Curso de Gestão Integrada de Inundações Urbanas

Capítulo 6

ESTUDOS DE CASO

Prof. Dr. Carlos E. M. Tucci

Rhama Consultoria Ambiental

www.rhama.net

Versão 10-08-2013

Estudos de Caso

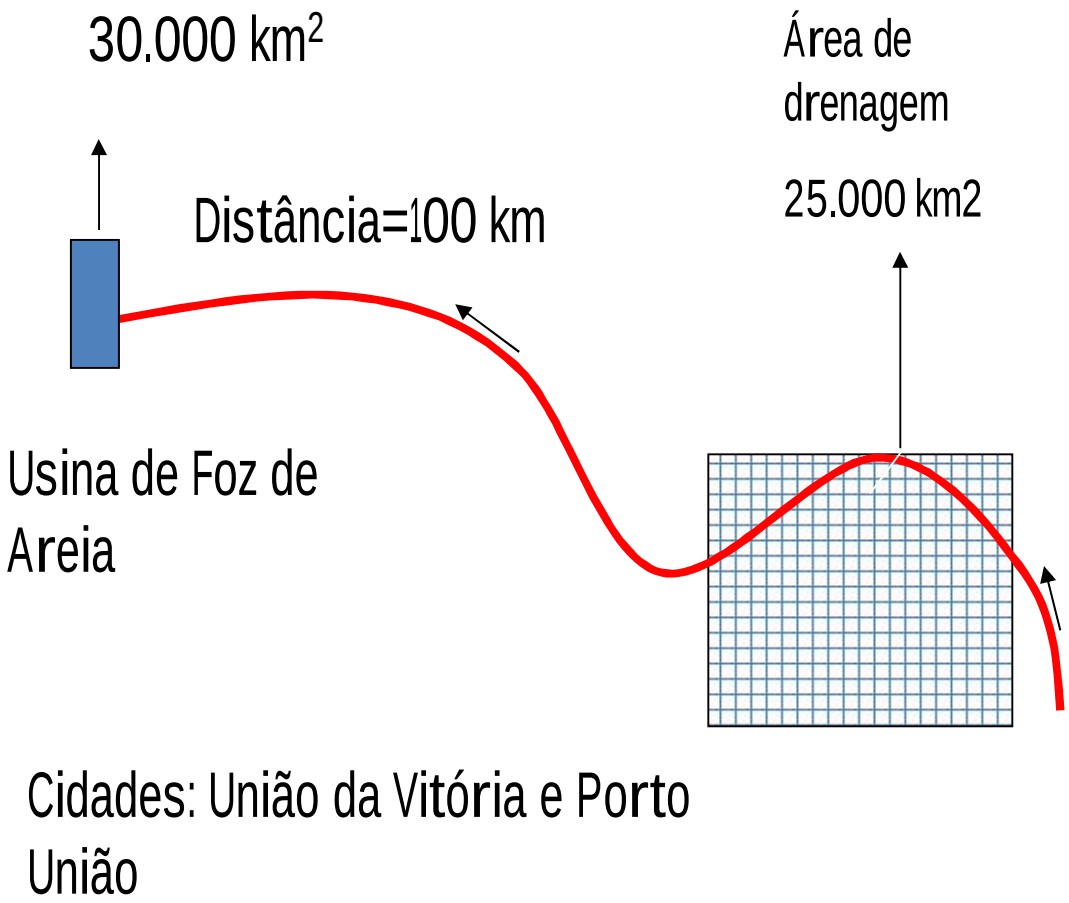
- Foram selecionados estudos de casos relacionados com inundações ribeirinhas e drenagem urbana em cidades brasileiras;
- os estudos de casos exemplificam cenários de zoneamento de inundação; conflitos, estratégias integradas e Plano de Drenagem Urbana;
- Um programa de gestão de inundações deve ser realizados dentro de uma estratégia no tempo de acordo com o porte da cidade e dos recursos.

Estrela - RS

- Plano Diretor urbano de 1979
- Rio Taquari com bacia de ~30.000 km2
- Cheias que podem variar o nível até 18 m num dia.
- Calculados os riscos e estabelecido que abaixo da cota 24,00 não poderia ser ocupado pelo risco de vida e prejuízos
- Implementado no Plano Diretor
- Mercado para áreas de inundação
- Riscos de alteração do Plano.

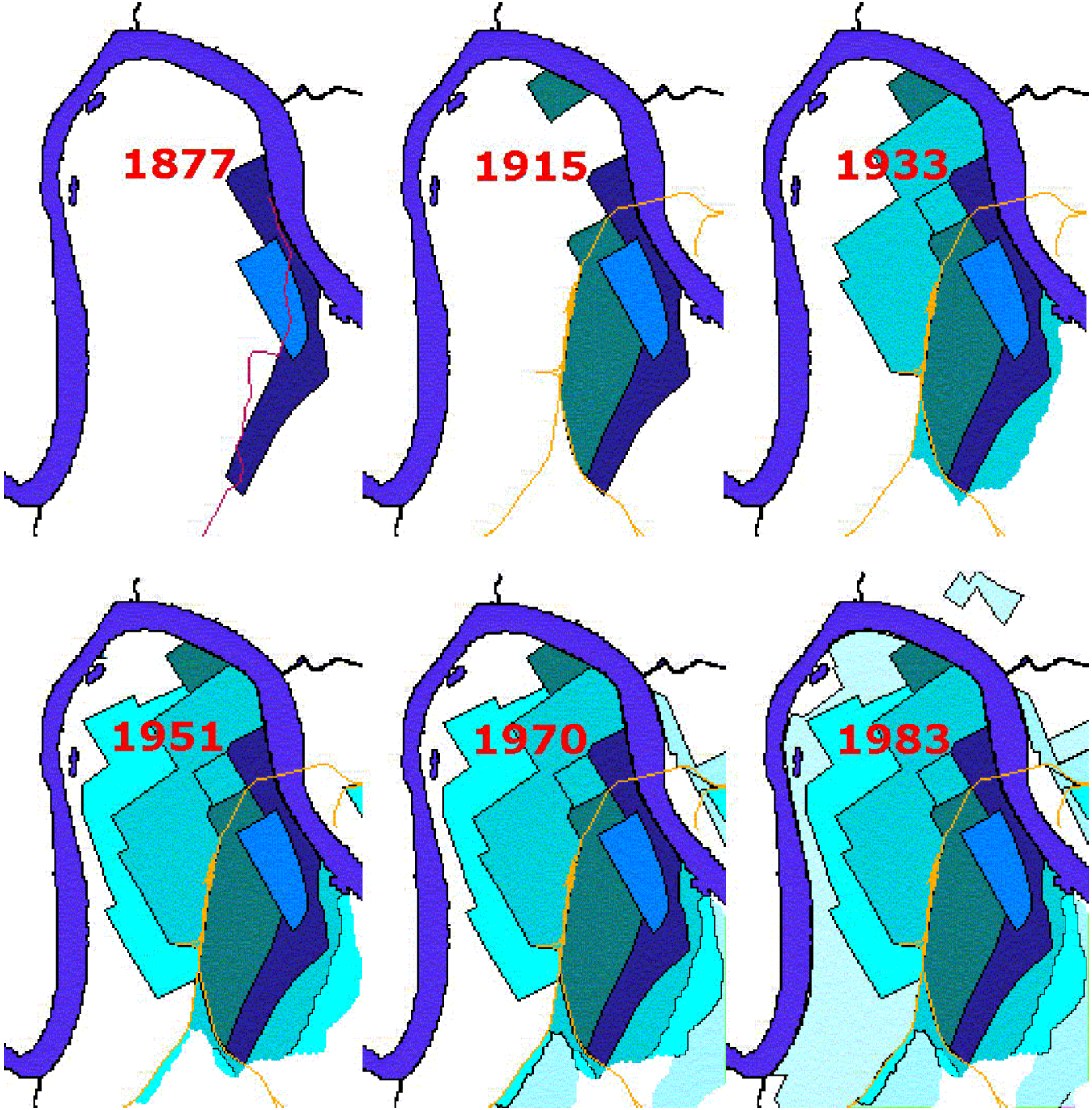
RHAMA

União da Vitória e Porto União



- A barragem foi construída em 1980;
- Em 1983 ocorreu uma grande inundação;
- A população acusou a barragem de produzir as inundações na cidade
- A companhia avaliou a cheia de 1983 e obteve um risco de 1000 anos.
- Em 1992 ocorreu uma outra importante inundação.
- A população passou a não acreditar na empresa e voltou a acusar a empresar com grande conflito

RHAMA


1877
1915
1933
1951
1970
1983

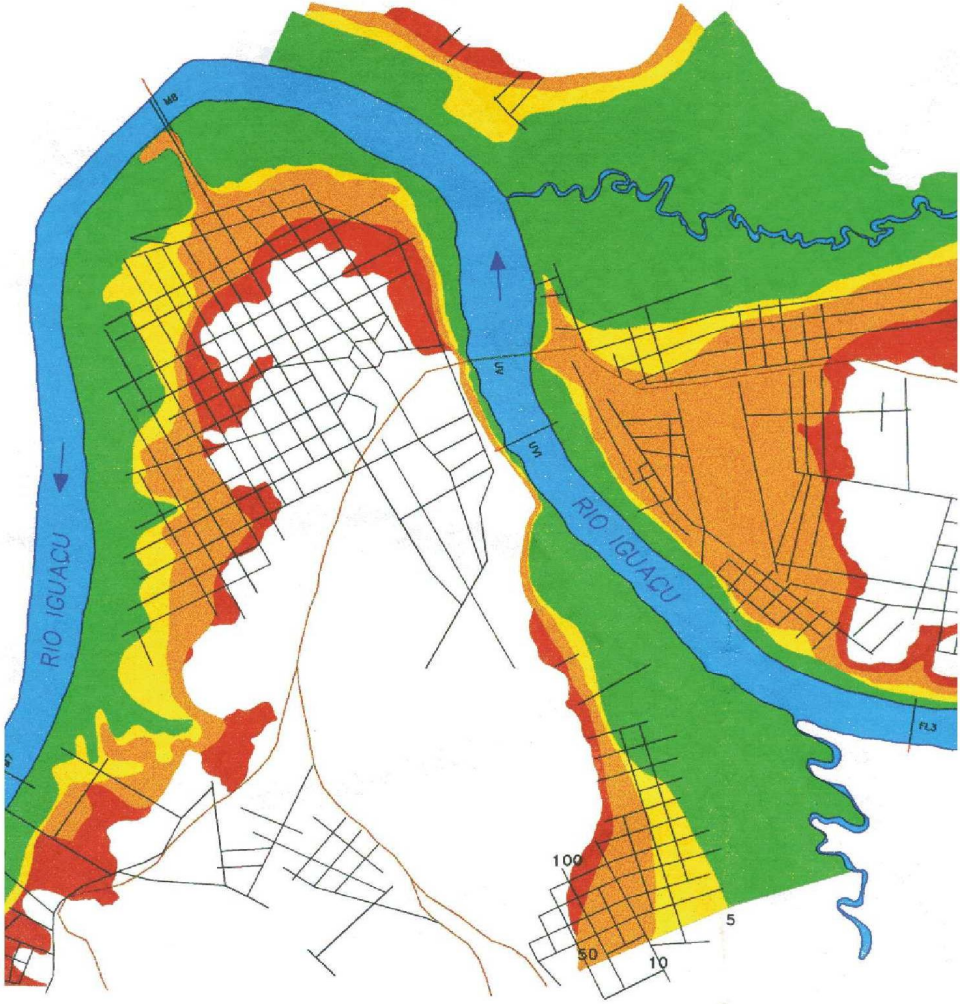
Normal

1983

União da Vitória
Porto União

As duas cidades e áreas de inundação

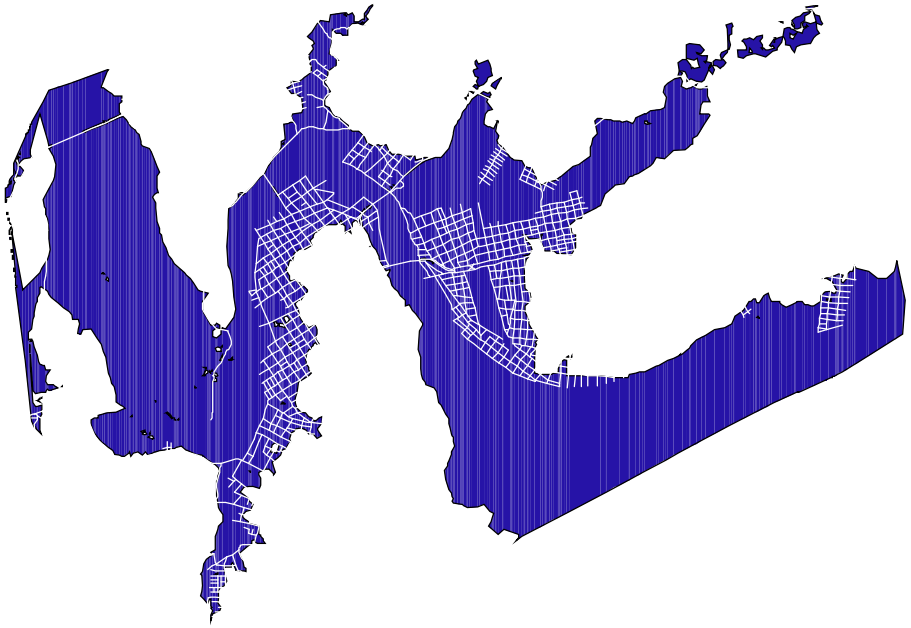
- vermelho 100 anos
- Marrom 50 anos
- Amarelo 10 anos
- Verde 5 anos



