devido à macrodrenagem**
  - **Falhas de manutenção de microdrenagem**

Enchentes Urbanas



Cheia da várzea do Carmo -1880

Enchentes Urbanas



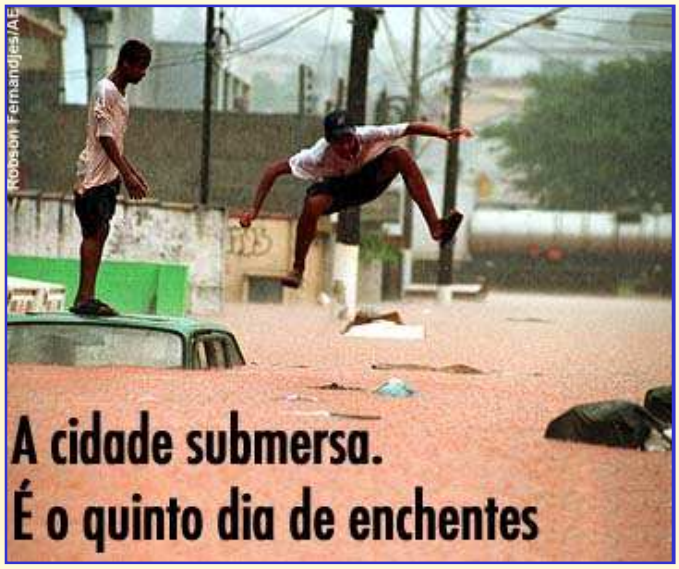
Cheia no Rio Pinheiros -1929

Enchentes Urbanas



Cheia de 1983

Enchentes Urbanas



A Cheia de 22.02.1999

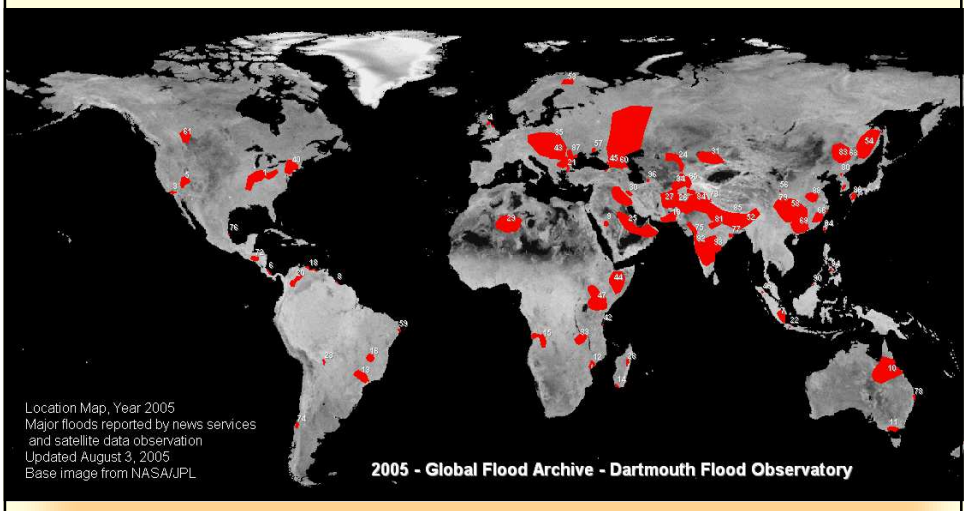
Enchentes Urbanas



A Cheia de 25 de Maio de 2005

Terá sido a última?

É um problema apenas do Brasil?

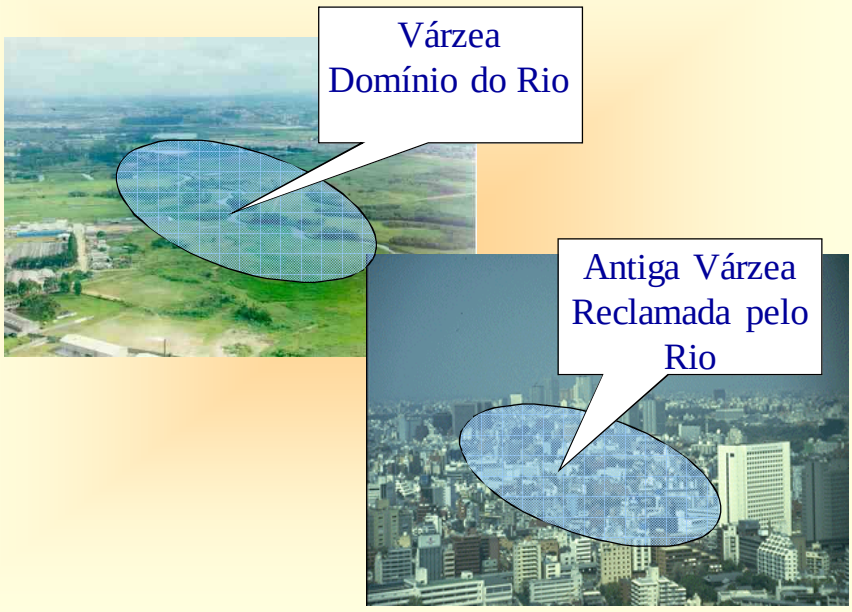


http://www.dartmouth.edu/%7Efloods/Archives/2005global.jpg

Enchentes Urbanas

- **Falta de planejamento e regulamentação**
- **Depois de ocupados os espaços, as soluções são caras**

