

Apresentação  
PHA 3337  
2/2017

Fundação Centro  
Tecnológico de Hidráulica

Laboratório de Sistemas  
de Suporte a Decisões

Universidade de São Paulo

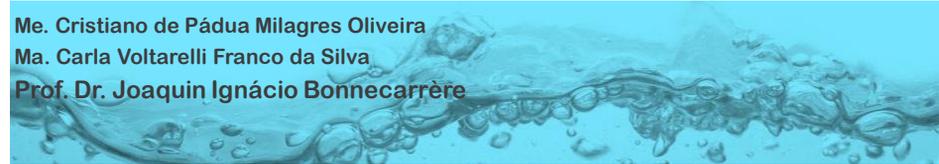


# Modelo Matemático para Planos e Projetos de Drenagem

## Modelo PCSWMM

Me. Cristiano de Pádua Milagres Oliveira  
Ma. Carla Voltarelli Franco da Silva  
Prof. Dr. Joaquin Ignácio Bonnacarrère

# Drenagem Urbana



# Infraestrutura Urbana



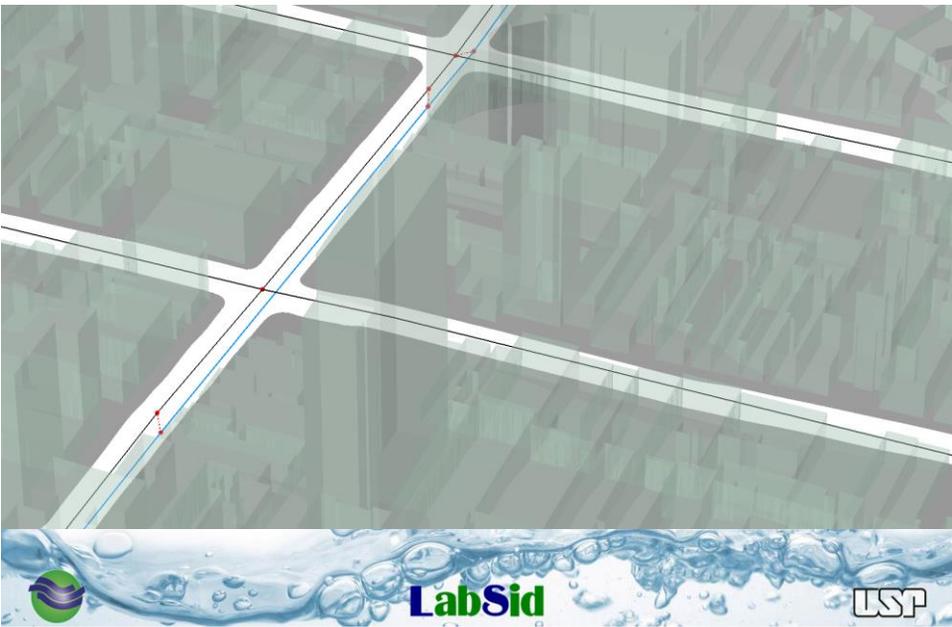
Fonte: [www.portomaravilha.com.br](http://www.portomaravilha.com.br)



# Rede de Drenagem



# Rede de Drenagem



# Sistemas Computacionais



## Modelos Usuais



**SWMM/PCSWMM**

- Integrado
  - Hidrológico + Hidráulico
- Hidrológico
  - Agregado
- Hidráulico
  - Canais 1D
  - Tubulação 1D
  - Superficial 1D/2D
- Qualidade da Água
- Tempo Real



**HEC HMS+RAS**

- Separado
  - Hidrológico (HMS)
  - Hidráulico (RAS)
- Hidrológico
  - Agregado
- Hidráulico
  - Canais 1D
  - Tubulação 1D
  - Superficial 1D
- Qualidade da Água
- Transporte de Sedimentos



**SOBEK**

- Integrado
  - Hidrológico + Hidráulico
- Hidrológico
  - Distribuído
- Hidráulico
  - Canais 1D
  - Tubulação 1D
  - Superficial 1D/2D
- Qualidade da Água
- Tempo Real



## Escolha do Modelo



## Modelo SWMM



## Sobre o SWMM

### SWMM - Storm Water Management Model

- Modelo chuva-vazão voltado para a gestão de águas pluviais
- Simulação dinâmica da quantidade e qualidade de água, principalmente em áreas urbanas
- Eventos isolados ou simulação contínua de longo prazo
- Desenvolvido pela EPA (*Environmental Protection Agency*) – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
- Aprovado pela FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) – Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos
- Código aberto



## Histórico - SWMM

- 1969: SWMM 1 (UF, CDM, M&E)
- 1975: SWMM 2 (UF)
- 1981: SWMM 3 (UF, CDM)
- 1988: SWMM 4 (UF, CDM, OSU)
- 2001: SWMM 5 (EPA, CDM)
- 2004: SWMM 5.0.001 (EPA, CDM)
- 2005: SWMM 5.0.005 (EPA, CDM)
- 2010: SWMM 5.0.019 (EPA)
- 2011: SWMM 5.0.022 (EPA)



## Várias interfaces, mesmo motor

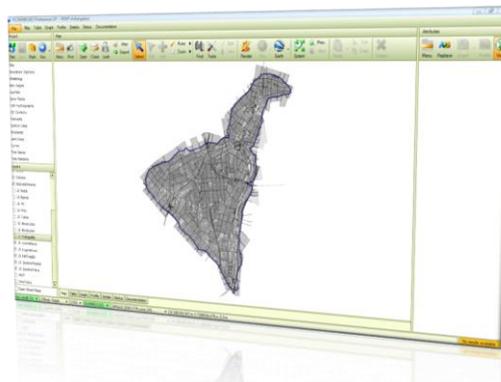


## Sistema para modelos Exemplo PCSWMM



## PCSWMM

- **Interface Gráfica de Modelagem**
  - Desenvolvido comercialmente pela CHI Water (Canadá)
  - Mecanismo de cálculo oficial do US EPA SWMM 5.0.022
  - Mecanismo SIG
  - Padrões abertos
  - Autônomo
  
- **Uso Comprovado**
  - > 30 anos
  - > 70 países
  - > 3.000 clientes
  - > 10.000 projetos
  
- **Aplicação SIURB/PMSP**
  - Bacias prioritárias
  - Manchas de Inundação em Tempo Real
  - Cursos técnicos



## Modelos Integrados

- **Hidrológico**
  - Transformação Chuva-Vazão
    - Postos Telemétricos
    - Radar Meteorológico
  - Água Subterrânea
- **Hidráulico**
  - Canais e Condutos
    - Abertos
    - Fechados
  - Rede Dupla
    - Superficial
    - Subterrânea
  - Estruturas
    - Reservatórios/Piscinões
    - Vertedores/Orifícios
  - Simulação de Manobras
    - Comportas
    - Bombas
- **Qualidade da Água**
  - Multiparâmetros
  - Cargas Pontuais
  - Cargas Difusas
- **Dispositivos de Baixo Impacto (LID)**
- **Simulação**
  - Evento
  - Contínuo
  - Tempo Real



