

Ministério da Educação

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia -

FAENG

# Gestão de Águas Urbanas

## Hidrologia Urbana em Campo Grande e PDDUr

Prof. Me. Enio Arriero Shinma

[enioas@gmail.com](mailto:enioas@gmail.com)

01/12/2014

# Conteúdo

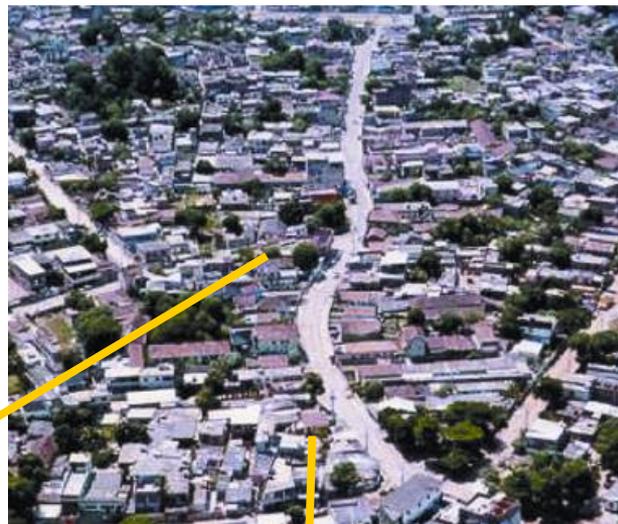
- Problemas na Drenagem Urbana
- Plano Diretor de Drenagem Urbana
- Modelagem como ferramenta de gestão
- Exemplo de Resposta de Simulação
- Monitoramento
- Exemplos de Controle

# **Problemas na Drenagem Urbana**

# Gestão fragmentada por trechos

- ❑ Obras realizadas por trecho sem avaliação dos impactos a montante e jusante;
- ❑ Gestão por *trechos* e não por *bacias*; condutos entupidos;
- ❑ Transferência e aumento dos problemas para jusante

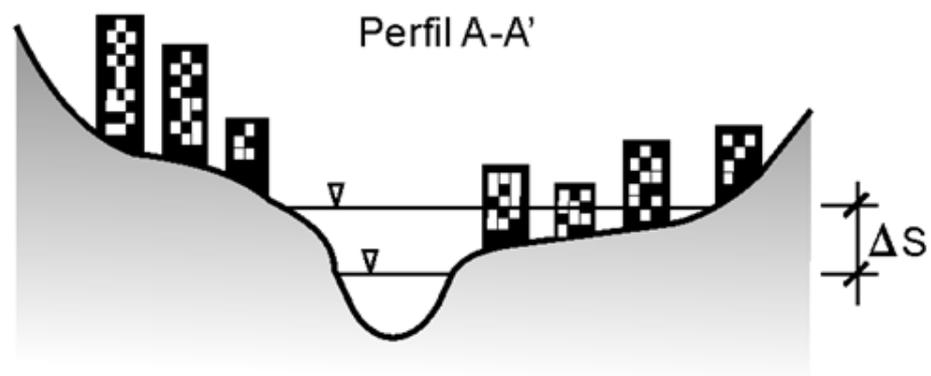
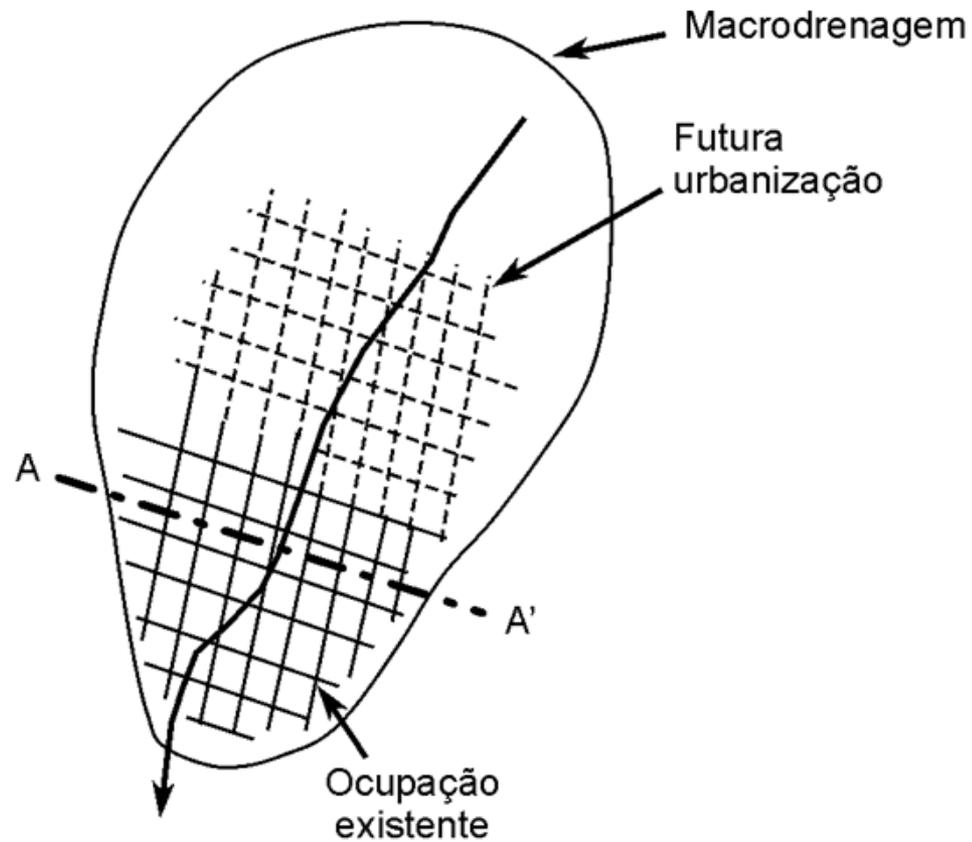
# Impermeabilização dos espaços



# Gestão fragmentada por trechos

## Aumento da Vazão

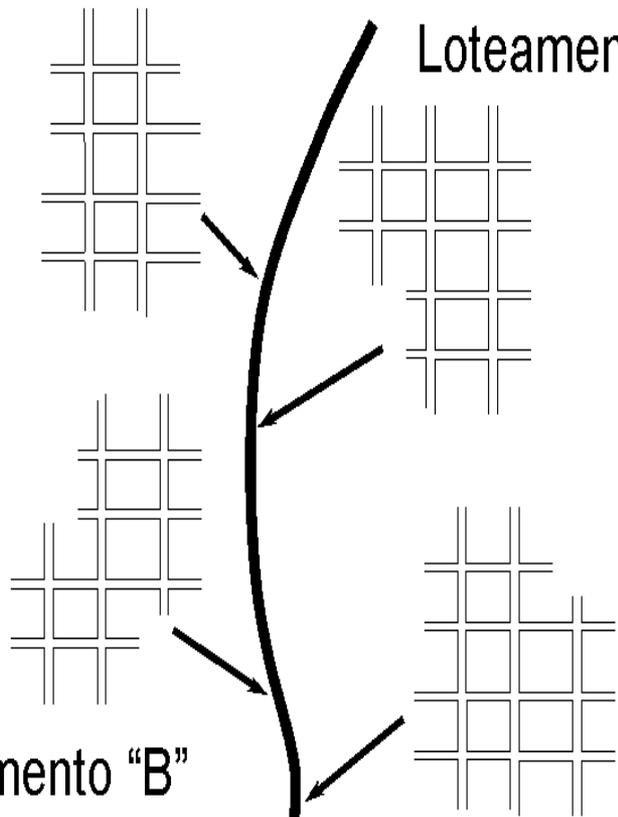
- O desenvolvimento ocorre de jusante para montante
- As áreas impermeáveis e os condutos aumentam a vazão de inundação
- A população de montante produz impacto para quem mora a jusante



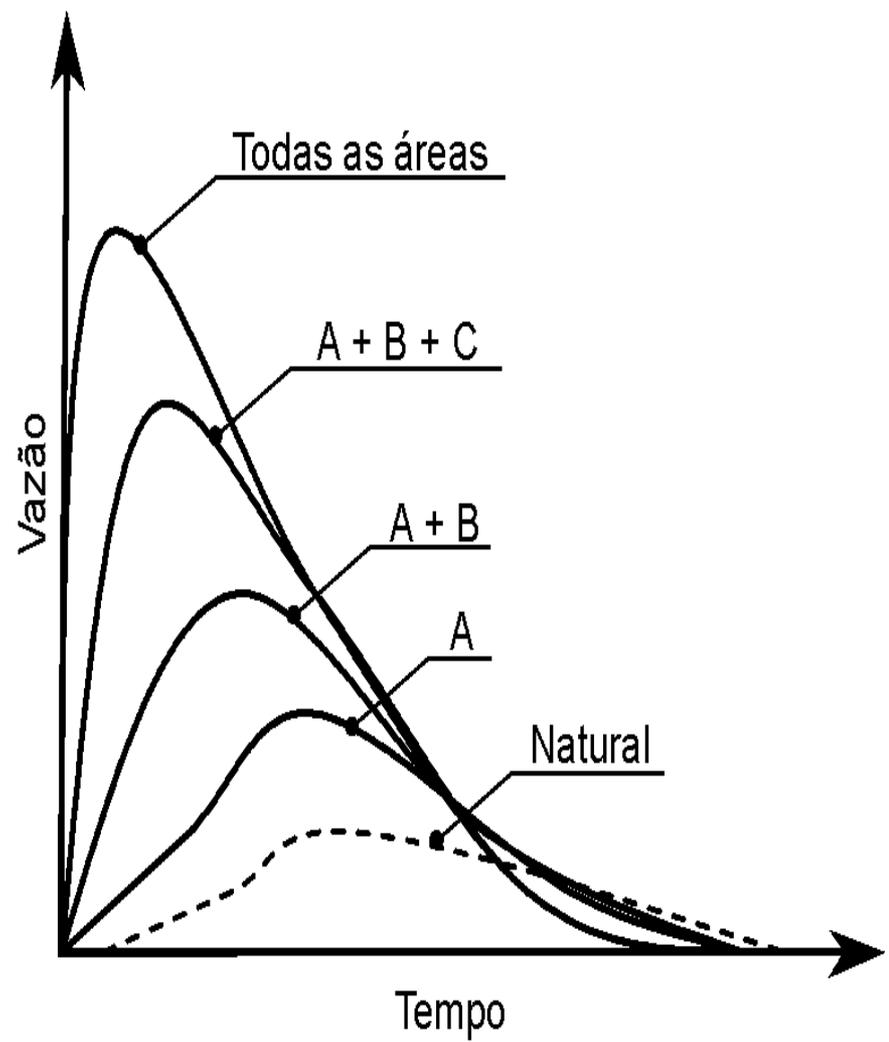
$\Delta S$  - Aumento do nível devido a urbanização a montante

Loteamento "D"

Loteamento "C"



Hidrograma no ponto "F"



# Erosão Urbana

- ❑ A impermeabilização, e canalização aceleram o escoamento, produzindo aumento de energia
- ❑ Solos frágeis sofrem erosões que produzem verdadeiros canyons urbanos
- ❑ Perda de área de uso pela população
- ❑ Problemas sérios em maiores declividades



# Canalização e fechamento de condutos

## Resultado

- ❑ o lixo obstrui os condutos;
- ❑ A manutenção quase não existe
- ❑ Cerca de 30% do volume de resíduos é retido nos condutos
- ❑ Com o tempo, a água não escoa mais pelos condutos, com inundações generalizadas
- ❑ *Alguns condutos entram em colapso devido a corrosão dos gases*



# Obstrução



# Impactos na Drenagem Urbana

- Aumento da vazão máxima, freqüência da inundação devido a impermeabilização e canalização;
- Aumento da carga de resíduos sólidos transportada pela drenagem;
- Aumento da carga de poluentes e redução da qualidade da água de jusante.
- Erosão urbana devido ao aceleração do escoamento
- Escorregamento de encostas devido a falta de drenagem e ocupações inadequadas.

# Princípios modernos e sustentáveis

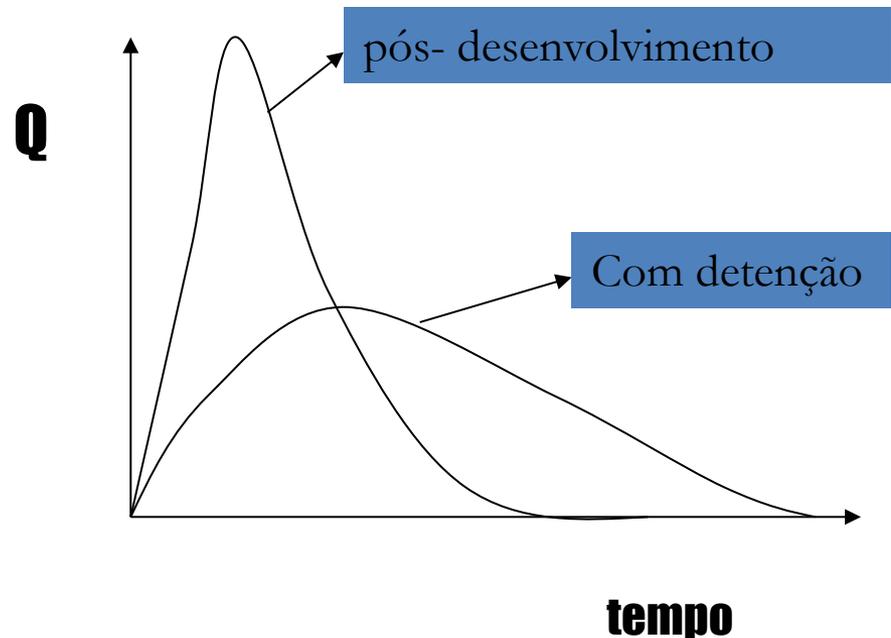
- ❑ Preservação dos mecanismos naturais de escoamento na implementação urbana: infiltração e conservação dos rios urbanos com implantação obedecendo a drenagem natural;
- ❑ O escoamento das condições naturais não pode ser ampliado;
- ❑ Gestão da bacia hidrográfica urbana;
- ❑ Tratamento do esgoto sanitário e da qualidade das águas pluviais (carga difusa).

# Uso de amortecimento urbano

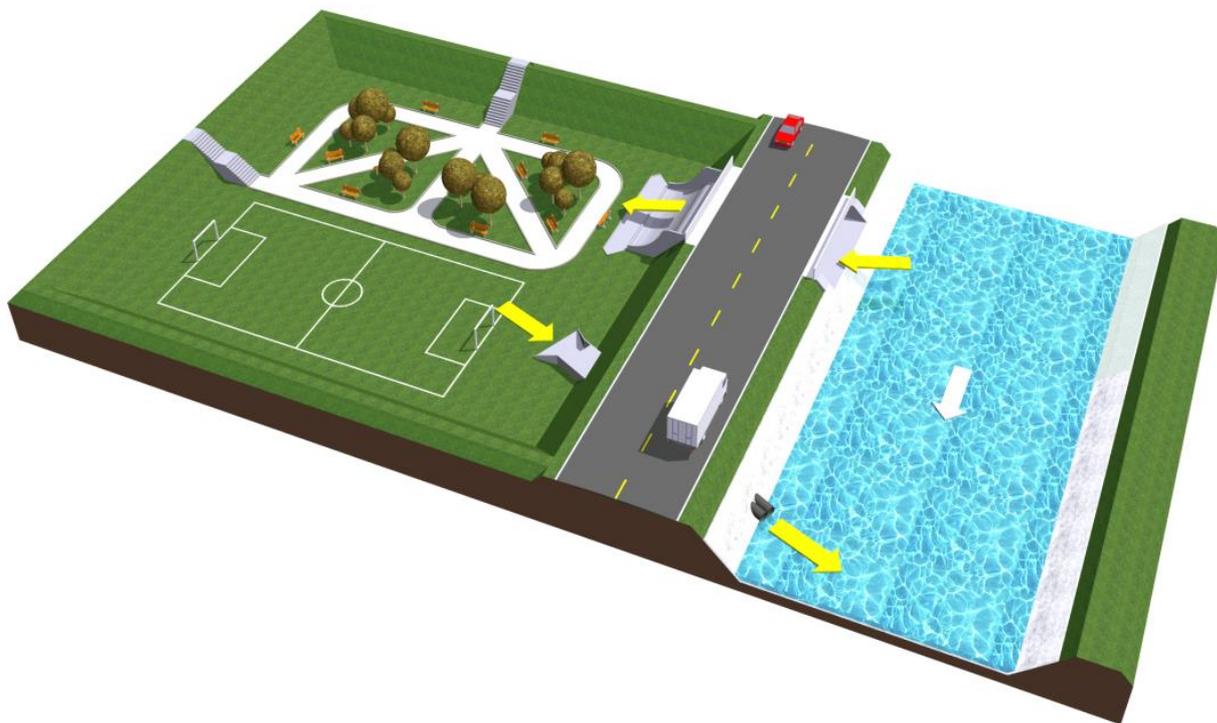
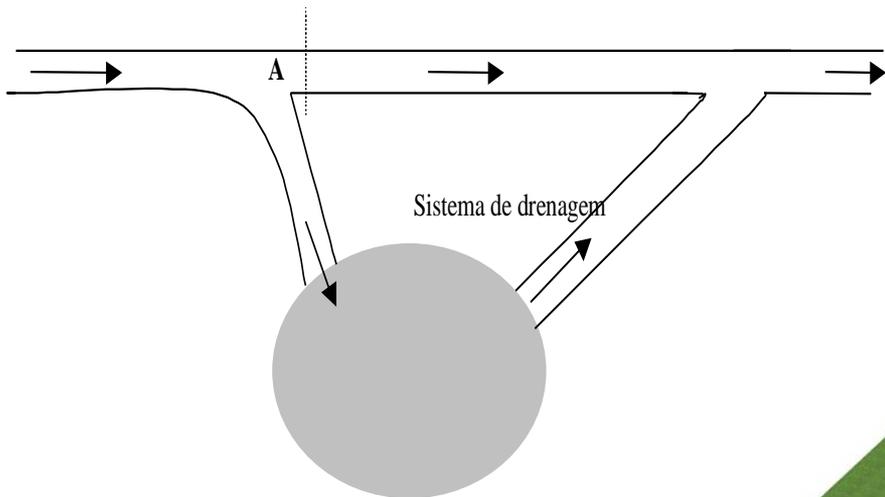
- Reduz a vazão máxima
- Concentra a limpeza de sólidos
- Melhora a qualidade da água
- Necessita eficiência na manutenção da drenagem
- Reduz o custo das obras de drenagem e controle das inundações

# Efeito da detenção no hidrograma

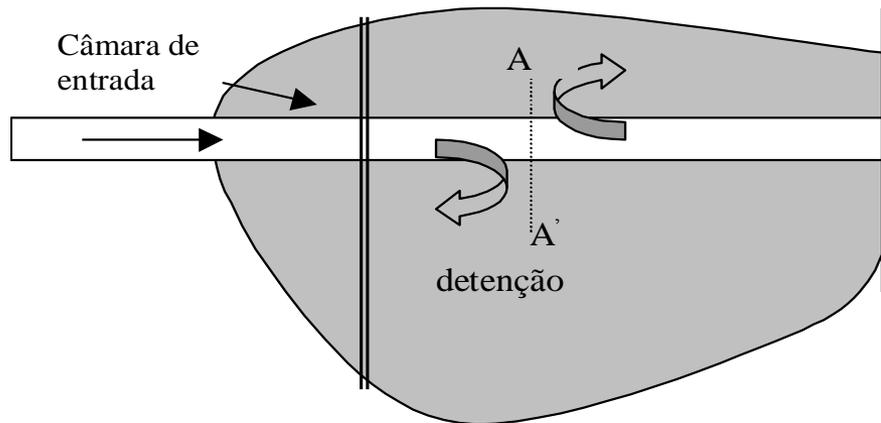
- Armazenam água por um período;
- Escoam lentamente
- Podem combinar com infiltração, mas o efeito principal é armazenamento;