Ambição + Falta de Planejamento + Burrice



Efeito da Urbanização

- **Sobre o Regime Hidrológico**

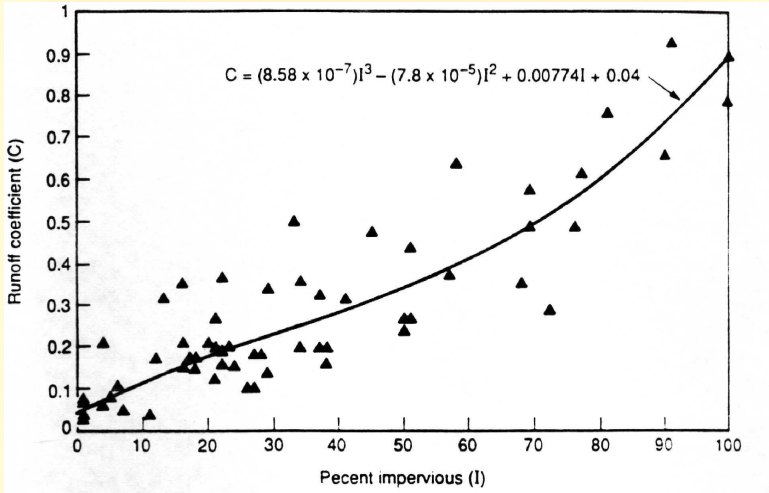


FIGURE 28.1.1 Runoff coefficient versus percent impervious. *(Used with permission from Ref. 71.)*

Drenagem Urbana

Conjunto de obras e medidas cujos principais objetivos são :

- **Minimizar prejuízos por inundações em áreas urbanas**
- **Diminuir riscos a que as propriedades estão sujeitas**
- **Possibilitar desenvolvimento urbano harmônico e articulado**

Micro e Macro -Drenagem

Micro drenagem

- **Características : atua em áreas onde os canais não estão bem definidos e os escoamentos são determinados pela ocupação do solo.**

•Obras típicas : ruas, sarjetas, bocas de lobo, bueiros, galerias

Macro drenagem

- **Características : atua nos canais bem definidos que podem concentrar águas oriundas de áreas não desenvolvidas e de sistemas de micro drenagem**

•Obras Típicas: canais, galerias de fundo de vale e bacias de detenção.

Medidas Estruturais

•Obras de contenção de cheias

–Na Fonte:

- **Pavimento poroso**
- **Filtros de areia**
- **Armazenamento em telhados**
- **Detenção local(piscininhas).**

–A Jusante:

- **Reservatórios de Detenção**
- **Reservatórios Laterais**

•Obras de afastamento de cheias

- **Canalização**
- **Diques de contenção**
- **Reversão de Bacias**

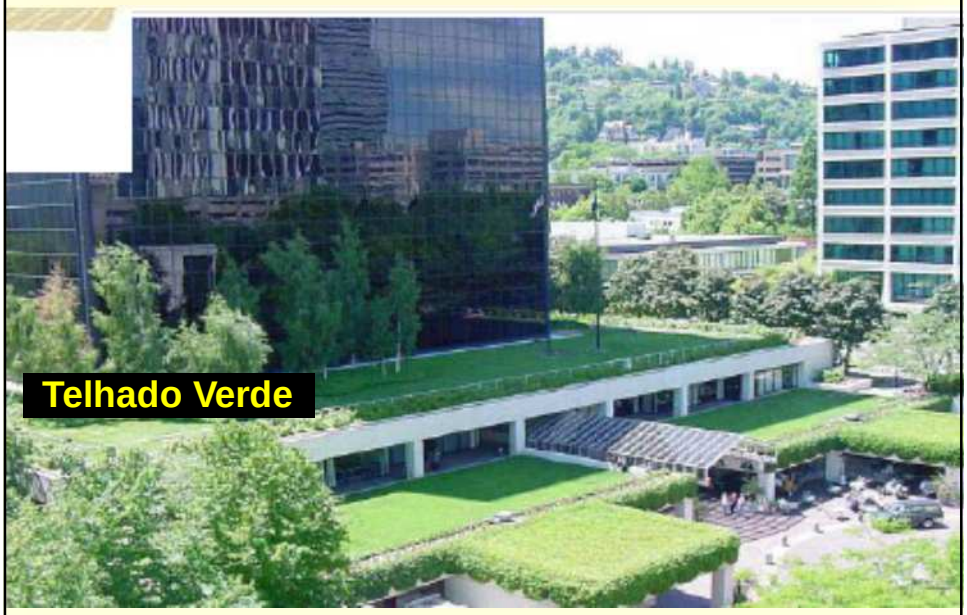
Pavimentos Porosos



Filtros de Areia



Armazenamento em Telhados



Reservatórios de Detenção (Abertos)



Reservatórios de Detenção (Abertos)

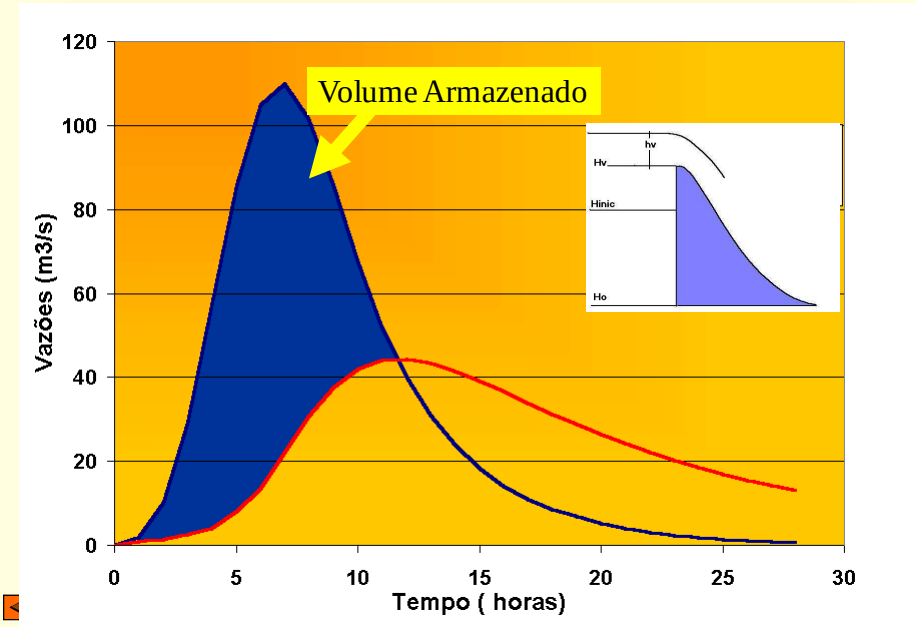


Reservatórios de Detenção (Fechados)