## Modelos Hidrológico-Hidráulico



# Representação Física

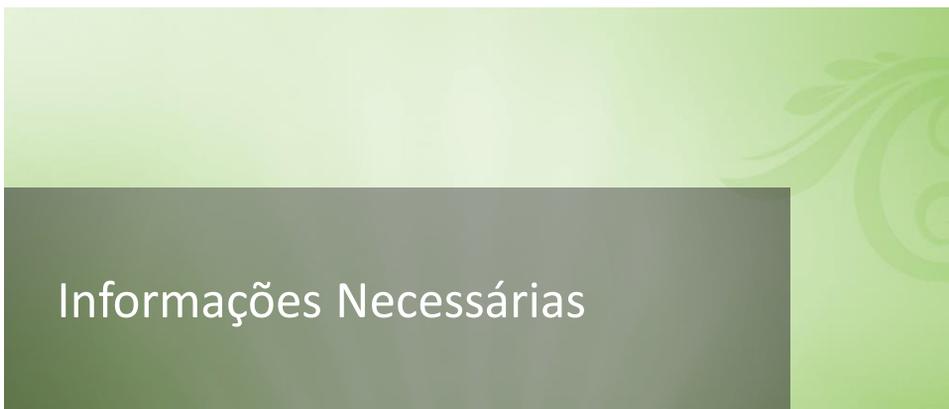




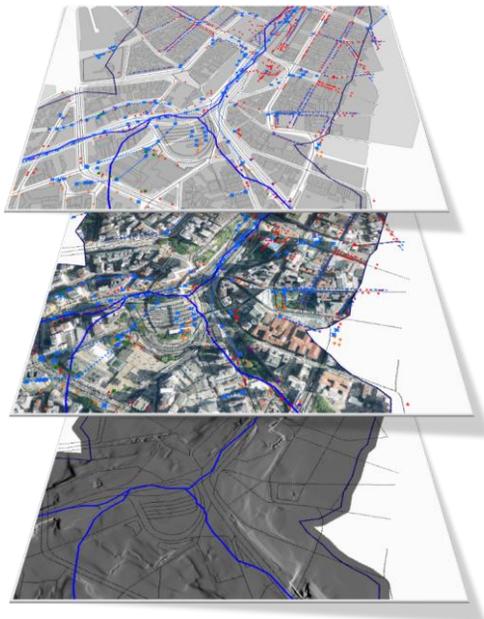




Fonte: CHI



## Camadas Geográficas



- Edificações
- Quadras
  - Prediais
  - Viárias
- Curvas de Nível
- Pontos Cotados
- Logradouros
- Hidrografia
- Ortofotos
- Drenagem
  - Redes
  - Ramais
  - PVs
  - Nós
  - Caixas
  - Bocas de Lobo
  - Bocas de Leão