KHAMA

Cheias e áreas atingidas

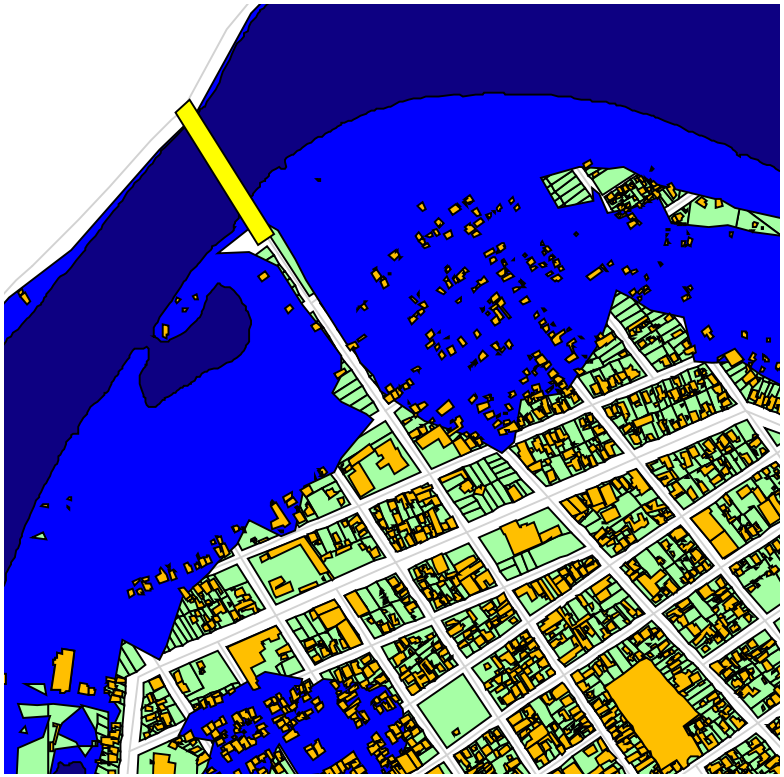
10 anos



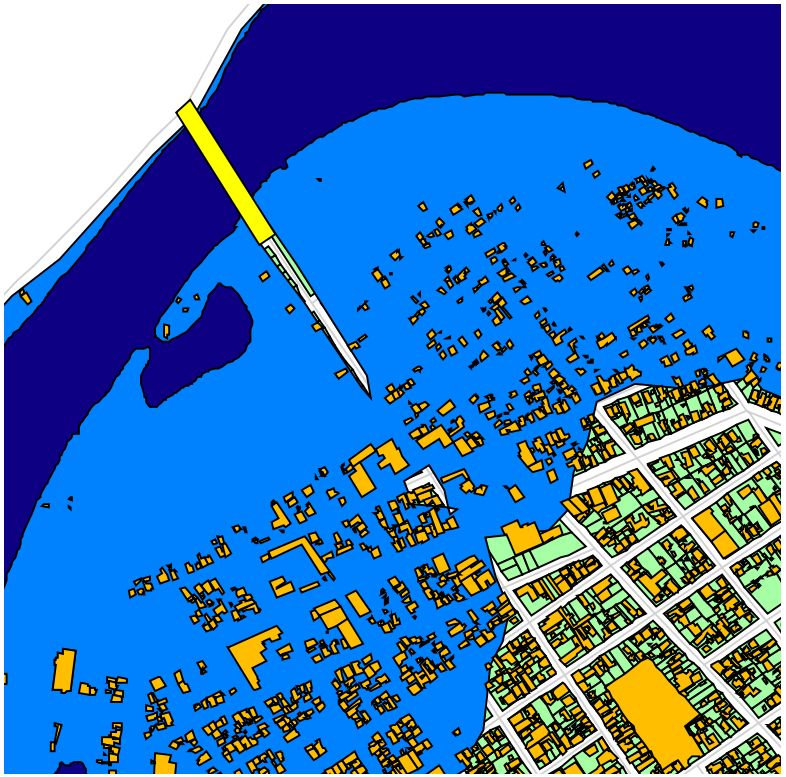
100anos

RHAMA

Visão local



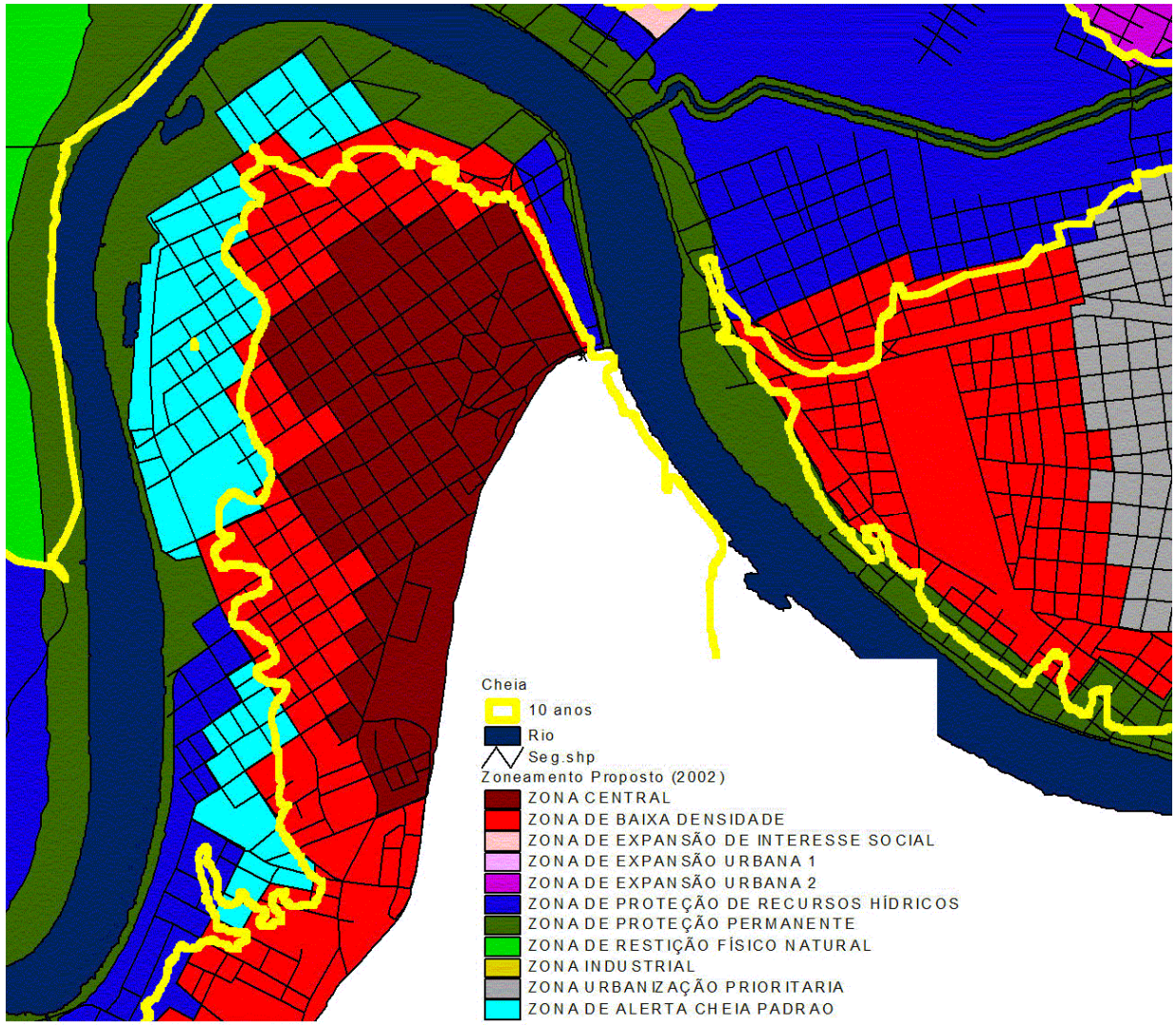
5 anos



10 anos

RHAMA

Zoneamento proposto



Viabilidade dos controles

- Dique – a população não desejou considerar a obra devido a alteração na relação com o rio.
- Zoneamento
- Previsão de cheia
- Dificuldades na implementação no Plano Diretor de União da Vitória;
- Implementado em Porto União.

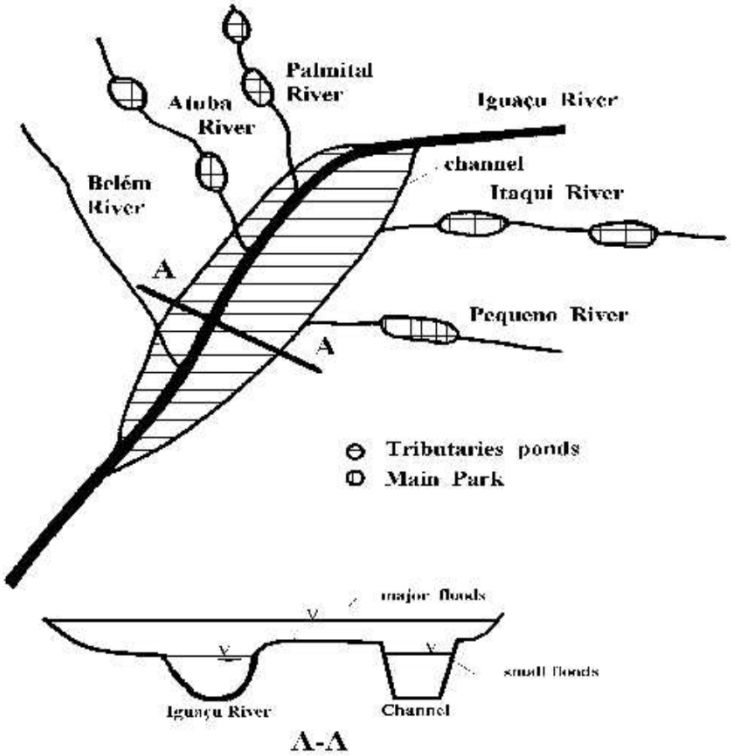
RESULTADOS

- Regulação dos espaços nas cidades
- Previsão e alerta de inundações operado pelo Estado
- Convivência com as inundações

Região Metropolitana de Curitiba

- Programa PROSAM financiado pelo Banco Mundial
- Problemas: Inundações ribeirinhas e drenagem urbana
- Plano em 1994 em três etapas: (a) ações emergenciais; (b) Plano do rio Iguaçu (inundações ribeirinhas); (c) Plano Diretor da Região Metropolitana (d) sistema de alerta
- Concepção baseada no amortecimento e reserva de áreas de inundação

Plano do rio Iguaçu



RHAMA

Área da Sistema de Banhados : Palmital

RHAMA

Cenários planejados da área

Região do parque

RHAMA

Parte do canal construído

RHAMA

Parque

RHAMA

Resultados

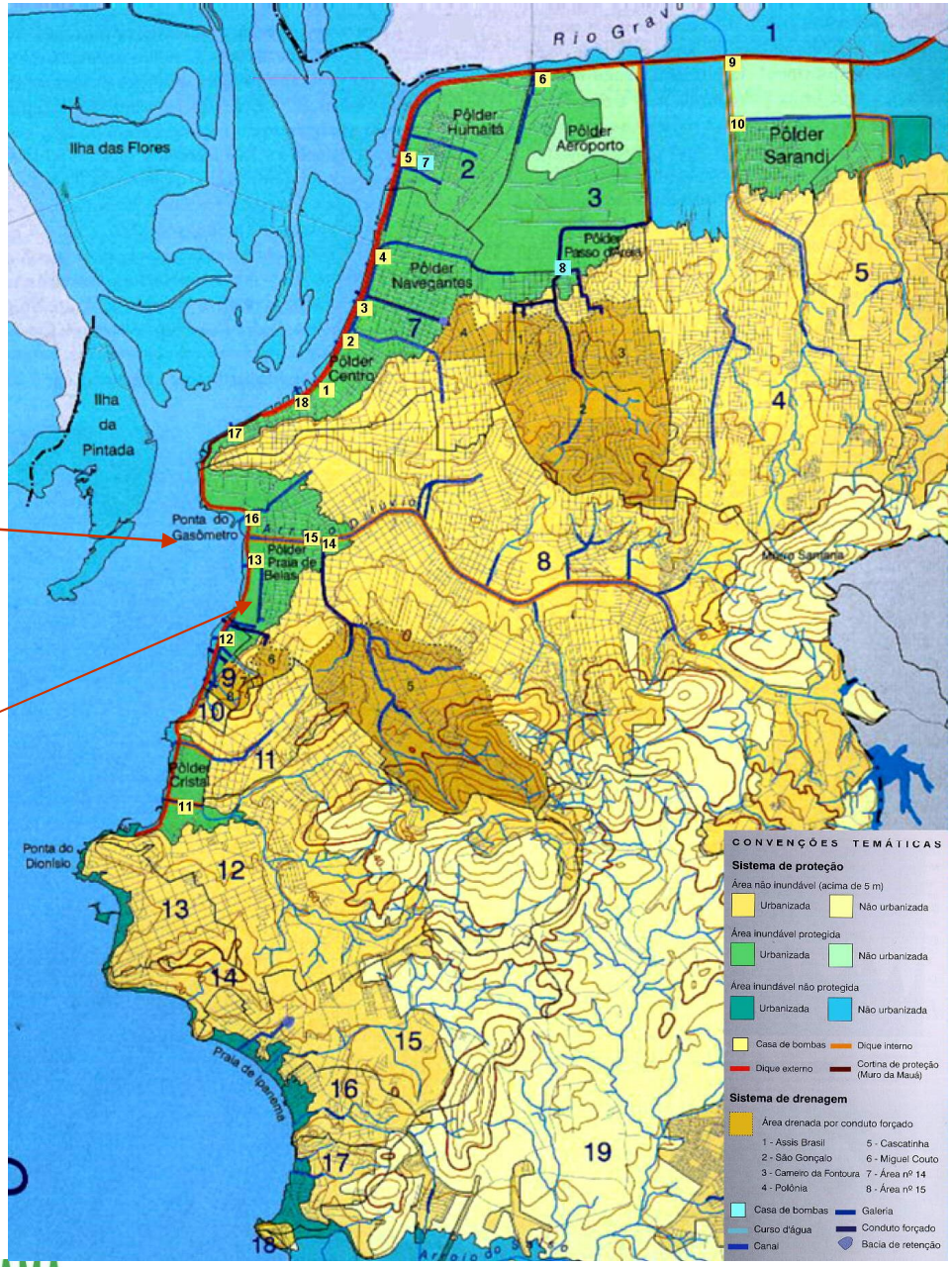
- Construção do canal paralelo;
- Área do parque de 21 km2
- Conservação da área com problemas menores nos últimos 18 anos, mas sem implementação de infraestrutura;
- Plano Diretor de Drenagem foi realizado em 2001-2002;
- Obras do Plano Diretor de Drenagem estão por iniciar com recursos no Programa de Desastres Naturais
- Sistema de alerta foi desmontado e pretende-se retomar.