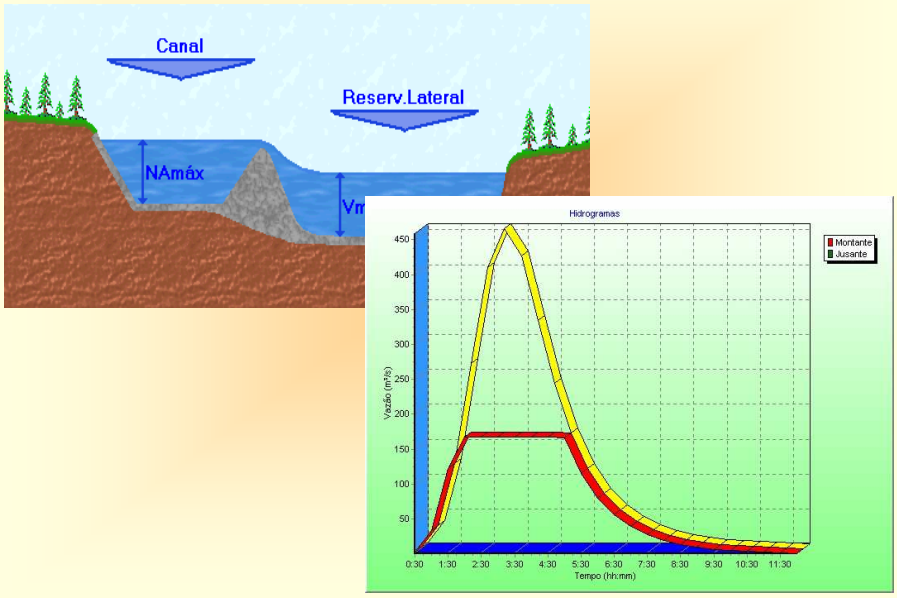


"Piscinão do Pacaembu"

Reservatórios de Detenção no Rio ("In Stream")



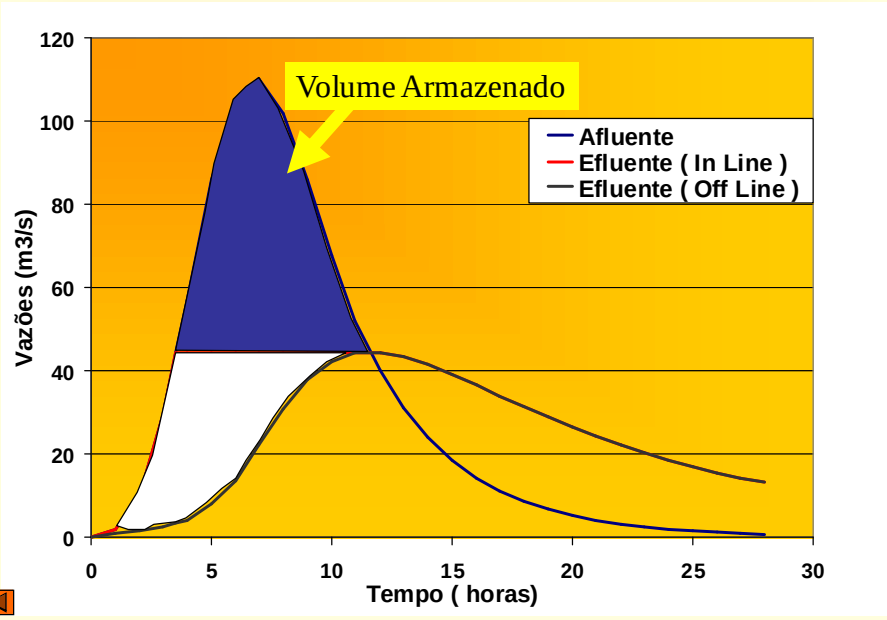
Reservatórios Laterais



Reservatórios de Detenção Laterais



Reservatórios de Detenção Laterais ("Off Stream")



Canalização



Canal do Aricanduva a montante da ponte da Rua Tumucumaque.

Medidas Não - Estruturais

–**Preventivas**

- **Regulamentação do uso do solo**
- **Compra de áreas inundáveis**
- **Controle de redes de água e esgoto**
- **Programas de informação e educação**
- **Sistemas de Previsão e alarme**
- **Seguro contra inundações**

–**Corretivas**

- **Construções à prova de inundações**
- **Relocações**
- **Compras de terrenos**
- **Deslocamentos de população**
- **Ajuste de ocupação graduais**