## Modelo Digital de Elevação

### MDE

Curvas de Nível

Pontos Cotados

Hidrografias  
Margem Simples

Hidrografias  
Margens Duplas

Arruamentos

Edificações

### Topobatimetria

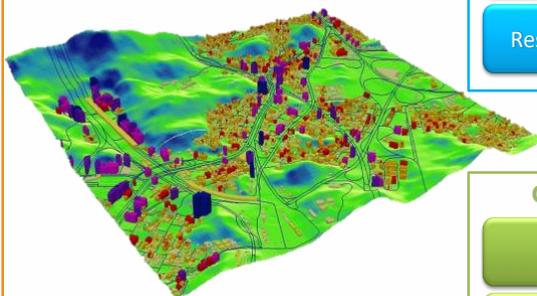
Canais

Reservatórios

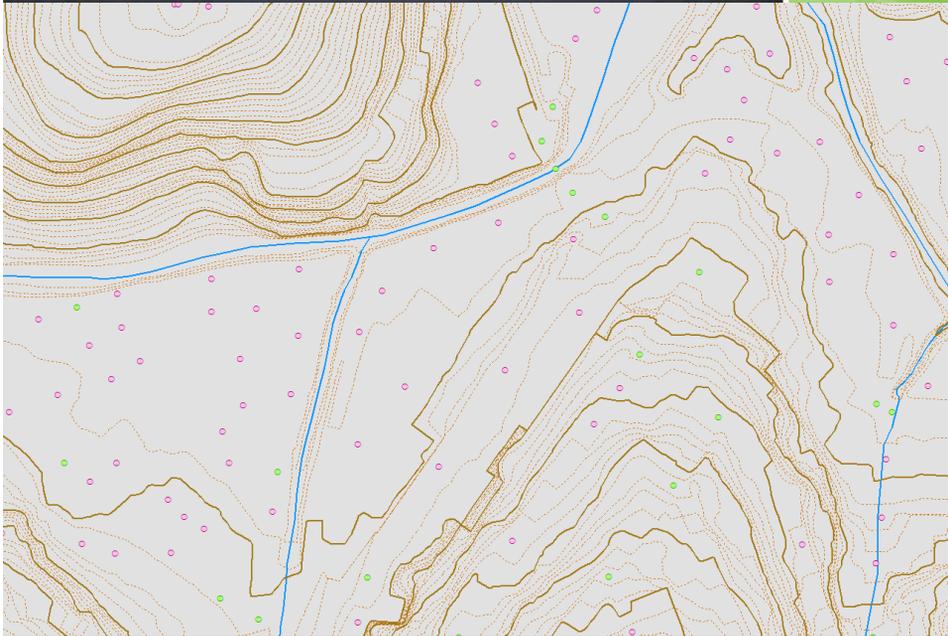
### Cadastro

Galerias

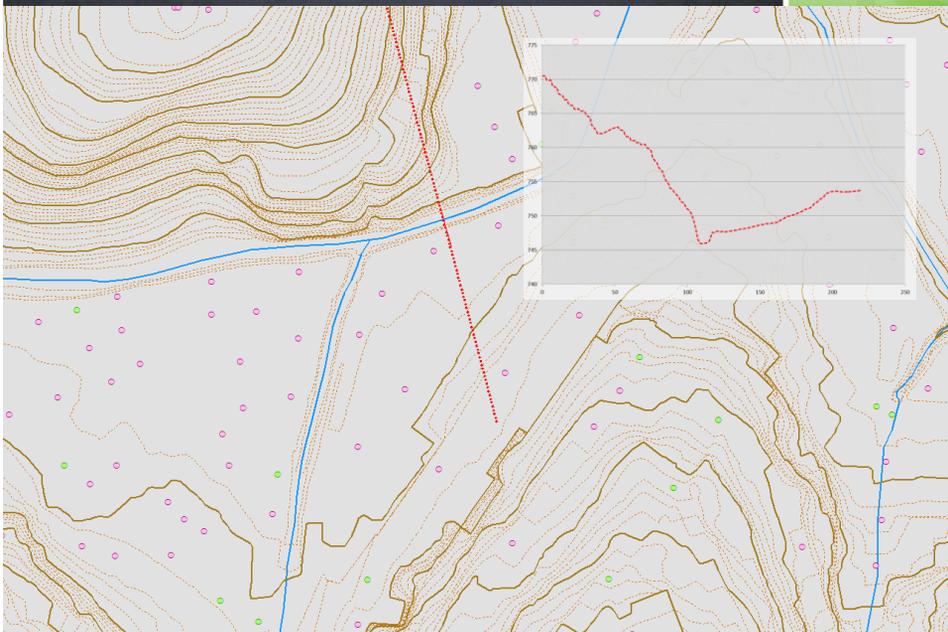
Pontes



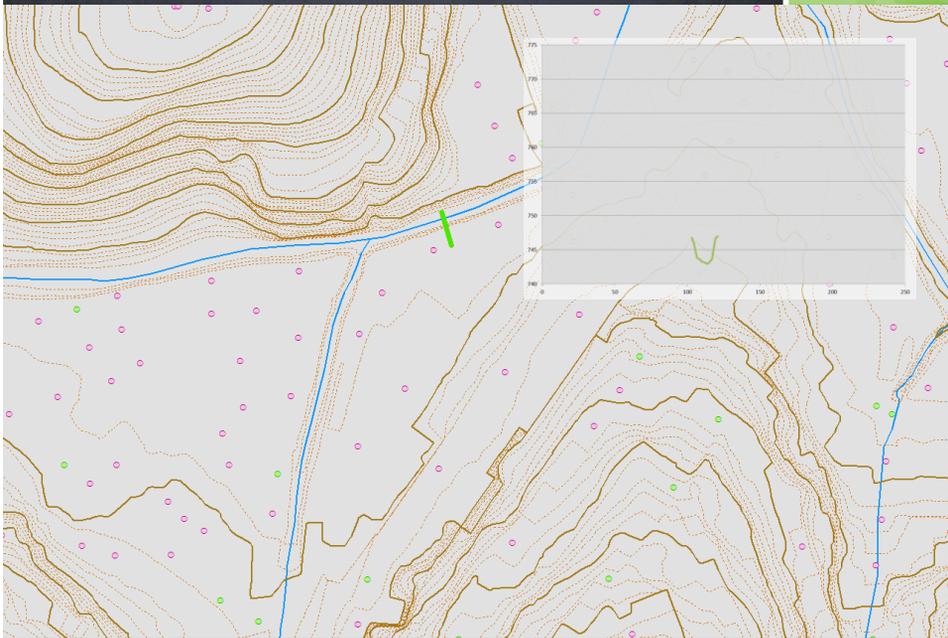
## Datos topográficos



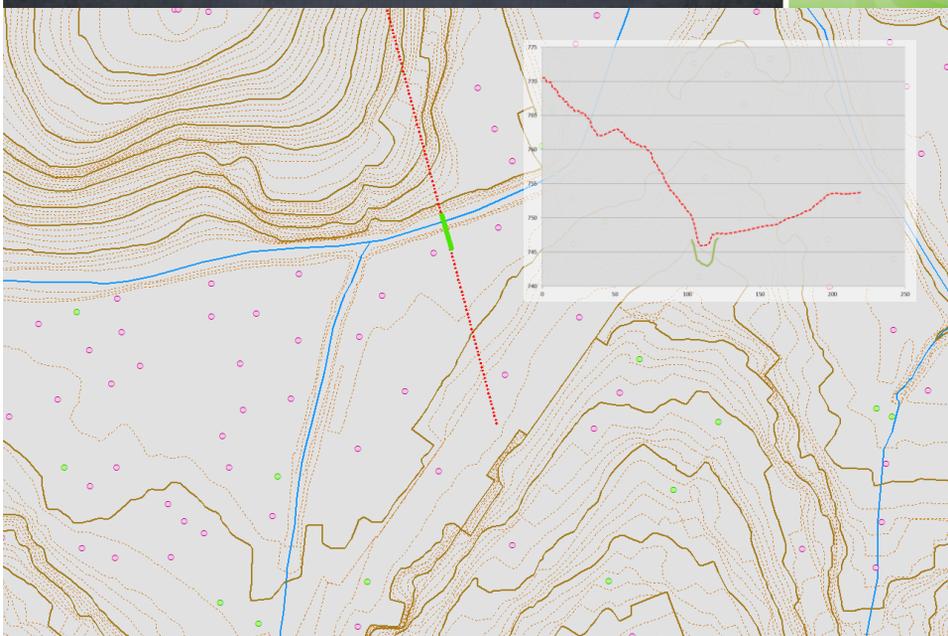
## Datos topográficos



## Datos topográficos



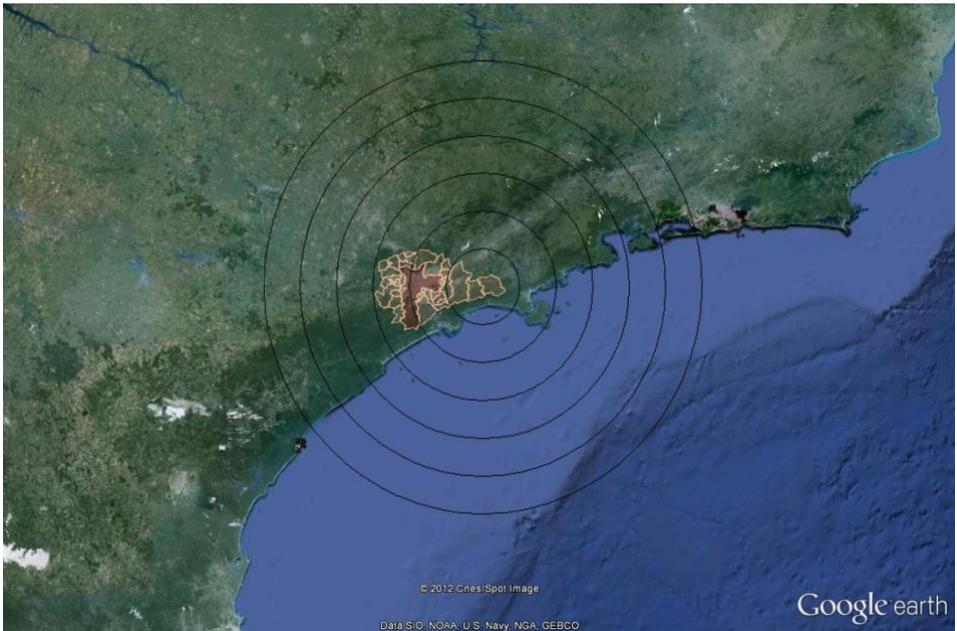
## Datos topográficos



# Precipitação



LabSid USP



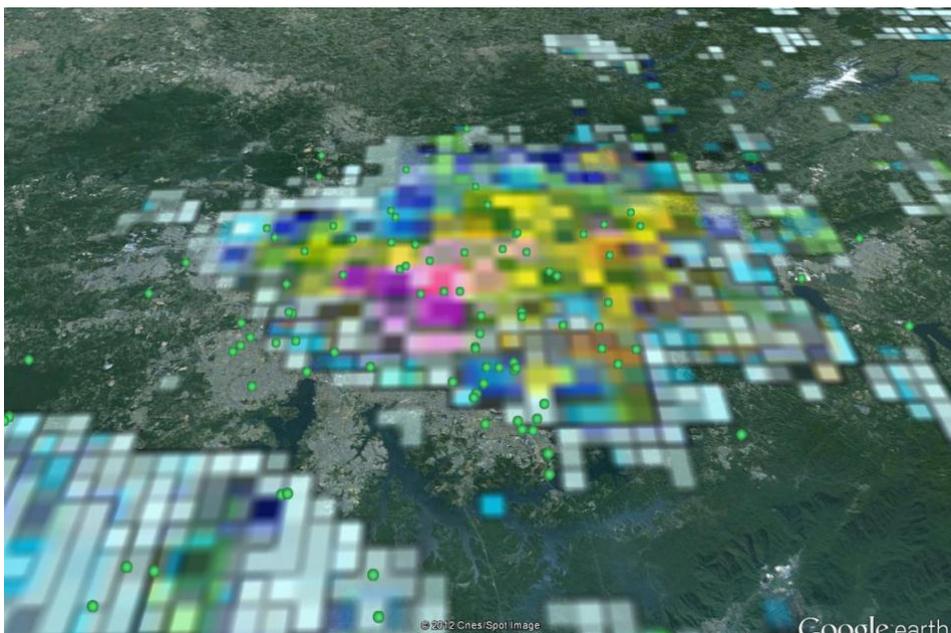
© 2012 Cnes/Spot Image  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