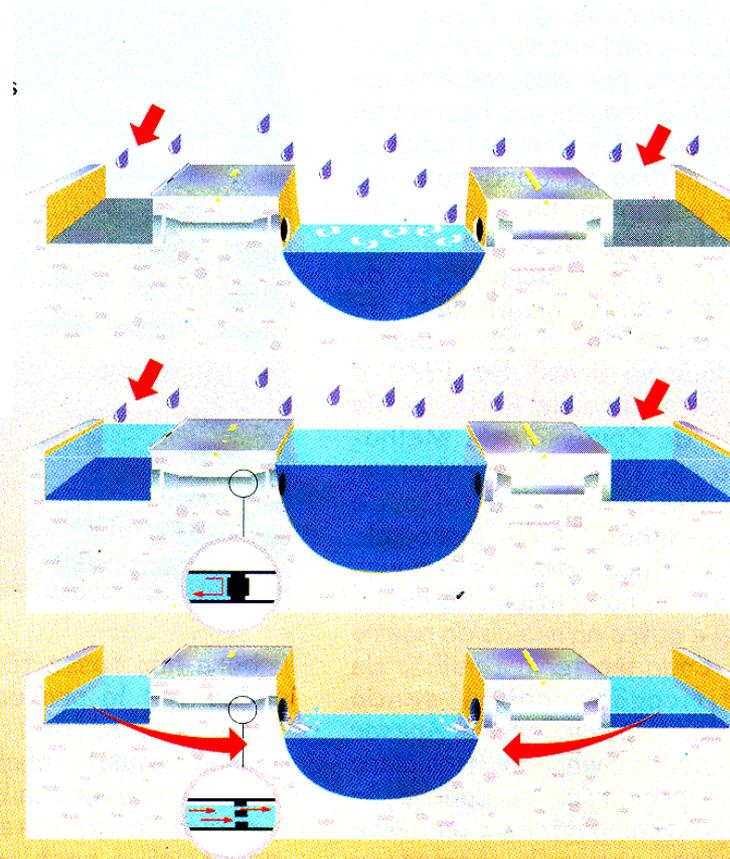
# Off-Line



# In-Line



Seção com capacidade limitada



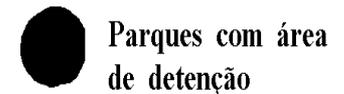
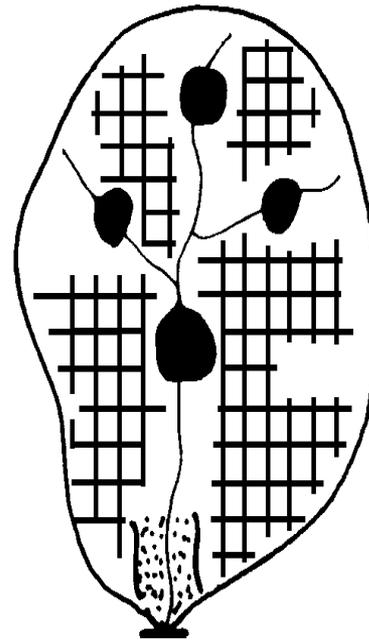
# Detenção subterrânea

- Uso da superfície;
- Pressão da comunidade local;
- Topografia que não permite saída por gravidade;
- Drenagem em cota inferior aos terrenos;
- Custo da ordem de 7 vezes a detenção aberta;
- Maior custo de operação



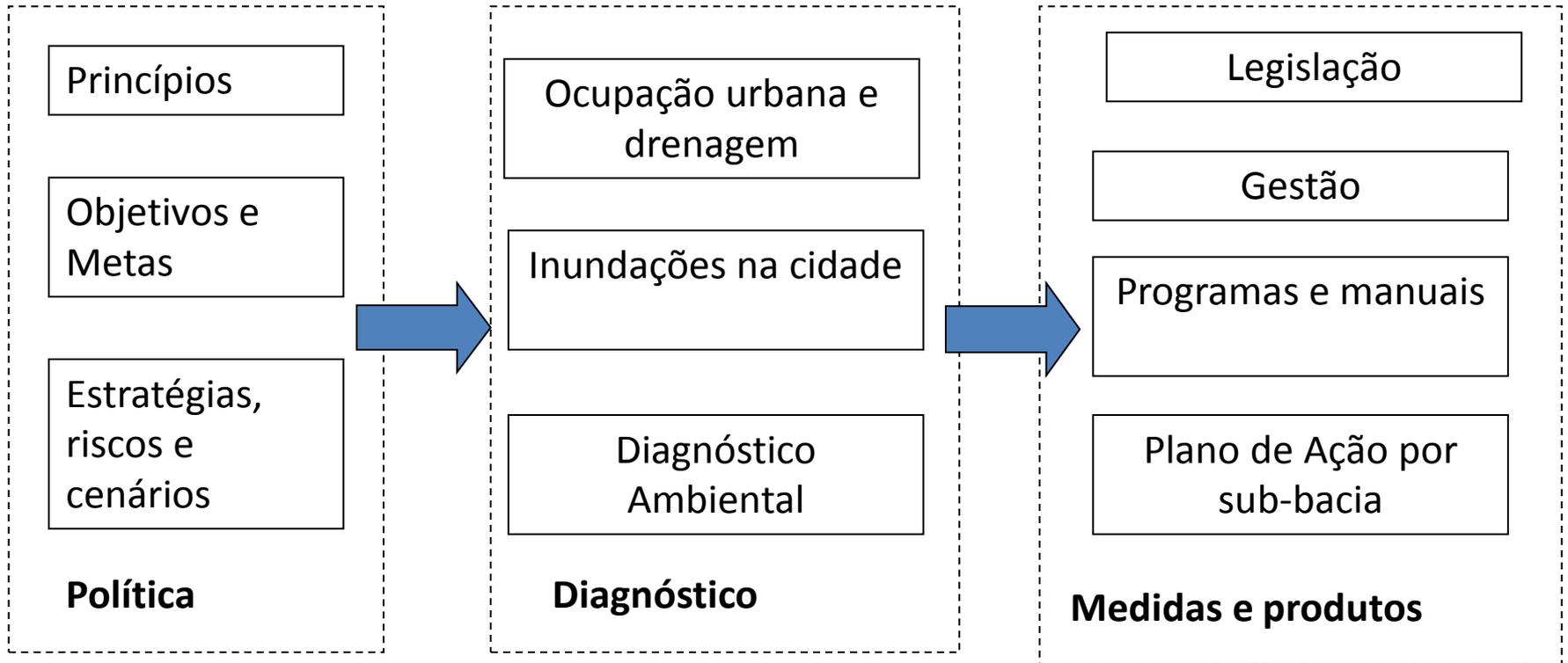
# Planejamento da expansão da macro-drenagem

- geralmente as áreas junto aos rios possuem espaço para parques;
- Planeje os parques, utilizando um parcela do mesmo para retenção ou detenção ( $\sim 2 - 3\%$  da área);
- É possível obter as áreas no desmembramento dos loteamento dentro das áreas públicas;
- É possível também legislar para que o desenvolvimento do parque seja do empreendedor

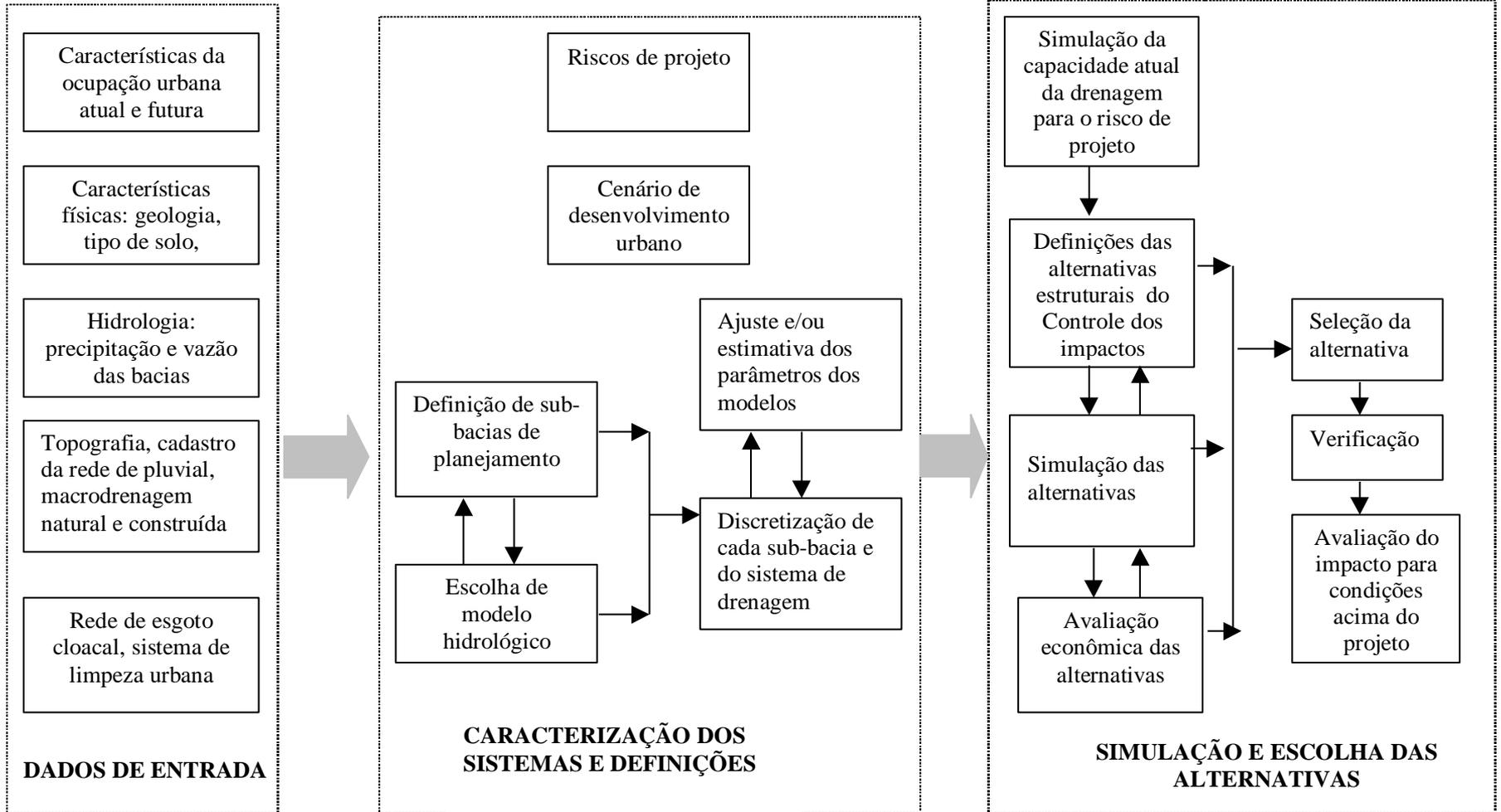


# **Plano Diretor de Drenagem**

# Estrutura do Plano de Drenagem



# Plano por bacia



Diagnóstico

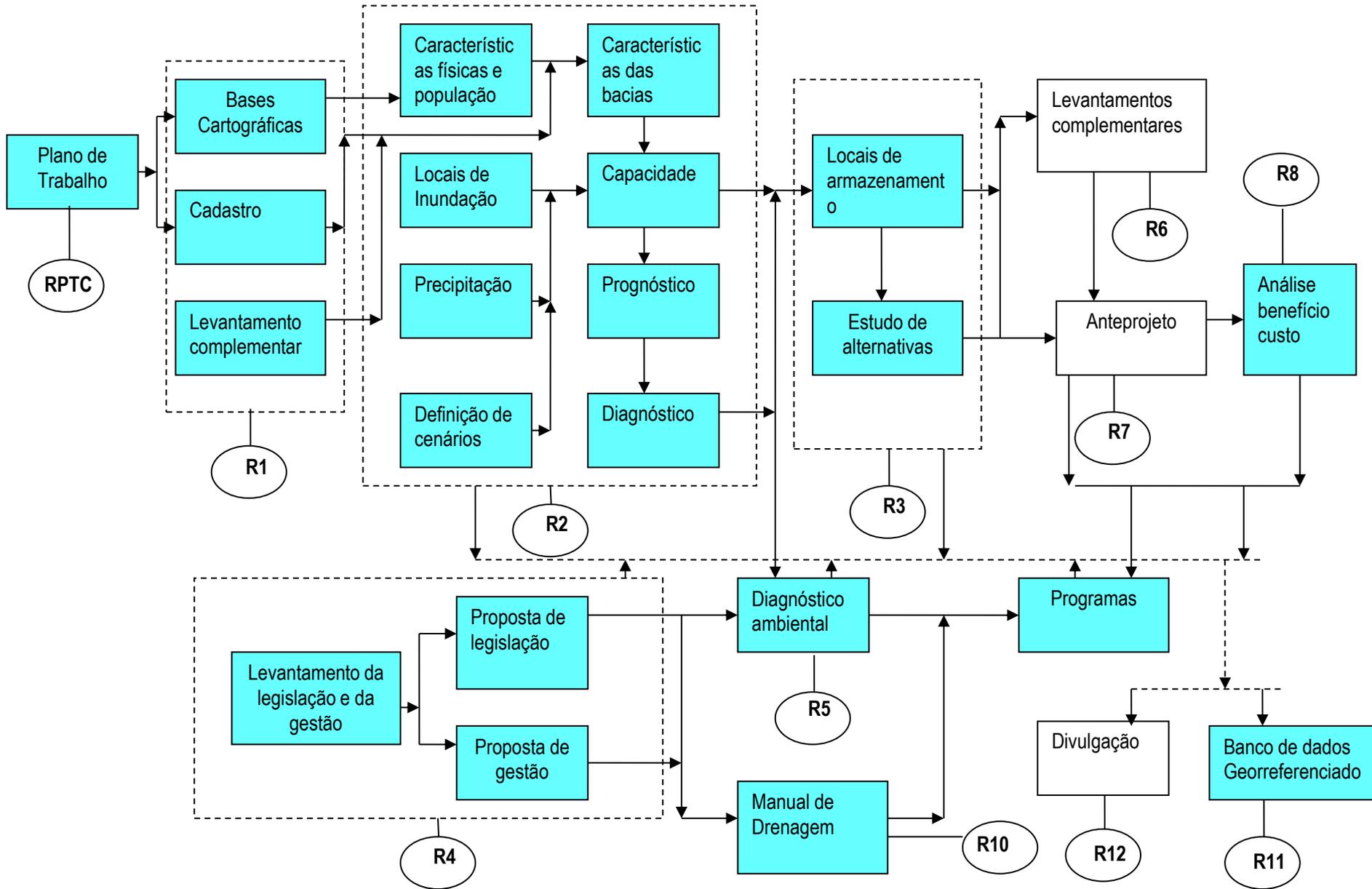
Metodologia

Estudo de alternativas

# Planos na cidade e interfaces

- ❑ A interface entre os diferentes componentes externos ao Plano de Águas Pluviais é essencial;
- ❑ O ideal é um Plano único com cada um dos componentes
- ❑ Para cidades maiores provavelmente são necessários planos independentes, mas com o componente de interface;
- ❑ Nas cidades menores poderá ser elaborado um único plano



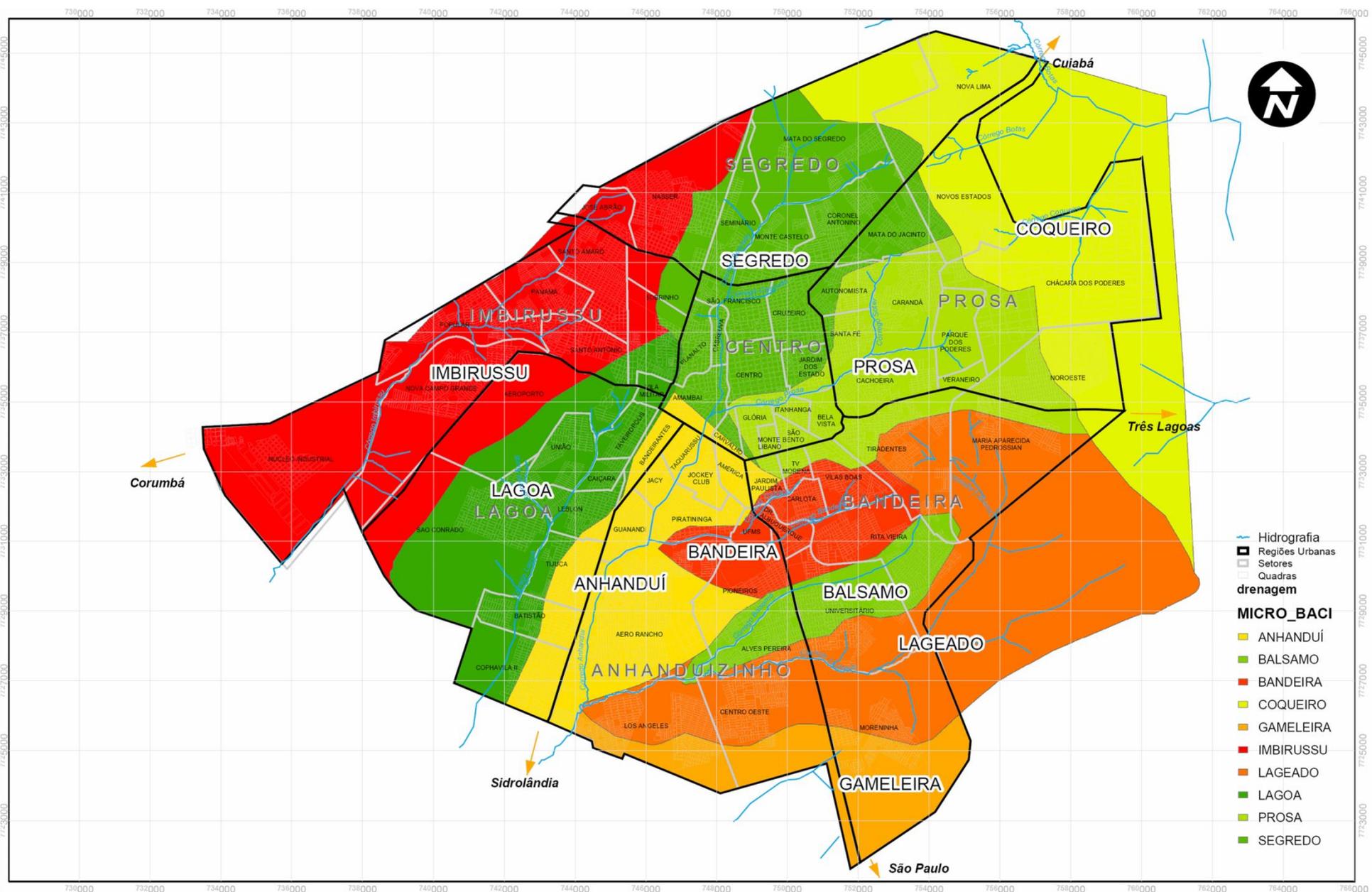


# Caracterização

- Foram realizados levantamentos em vários dos rios da cidade para permitir o diagnóstico da drenagem
- Na bacia do Prosa foram identificados e complementados os dados para o estudo de alternativas
- Levantamento das informações da cidade quanto a população, legislação, gestão, etc.

# Principais bacias de Campo Grande

Sub-bacia	Área de drenagem Km <sup>2</sup>	Comprimento Km
Segredo	47,82	10,25
Prosa	21,43	8,10
Anhanduí à jusante da confluência do Segredo e Prosa	79,25	10,25
Bandeira	16,13	7,40
Balsamo	13,01	8,75
Lajeado	77,12	17,60
Contribuição direta ao Anhanduí	30,76	11,35
Anhanduí	203,26	21,60



- Hidrografia
  - Regiões Urbanas
  - Setores
  - Quadras
- drenagem**
- MICRO\_BACI**
- ANHANDUÍ
  - BALSAMO
  - BANDEIRA
  - COQUEIRO
  - GAMELEIRA
  - IMBIRUSSU
  - LAGEADO
  - LAGOA
  - PROSA
  - SEGREDO