Regulamentação do Uso do Solo

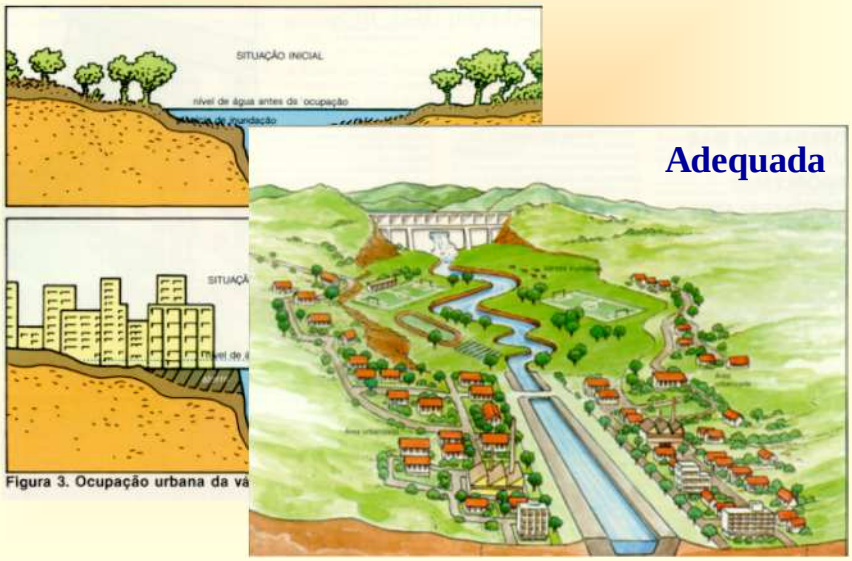
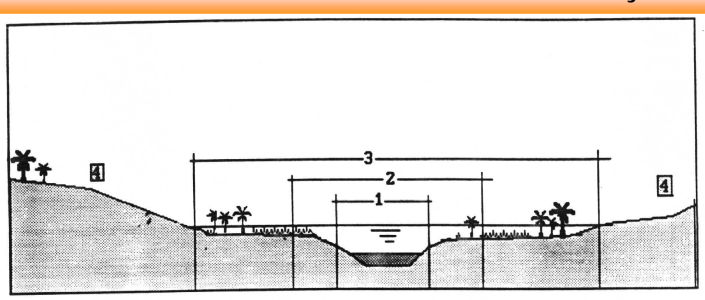


Figura 3. Ocupação urbana da vá

Zoneamemto de Várzeas de Inundação



Zona 1: Leito menor, área de escoamento rápido; maior parte da vazão **deve ser totalmente desimpedida**

Zona 2: Leito maior, responsável por parcela significativa da vazão **área de alta restrição (parques e construções adequadas)**

Zona 3: Apenas inundação; águas praticamente paradas **uso disciplinado; restrições; construções à prova de inundação**

Zona 4: Áreas seguras (acima do N.A. de inundação; T=100 anos por ex.) **controle de erosão; reservatórios de controle de cheias**

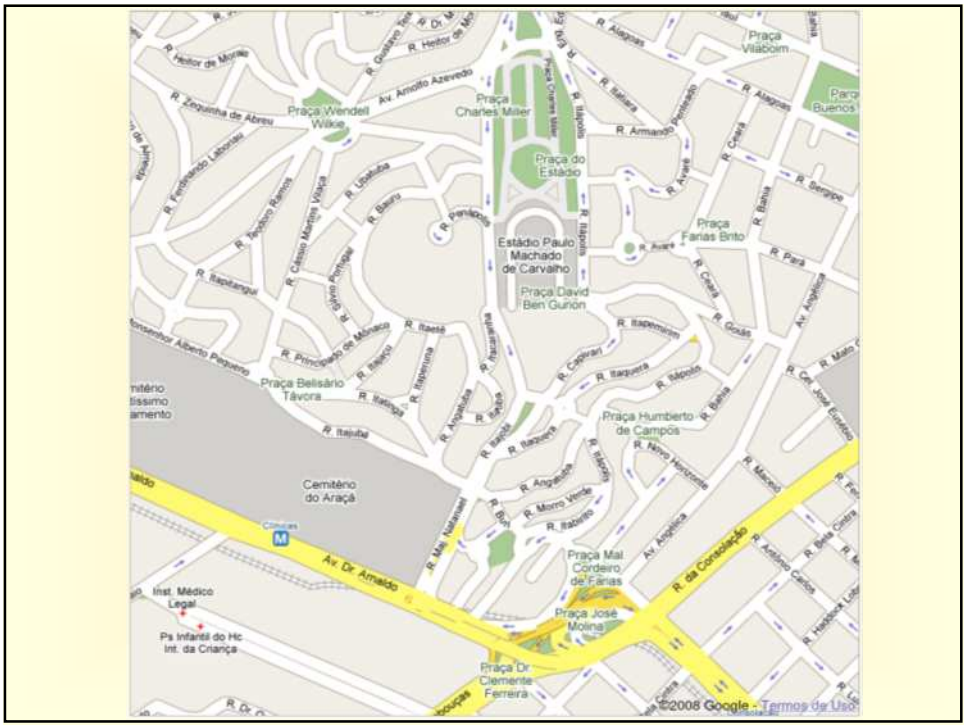
Estudo de Caso: O “Piscinão do Pacaembu”