## Radar Meteorológico SAISP

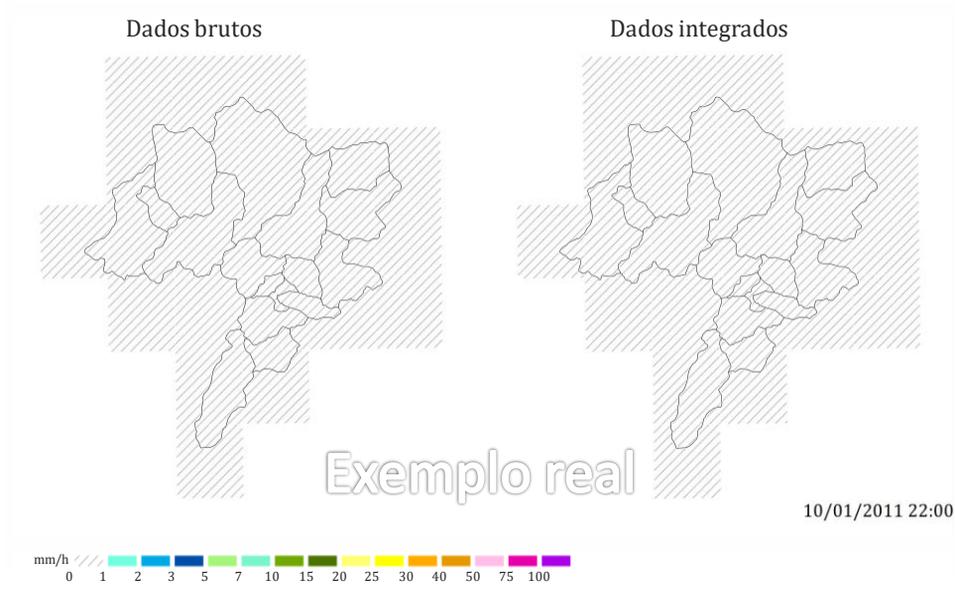
Área de abrangência (raio de 240 km)

11

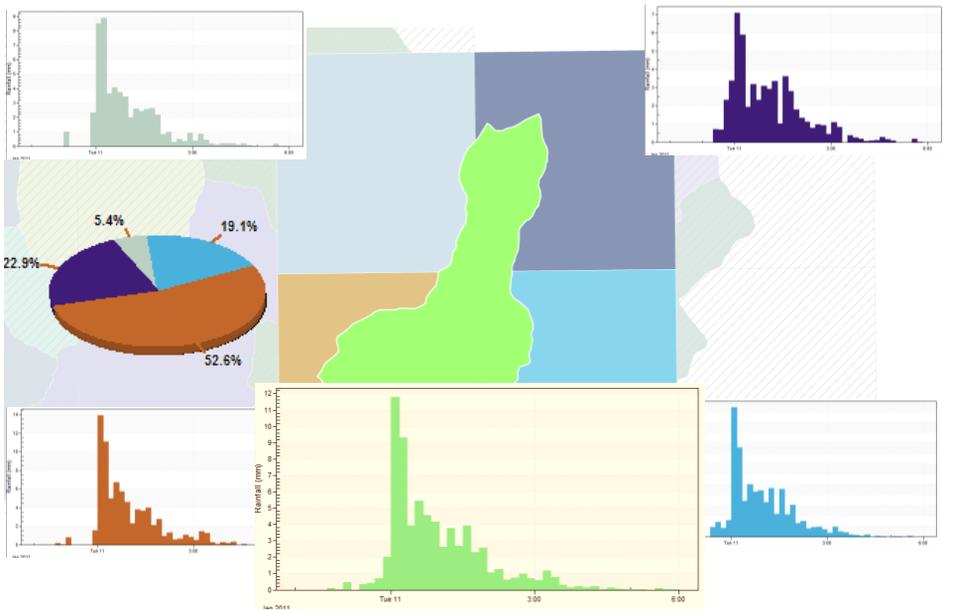


## Radare Meteorológico SAISP

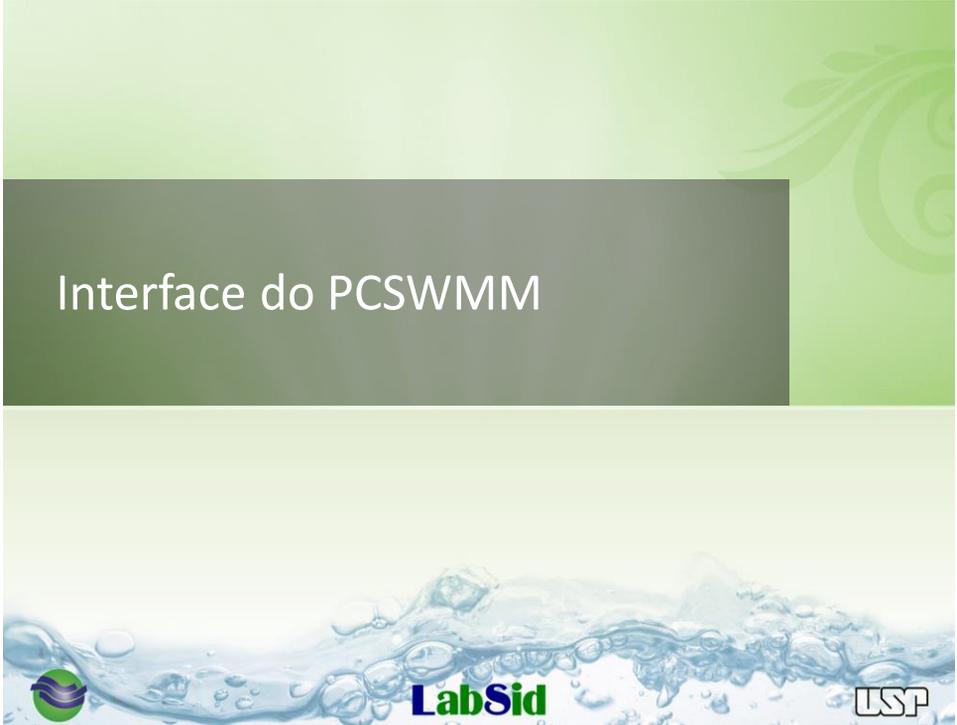
Integração com os postos pluviométricos



**Radar Meteorológico SAISP**  
Integração com os postos pluviométricos



**Distribuição espacial da chuva**



## Interface geral

**Barra de seleção de painéis**

PCSWMM 2013 Professional 2D -- CB\_teste calibração

**Menu Project**

- Simulation Options
- Climatology
- Rain Gages
- Aquifers
- Show Pads
- Unit Hydrographs
- Control
- Transects
- Control rules
- Pollutants
- Land Uses
- Curves
- Time Series
- Time Patterns

**Menu Layers**

- Layers
- Postos\_SASP
- Localizacoes
- Storages
- Junctions
- Conduits
- Flood inundation
- Flood vulnerable
- CB\_integracao
- Outfalls
- Dividers
- Pumps
- Orifices
- Weirs
- Outlets
- CB\_Hidrografia
- Contorno\_achados
- Subcatchments
- PI\_Contorno\_bacia
- PI\_Contorno
- NO\_Contorno
- Down-Street Maps

**PAINEL CENTRAL**

**Painel de atributos**

Subcatchment: CB\_05

Attributes	
Name	CB_05
X Coordinate	130396.7261130
Y Coordinate	7405998.521137
Description	Blepo
Tag	
Rain Gage	CB_05
Outlet	0.9501
Area (ha)	377.723
Width (m)	1472.794
Flow Length (m)	2562.929
Slope (%)	30.023815155
Inflow (%)	22.8573
N Inflow	0.0617087
N Flow	0.460207
Outlet Inflow (mm)	1.19057
Outlet Flow (mm)	5.83282
Zone Inflow (%)	25
Subarea Flooding	OUTLET
Percent Flooding (%)	100
Curb Length	0
Show Pads	0
LED Control	NO
Groundwater	
Infiltration - Curve_number	
Curve Time (days)	1
Conductivity (mm/h)	0.5
Curve number	65
Results	
Precipitation (mm)	51.81
Flow (mm)	0
Evaporation (mm)	10.45
Infiltration (mm)	32.73
Runoff Depth (mm)	8.53
Runoff Volume (ML)	32.46
Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	2.76
Name	
Unassigned name of subcatchment.	