Porto Alegre

Dique de proteção contra inundações

A precipitação das áreas verdes são bombeadas para o Guaíba durante as cheias

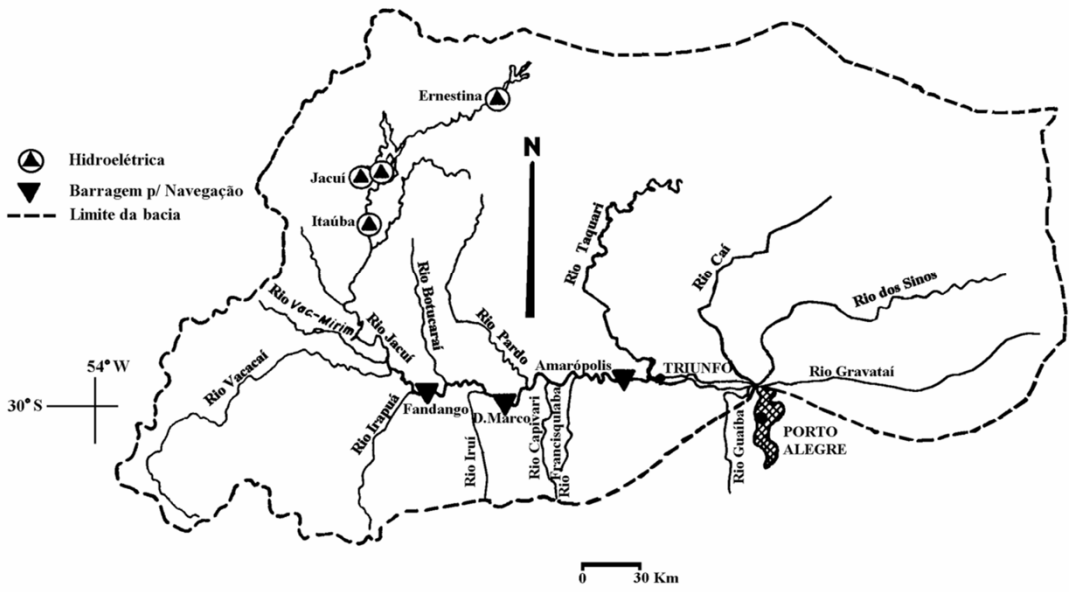
1. O dique foi construído em 1970 pelo DNOS como um programa de controle de inundações ribeirinhas;
2. Importante inundação ocorrida em 1941



RHAMA

LAGOA DOS PATOS
GUAÍBA
Prefeitura de Porto Alegre

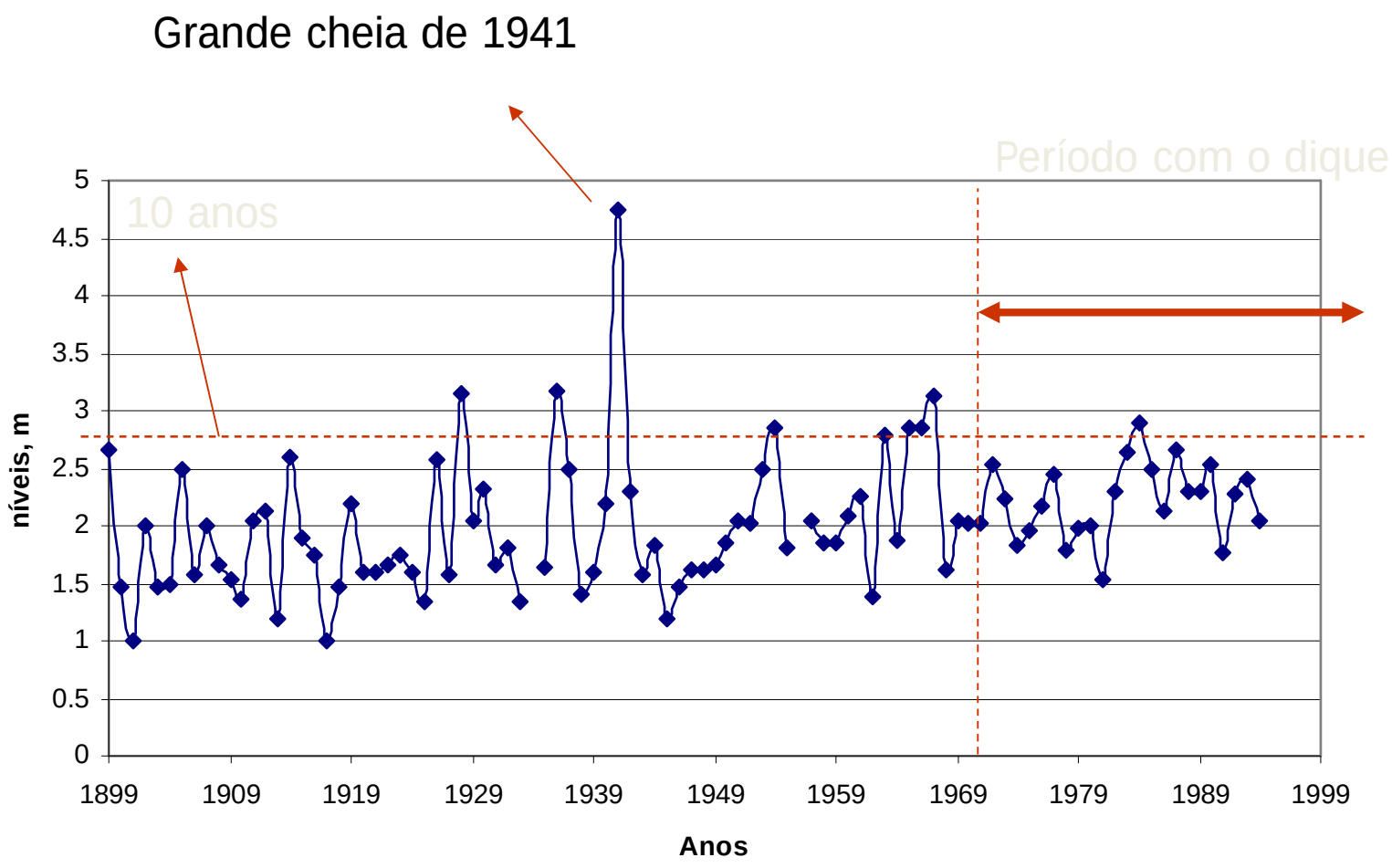
A bacia do rio Jacuí ~80.000 km2



- Bacia com vários reservatórios de navegação e de energia
- Grande vale de inundação no rio Jacuí e Delta de Jacuí
- Sistema de Lagoas a jusante: Guaíba e Lagoa dos Patos – 250 km do mar
- Oscilação de nível na estiagem devido ao efeito de vento
- Produz inversão de vazão (negativa e certos horários do dia)

RHAMA

Níveis máximos

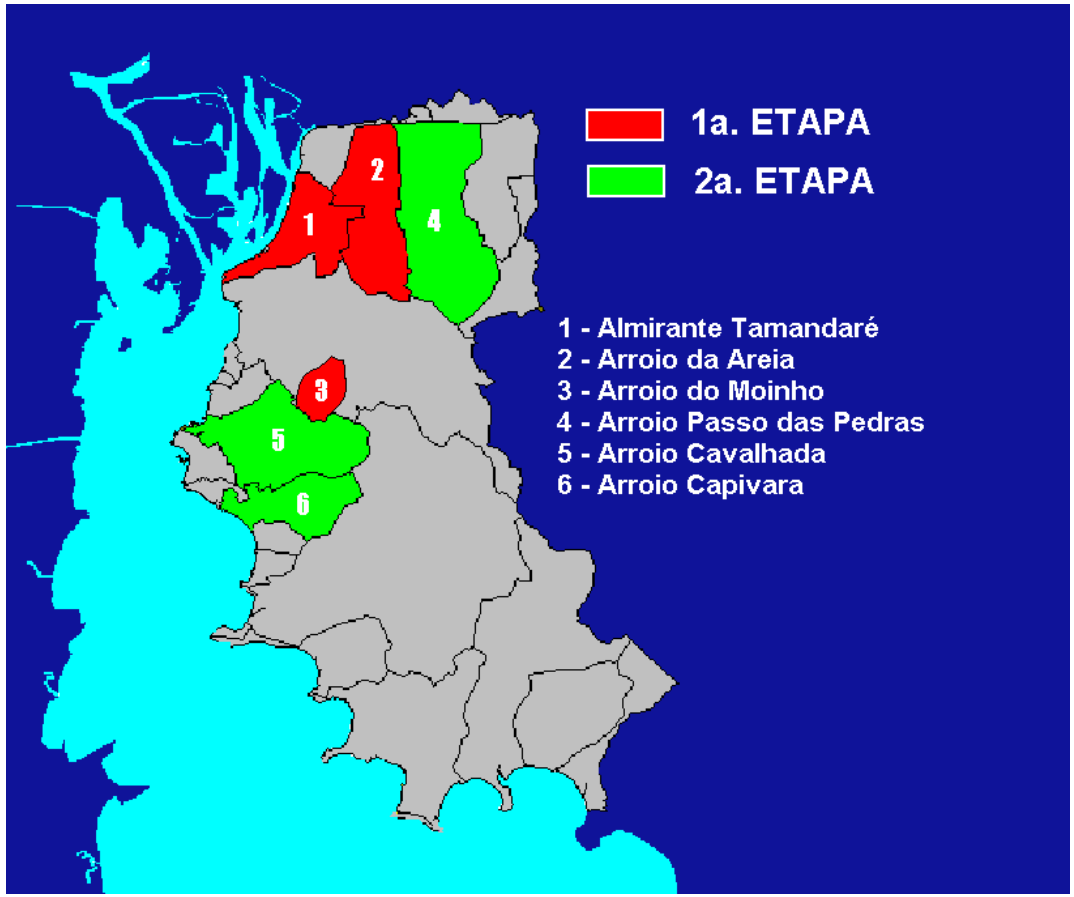


Pressão para retirada do dique

- Como nos últimos anos não ocorreram inundações um vereador propôs a retirada do dique.
- Foi preparado um projeto para retirada do dique, sendo substituído por placas móveis colocada nos pisos e fixadas em pilastras com viesse a inundação
- A área seria utilizada para comércio e lazer revitalizando o Porto.