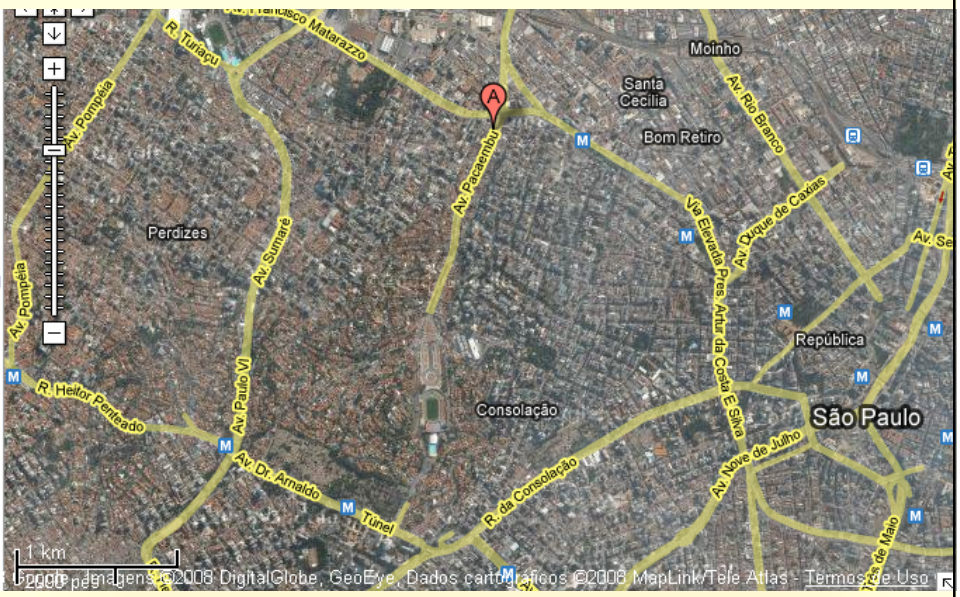




http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=251315&page=7:


Mais...
Mapa
Satélite
Terreno
Av. Arnolfo Azevedo
Praça Charles Miller
Praça Charles Miller
R. Itápolis
R. Itatiara
R. Armando Penteado
R. Armando Penteado
R. Avaré
Praça Schmuel Iosef Agnon
Praça do Estádio
Praça Charles Miller
Praça Charles Miller
Viela Cunhaqueba
Praça Yolandia Penteado
Viela Carapi
R. Des. Paulo Passalaqua
R. Ubatuba
R. Baurú
R. Modigliani
R. Penápolis
R. Des. Paulo Passalaqua
Estádio do Pacaembú
Estádio Paulo Machado de Carvalho
Estádio do Pacaembú
R. Itápolis
R. Avaré
Praça Garcia Redondo
R. Avaré
Praça Farias B
100 m
Imagens ©2008 DigitalGlobe, GeoEye Dados cartográficos ©2008 MapLink/Tele Atlas - Termos de Uso


Praça Wendell Wilkie
Praça Charles Miller
Praça Vilaboim
Praça do Estádio
Estádio Paulo Machado de Carvalho
Praça David Ben Gurion
Praça Farias Brito
Praça Belisário Távora
Praça Humberto de Campos
Cemitério do Araçá
Av. Dr. Arnaldo
Praça Mal. Cordeiro de Farias
Praça José Molina
R. da Consolação
Inst. Médico Legal
Ps Infantil do Hc Int. da Criança
Praça Dr. Clemente Ferreira
©2008 Google - Termos de Uso


R. Turiaçu
Av. Pompéia
Av. Sumaré
Av. Paulo VI
Av. Pacaembu
Perdizes
Moinho
Santa Cecília
Bom Retiro
Av. Rio Branco
Via Elevada Pres. Artur da Costa E Silva
Av. Duque de Caxias
República
São Paulo
Consolação
R. da Consolação
Av. Nove de Julho
R. Heitor Penteado
Av. Dr. Arnaldo
Túnel
1 km
Imagens ©2008 DigitalGlobe, GeoEye, Dados cartográficos ©2008 MapLink/Tele Atlas - Termos de Uso


Av. Marginal Tietê
Av. Pres. Castello Branco
Av. Marquês de São Vicente
R. Waldir de Grammont
R. Inhaúma


Av. Marquês de São Vicente
Av. Francisco Matarazzo
Via Elevada Pres. Artur da Costa E Silva
R. da Várzea
Av. Pedroso
Av. Antártica


Av. Francisco Matarazzo
Via Elevada Pres. Artur da Costa E Silva
Av. Pedroso
Av. Sumaré
Av. Higienópolis





A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pacaembu

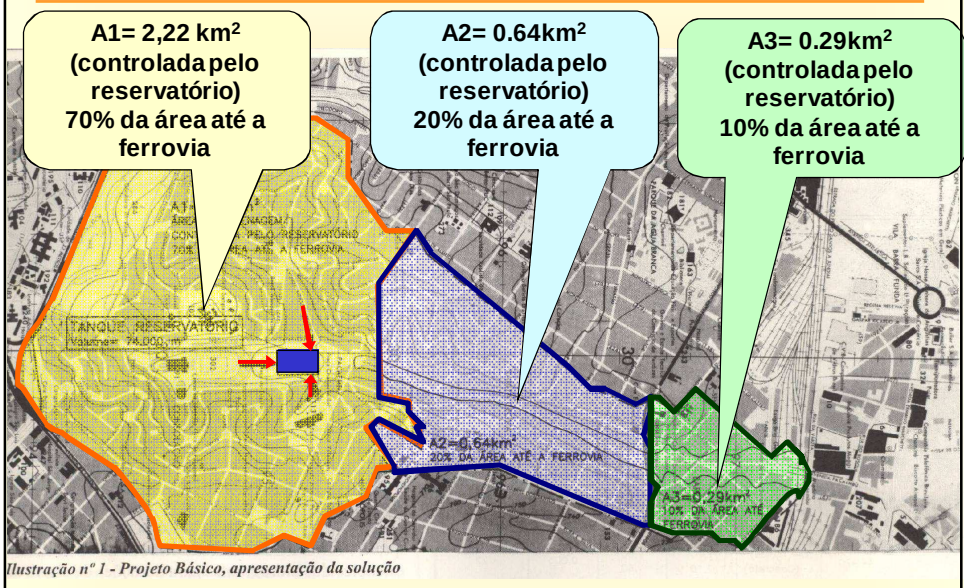


Ilustração nº 1 - Projeto Básico, apresentação da solução

"Piscinão do Pacaembu" Durante Sua Construção



“Piscinão do Pacaembu” Após Sua Construção





Detalhe da “porta” para rampa de entrada no piscinão (funciona também como vertedor de emergência).