# Tabelas

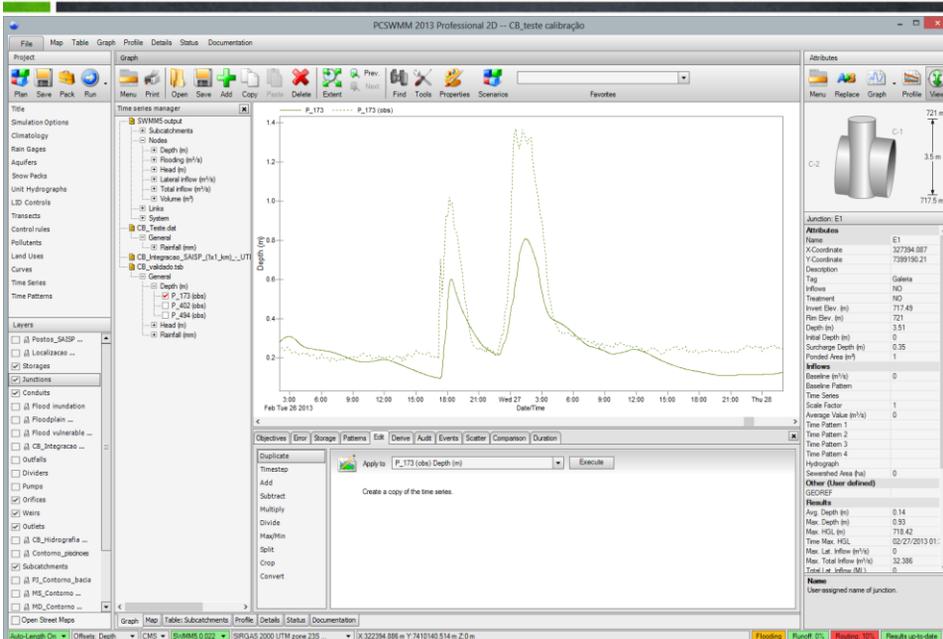
PCSWMM 2013 Professional 2D -- CB\_teste calibração

Name	X.Coordinate	Y.Coordinate	Description	Tag	Ran. Gauge	Outlet	Area (sq. ft)	Width (ft)	Flow Length (ft)	Slope (%)	Invert (ft)	N. Invert	N. Parv.
CB_01	326833.45419032	7407363.01471859	Carrirete Montante	CB_01	J_0201	411.099	1967.668	2059.27	36.6794210327	7.094	0.0765735	0.639497	
CB_02	325407.89070803	7405710.13189952	Conduto. Carrirete Jusante	CB_02	J_0301	474.502	2141.197	2216.06	26.4230764296	67.0189	0.0352605	0.172736	
CB_03	327410.492745624	7405500.65363463	Barragem	CB_03	J_0309	457.208	2565.759	1791.96	27.7225688826	65.9395	0.0430929	0.224066	
CB_04	329135.55959395	7407993.04807401	Ingaço	CB_04	J_0402	736.588	1923.633	3829.15	31.1981199804	4.89812	0.0766724	0.61825	
CB_05	330396.781181915	7405981.92127088	Bispo	CB_05	J_0601	377.223	1425.794	2942.929	30.8220191955	22.8973	0.0617087	0.409207	
CB_06	329719.523796747	7406828.30102902	Cabouço Montante	CB_06	J_1201	190.897	3370.293	1989.61	28.1312486668	80.7026	0.0191912	0.0364318	
CB_07	329137.201332482	7406831.68708838	Guaxú Montante	CB_07	P_ETA	483.185	1889.87	2556.71	32.7256126404	4.70775	0.070846	0.514796	
CB_08	331934.014456871	7404443.88747977	Guaxú Intermediário	CB_08	J_0901	267.25	1677.494	1593.15	19.577893066	67.3124	0.0343765	0.100513	
CB_09	330150.43189062	7404288.519252	Guaxú Jusante	CB_09	J_0906	159.685	933.612	1770.4	18.6907234192	89.9197	0.0159653	0.0306859	
CB_10	330294.57909126	7403493.14341165	Agua Preta Cabouço Intermediário	CB_10	E266-S	112.32	887.122	1295.319	15.2981957849	88.7995	0.0131917	0.0289177	
CB_11	329353.942025426	7402583.30386945	Cabouço Intermediário	CB_11	E171-S	324.094	1984.131	1633.76	16.1644448038	85.4947	0.0147058	0.0418117	
CB_12	329198.189391975	7403773.13022081	Cabouço Jusante	CB_12	E9-S	284.223	880.997	3208.152	12.6012792687	86.3862	0.0138816	0.0448816	

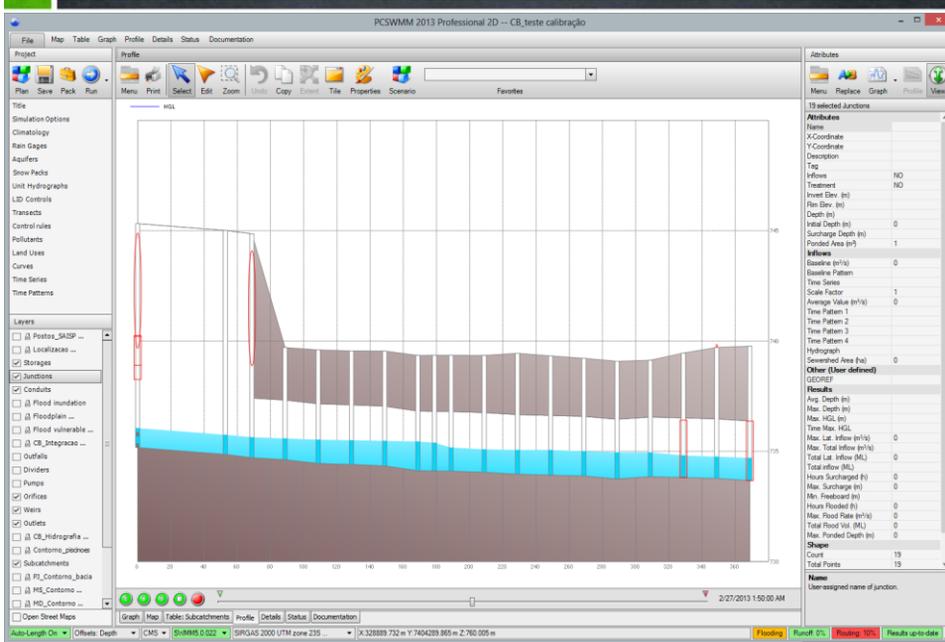
Attributes for subcatchment CB\_05:

- Name: CB\_05
- X.Coordinate: 330396.781181915
- Y.Coordinate: 7405981.92127088
- Description: Bispo
- Tag: CB\_05
- Ran. Gauge: J\_0601
- Area (sq. ft): 377.223
- Width (ft): 1425.794
- Flow Length (ft): 2942.929
- Slope (%): 30.8220191955
- Invert (ft): 22.8973
- N. Invert: 0.0617087
- N. Parv.: 0.409207
- N. Flow: 1.19037
- Date Invert (mm): 5.82082
- Zero Invert (ft): 0
- Subarea Flooding: OUTLET
- Percent Flooded (%): 100
- Curb Length: 0
- Snow Pack: 0
- LID Controls: 0
- Groundwater: NO
- Infiltration: Curve\_number
- Drying Time (days): 1
- Conductivity (mm-hr): 0.5
- Curve number: 62

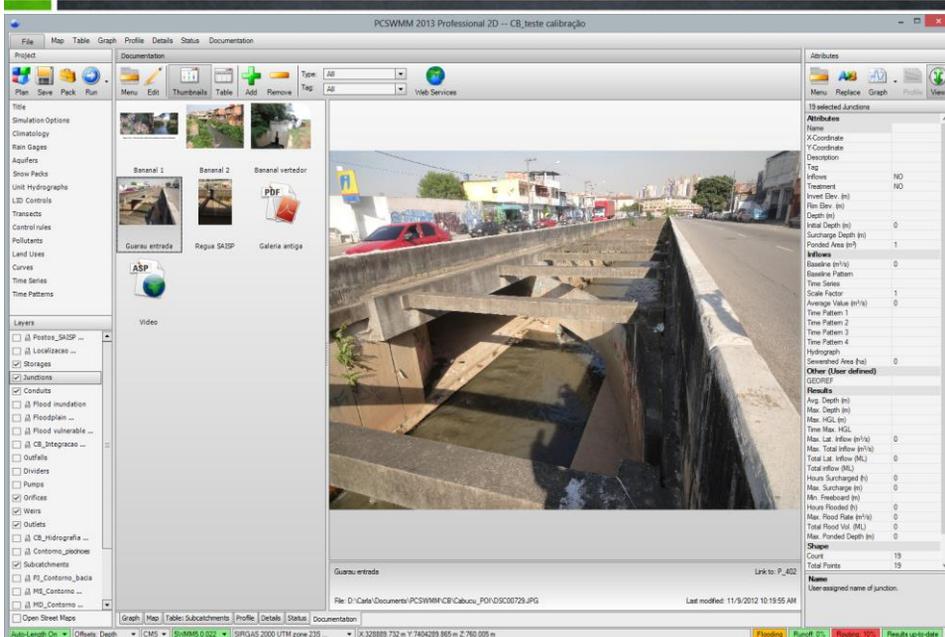
# Gráficos



# Perfil



# Documentação



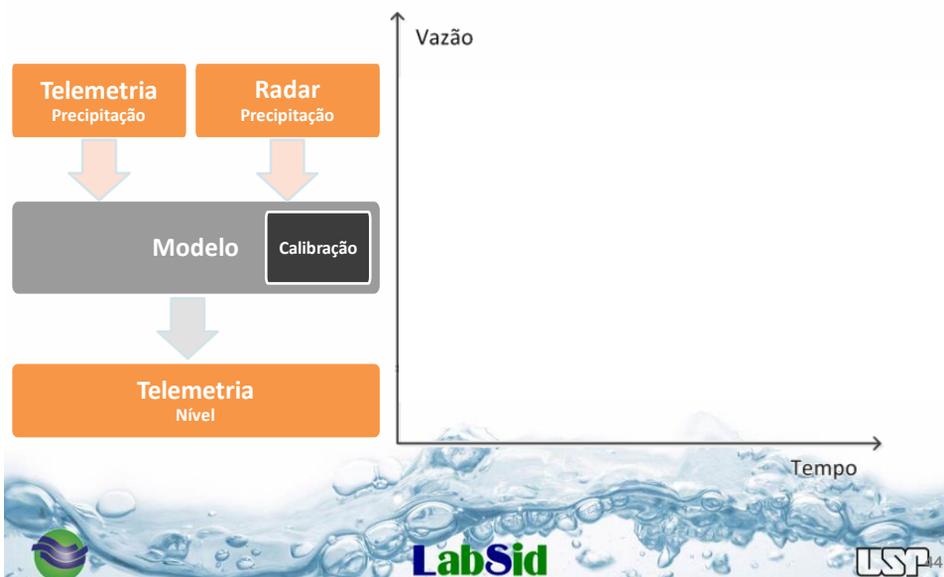
# Calibração



LabSid

USP

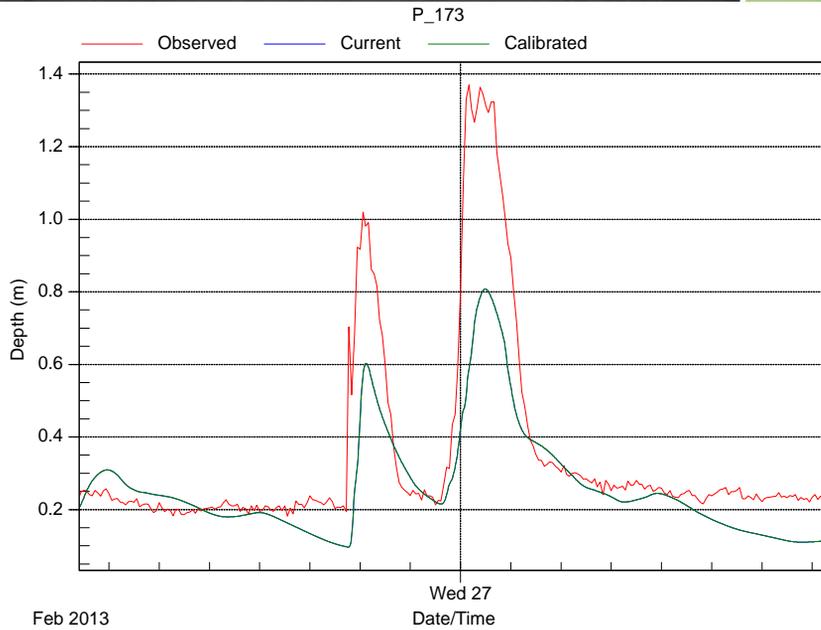
## Calibração do modelo



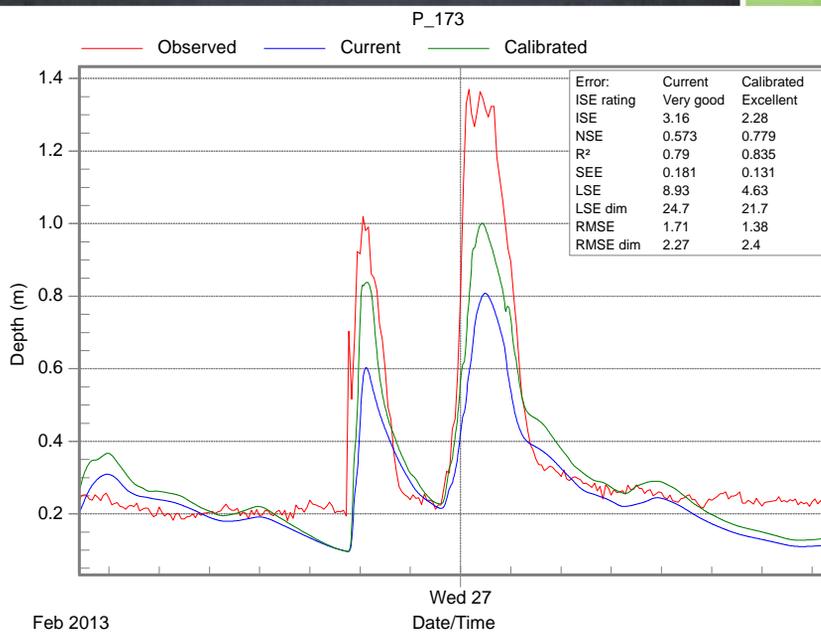
LabSid

USP

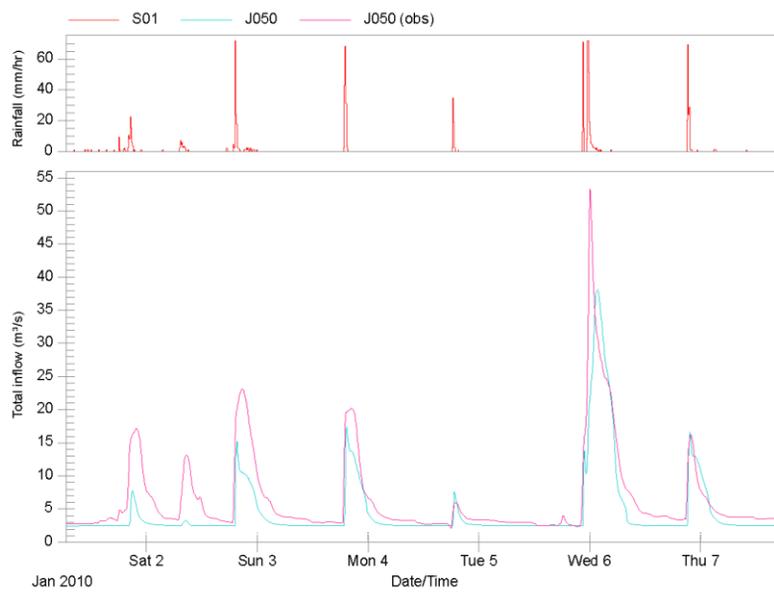