RHAMA

Etapas do Plano Diretor de Drenagem urbana de Porto Alegre



RHAMA

Etapas

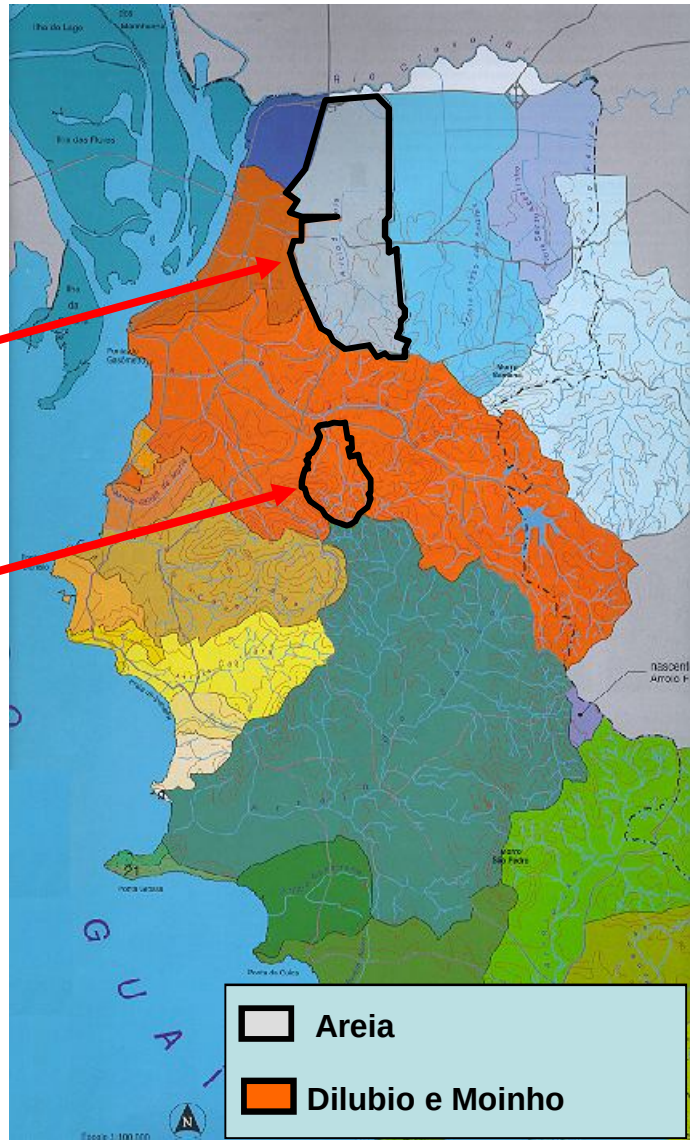
1. Primeira: 3 bacias: Moinho, Areia e Tamandaré

- Revisão do projeto das bacias que escoam para o dique
- Medidas não-estruturais

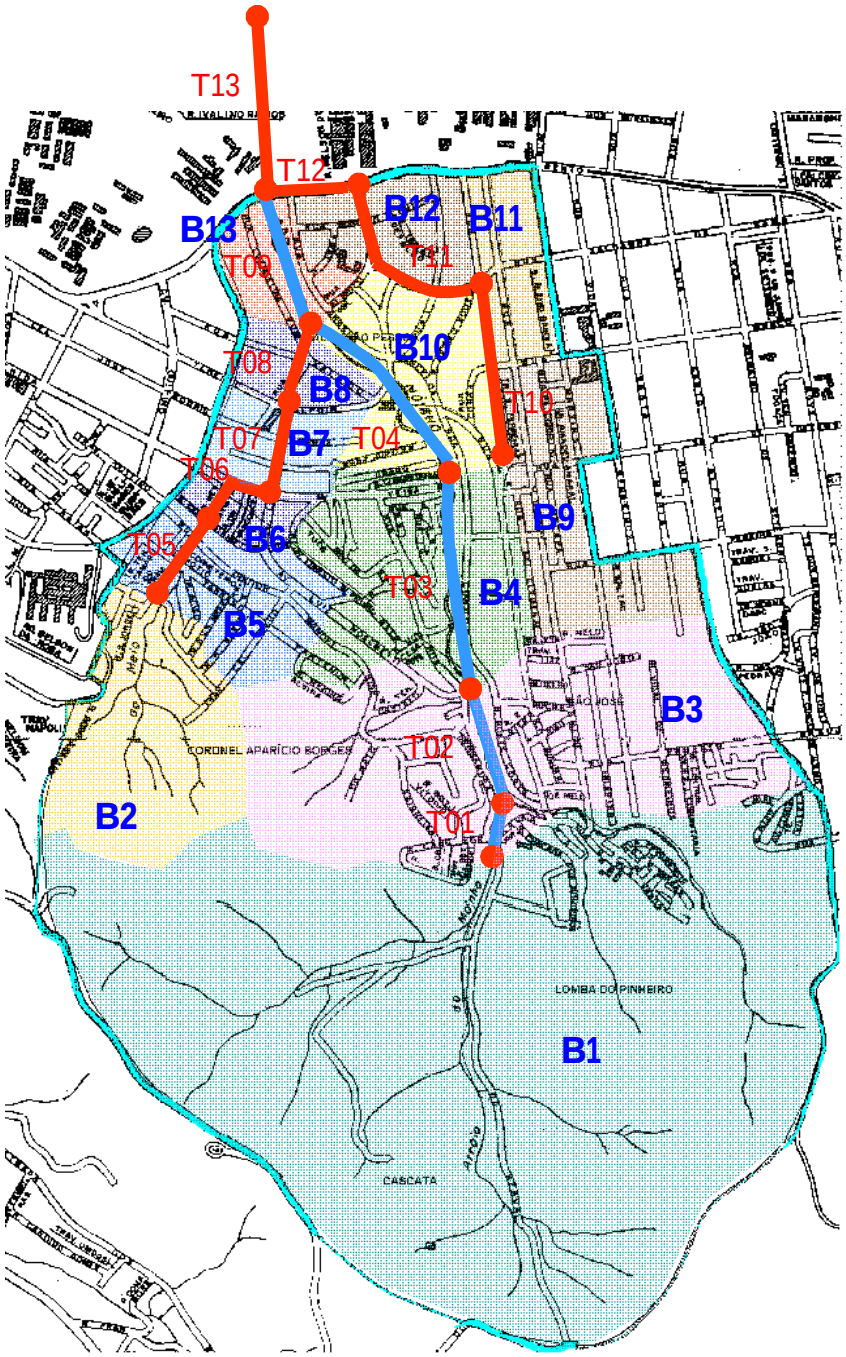
2. Segunda etapa : mais três bacias
3. Em 2008 a Prefeitura contratou o Plano das demais bacias e estão em fase final de conclusão
4. As obras estão ocorrendo em algumas bacias com recursos locais como no Areia e outros recursos estão sendo planejados com base nos recursos do programa de Desastres Naturais e outros.

AREIA

MOINHO



RHAMA



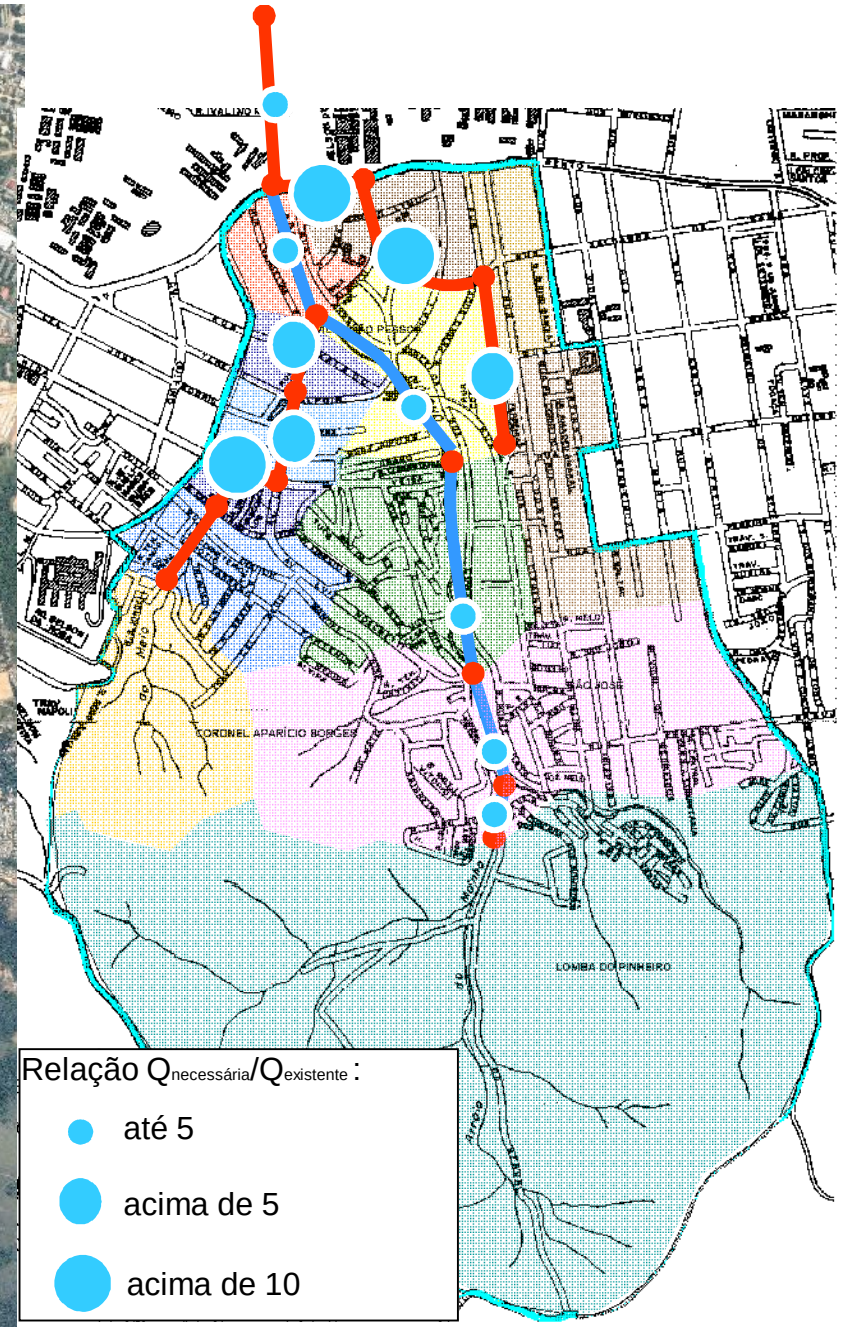
Bacia do MOINHO

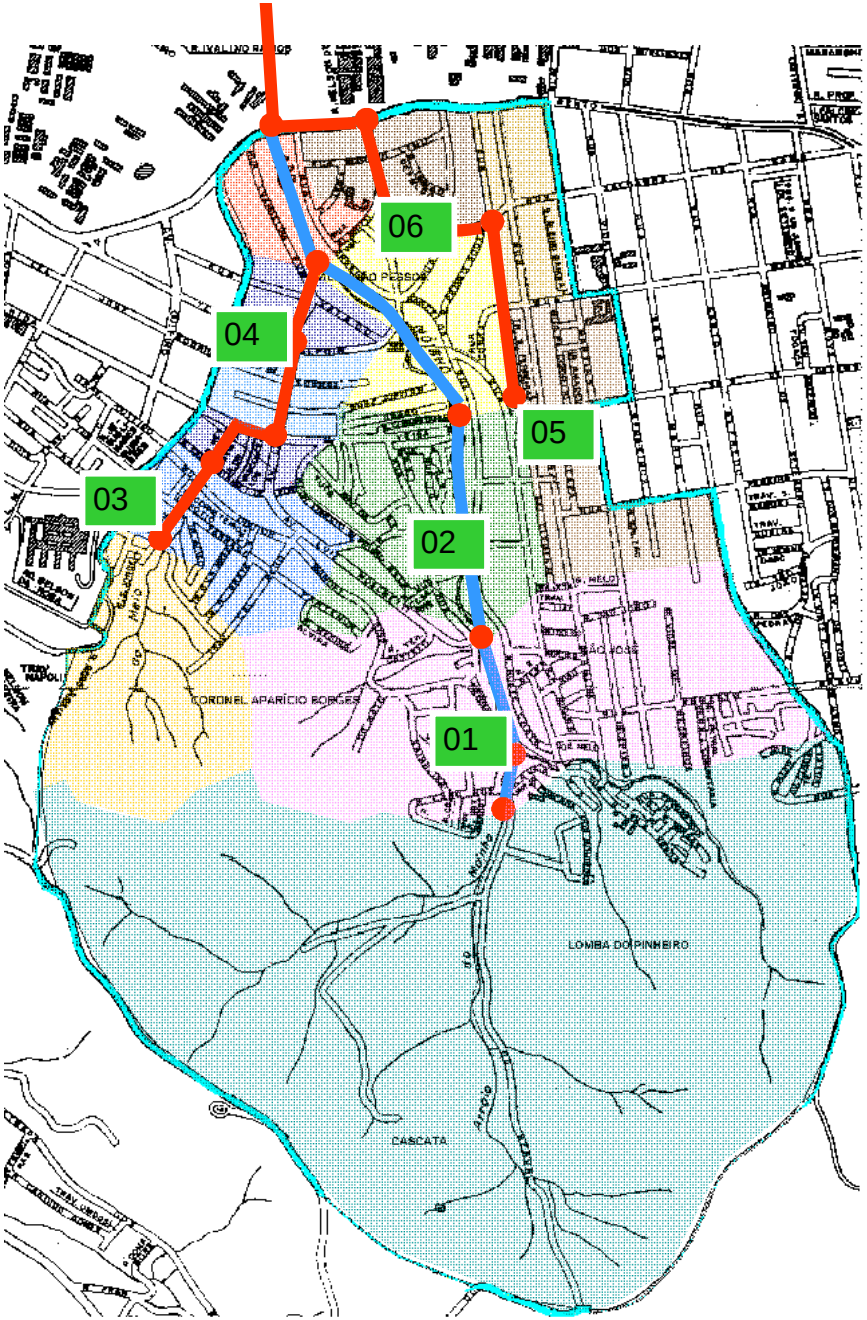
Área de drenagem= 4,5 km^2

Grande declividade ~280 m

Ocupação de urbana de ~50.000 na parte média e inferior, com ~40% de urbanização

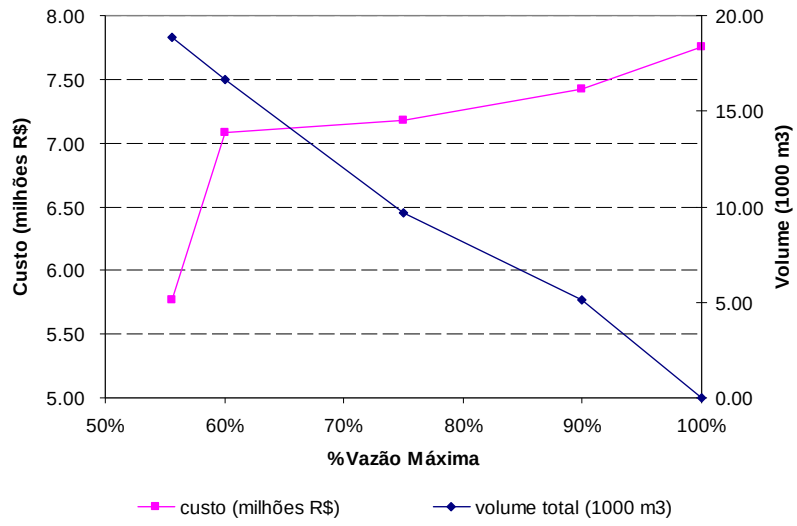
Seção de saída é um conduto enterrado debaixo de avenida e Universidade católica até a macrodrenagem do arroio Dilúvio.