Fonte: Apresentação PMSP

Dados do “Piscinão do Pacaembu”

- Localização: Praça Charles Muller, em frente ao Estádio Municipal do Pacaembu em São Paulo, teve a construção iniciada em 1992, pela prefeitura de São Paulo e inaugurado em agosto de 1995.
- Reservatório enterrado de concreto armado para armazenar 74.000 m³ de água.
- Existe rampa para acesso da manutenção bem como dispositivos de ventilação do reservatório.
- A área projetada do reservatório é de 15.000m², com taludes laterais com inclinação 1:2,5.
- A profundidade útil do reservatório é de 5,6m.
- Abertura (1,00m x 0,50m) no fundo.

Dados do “Piscinão do Pacaembu”

- Extravasor de largura de 2 metros, na cota 742,40m.
- A área impermeável a montante da Praça Charles Muller é 55%.
- O tempo de concentração é de 15min.
- A chuva crítica adotada foi aquela de 19/02/93 quando choveu em São Paulo 80,6 mm em 2 horas.
- O período de retorno adotado foi de 25 anos.
- Cota do fundo: 738,30m.
- NA max: 744,50m (cota das ruas laterais).
- Área disponível na praça: 20000 m^2.

Dados do “Piscinão do Pacaembu”

- Área da bacia a montante da Praça Charles Müller: 2,22 km^2.
- Área da bacia intermediária até a Av. Gal. Olímpio da Silveira: 0,64km^2.
- Área da bacia intermediária até a Estrada de Ferro: 0,29km^2.
- Galerias afluentes: Estádio do Pacaembu, Av. Arnolfo Azevedo (lado Sumaré) e Rua Itatiara (lado Higienópolis).
- Comprimento da galeria, desde a Praça até a Av.Marquês de S. Vicente: 2,7 km.

Dados do “Piscinão do Pacaembu”

- Empresa Projetista: THEMAG Engenharia Ltda.
- Autor da solução: Eng. Aluísio Pardo Canholi
- Hidráulica: Eng. Paulo C. G. Serra.
- Hidrologia: Eng. Rogério M. R. de Jesus.
- Geotecnia: Eng. Newton Bittencourt dos Santos
- Estruturas: Eng. Allyrio Omodei
- Mecânica: Eng. Hiroshi Kako.

Dados do “Piscinão do Pacaembu”

- Na av. Pacaembu em 3km de comprimento, a declividade varia de 1% a 0,35% e a seção da galeria de concreto armado varia de 2,25m x 1,65m até 2,15m x 1,95m.
- A vazão máxima que a galeria na av. Pacaembu suporta é de 13 m³/s, mas a vazão que a área de 2,2 km² contribui na Praça Charles Muller é de 43 m³/s.
- Caso se fizesse um túnel da praça Charles Muller até o deságüe no canal de saneamento no fim da av. Pacaembu, o custo seria de 35 milhões de dólares, enquanto que o custo do reservatório de detenção foi de 8 milhões de dólares.

O PROJETO DO RESERVATÓRIO - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

“Para a determinação do hidrograma de projeto, foram realizadas campanhas hidrométricas de campo, através da instalação de um pluviômetro na Praça Charles Müller e réguas limnimétricas em dois pontos da galeria, no trecho Praça- Memorial da América Latina.

No período chuvoso dez/92 – mar/93, foram registradas diversas chuvas, com os instrumentos, sendo lidos a cada 5 minutos. A leitura das réguas possibilitou inferir as vazões na galeria, através do levantamento de curvas cota x vazão nestes pontos.” (Canholi, 1994)

O PROJETO DO RESERVATÓRIO - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Através destes dados, foi possível calibrar-se um modelo de simulação tipo chuva x vazão, tendo por base a teoria do hidrograma unitário. Ou seja, a partr de emprego sucessivo de dois módulos de cálculo: o módulo de obtenção dos deflúvios (chuva excedente), baseado no método de Horton, e o módulo de convolução desses deflúvios mediante um hidrograma unitário sintético (Santa bárbara Urban Hydrograph Method). (Canholi, 1994)

O PROJETO DO RESERVATÓRIO - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

“Dentre as chuvas observadas, associadas às respectivas vazões, adotou-se o evento de 19/02/93 para subsidiar a calibração dos parâmetros do modelo. O Quadro nº 1 a seguir apresenta os principais parâmetros obtidos nesta calibração, para os pontos Pacaembu – Montante (Praça Charles Müller) e Pacaembu – Jusante (junto à Av. Gal. Olímpio da silveira).”(Canholi, 1994)

QUADRO Nº 1 PARÂMETROS ADOTADOS PARA O MODELO HIDROLÓGICO		
PARÂMETRO	**PACAEMBU MONTANTE**	**PACAEMBU JUSANTE**
Área da sub-bacia (km^2)	2.220	0.644
Fração impermeável total	0.55	0.70
Fração impermeável diretamente conectada	0.45	0.60
Tempo de concentração	0.25	0.25
Capacidade máxima de infiltração (mm/h)	30	30
Capacidade mínima de infiltração (mm/h)	4.5	4.5
Umidade inicial do solo (mm)	0	0
Vazão de base (m^3/s)	0.25	0.10