Corumbá

Cuiabá

COQUEIRO

IMBIRUSSU

LAGOA

ANHANDUÍ

Sidrolândia

São Paulo

Três Lagoas

SEGREDO

SEGREDO

CENTRO

PROSA

PROSA

PROSA

BANDEIRA

BALSAMO

LAGEADO

ANHANDUÍZINHO

GAMELEIRA

MATA DO SEGREDO

NOVA LIMA

NOVOS ESTADOS

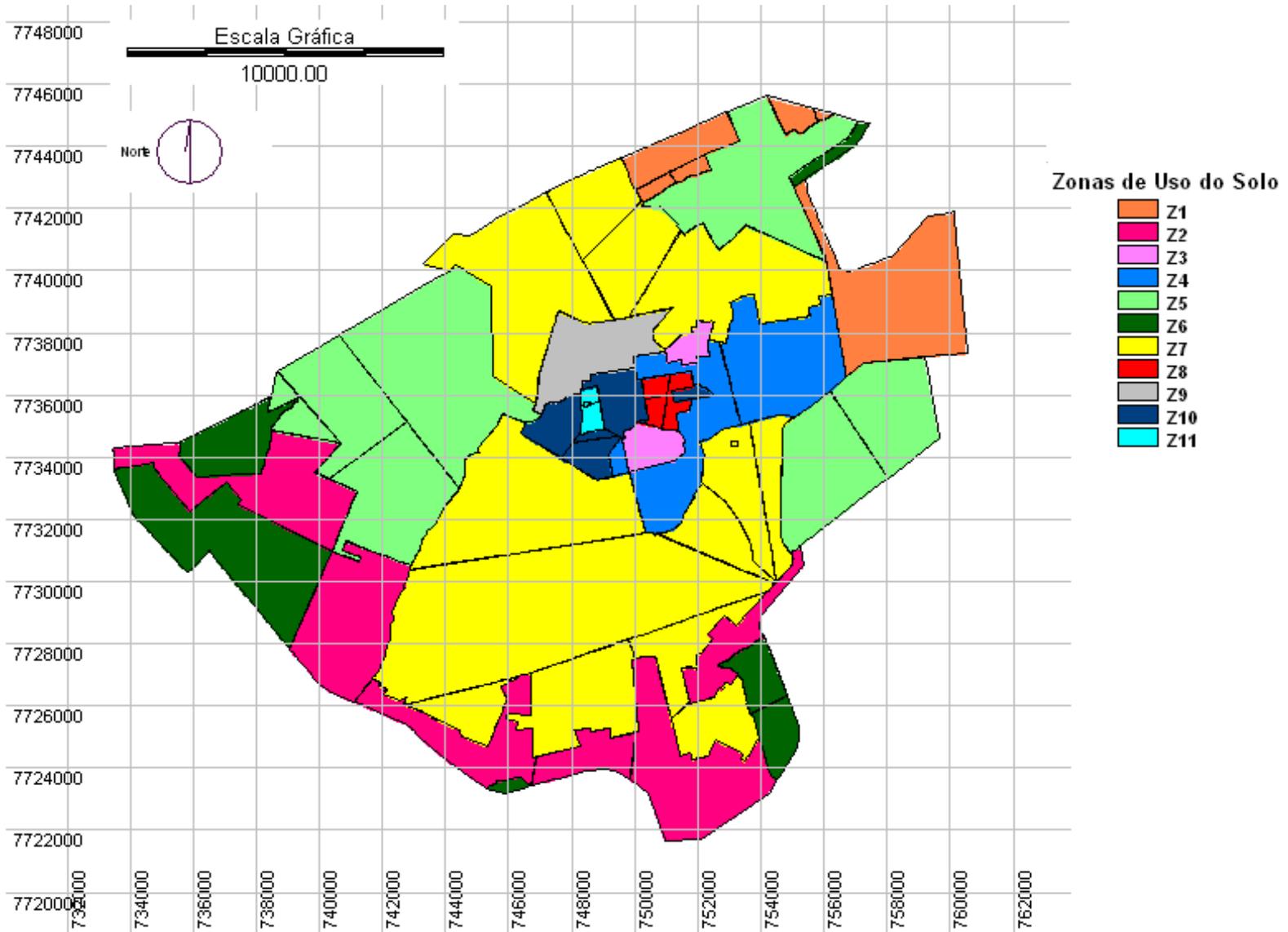
MATA DO JACINTO

CORONEL ANTONINI

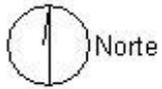
CHÁCARA DOS PODERES

NOVA AMARAL

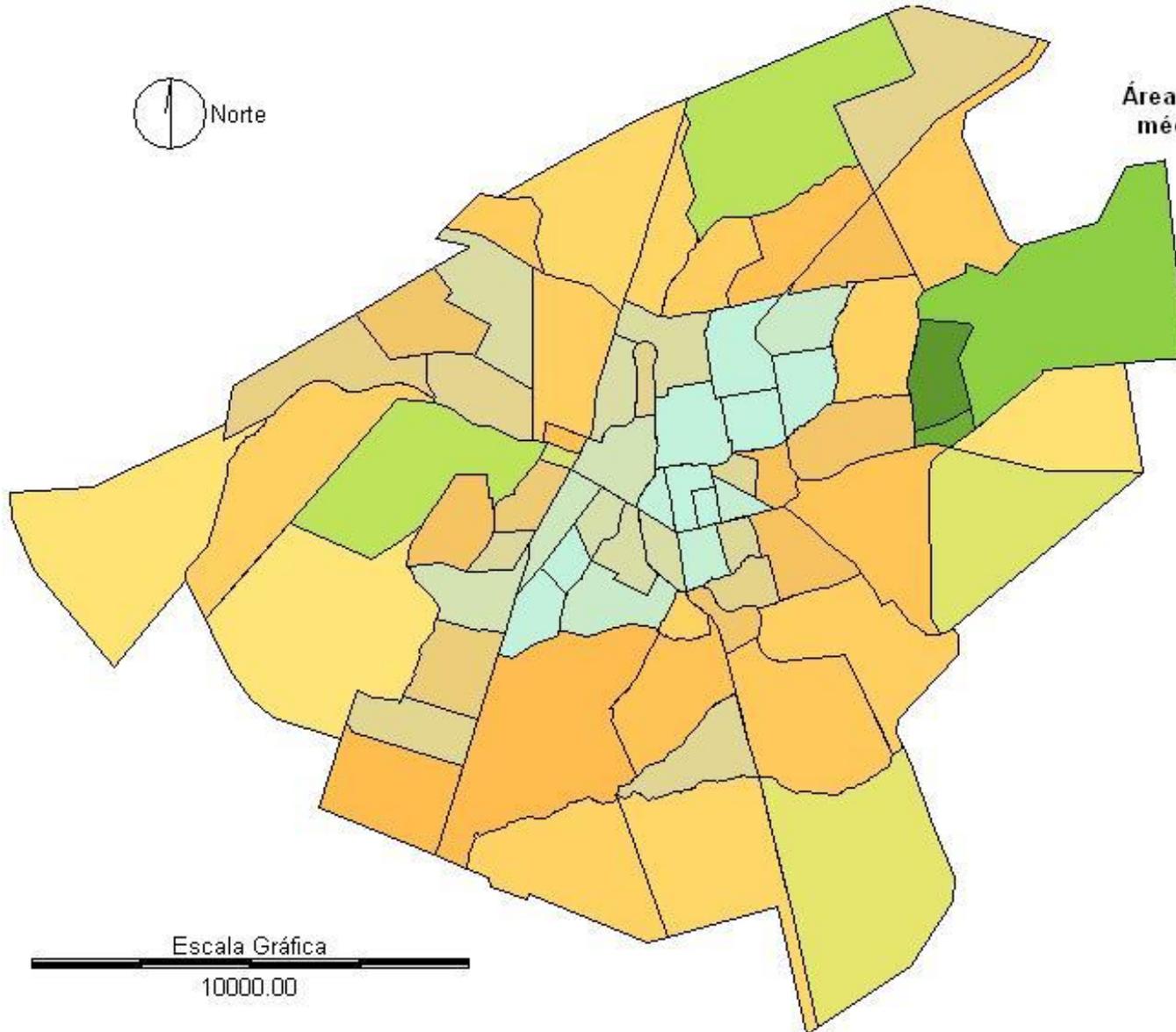
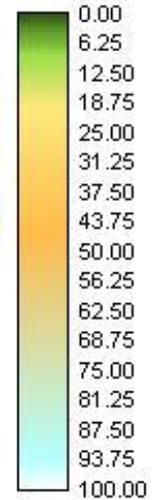
# Zonas de uso do solo



# Área impermeável



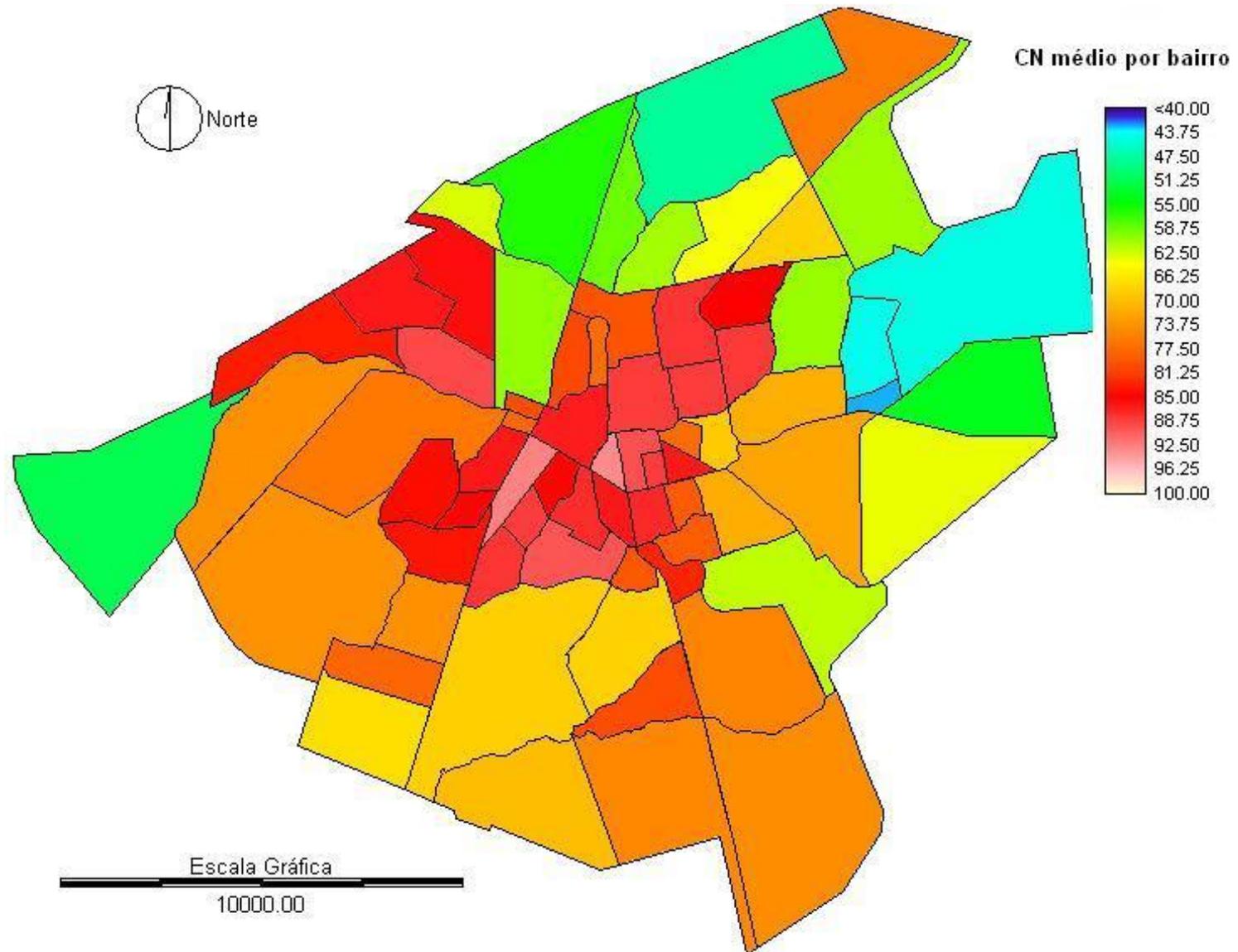
Área impermeável  
média/bairro(%)