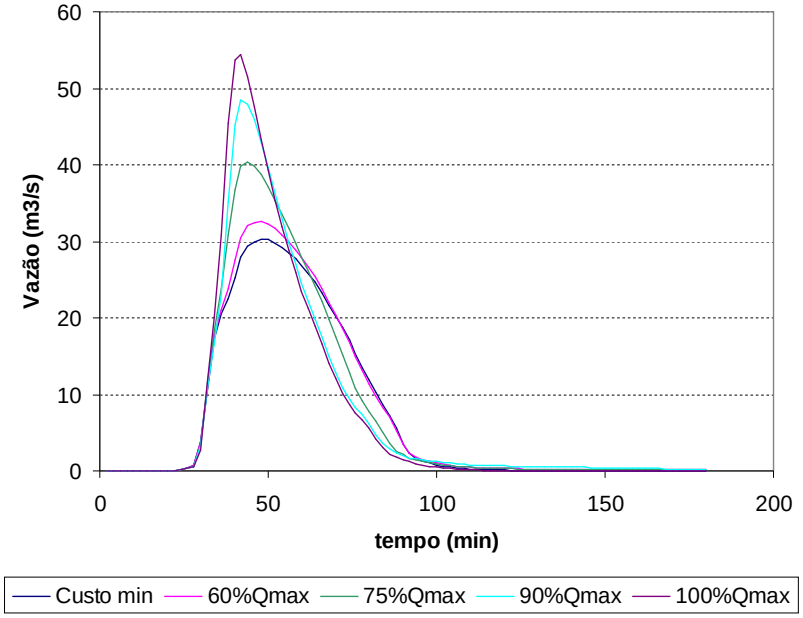

CORONEL APARÍCIO BORGES
LOMBA DO PINHEIRO
Relação $Q_{necessária}/Q_{existente}$:
até 5
acima de 5
acima de 10



Locais identificados

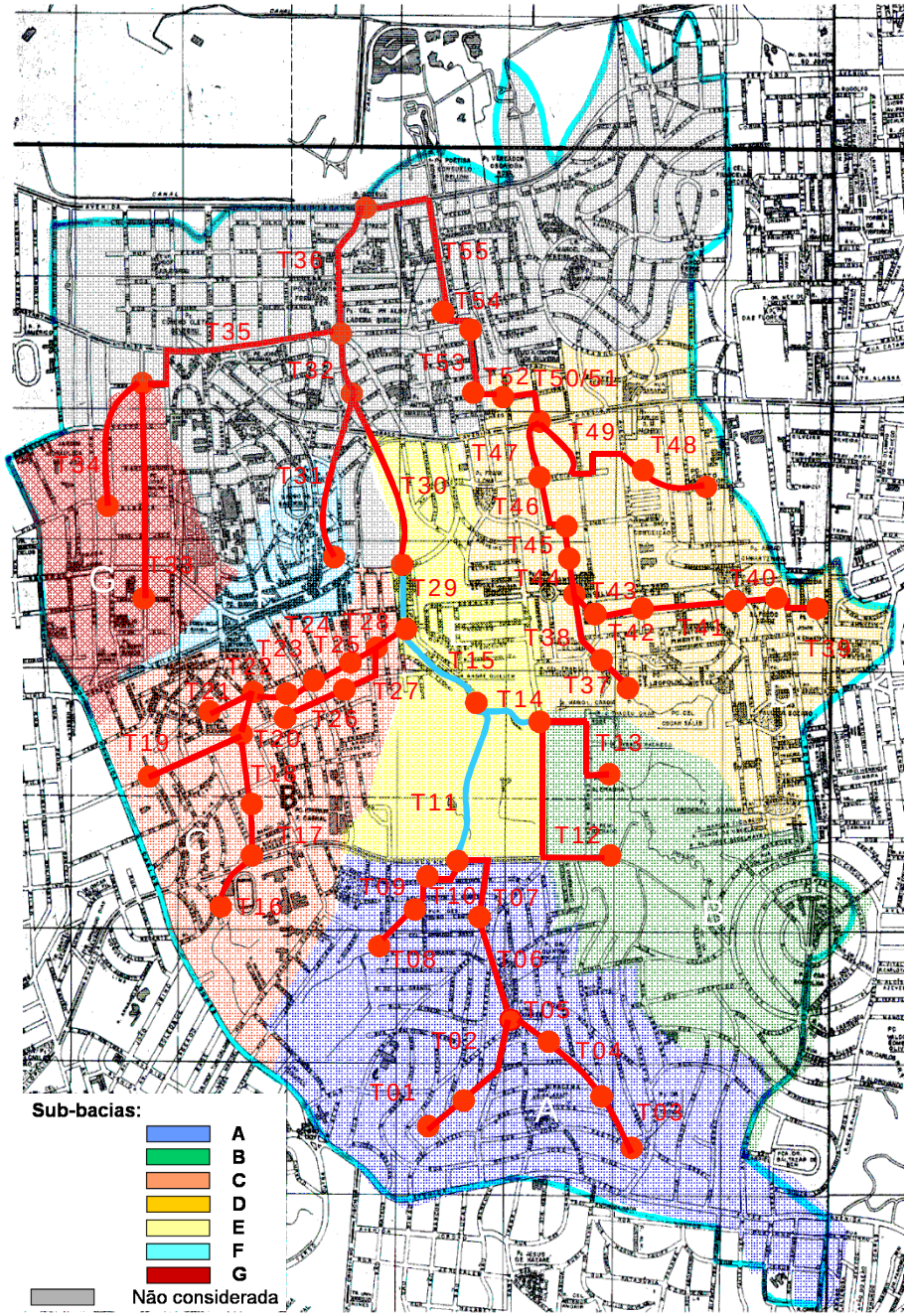
Curvas de custos





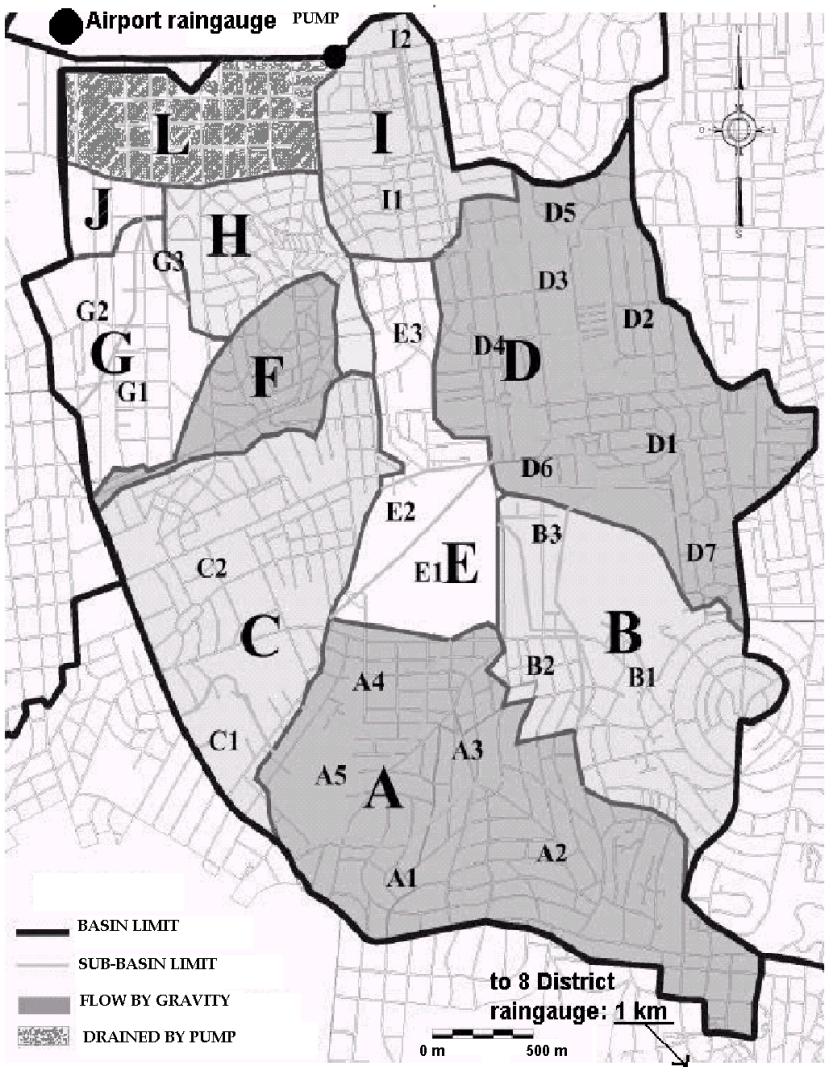
Bacia do Areia

- Região nobre da cidade
- Escoamento com saída sob-pressão
- Trecho inferior somente por bombeamento
- Sub-bacia analisada corresponde a saída por gravidade e sob-pressão.