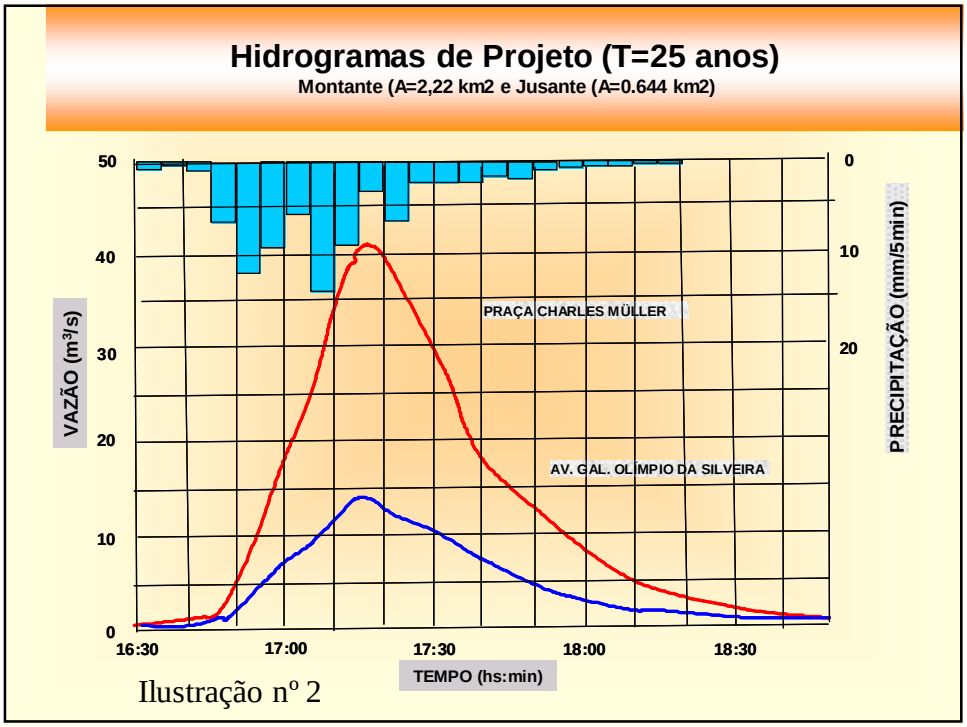


Ilustração nº 2

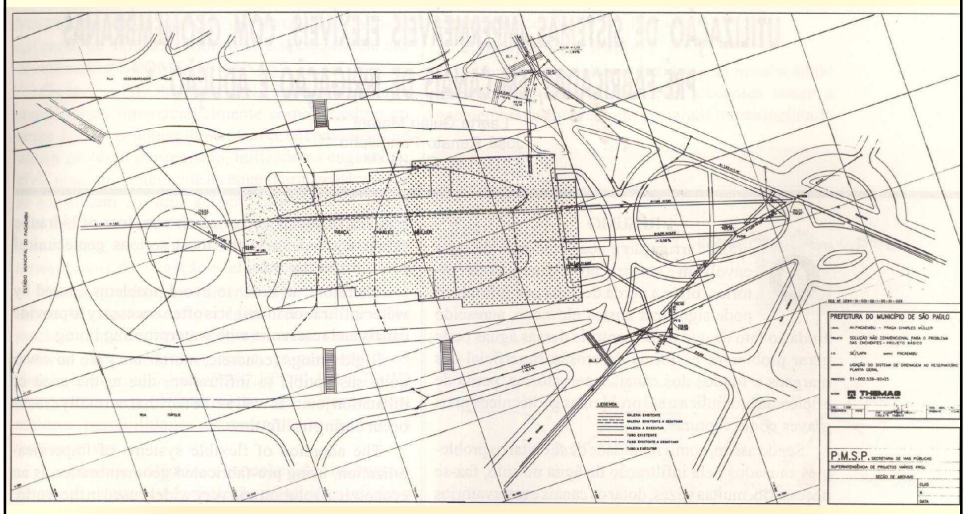
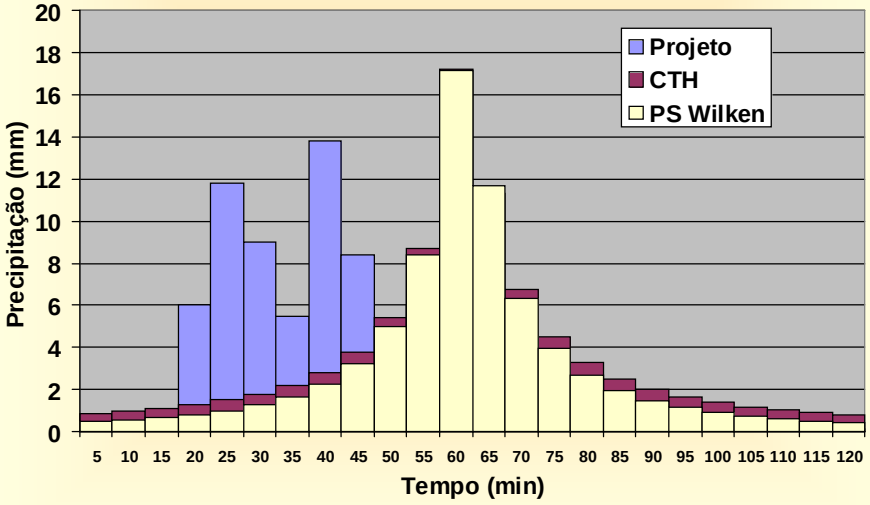
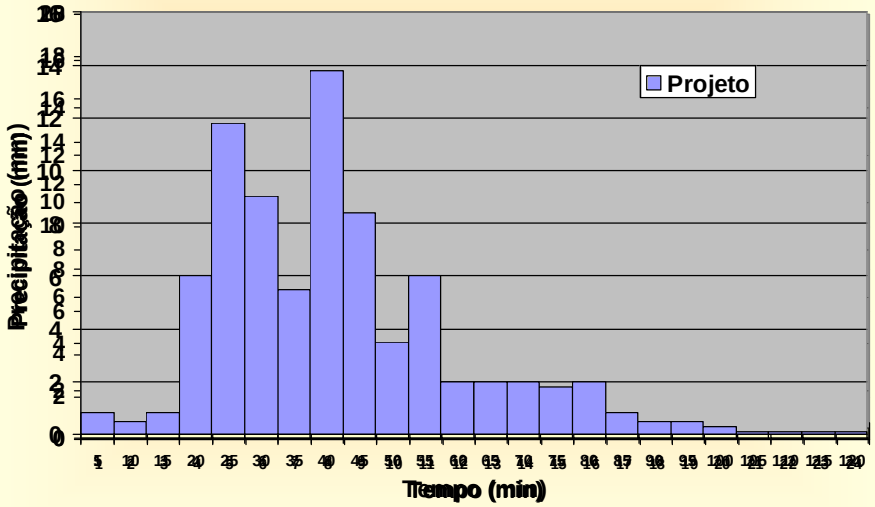