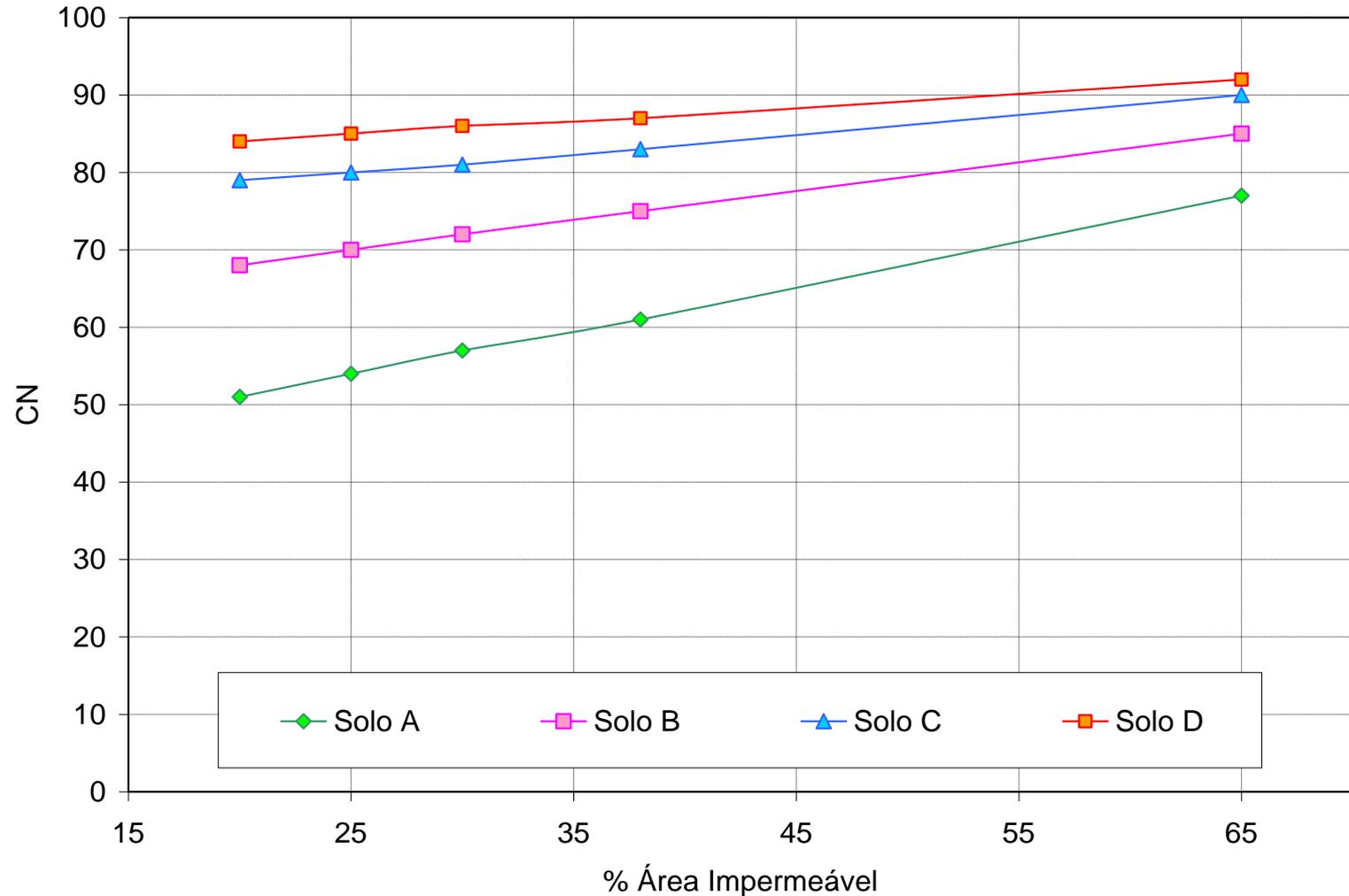
Escala Gráfica

10000.00

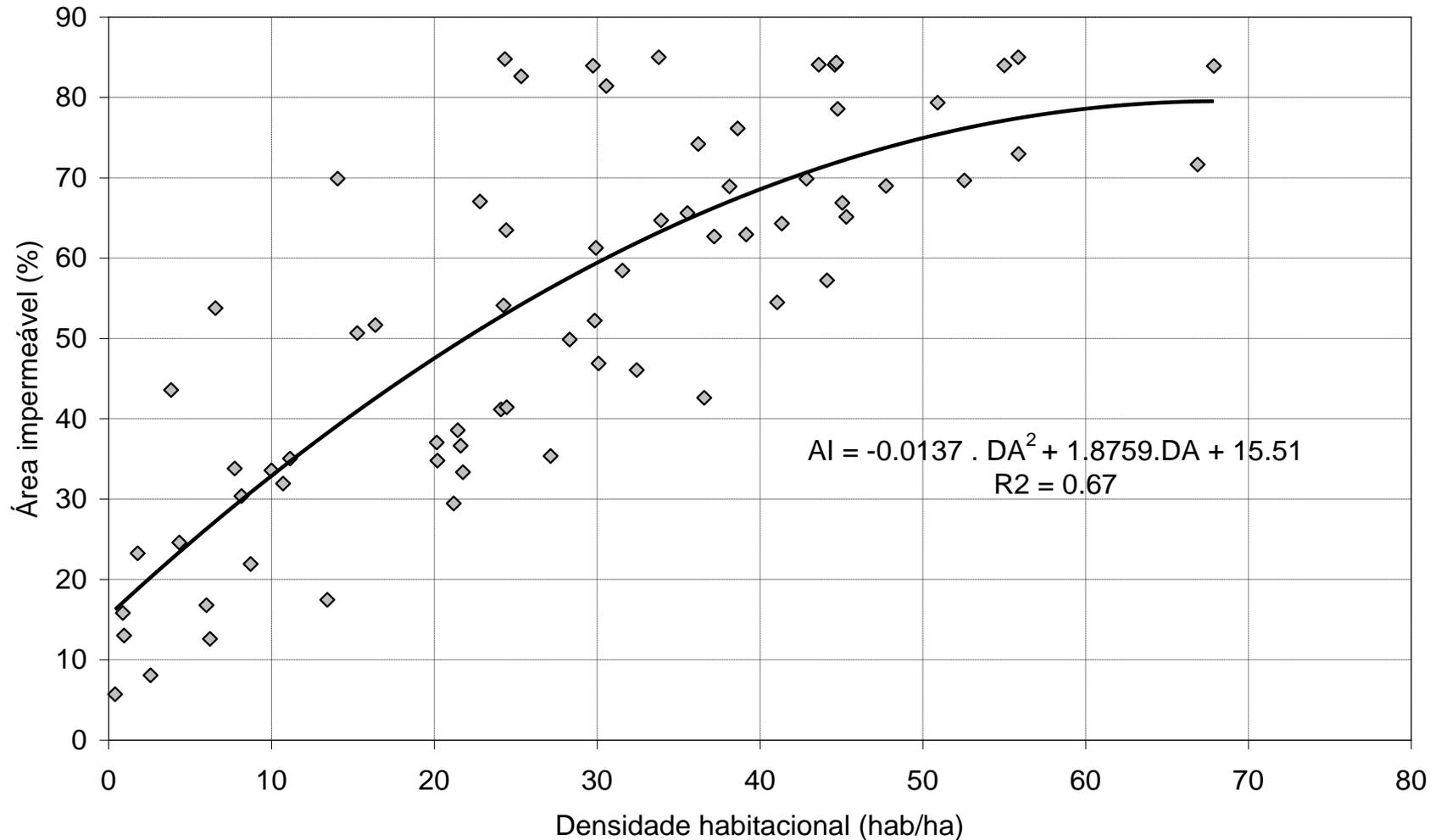
# CN por bacia



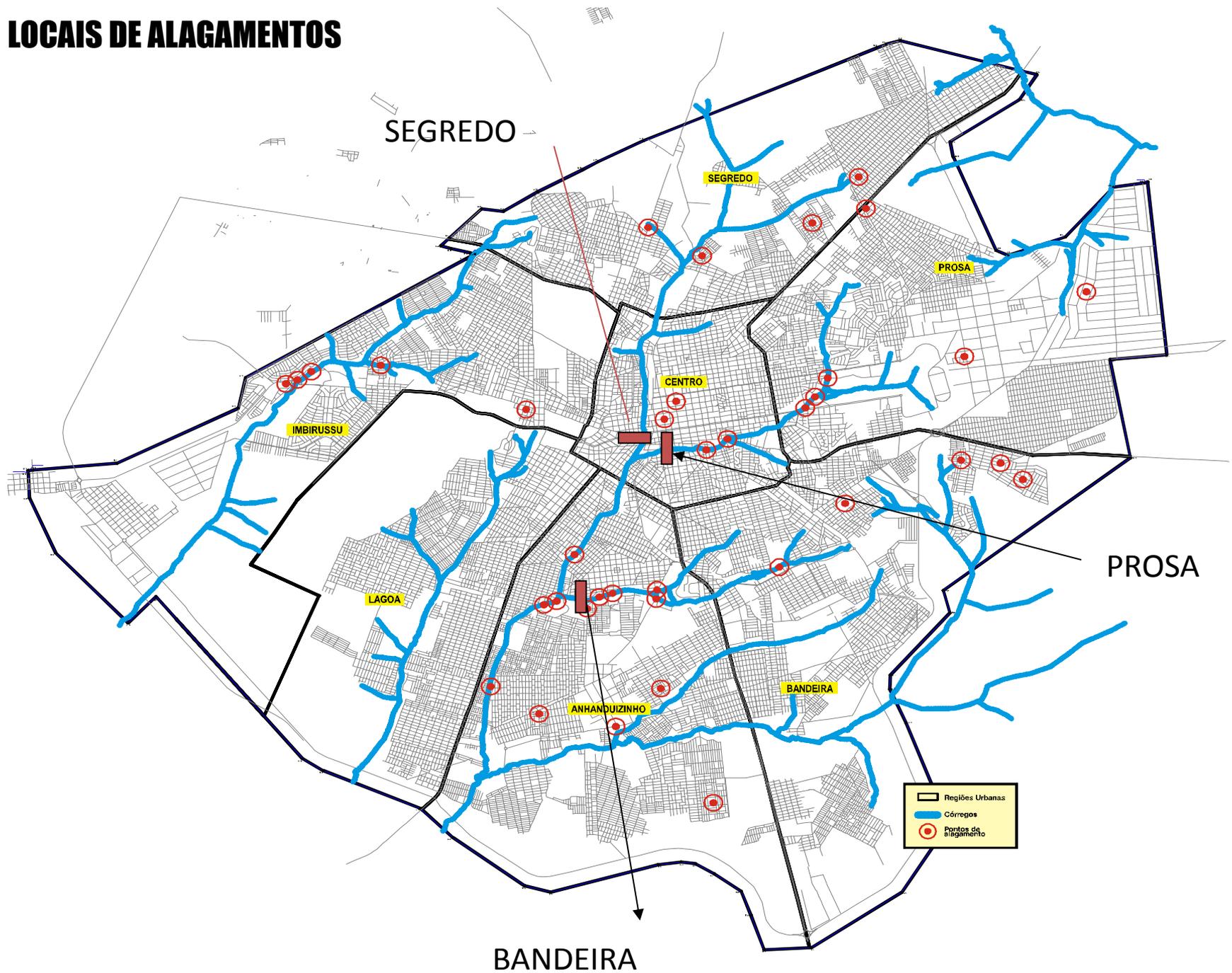
# CN parâmetro escoamento superficial



# Relação entre área impermeável e densidade habitacional



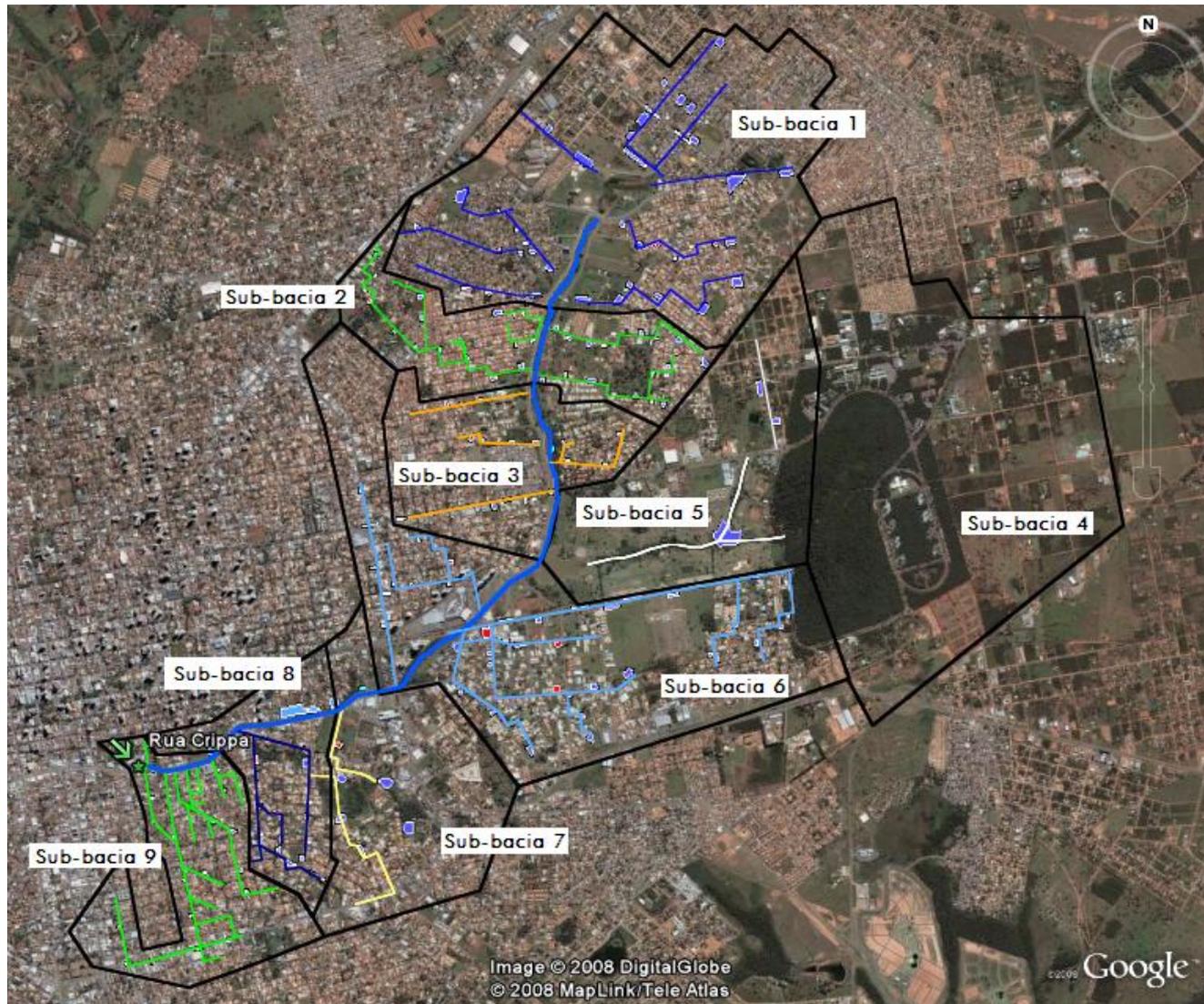
# LOCAIS DE ALAGAMENTOS



# Resumo das condições

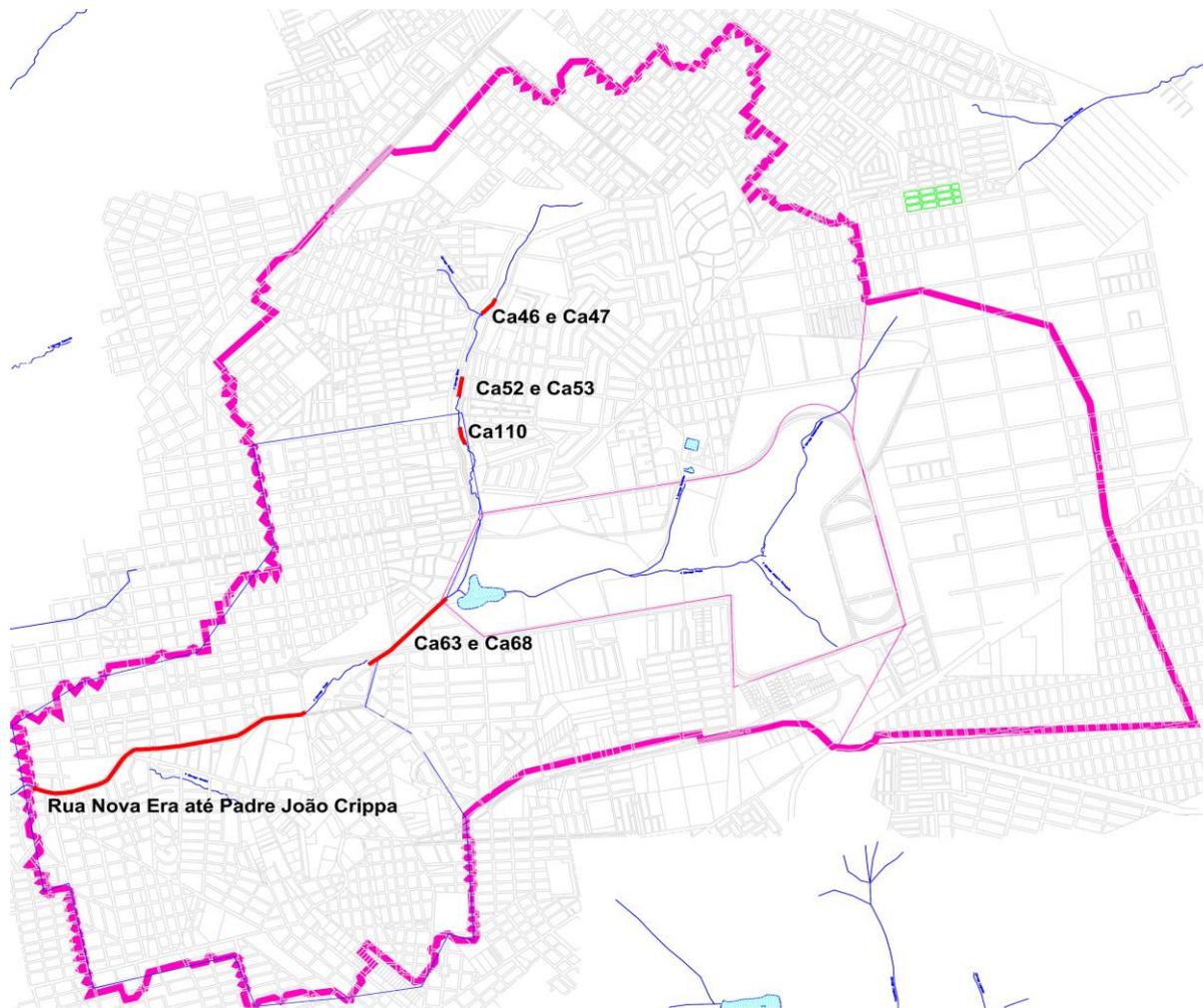
- Aumento da urbanização a montante com transferência de impactos para jusante em quase todas as sub-bacias
- Aceleração do escoamento que podem agravar o problema para jusante;
- Aumento das áreas impermeáveis dos empreendimentos sem controle de vazão;
- Uso de áreas de amortecimento.

# Bacia do Prosa e sub-bacias



# Alternativa I : ampliação de condutos

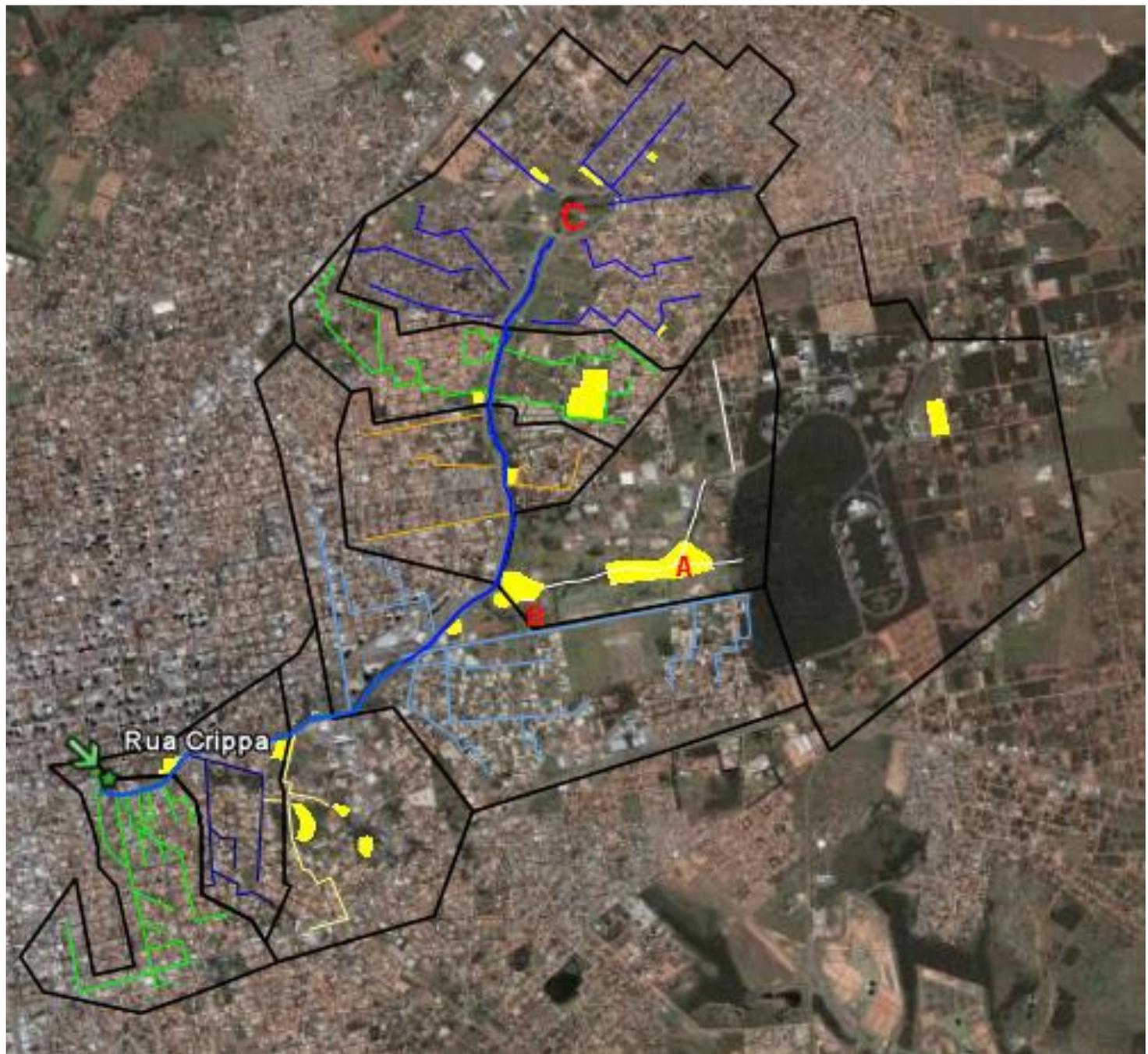
Custo: 58 milhões  
Sem considerar os custos de jusante  
(ex. novas pontes)



# Alternativa II – Amortecimento e condutos

- Identificação dos locais possíveis
- Seleção dos locais viáveis: Foram identificados vários locais nas sub-bacias e selecionados os que tinham condições de serem utilizados (11 locais)
- Otimização da solução mais econômica (restaram 6) com 0,5 milhões de m<sup>3</sup> e R\$ 42 milhões
- Representa cerca de 2 milhões/km<sup>2</sup>, abaixo do esperado.
- Neste custo não está o custo de correção de pontes.

Locais  
identificados

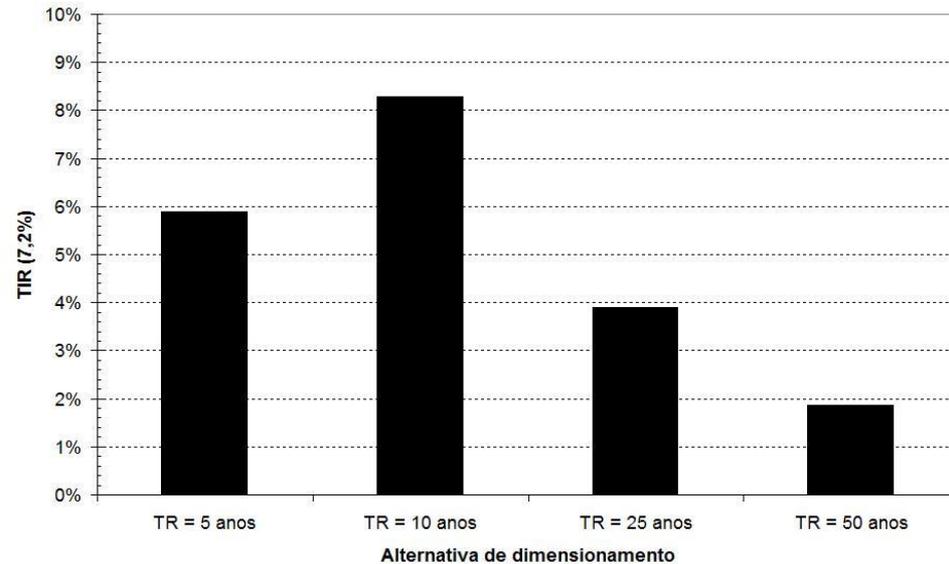


# Locais selecionados



# Análise Econômica do Risco

- O dano anual médio das inundações foi estimado em ~ 5 milhões
- Alternativa com melhor relação benefício – custo foi a de 10 anos de tempo de recorrência
- Representa da ordem de R\$ 500/propriedade

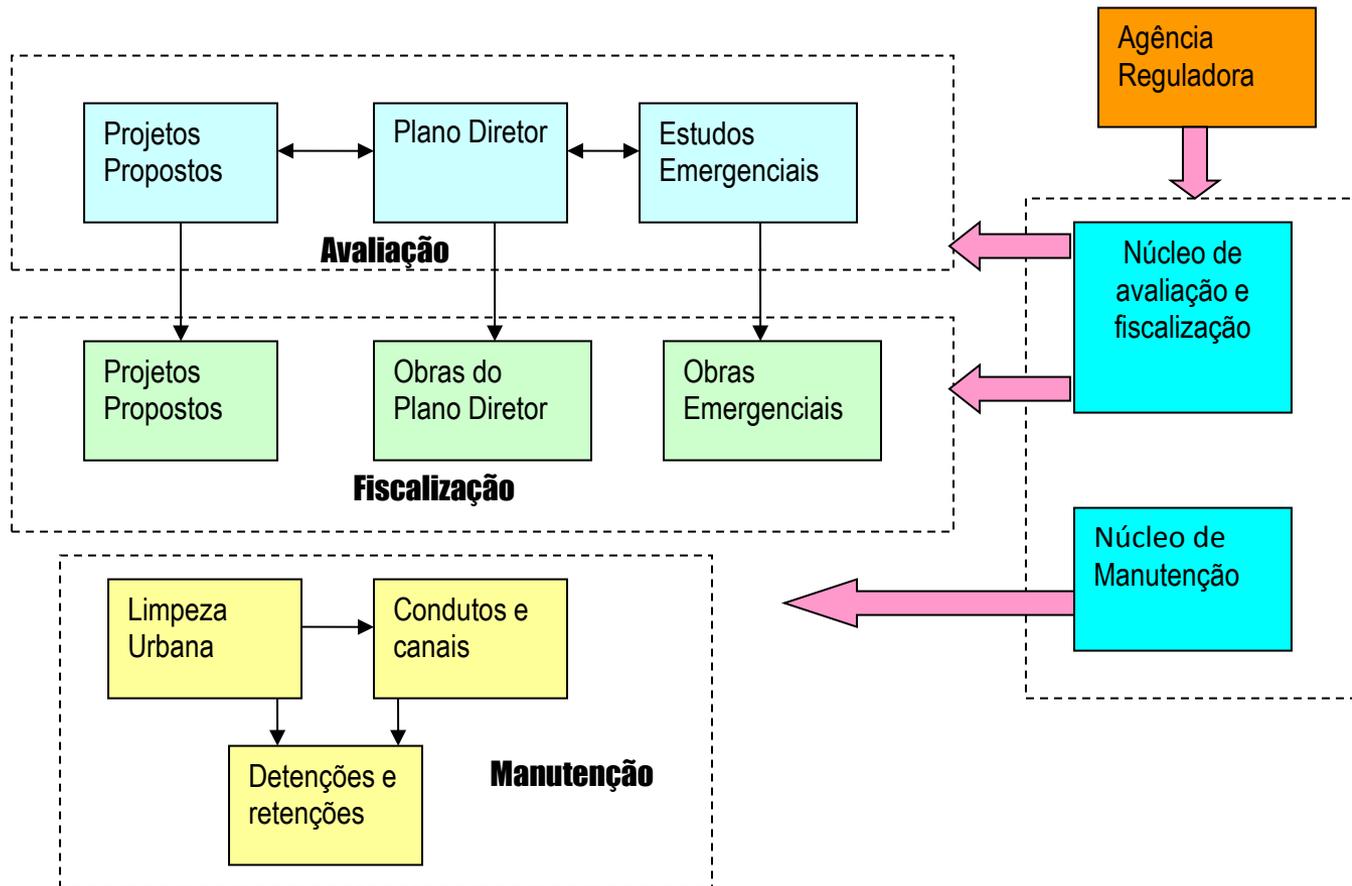


Maior taxa de retorno  
interna

# Medidas Não-estruturais

- Legislação
- Proposta de Legislação de Drenagem
- Proposta de Gestão
- Prestador de Serviço – previsto na Lei de Saneamento

# Gestão



# Programa Municipal de Drenagem

- Monitoramento
- Treinamento
- Recuperação de áreas degradadas
- Mitigação da poluição subterrânea
- Levantamentos específicos
- Fiscalização, etc

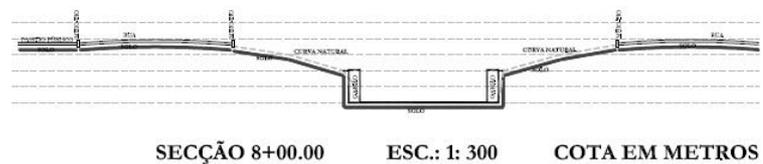
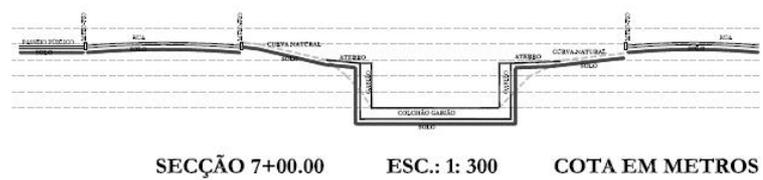
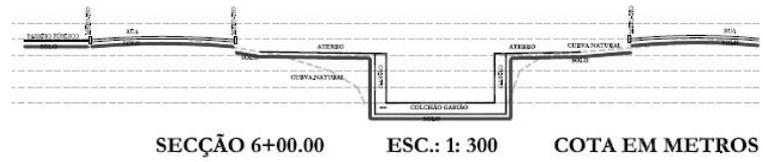
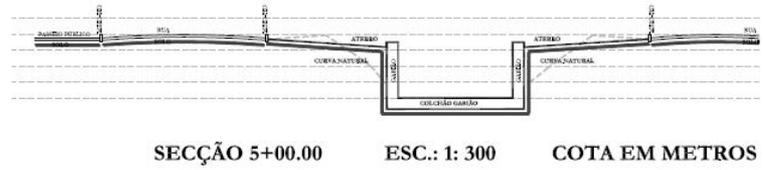
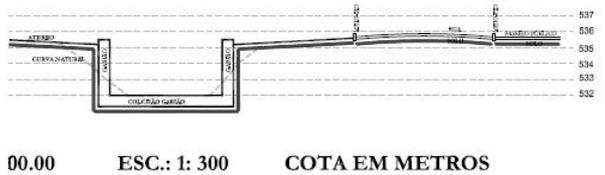
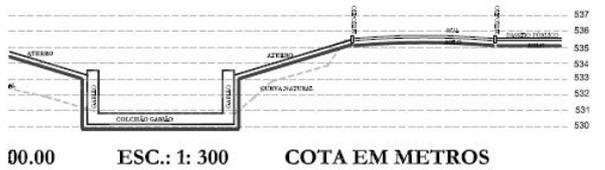
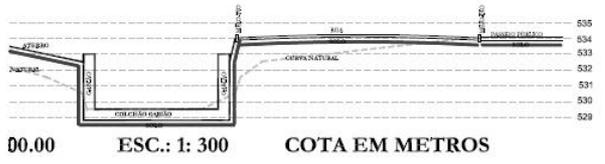
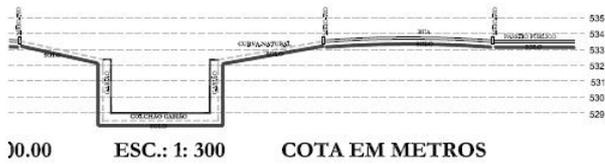
# **MODELAGEM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO**