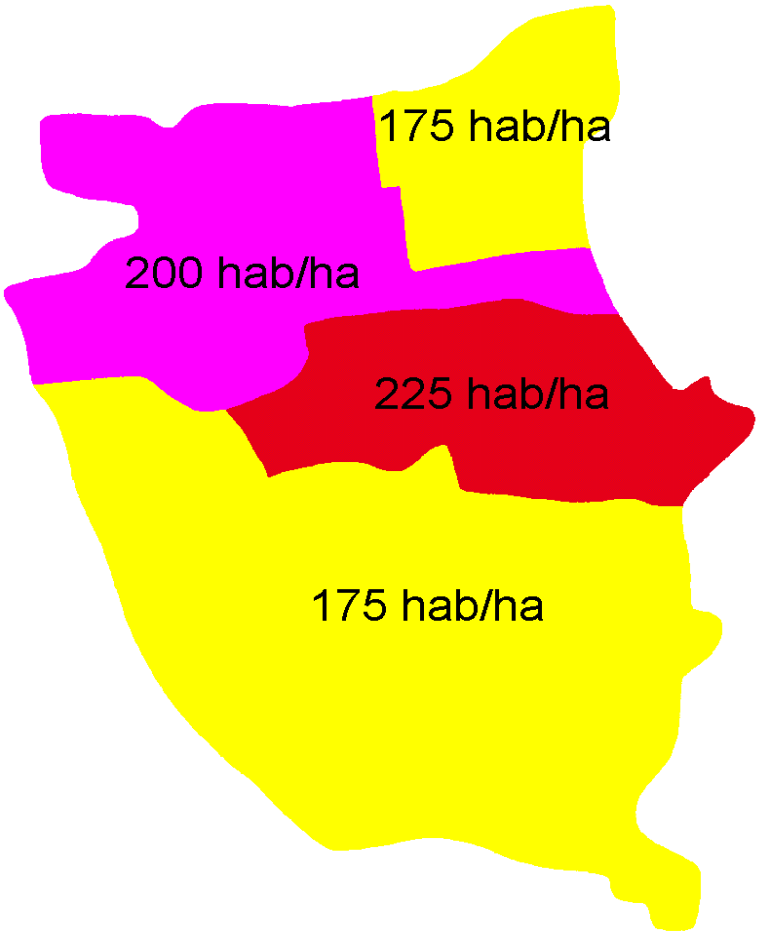

Sub-bacias:
A
B
C
D
E
F
G
Não considerada

Polder
Aeroporto
Bacia do
Areia

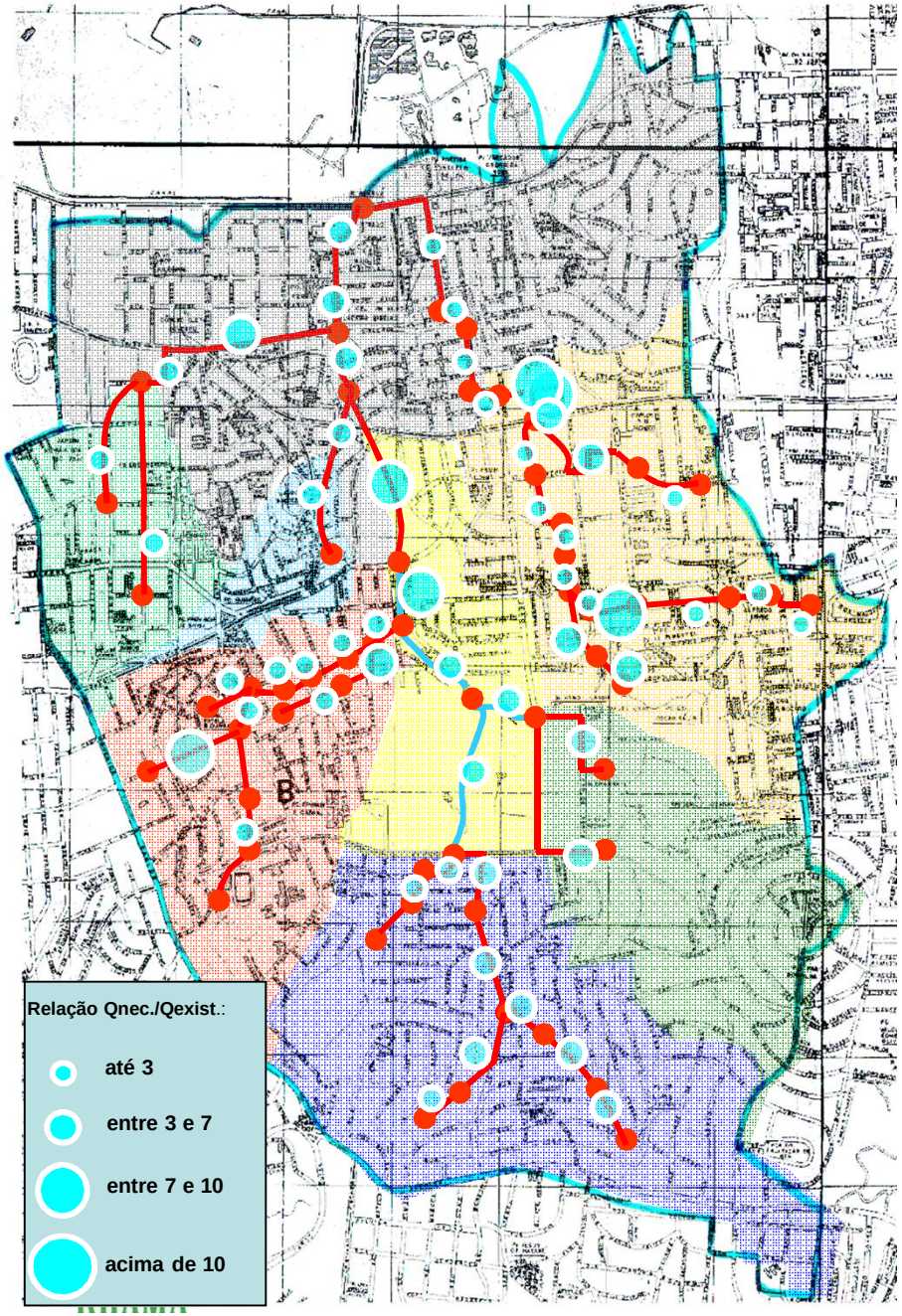
Bacia do Areia



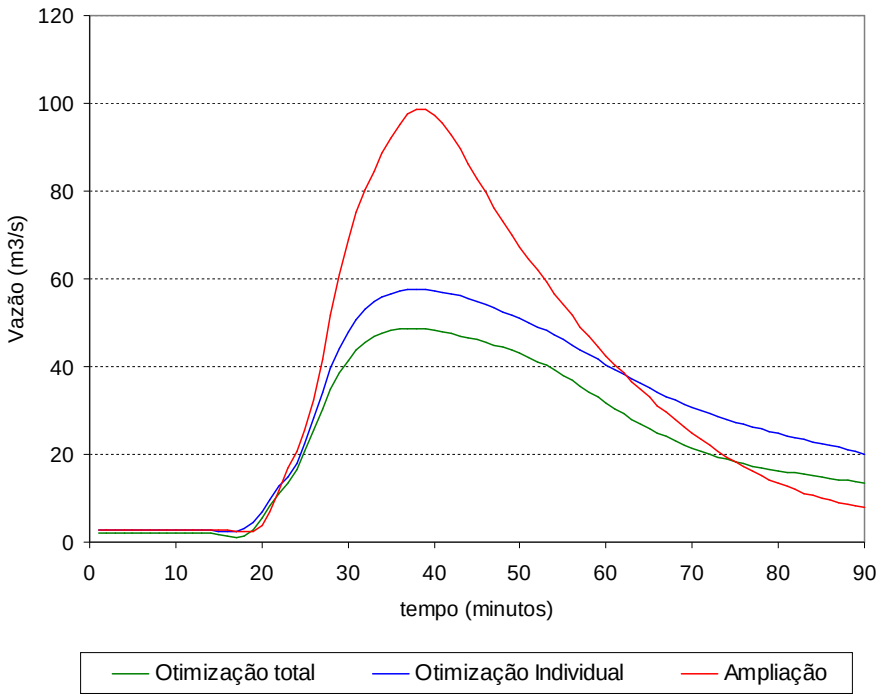
RHAMA

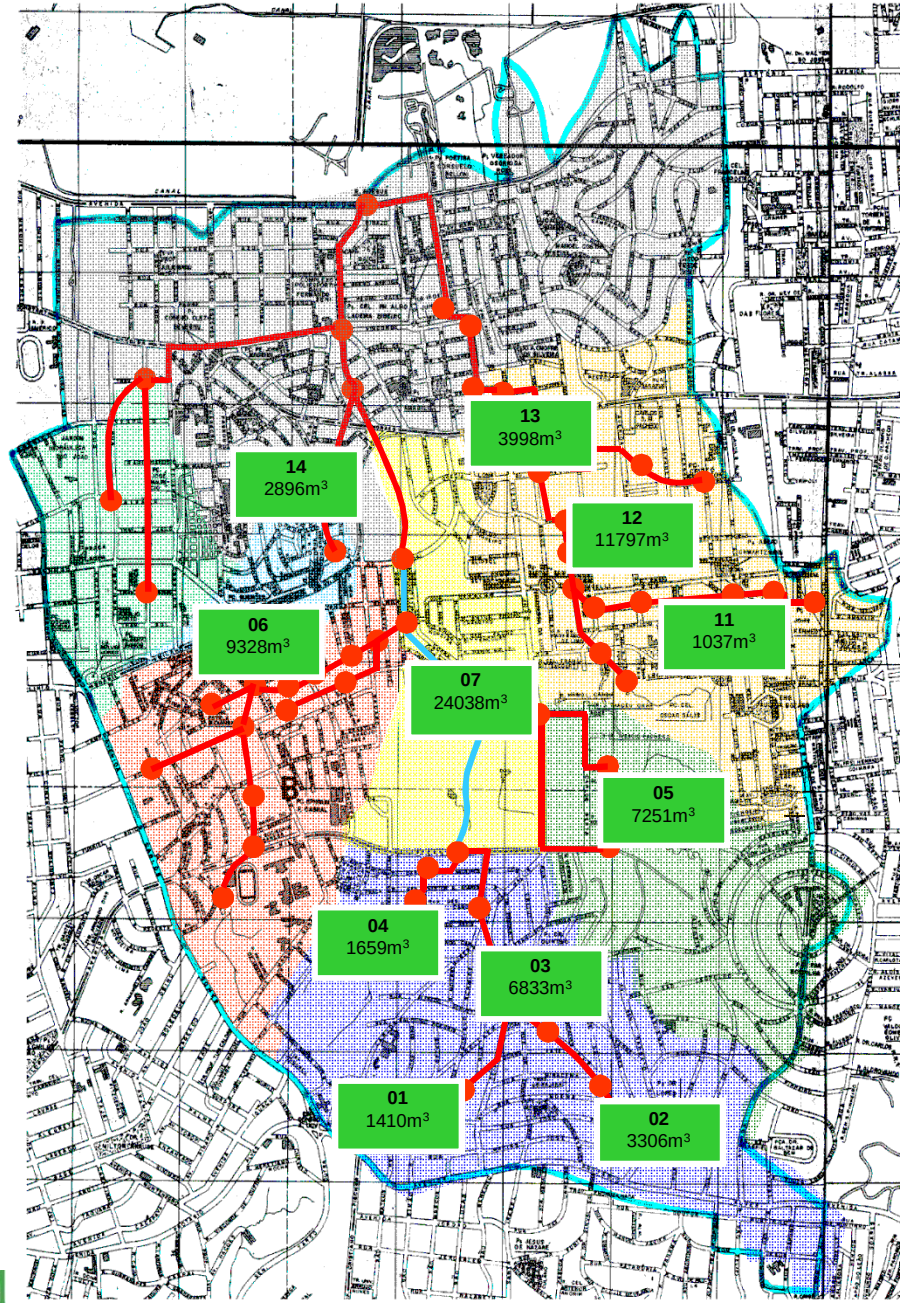


Capacidade para o sistema atual para o cenário de projeto



Solução de mínimo custo para a bacia





RESUMO DOS RESULTADOS

•Custo unitário das obras de ampliação (sem detenções): R$ 63.471,27/ ha ou R$ 364,8 / habitante

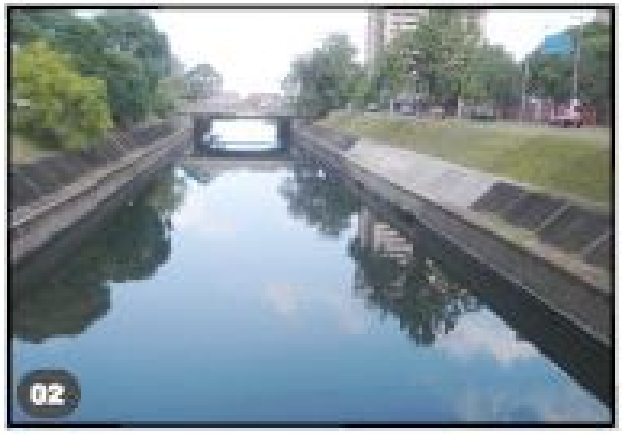
•Custo unitário do controle com detenções : R$ 41.718,38 / ha e R$ 239,76 /habitante

•implantação dos reservatórios = 17,7% do custo final
•Desapropriação = 3,2%
• ampliação de condução = 79,1%

RHAMA

Bacia do arroio Dilúvio

- Bacia de 76 km2 e 500 mil habitantes
- Plano de Drenagem da bacia na fase final de desenvolvimento.
- Dividida en 27 subbacias para solução da macrodrenagem (> 1,2 m de diâmetro)
- Plano de cada subbacia e integrada com o canal principal