# Calibração



# Calibração



# Calibração

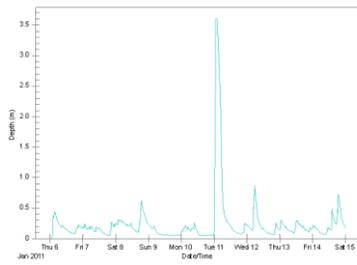


# Resultados



LabSid

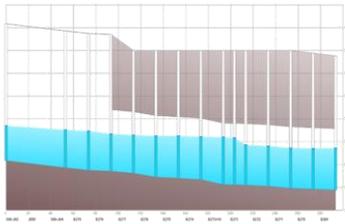
LSP



Gráficos



Mapas temáticos

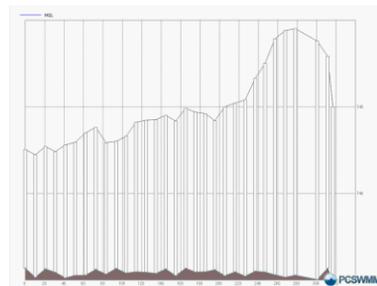


Perfis



Manchas

# Bacia Cabuçu de Baixo - RMSP



# Piscinão Guaraú - Cabuçu de Baixo

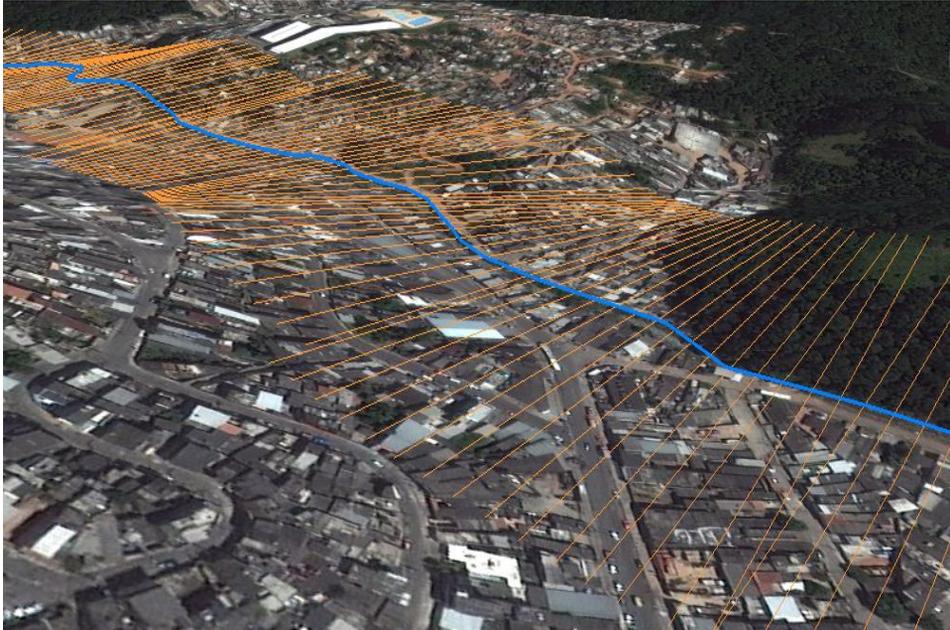


**Manchas de inundação**

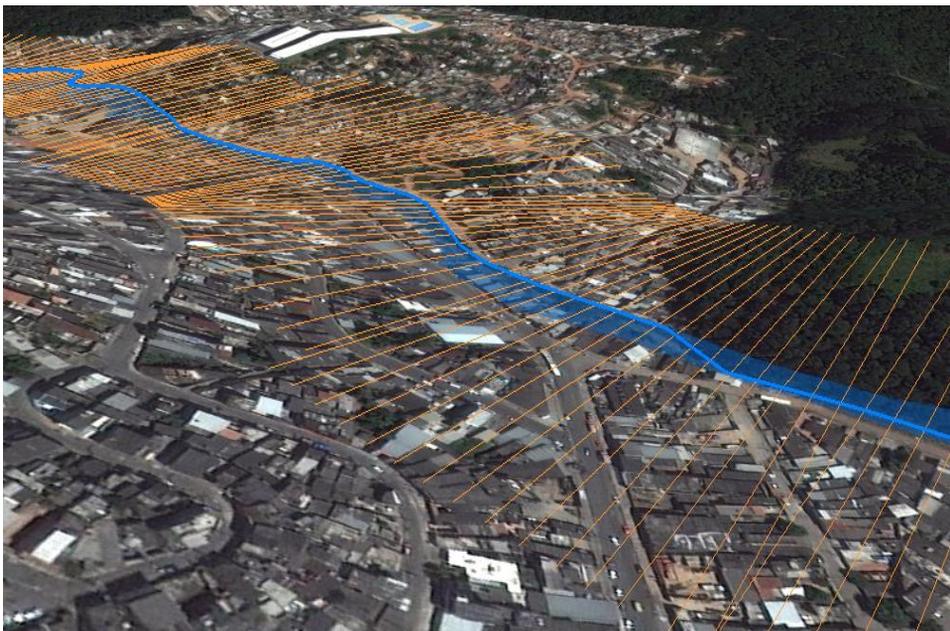


**Manchas de inundação**





**Manchas de inundação**



**Manchas de inundação**





**Manchas de inundação**



**Manchas de inundação**





**Manchas de inundação**



**Manchas de inundação**



## Identificação de Edificações Vulneráveis



LabSid

USP

### Identificação de edificações vulneráveis

- Camada contendo a localização de edificações vulneráveis e as cotas críticas
- Os polígonos são representados de acordo com o perigo de cheia
- Exemplos de instalações críticas de interesse: postos de saúde, escolas, estações de polícia ou bombeiro