# Coleta e levantamento de dados

Dados de chuva

Nome do Posto	ID	Localização		Responsável	Intervalo	Período
		Latitude	Longitude			
Campo Grande (SBCG)	2054001	-20:28:00	-54:40:00	DEPV	diário	1949-1984
Caixa D'água	2054010	-20:27:00	-54:38:00	ANA	diário	1976-1994
DNOS – 8.DRS	2054014	-20:27:30	-54:36:17	ANA	diário	1976-2007
Campo Grande	2054000	-20:26:39	-54:43:21	INMET	Média mensal	s/inf
Embrapa Campo Grande	s/inf*	-20° 27'	-54° 37'	EMBRAPA	Média mensal	1985-2004

**DAS SECÇÕES AO LONGO DO CÓRREGO**



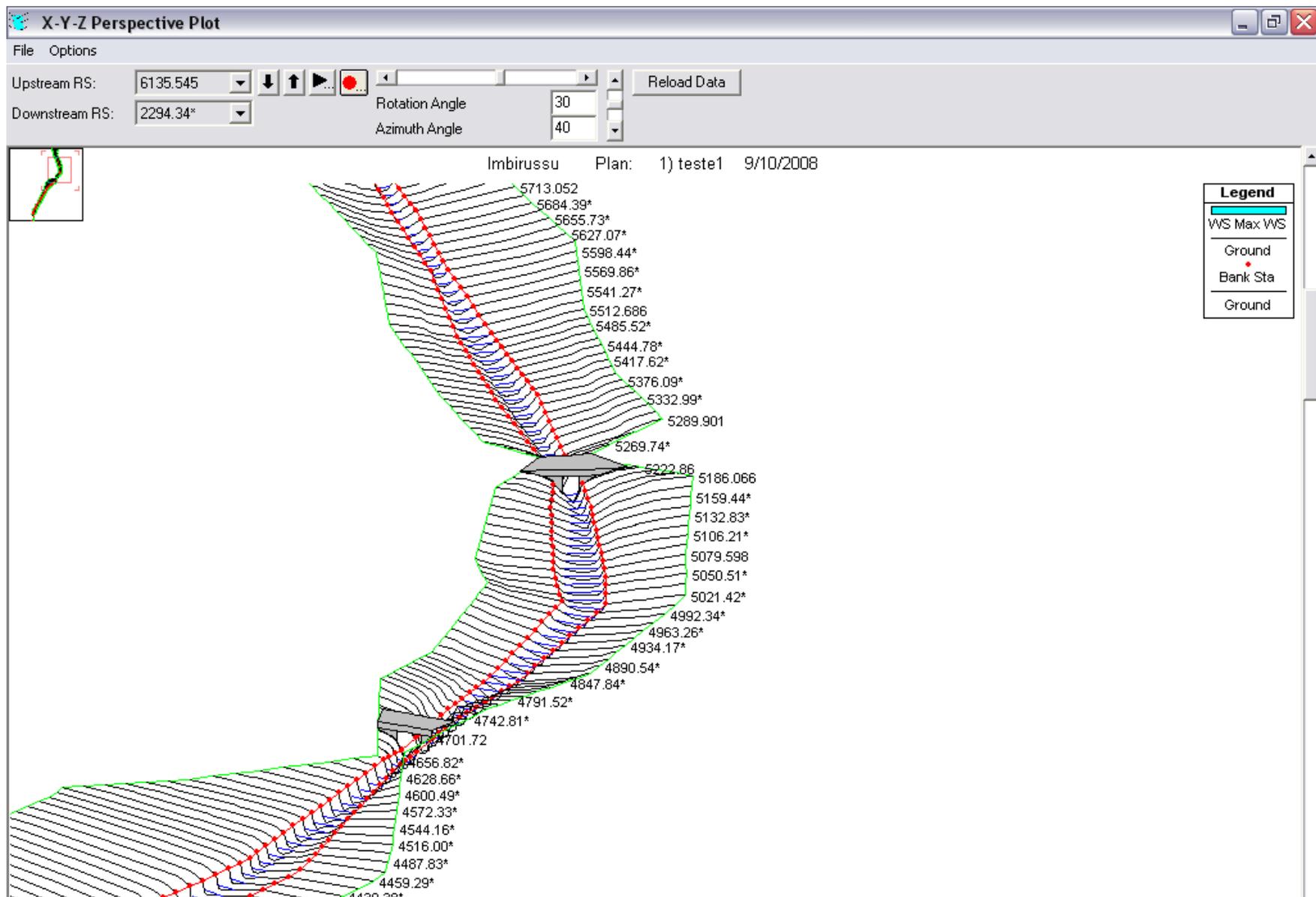
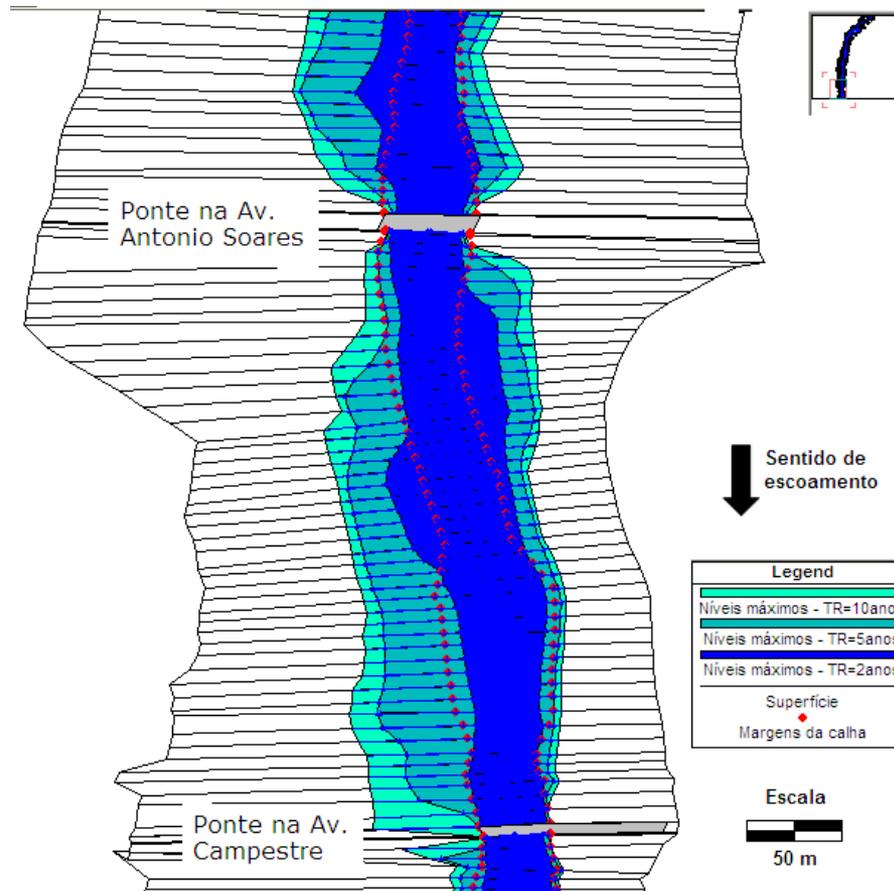


Figura 7.106 – Detalhe do esquema espacial 3D do córrego Imbirussú utilizado na modelagem hidráulica.

# Análise por trecho



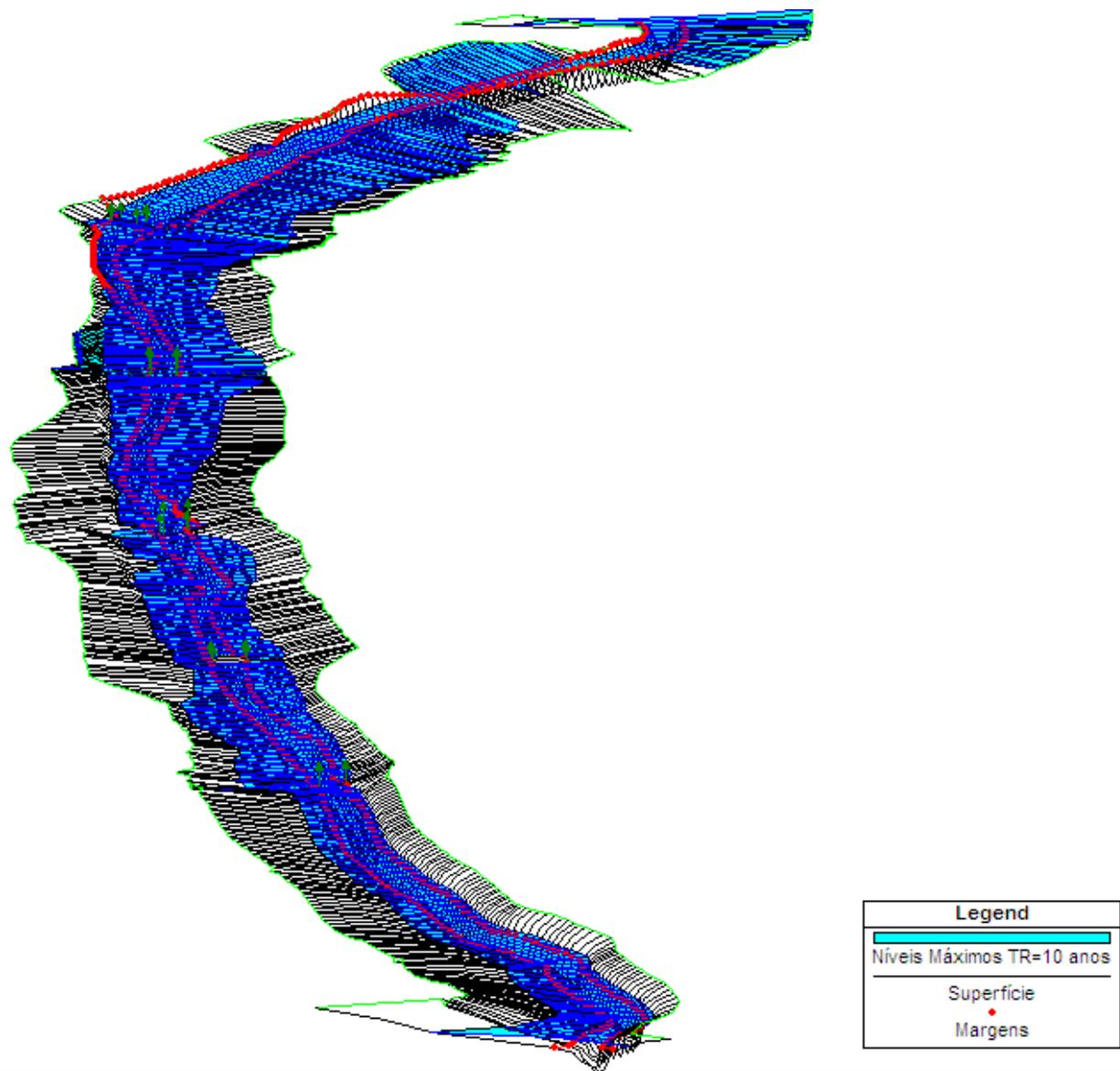


Figura 8.4 – Imagem 3D das manchas de inundação no córrego Anhanduí a jusante do córrego Bandeira; TR=10 anos.

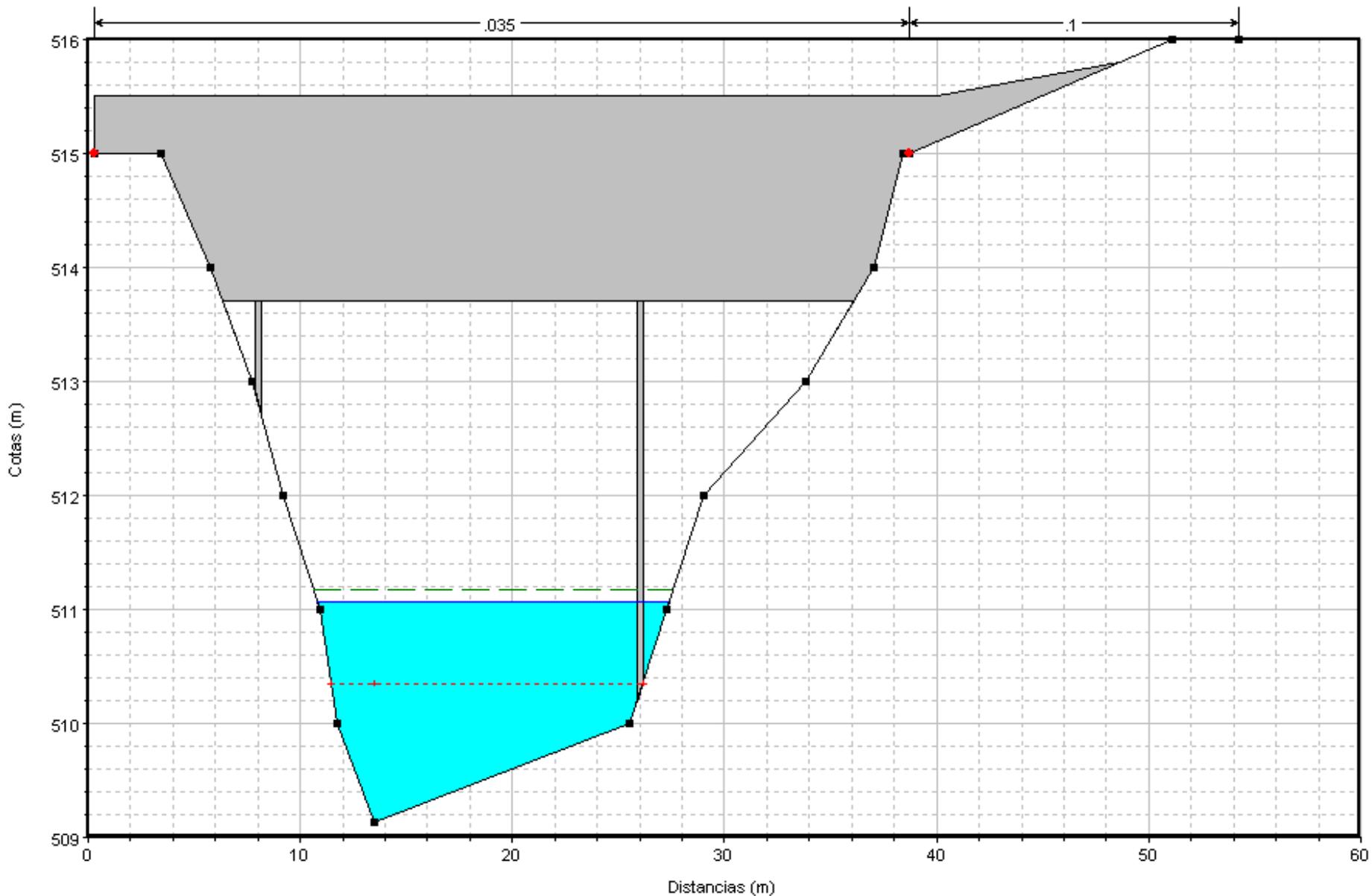
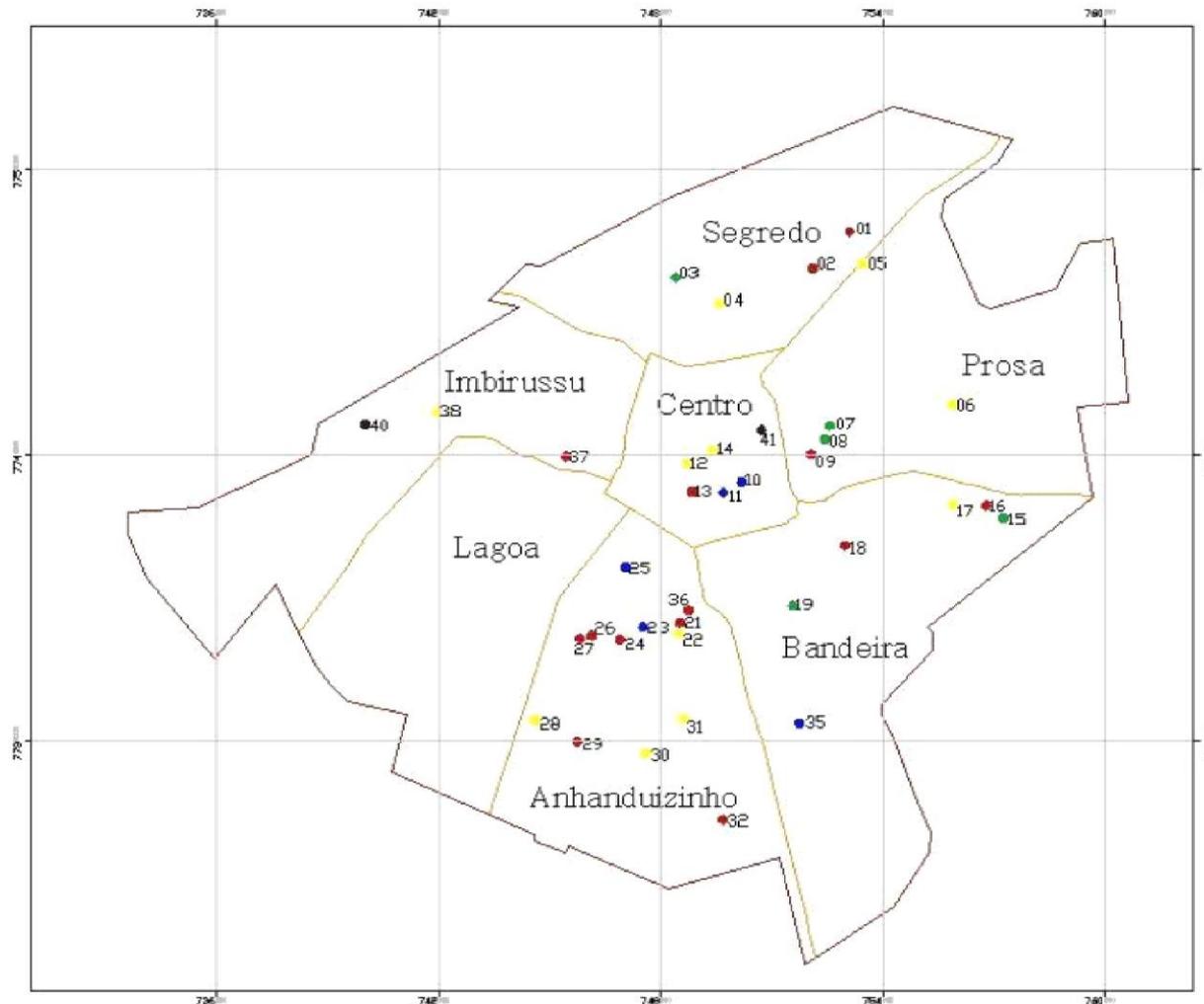


Figura 7.88 – Seção transversal da ponte sobre o córrego Anhanduí na rua Bom Sucesso.