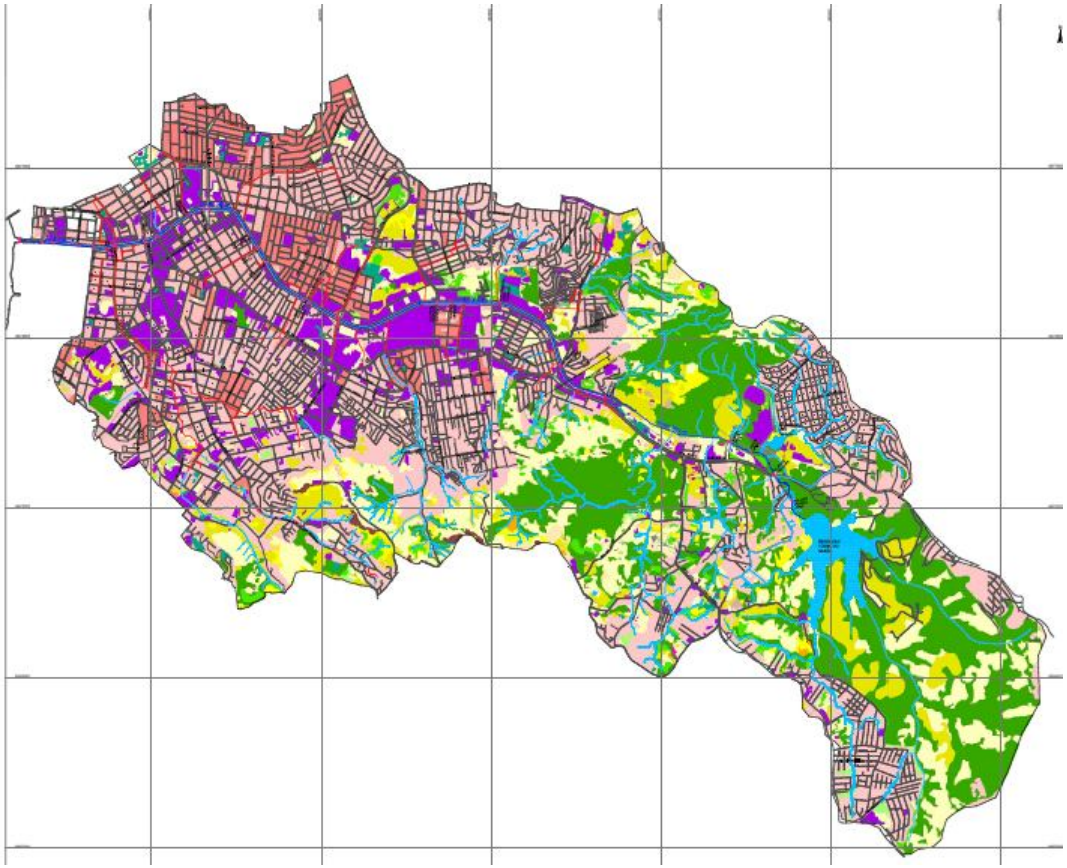
RHAMA

ESTRATÉGIA

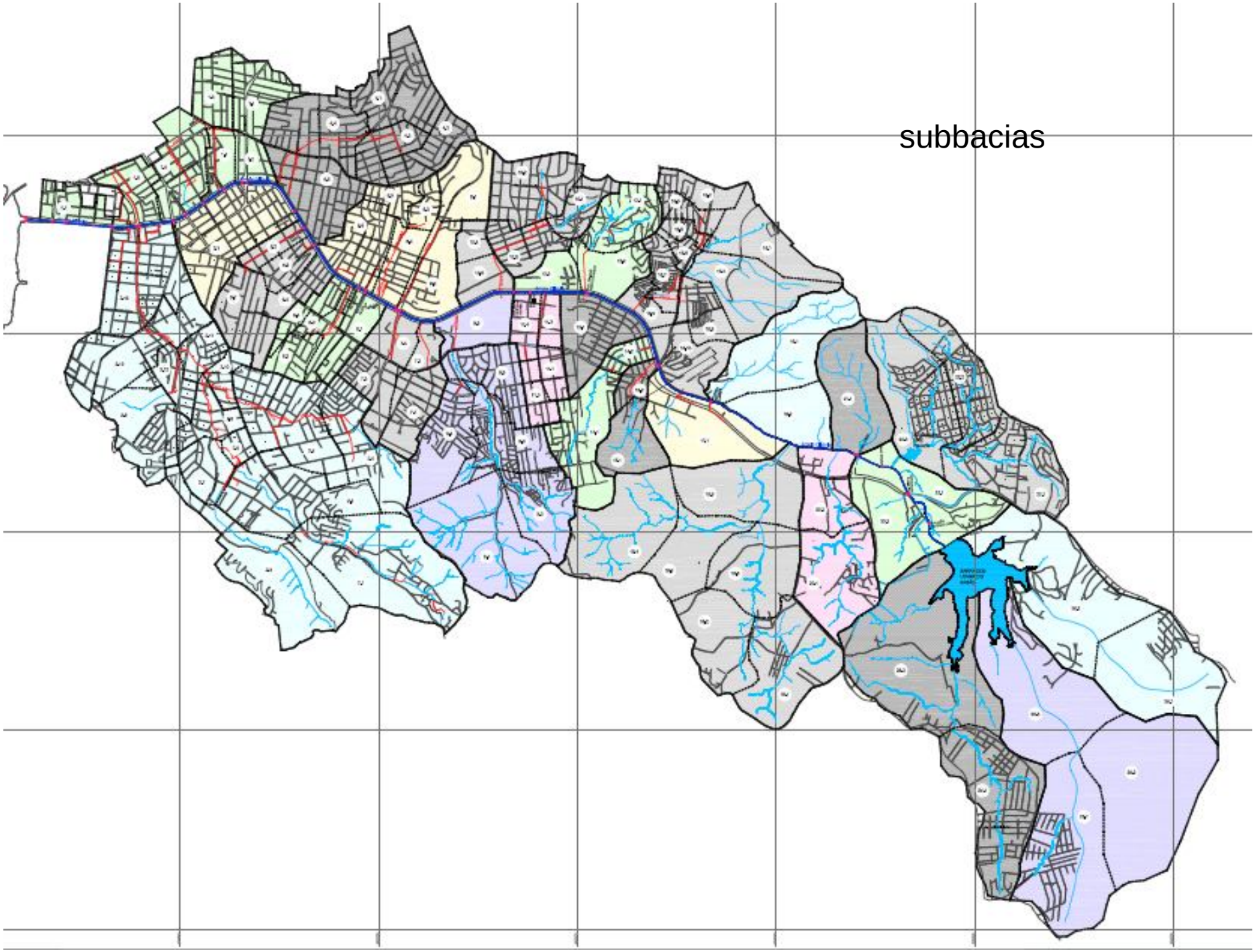
- ***Diagnóstico da bacia***: Identificação dos impactos atuais e prognóstico futuro;
- ***Medidas de Controle***: Medidas para controle dos impactos da drenagem Urbana nas subbacias do arroio Dilúvio
- **Plano de Ação e Programas de longo prazo :** avaliação econômica e desenvolvimento das ações; medidas de longo prazo.

Características

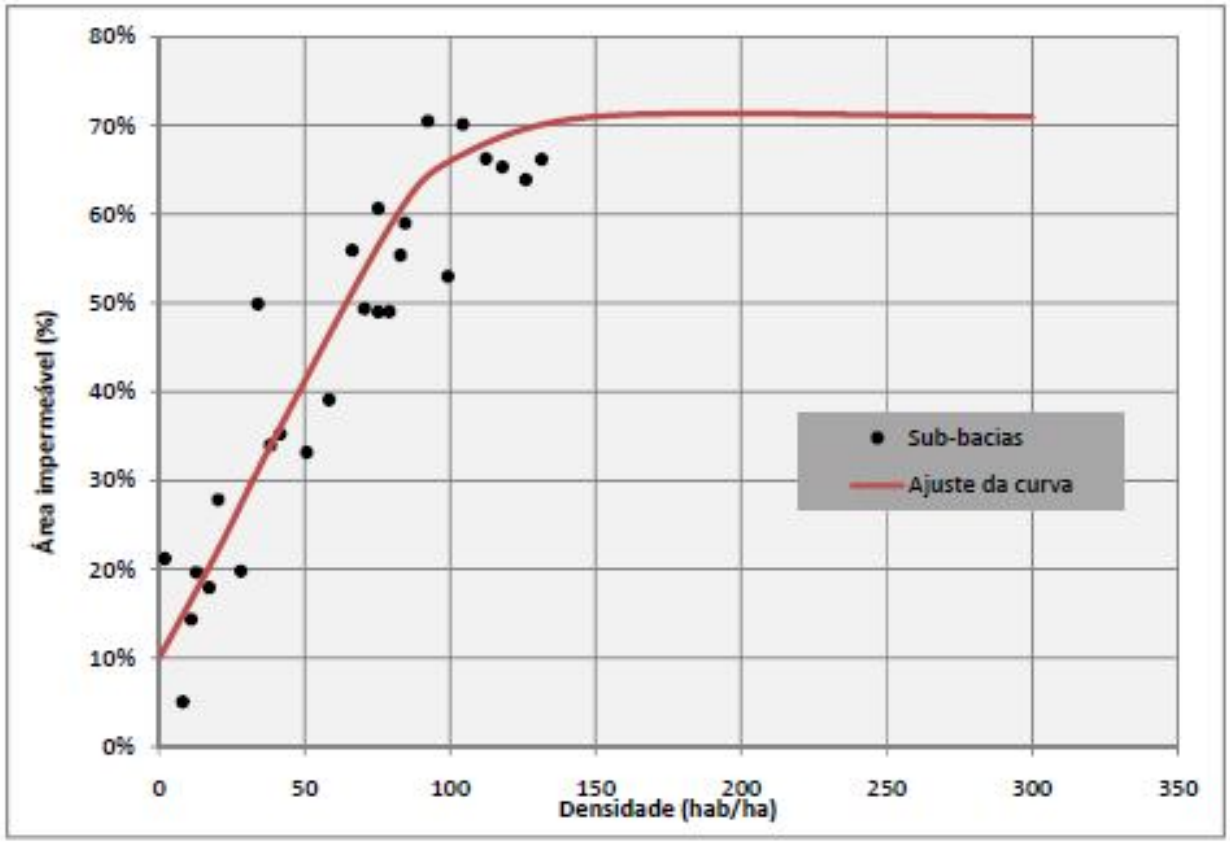
- A montante reservatório de abastecimento de água em Viamão, junto com parque;
- Urbanização de jusante para montante;
- Importantes áreas de preservação e áreas verdes;
- O rio principal foi canalizado pelo DNOS no passado



RHAMA

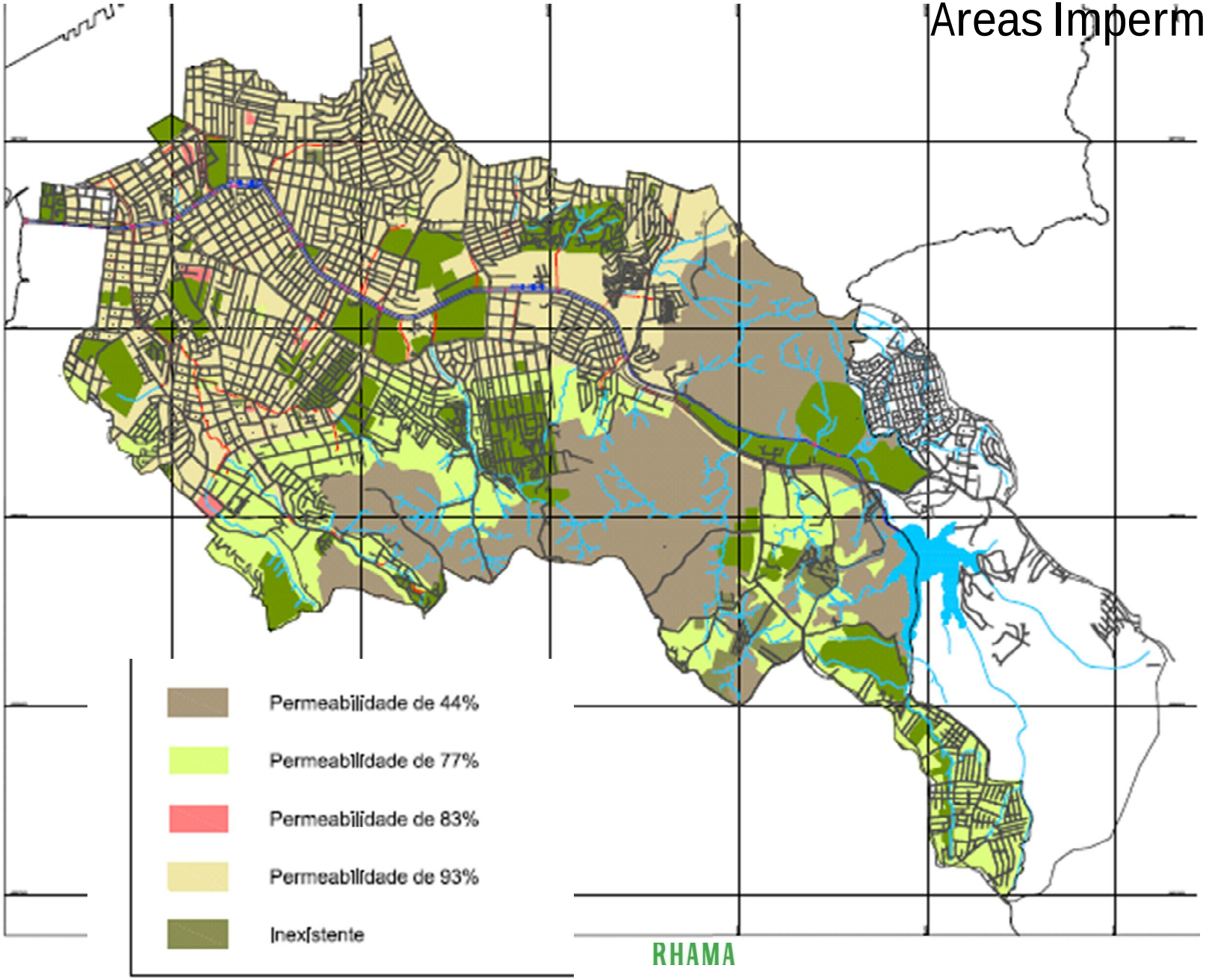

subbacias

Áreas Impermeáveis x Densidade Habitacional



RHAMA

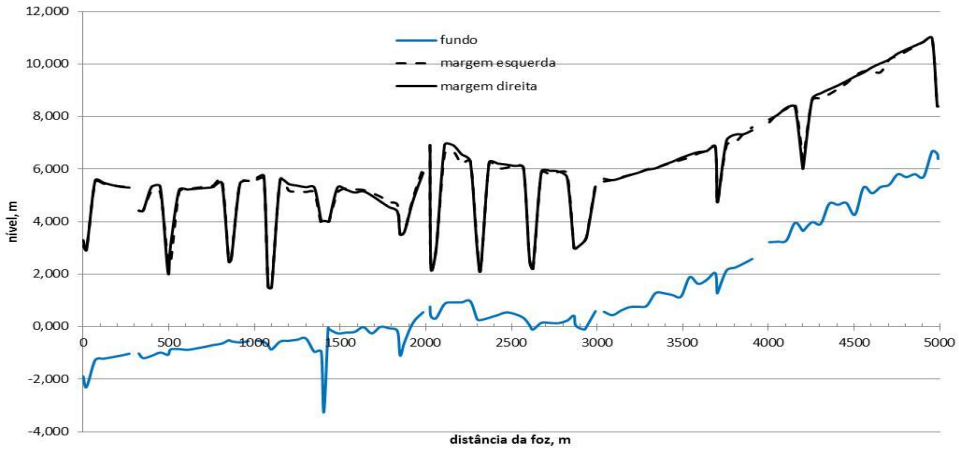
Áreas Impermeáveis

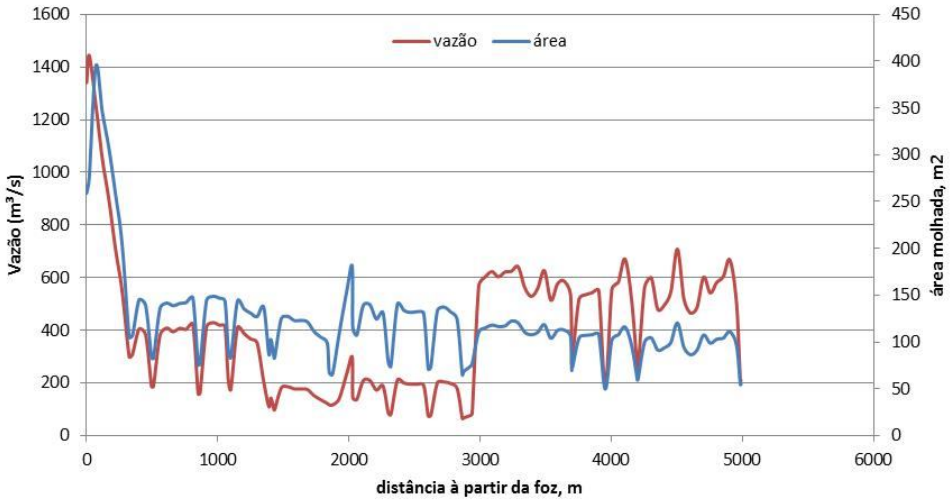


RHAMA

Canal principal

- O comprimento do arroio canalizado é de 10,5 km;
- Canal com grande declividade projetado com degrau para dissipação de energia;
- Obstrução de um grande número de pontes que reduzem a capacidade em 50%.