LabSid

USP



Identificação de edificações vulneráveis



Identificação de edificações vulneráveis

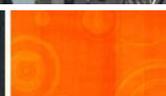




**Identificação de edificações vulneráveis**



**Identificação de edificações vulneráveis**





**Identificação de edificações vulneráveis**



**Identificação de edificações vulneráveis**

# Previsão em Tempo Real



LabSid

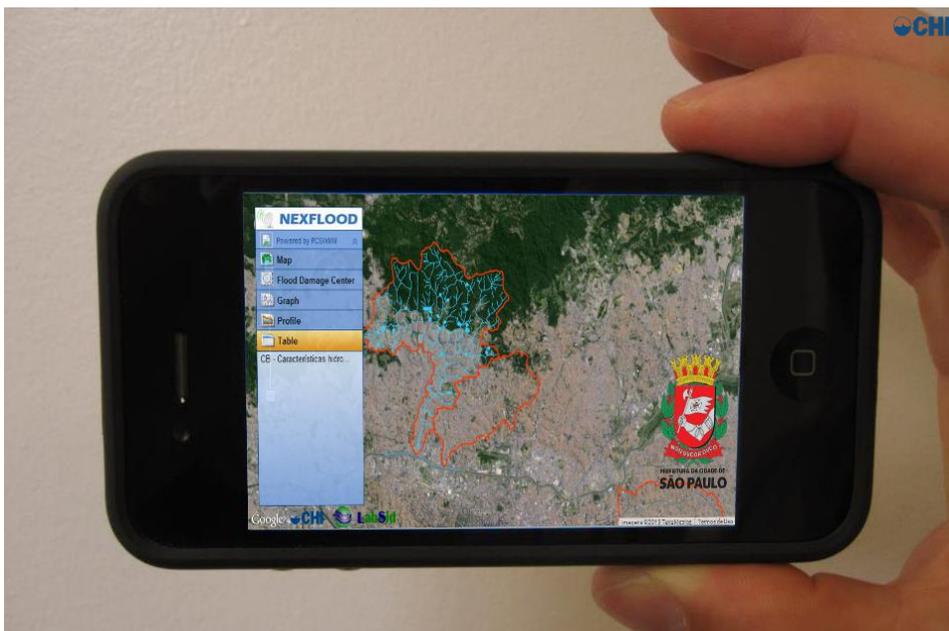
USP

# Previsão em Tempo Real



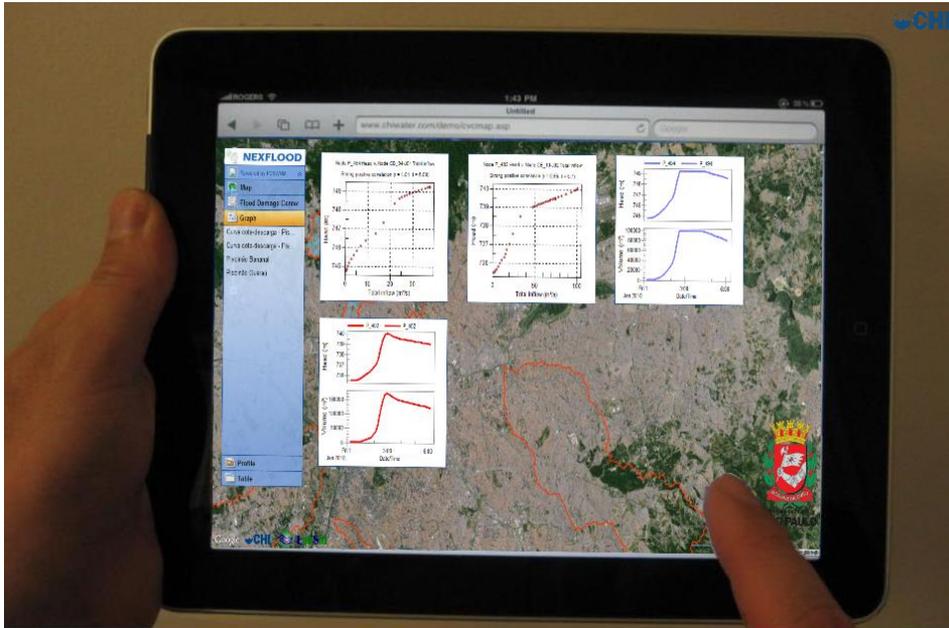


Desktops

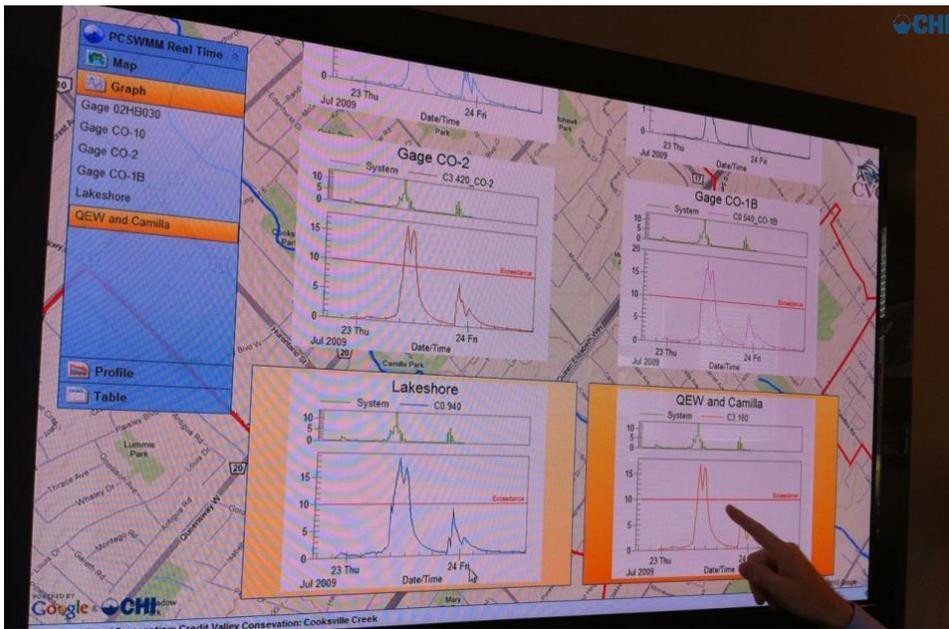


Smartphones





Tablets



Videowall

## Conclusões



LabSid

USP

## Qualidade da Análise

- Características hidrológicas das bacias
- Seções transversais dos canais
- Estruturas hidráulicas existentes
  - Reservatórios, vertedores, orifícios, pontes, galerias, soleiras, bueiros, rede, etc.
- Informações geográficas
  - Mapas
  - Modelo digital de terreno
- Dados telemétricos
  - Chuvas e níveis



LabSid

USP



Obrigado

[www.labsid.eng.br](http://www.labsid.eng.br)  
[cristiano@labsid.eng.br](mailto:cristiano@labsid.eng.br)  
[carla@labsid.eng.br](mailto:carla@labsid.eng.br)  
[joaquinbonne@usp.br](mailto:joaquinbonne@usp.br)



**LabSid**

**USP**