# Coleta e levantamento de dados

## Campo Grande - Nível Crítico



### Legenda:

#### Nível Crítico

- Leve
- Moderado
- Alto
- Muito alto
- Outro

— Perímetro Urbano

— Zonamento

#### Área Total

35320 ha

#### Referência Cartográfica:

Projeto Plano-UM  
Datum S50 m  
Esc. 2000/1  
Datum - UTM 2000  
Datum - Equatorial

#### Escala:

1:150.000



#### Elaboração:

Fabiane Carla Ianczyk  
Geeth Helena Lubas Nowka

# Coleta e levantamento de dados

## QUESTIONÁRIO

Anonimato  Permissão

Nome: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Sexo:  Feminino  Masculino

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_

Habitantes/Residência: \_\_\_\_\_

### Renda Familiar:

- Menos de um salário mínimo  De dez a vinte salários mínimos  
 De um a dois salários mínimos  De vinte a quarenta salários mínimos  
 De dois a cinco salários mínimos  De quarenta a sessenta salários mínimos  
 De cinco a dez salários mínimos  Acima de sessenta salários mínimos

### Grau de Escolaridade:

- Ensino Fundamental completo  Ensino Médio incompleto  
 Ensino Fundamental incompleto  Superior incompleto  
 Ensino Médio completo  Superior completo

Presenciou a inundação  NÃO presenciou a inundação

### Precipitação:

Data	Abrangência espacial	Altura (m)	Baseado
			<input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Depoimento
			<input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Depoimento
			<input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Depoimento
			<input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Depoimento

Observação: \_\_\_\_\_

Local de inundação	Ocorrência de cheias, Freqüência, Duração da cheia, Duração da chuva

Observação: \_\_\_\_\_

### Velocidade da água:

Alta  Média  Baixa  Estagnado

### Quantidade de material sólido:

Muito  Médio  Pouco  Outro: \_\_\_\_\_

### Comentários (observações):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Prejuízos:

	Prejuízos	
	Tangíveis	Intangíveis

Observações: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Comentário:

Credibilidade:  Alta : \_\_\_\_\_  
 Média : \_\_\_\_\_  
 Baixa : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_

Observação geral: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Exemplo de Resposta de Simulação**

**Bacia do Córrego Prosa**

**Chuva de 27/02/2010**

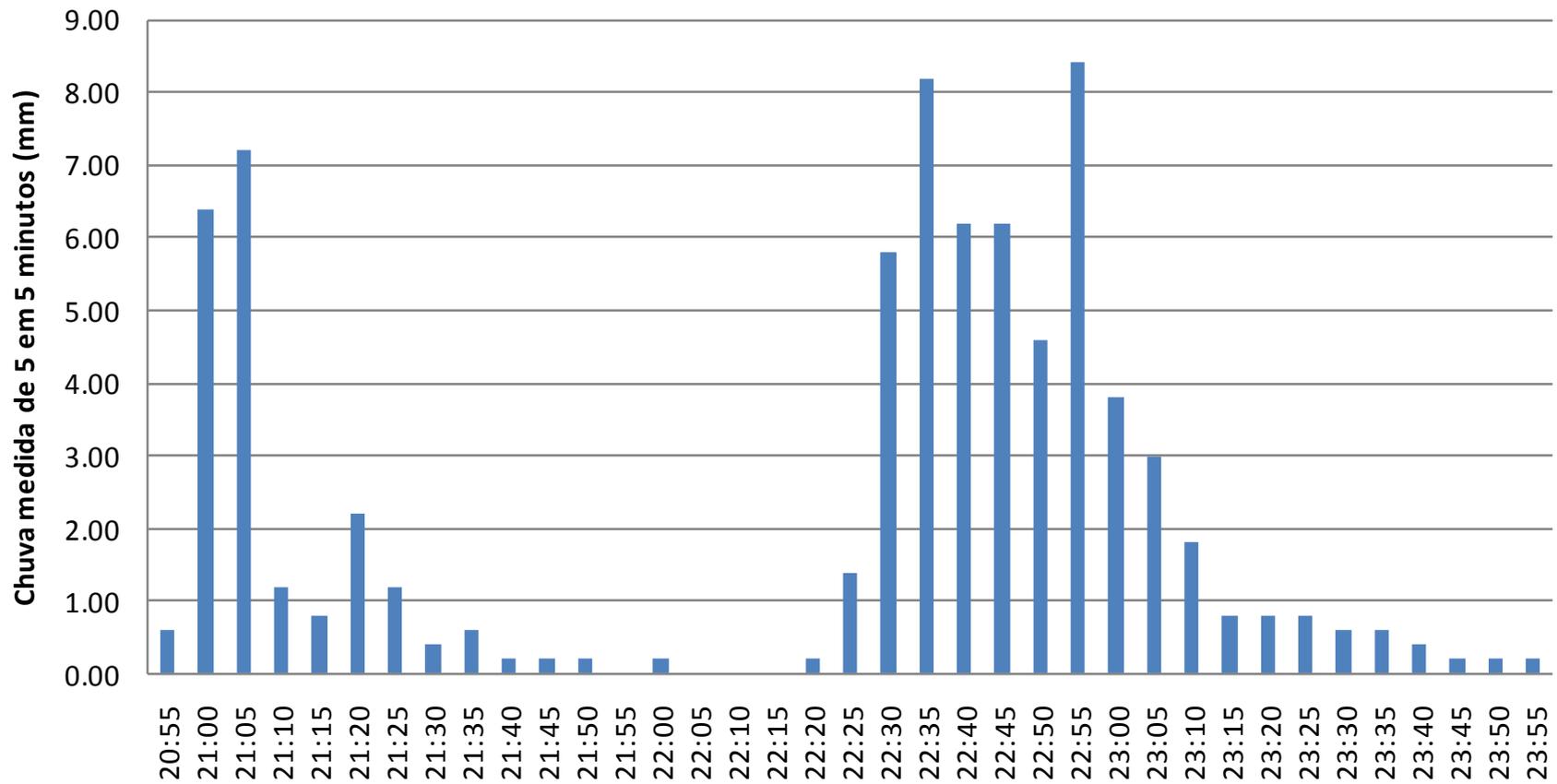
## ANÁLISE DAS CHUVAS PARA AS SIMULAÇÕES:

Precipitações máximas diárias para os anos de 2009 e 2010

Dia	Total do dia (mm)	Total das 3 horas (mm)	Total das 2 horas (mm)	Total de 1 hora (mm)
18/01/2009	67,8	49,8	33,6	28,8
04/02/2009	55,0	54,8	49,0	33,6
07/10/2009	122,4	70,4	59,2	48,2
07/01/2010	70,8	69,2	68,4	39,6
27/02/2010	83,0	75,6	54,6	51,8
26/09/2010	69,0	47,2	28,6	22,2

# CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO EVENTO DE 27/02/2010:

## Hietograma em 27/02/2010-Campo Grande MS



# CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO EVENTO DE 27/02/2010:

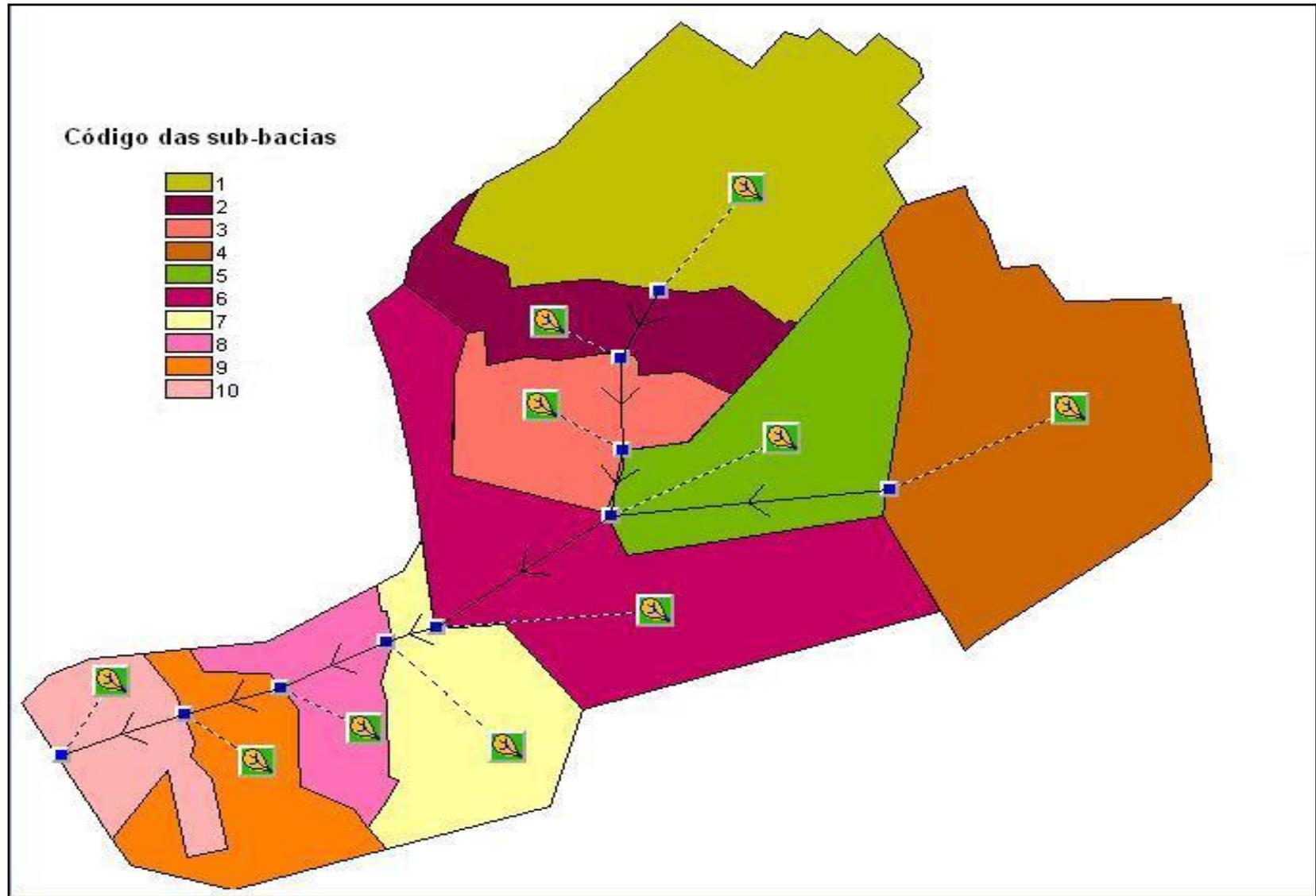
Precipitação de **7,9 anos de período de retorno.**

$$I = \frac{1973,15.Tr^{0,178}}{(t + 22)^{0,8577}}$$

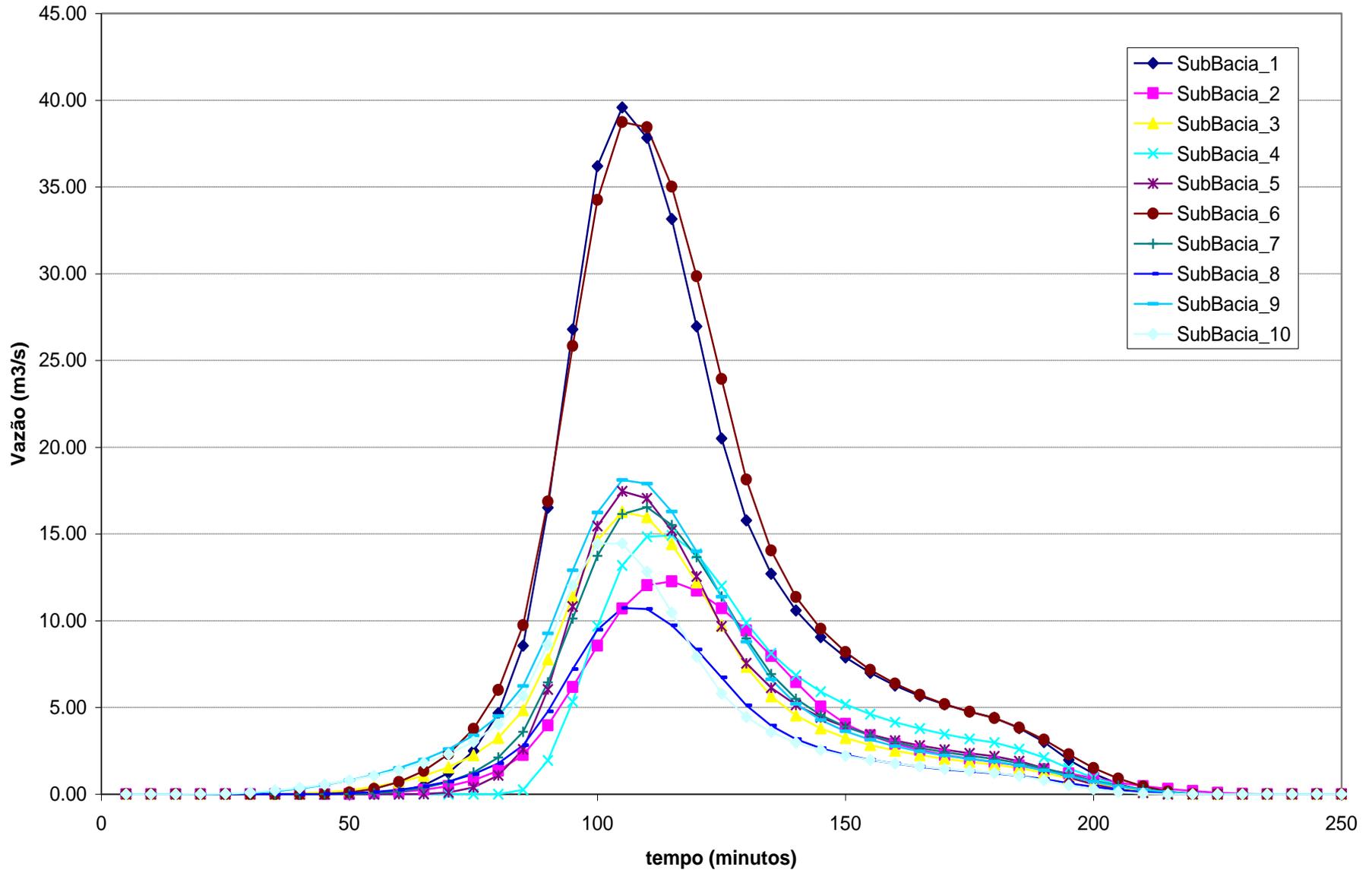
## PRINCIPAIS PONTOS DE INUNDAÇÃO:

<b>Ponto</b>	<b>Local de alagamento</b>	<b>Cota de inundação (m)</b>
1	Av. Mato Grosso com Av. Nelly Martins	575,00
2	R. Antonio Maria Coelho com R. Prof. Luiz Alexandre de Oliveira	571,00
3	R. Manoel Inácio de Souza com R. Prof. Luiz Alexandre de Oliveira	567,05
4	R. Doutor Silvio Muller com R. Prof. Luiz Alexandre de Oliveira	564,70
5	Av. Afonso Pena com R. Prof. Luiz Alexandre de Oliveira	571,00
6	Av. Afonso Pena com R. Dr. Paulo Machado	564,28
7	R. Dr. Paulo Machado al lado do canal do córrego Prosa	569,00
8	Av. Ricardo Brandão com Av. Ceará (condomínio Cachoeirinha)	551,00
9	Av. Ricardo Brandão com R. Dona Levinda Ferreira	542,00
10	Av. Ricardo Brandão com R. Joaquim Murtinho	535,00
11	Av. Fernando Correa da Costa R. Pe. João Crippa (em frente ao Hemosul)	527,95

# BACIA DE SIMULAÇÃO:



# Hidrogramas para $T_r=10$ anos:



**GALERIA DA VIA PARK ENTRE A RUA IVAN FERNANDES  
PEREIRA E AFONSO PENA**

**SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO  
AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:**

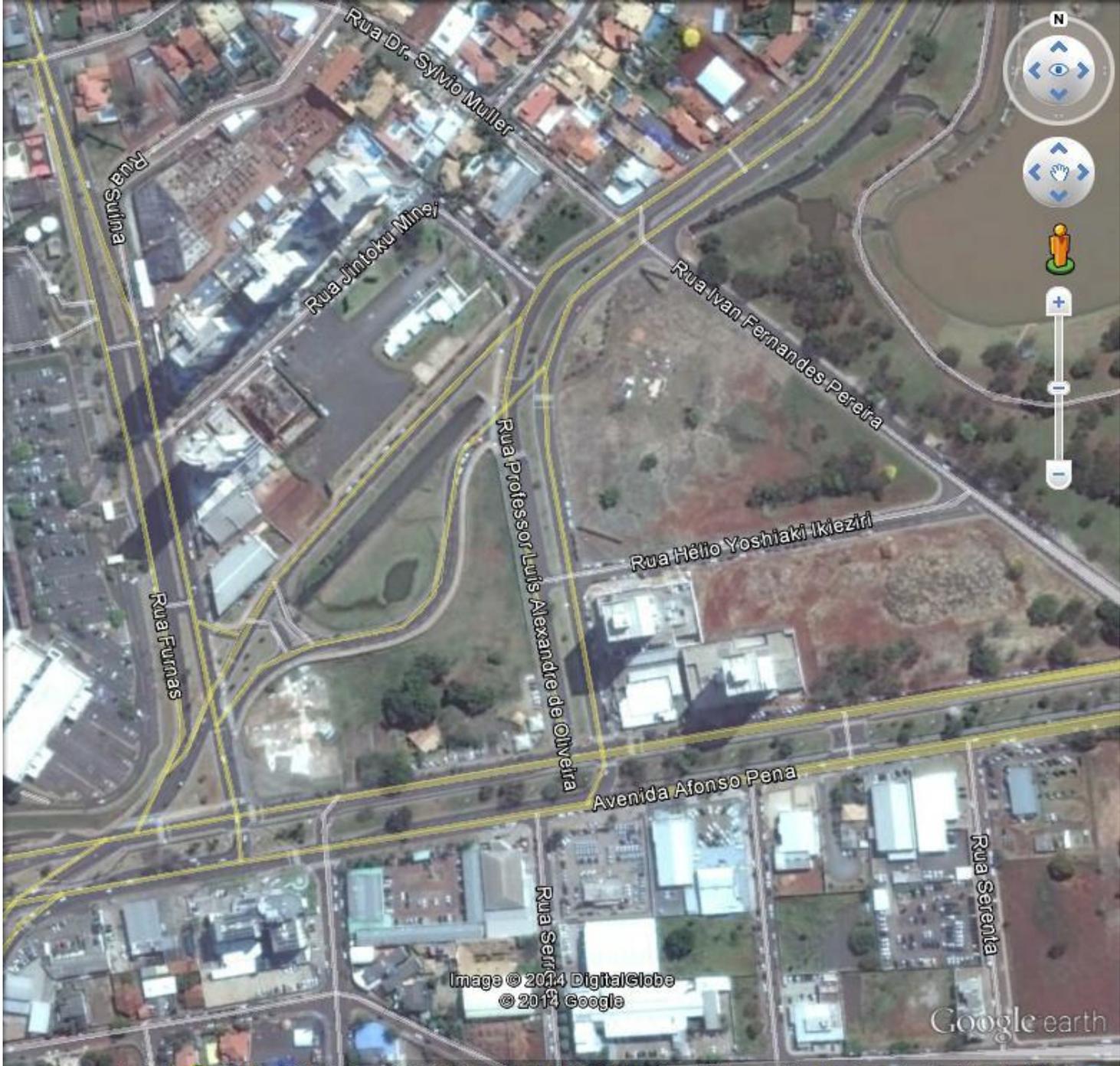
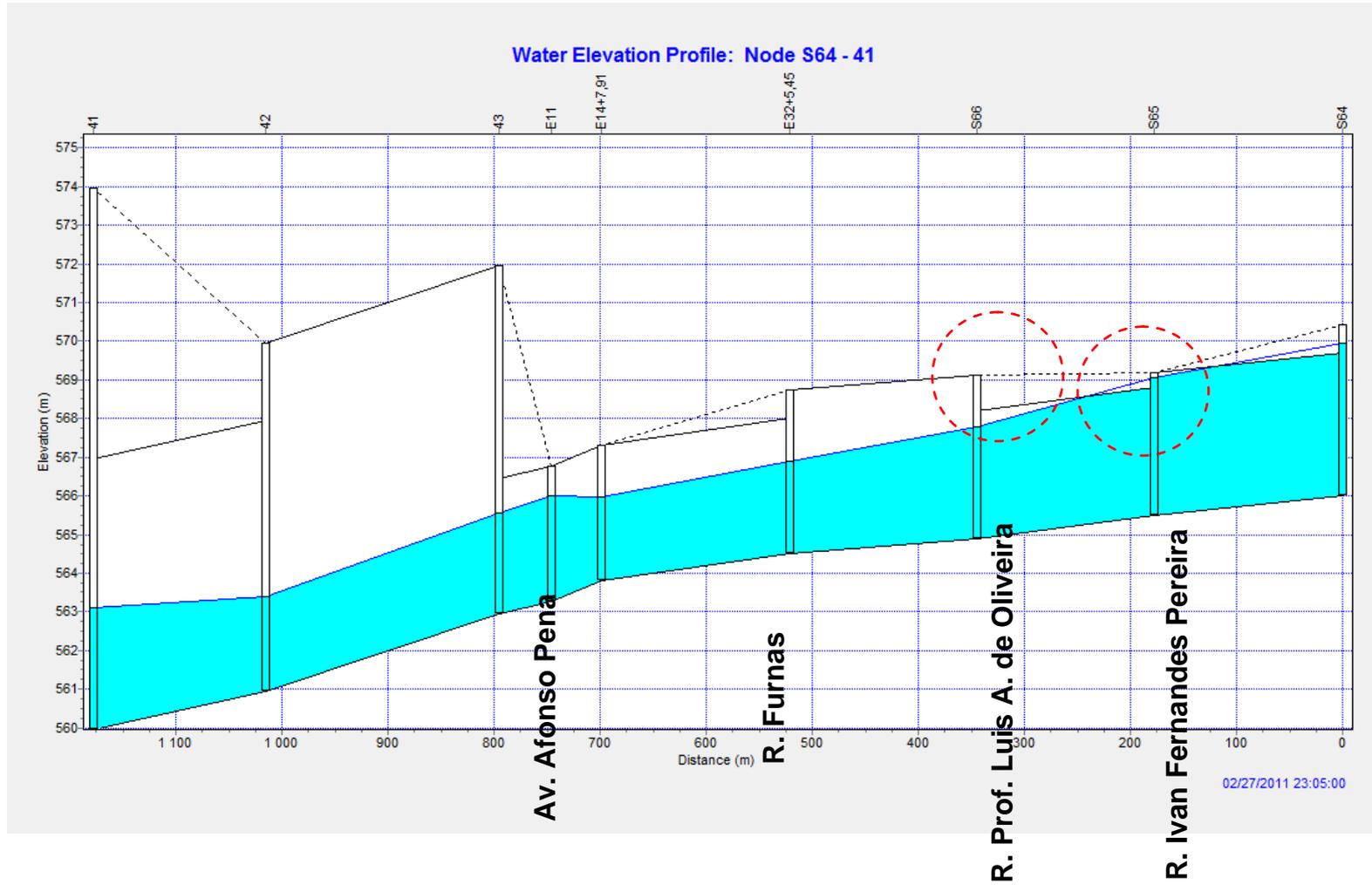