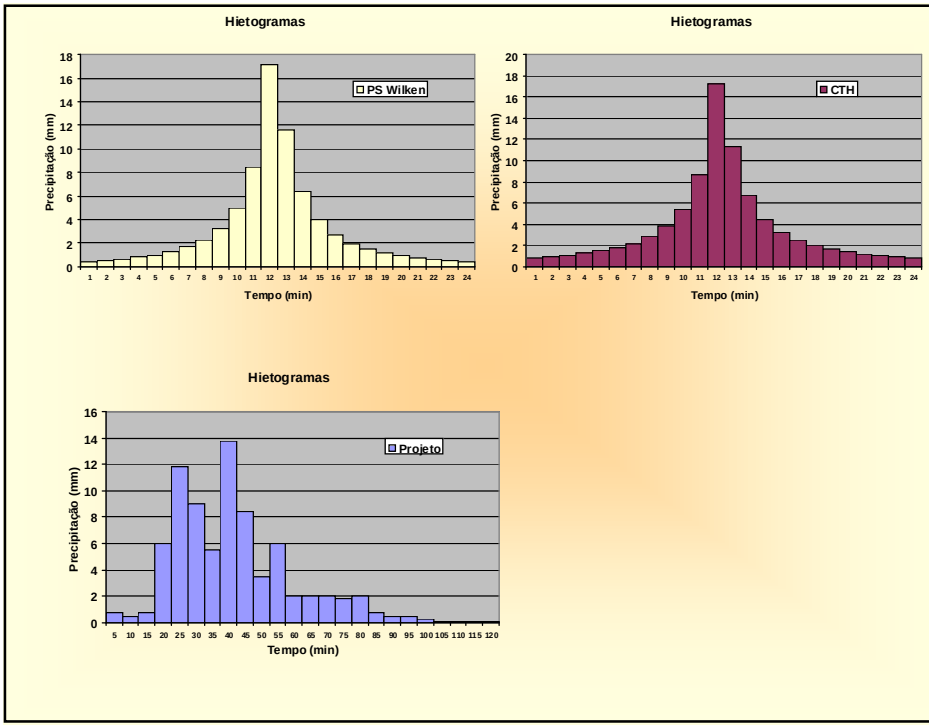
Ilustração nº 9

Hietogramas

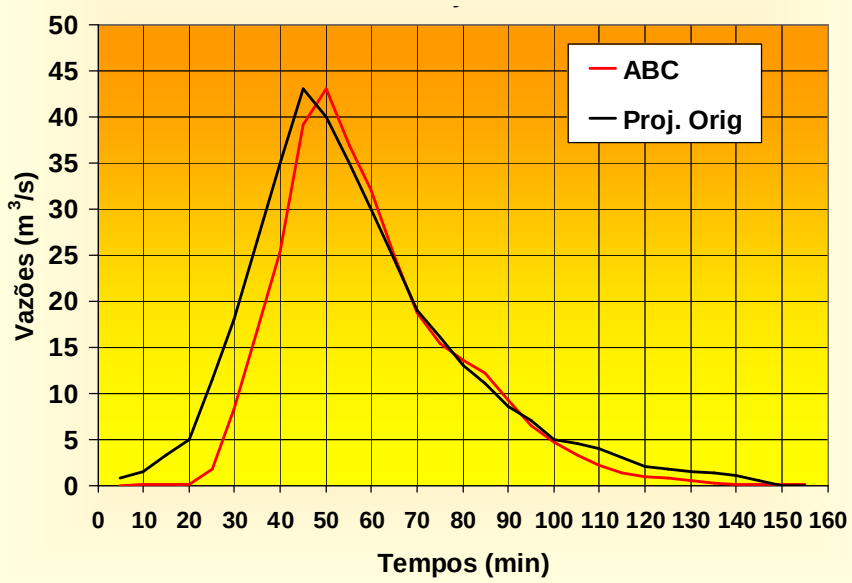


Hietogramas





Comparação dos Hidrogramas de Projeto e do ABC



Fontes

1. *http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=251315&page=7:*
2. *www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=286506*
3. *Tomaz, Plínio -**Piscinão do Pacaembu, Ass. Imprensa/ACE-Guarulhos. Publicado em 06/02/2006 15:04:07.** http://www.aceguarulhos.com.br/content.php?m=20060206150407*
4. *http://maps.google.com.br/maps?f=q&hl=pt-BR&q=Av.+Pacaembu+-+S%C3%A3o... 6/6/2008*
5. *CANHOLI, A. P. Reservatório para controle de cheias da Av. Pacaembu. Reservatório de Detenção do Pacaembu. São Paulo, Revista Engenharia, n. 500, p. 12-19, 1994.*
6. *http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0014/portal/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0010*
7. *Prefeitura Municipal de São Paulo - , "Modernizando a Gestão Pública", São Paulo, agosto de 2006.*

FIM