Image © 2014 DigitalGlobe  
© 2014 Google

Google earth

Data das Imagens: 9/2/2014 20°27'25.46"S 54°35'00.86"O elev 567 m altitude do ponto de visão 1.16 km

# SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:



Pressões na galeria da rua Ivan Fernandes Pereira e Prof. Luis A



# **CANAL DA RUA RICARDO BRANDÃO ENTRE A CEARÁ E A NOVA ERA**

**SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO  
AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:**

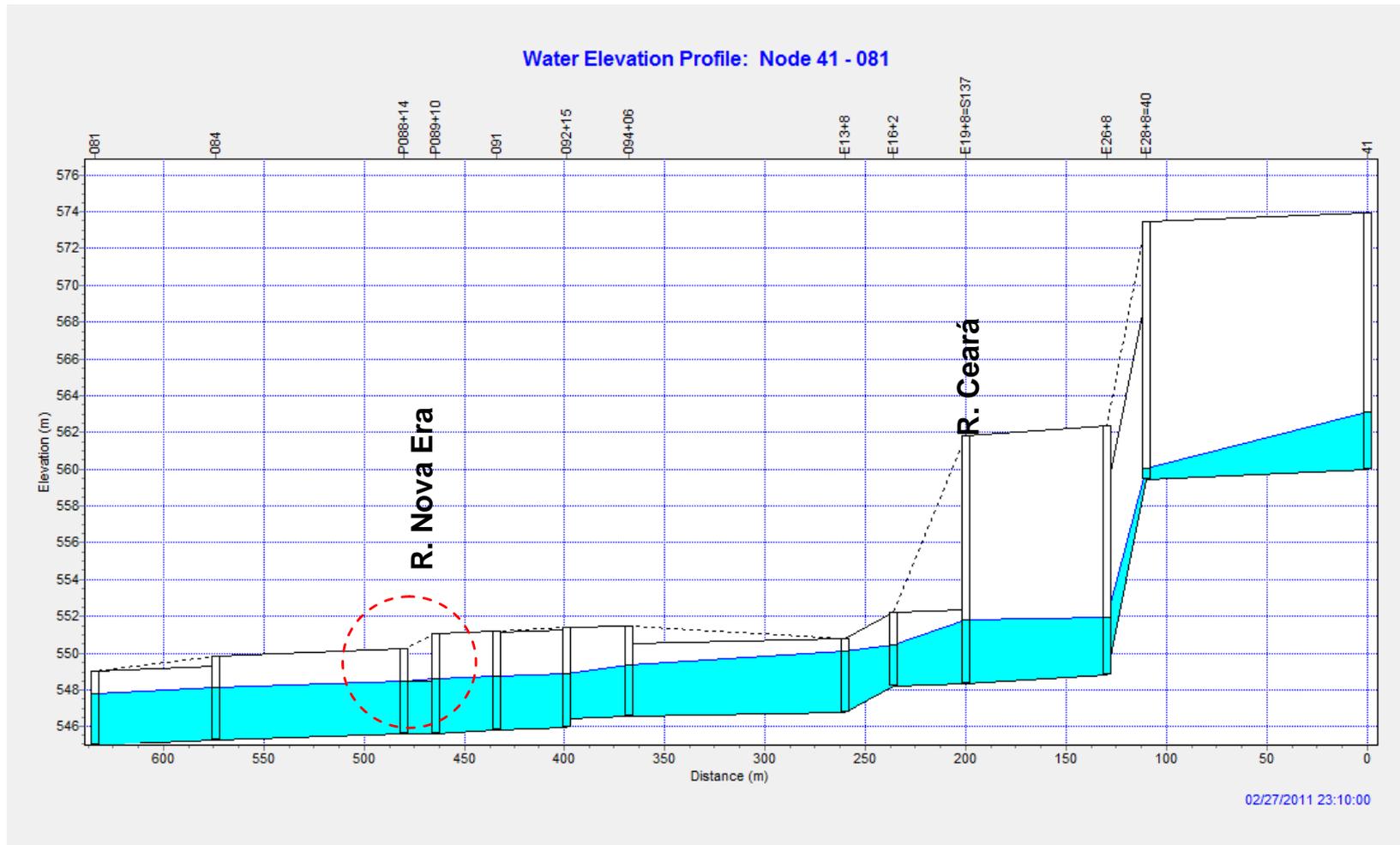


Itanhangá Park

Image © 2014 DigitalGlobe  
© 2014 Google

Google earth

# SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:



Ocorrência de pressões na galeria da rua Nova Era

Chuva de 19/11/2014 – 16:01 hs. CANAL DA RUA RICARDO BRANDÃO ENTRE A CEARÁ E A NOVA ERA



**CANAL DA RUA RICARDO BRANDÃO ENTRE A JOSÉ  
ANTÔNIO E A PADRE JOÃO CRIPPA**

**SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO  
AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:**



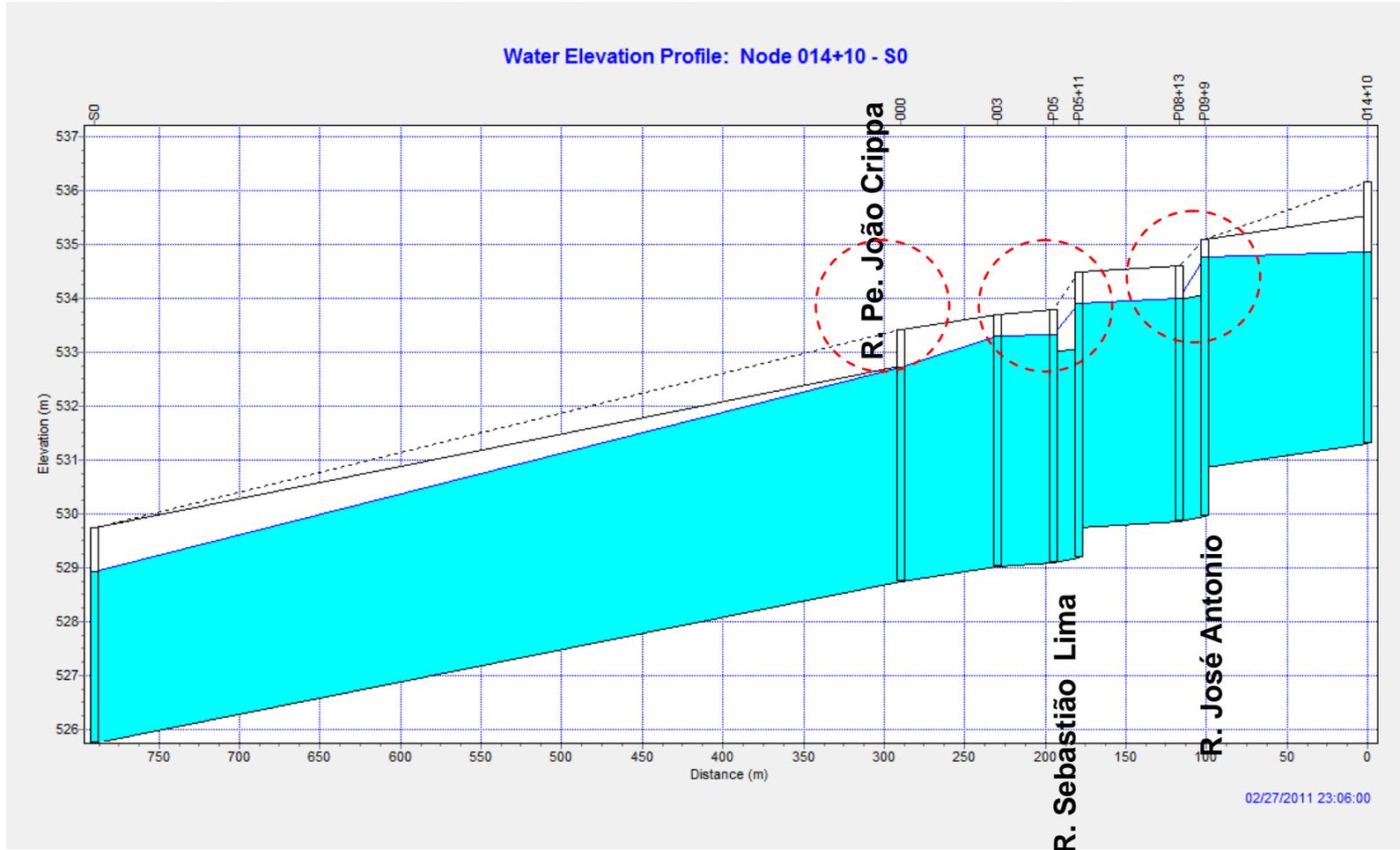
Image © 2014 DigitalGlobe  
© 2014 Google

Google earth

2002

Data das imagens: 9/2/2014 20°28'11.73"S 54°36'28.18"O elev 540 m altitude do ponto de visão 1.06 km

# SIMULAÇÃO DO EVENTO DE 27/02/2010 CONSIDERANDO AS OBRAS EMERGENCIAIS REALIZADAS:



Pressurização e possível extravasamento.





# **MONITORAMENTO**

# Monitoramento remoto da chuva e níveis de água.

The screenshot displays the 'InfoSan - Sistema para Monitoramento e Simulação em Tempo Real de Infra-Estruturas de Saneamento' web application. The browser window shows the URL 'http://www.infosan.com.br/'. The application interface includes a menu bar with options like 'Arquivo', 'Editar', 'Visualizar', 'Projeto', 'Relatório', 'Janela', 'Ajuda', and 'LinhaNet'. Below the menu is a toolbar with various icons for navigation and editing. The main area features a map titled 'Mapa - OpenMonitor - Modelo Epanet' showing a city grid with several blue circular icons representing monitoring points. A 'Browser' panel on the right contains a 'Toolbox' with options: 'Select a Tool', 'Alertas', 'Prev. Demanda', 'Prev. Inundação', 'EPANET', 'EPA SWMM', and 'SCADA PLUS'. Below the toolbox are links for 'Help', 'Report Errors', 'Comments', and 'Disclaimer'. At the bottom of the browser window, it says 'Dados cartográficos ©2011 Google - Termos de Uso'.

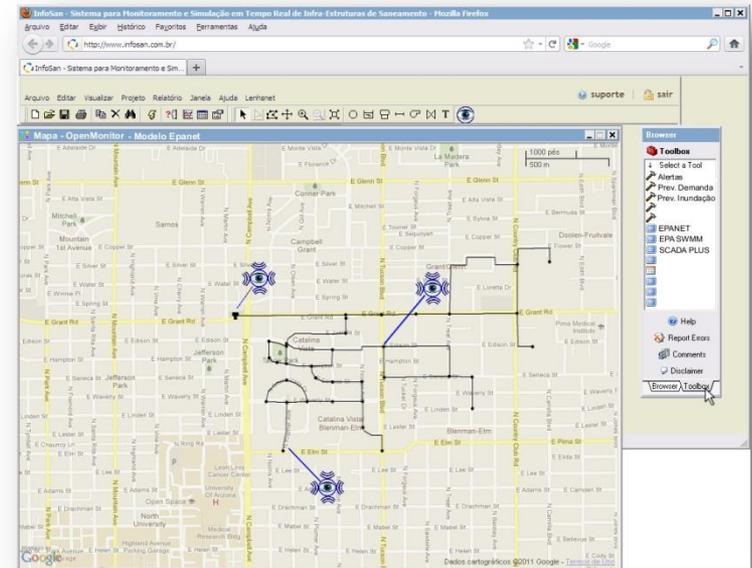


Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino,  
Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul



# OBJETIVOS

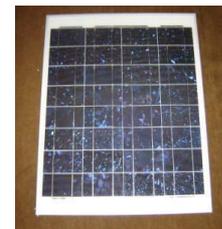
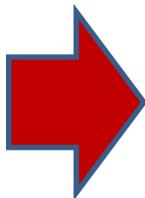
- Aplicar o openMONITOR em problemas relacionados a drenagem pluvial.
- Desenvolver um portal na internet de monitoramento de dados em tempo real;



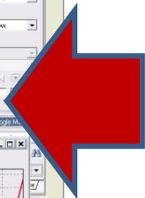
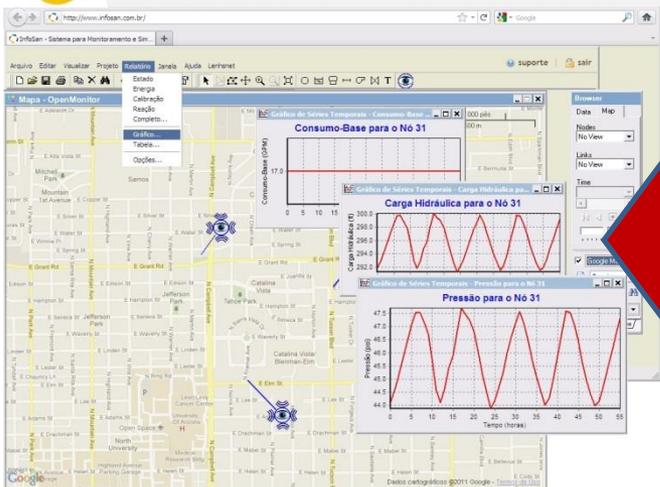
# CONCEITO



Equipamento Optimale



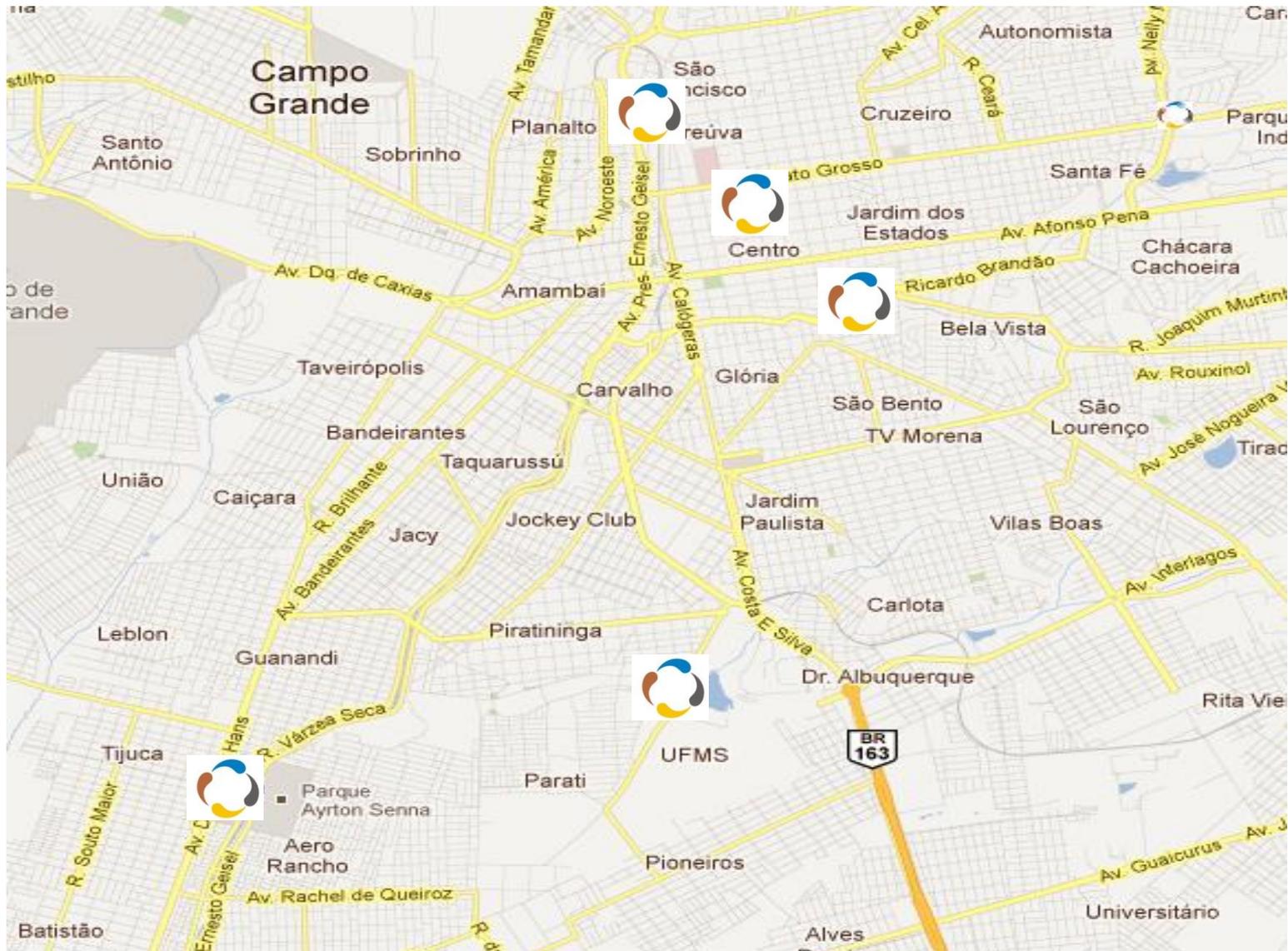
infoSAN – Software Optimale



openMONITOR



# PONTOS



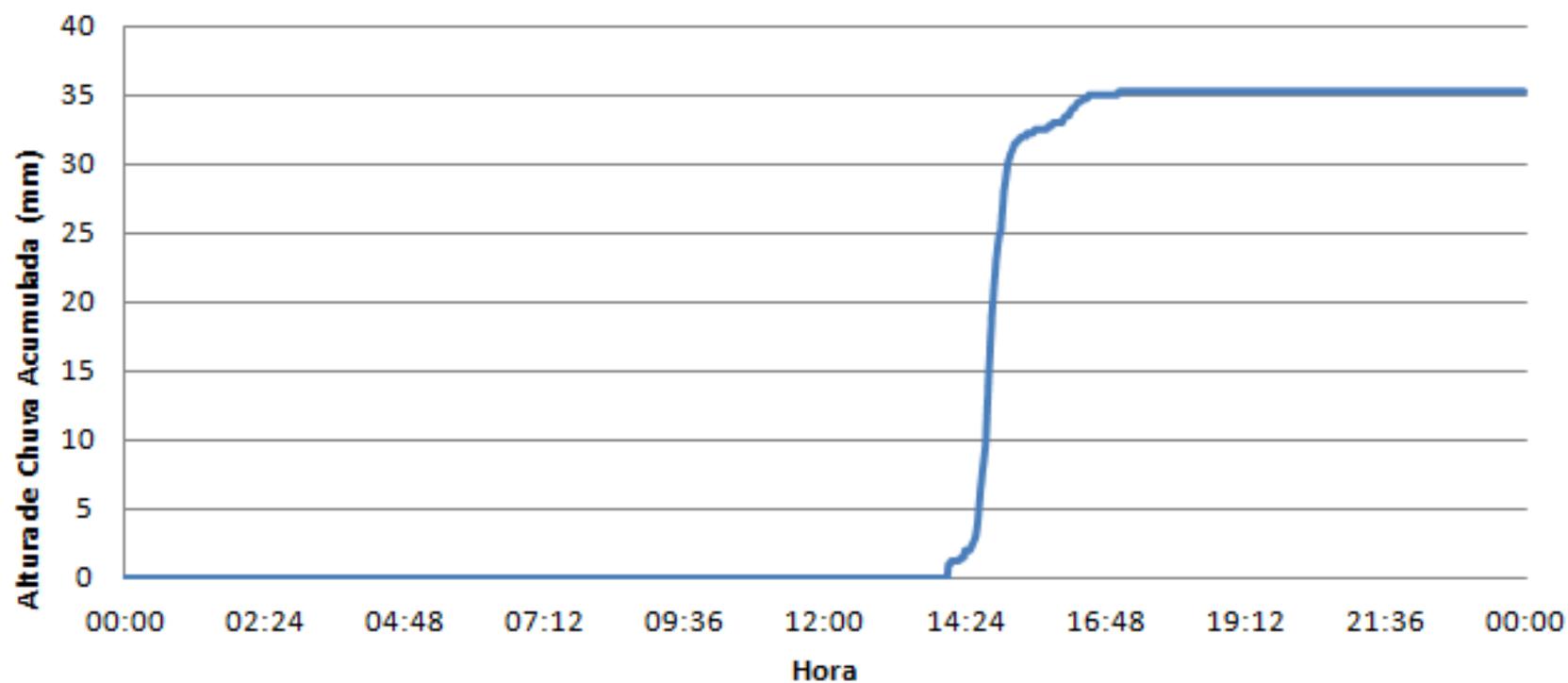
# *Monitoramento remoto da chuva e níveis de água.*



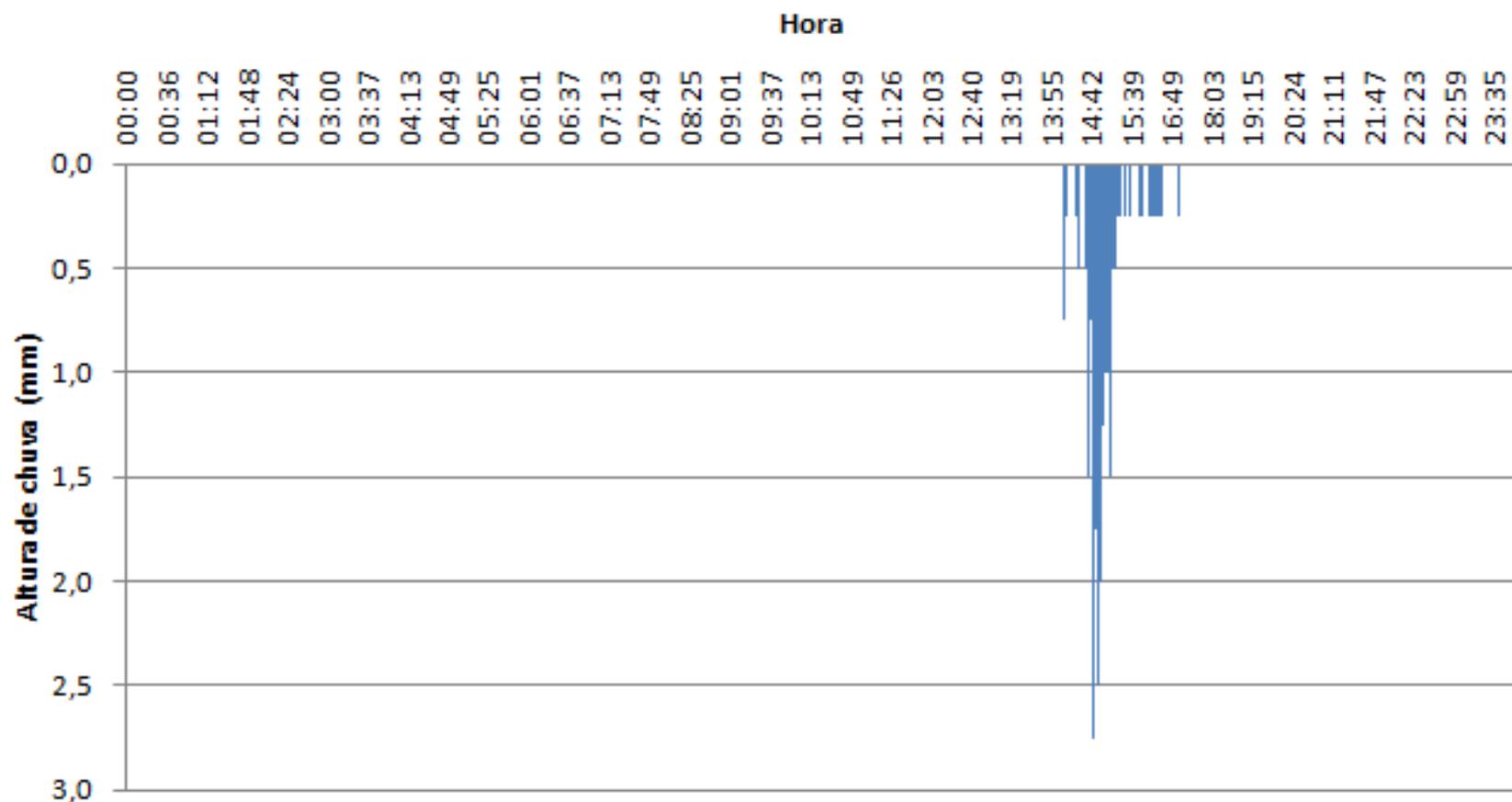
# *Monitoramento remoto da chuva e níveis de água.*



## Pluviograma da Chuva do dia 19/11/2014



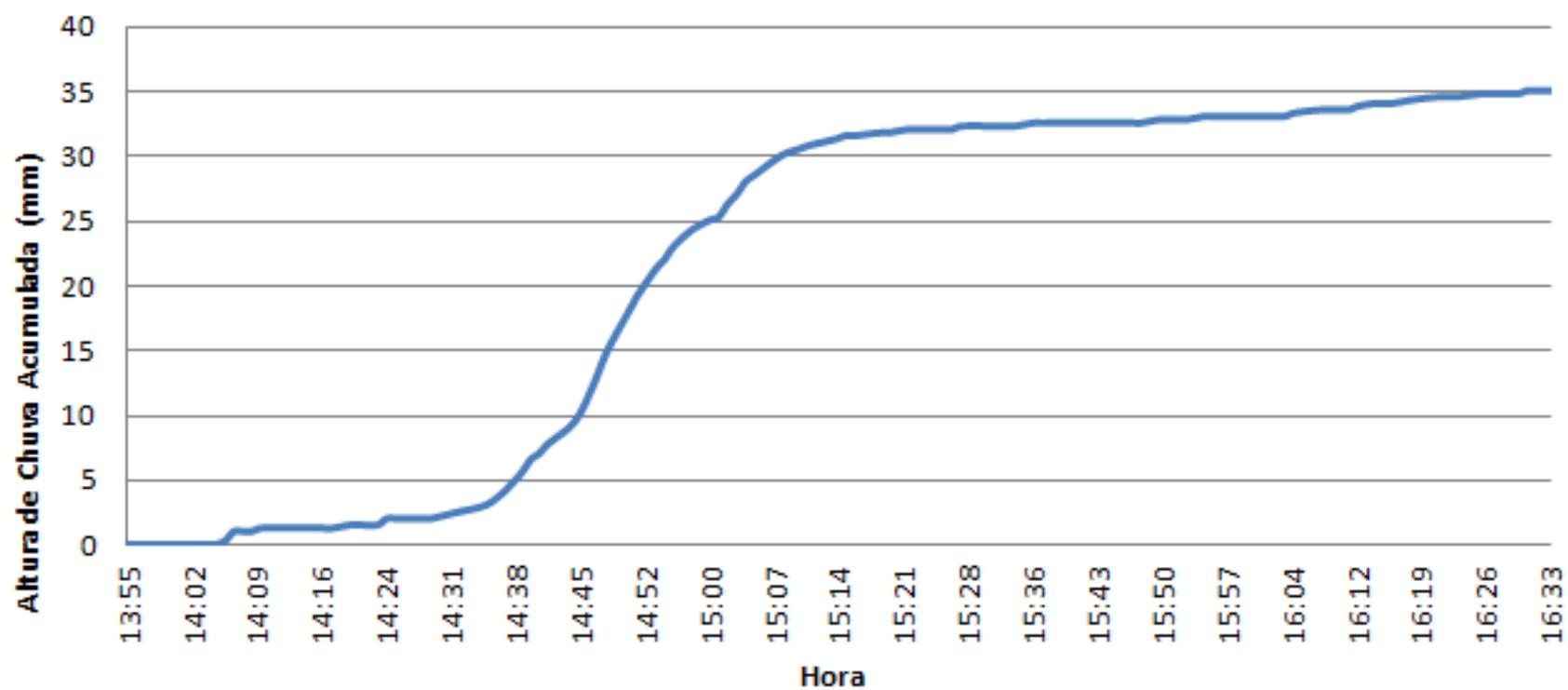
# Hietograma da Chuva de 19/11/2014



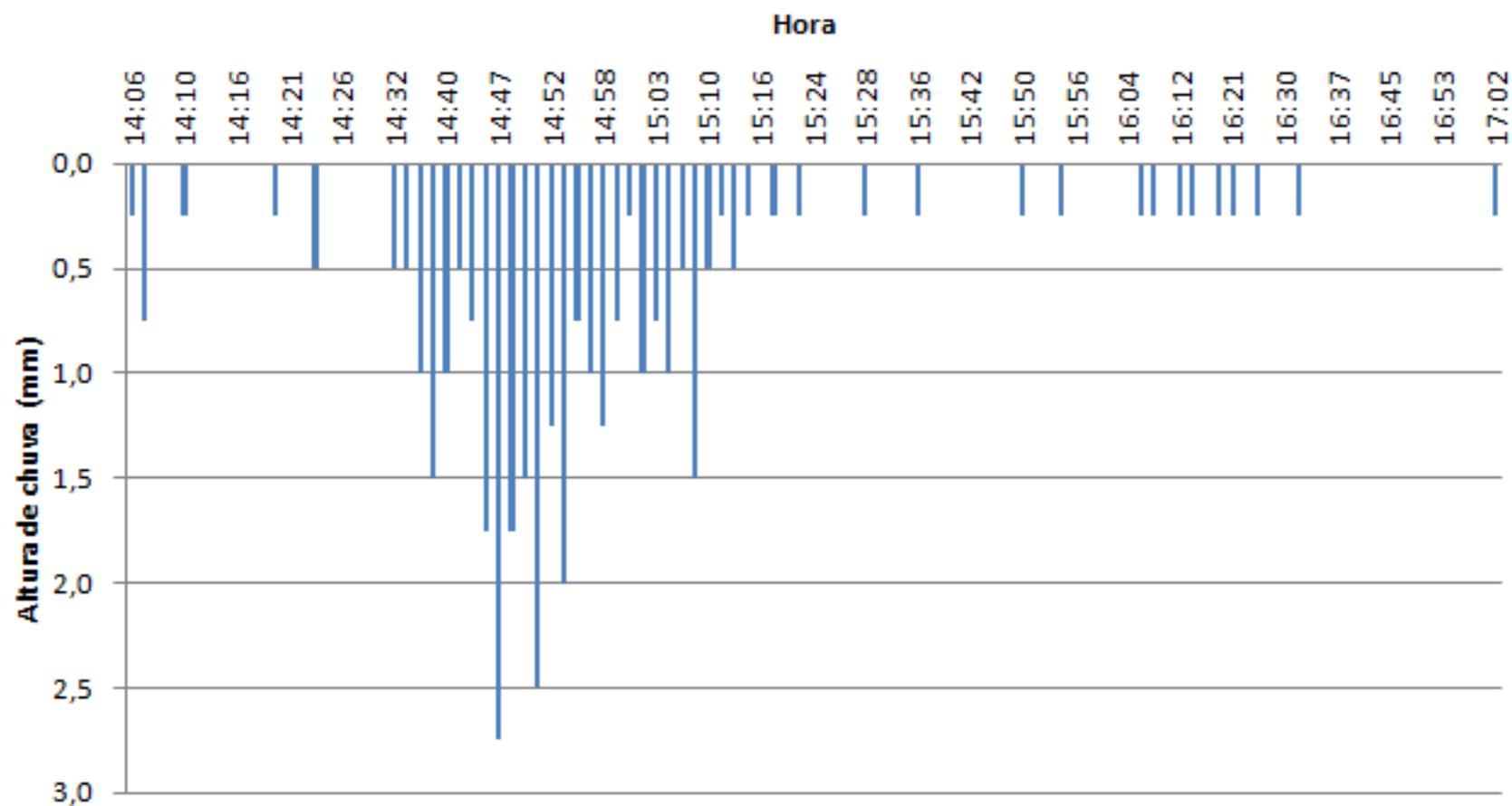




## Pluviograma da Chuva do dia 19/11/2014

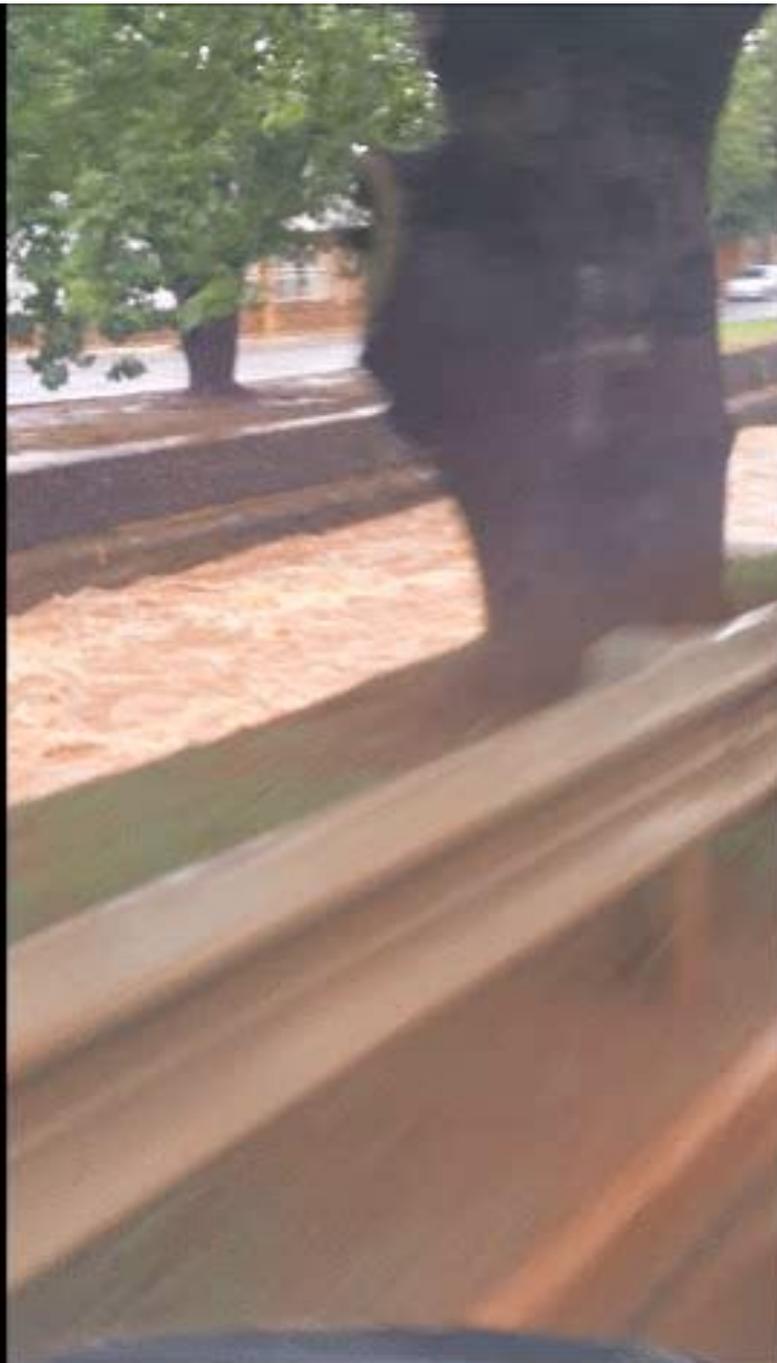


# Hietograma da Chuva de 19/11/2014



## Características da chuva de 19/11/2014

Início (h)	14:32
Fim (h)	15:22
Duração (h)	00:50
Altura Total (mm)	30
Intensidade (mm/h)	36
<b>Tr (anos)</b>	<b>0,16</b>





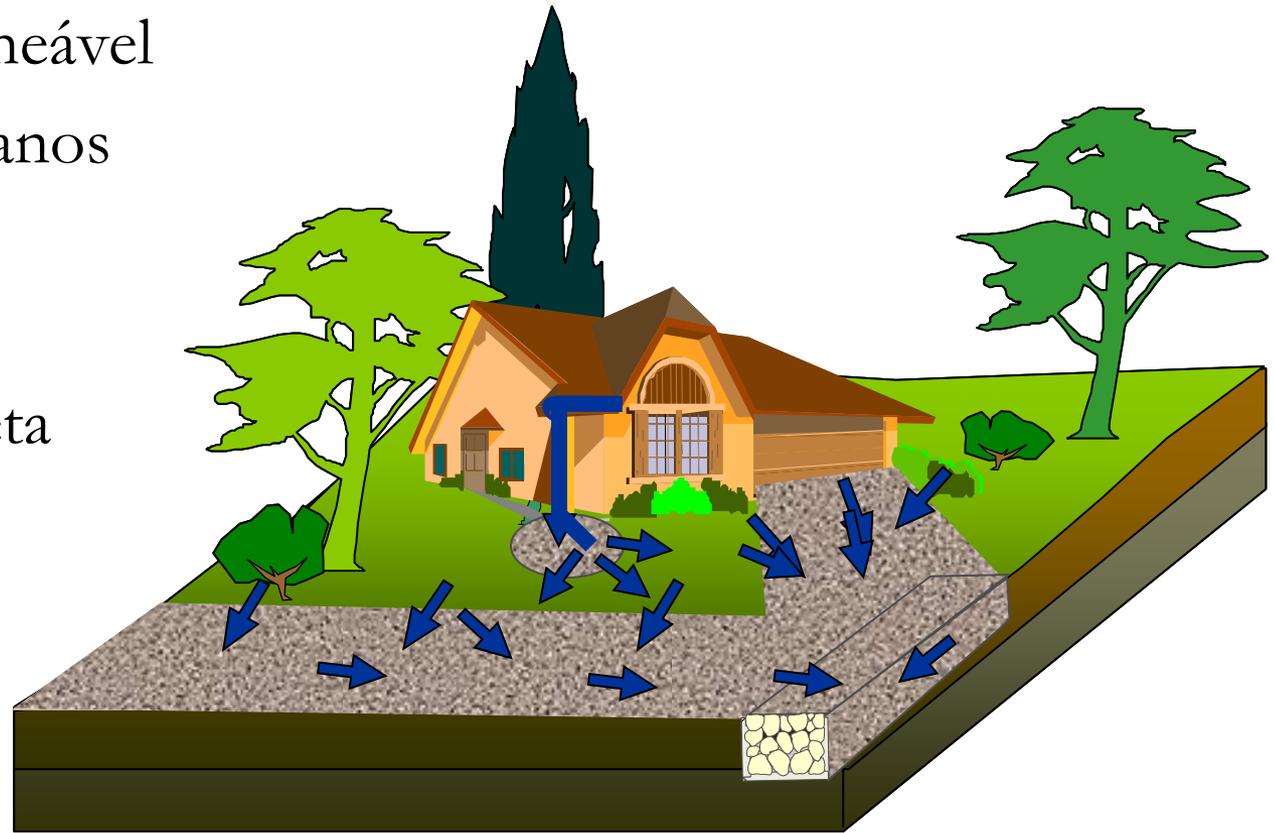




# **Exemplos de Controle**

# Exemplos Controle na fonte

- Pavimento permeável
- Trincheiras e planos de infiltração
- detenção
- sem ligação direta com o pluvial





Reservatório  
de grama

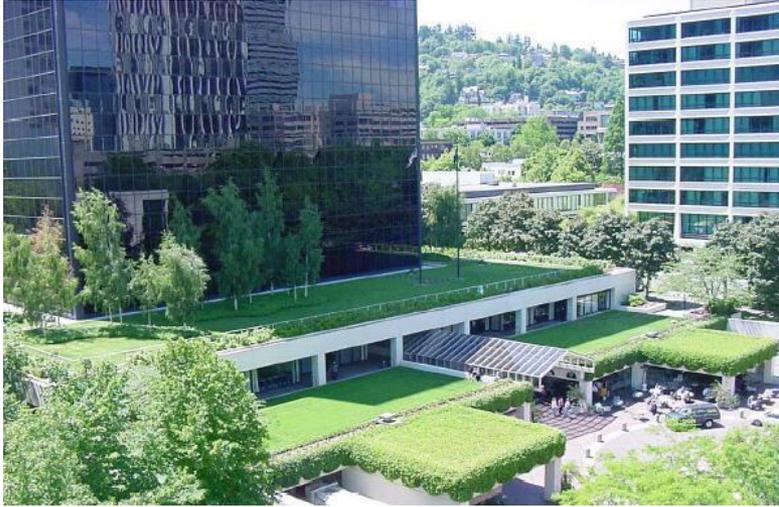
drenagem

Reservatório de pedras

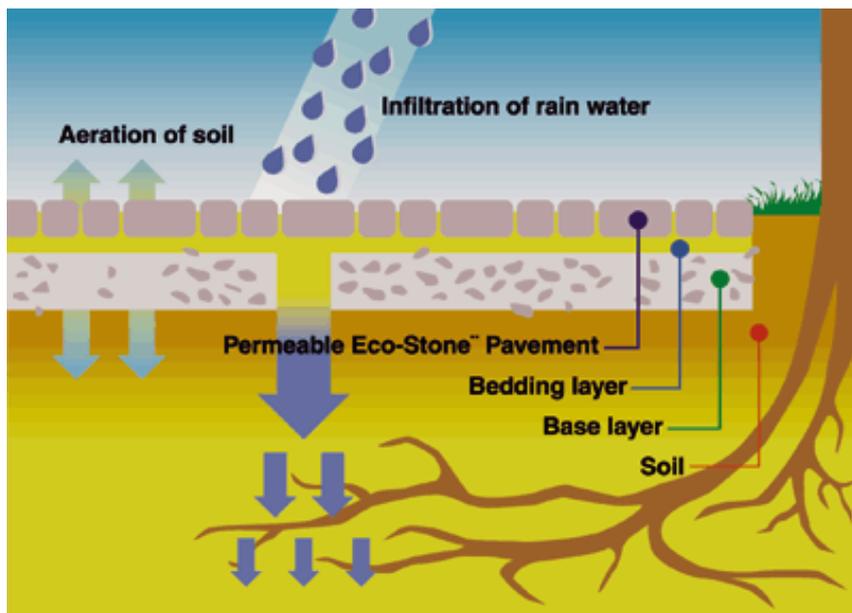


Ruas com infiltração nos passeios

# Telhados permeáveis



# Blocos vazados



# Exemplos



# Armazenamentos locais



# Exemplos

Curitiba

São Paulo



# Exemplos



**São Paulo: uso com parque**



**Retenção com aeradores**

# Detenções



# Conclusão

- Mudança de planejar e implementar a drenagem
- Evitar a transferência de impactos entre a população
- Dar solução aos problemas atuais através de um Plano de Ação coordenador
- Melhorar e consolidar a gestão de longo prazo do Poder Público
- Não haverá resultados se não houver uma gestão eficiente

# Obrigado

- Prof. Enio Arriero Shinma
- Fone: (67) 8146-3770
- enioas@gmail.com