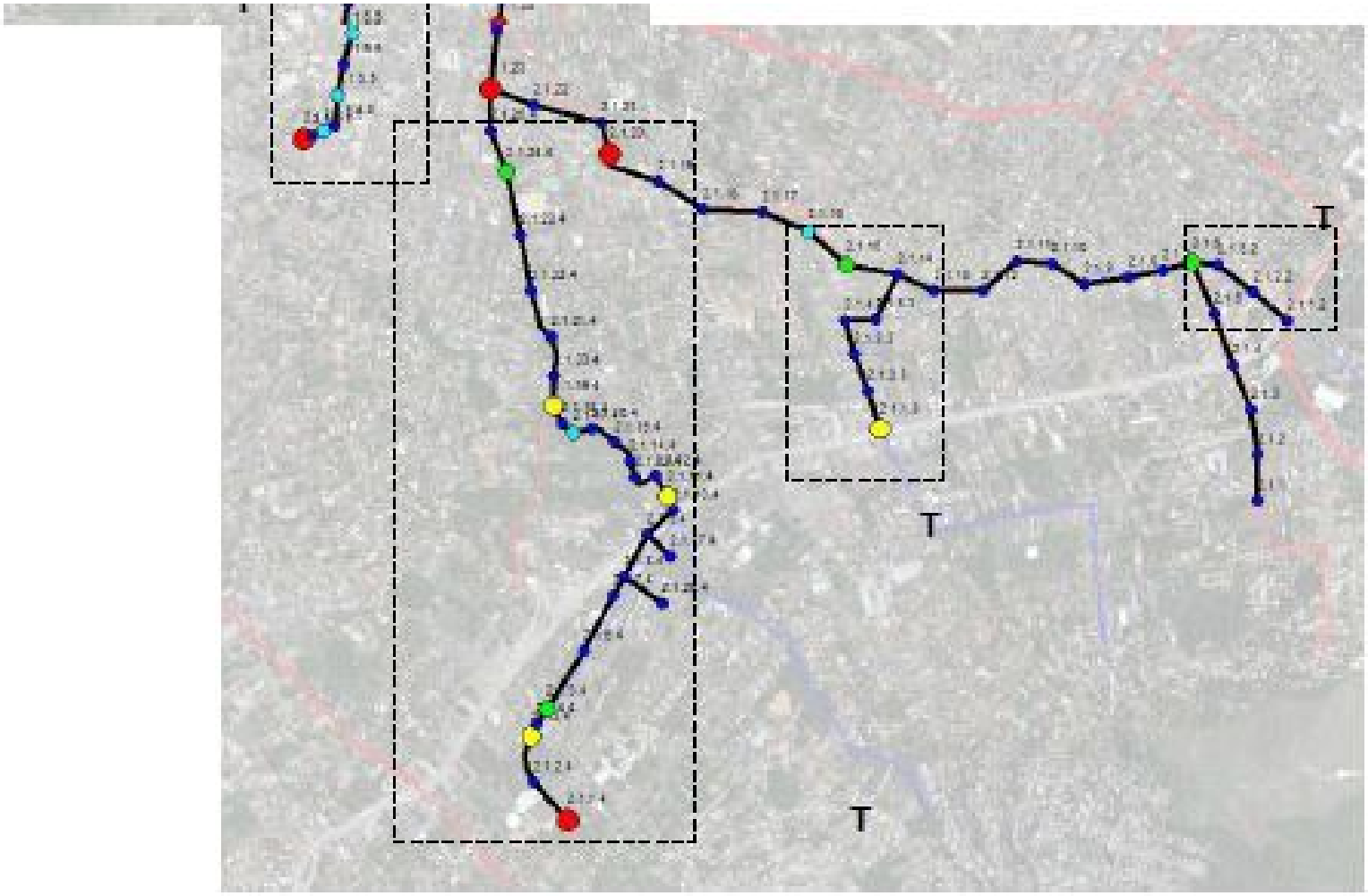


Diagnóstico

- A avaliação das condições de inundações foram realizadas para a rede de macrodrenagem definida por diâmetros > 1,20 m
- Foram simuladas precipitações de 2,5, 10, 25, 50 e 100 anos de tempo de retorno;
- Cenário atual de desenvolvimento urbano e futuro com o Plano Diretor Urbano implementado.
- Foram identificados os locais onde a rede existente apresenta inundação para os tempos de retorno;
- Houve coincidência com os locais identificados anteriormente pelo DEP

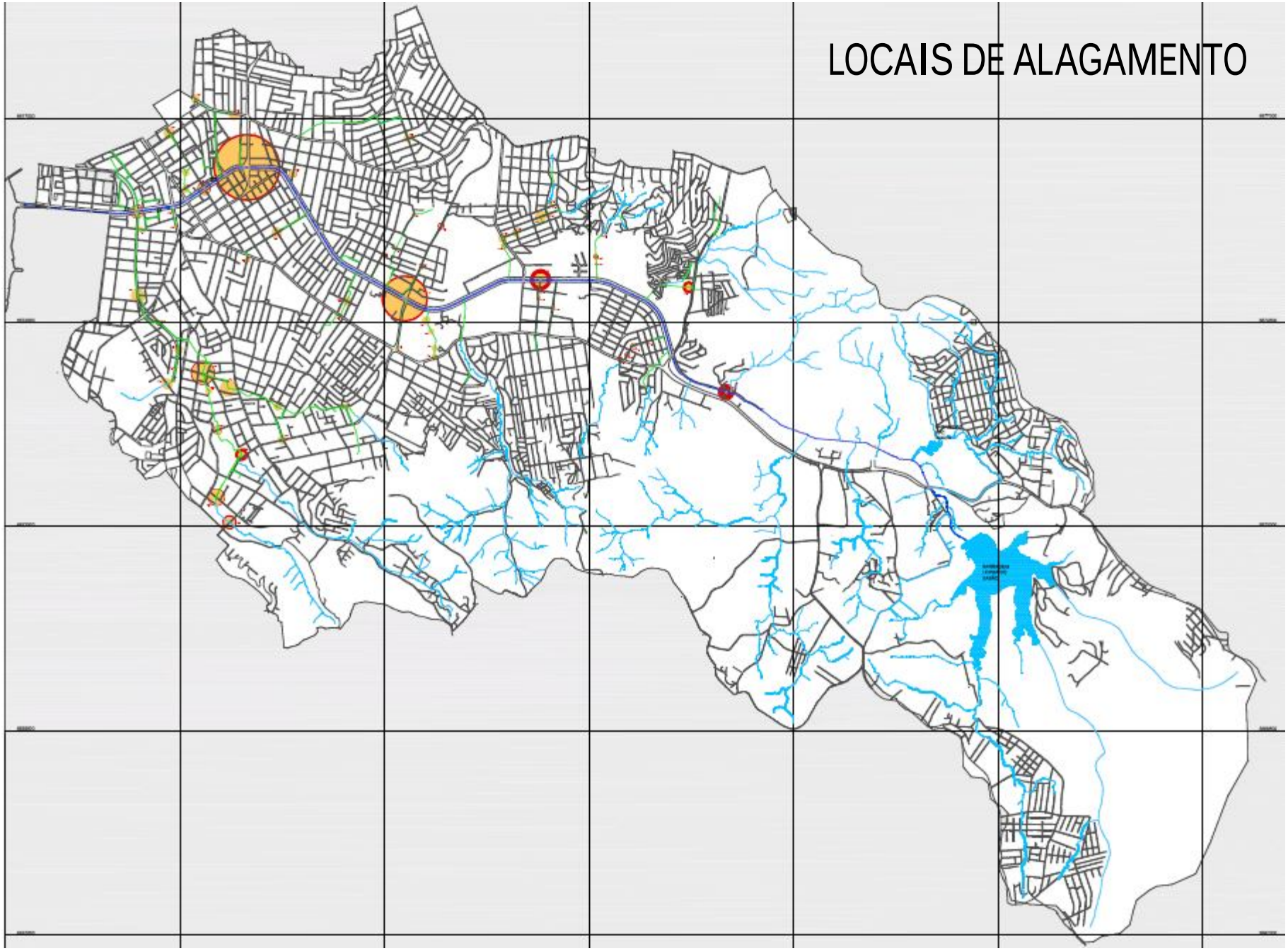
SEGMENTAÇÃO DO DILUVIO

Parte superior do Cascatinha



RHAMA

LOCAIS DE ALAGAMENTO



Volumes excedentes em 10 anos

Sub-bacia ou trecho	V excedente (10^3 m^3)	
	Atual	Futuro
SB-16 - Antônio de Carvalho	1.9	13.1
SB-14 - Rua Pereira da Cunha	4.1	9.5
SB-15 - Rua Nero José da Silva	0.0	0.0
SB-12 - Rua Joaquim Porto Villanova	0.0	2.0
SB-11 - Rua Albion e Rua Frei Germano	19.8	31.3
SB-10 - Pedro Santa Helena – Av. Cristiano Fischer	26.4	30.7
SB-9 - Arroio Moinho – Trecho inferior	0.0	0.0
SB-8 - Av. Tarso Dutra/ Dezoito de Setembro/Guilherme Alves/Veríssimo Rosa	2.2	5.9
SB-7 - Av. Salvador Franca (SB-7.3 e 7.4) e 8 Regimento	21.2	23.7
SB-6 - Rua Portuguesa	7.1	7.9
SB-5 - Av. Lucas Oliveira	11.1	12.3
SB-4 - Av. Nilópolis – Rua São Vicente	9.1	11.0
SB-3 - Av. Azenha	1.2	1.6
SB-2 - Cascatinha	167.5	227.1
SB-1 - Ramiro Barcelos/São Manoel/CB-St. Terezinha/Santana/CB-10	33.8	35.1
SB-CB14	1.4	1.5
Trecho Superior: Reservatório Mãe d´água – Av. Antônio de Carvalho	0.0	26.7
Trecho Médio: Av. Antônio de Carvalho – Av. Salvador Franca	207.7	287.1
Trecho Baixo: Av. Silva Só – Lago Guaíba	466.0	544.8

Conclusões do diagnóstico

- Evitar a construção de pontes e aterros que reduzam o escoamento na macrodrenagem, principalmente no canal do arroio Dilúvio;
- Evitar obras públicas que aumentem as vazões para jusante no arroio Dilúvio e na sua macrodrenagem sem a devida avaliação dos impactos de qualidade e quantidade;
- Programa de redução de sedimentos em canteiros de obras;
- Introduzir na legislação de controle da drenagem na fonte o controle da qualidade da água pluvial;
- Identificação das fontes de contaminação, eliminação e recuperação dos aquíferos urbanos;

MEDIDAS DE CONTROLE

- ***Bacias de cabeceira***: parte da bacia que à montante da macrodrenagem. Nesta parte da bacia foram determinadas as áreas de reserva das bacias para amortecimento do cenário de Planejamento
- ***Sub-bacias***: bacias que contribuem para o arroio Dilúvio- Estudo de alternativa com prioridade para o amortecimento evitando transferir para jusante
- ***Canal principal do Dilúvio:*** canal principal desde a barragem Mãe D´água. Alternativa de amortecimento para evitar obras de alterações de ponte.

Critério de Projeto

- Cenário de desenvolvimento futuro com Plano Diretor Urbano;
- Risco de 10 anos = 10% de chance de ocorrer em qualquer ano. Usualmente o ponto ótimo entre benefícios e custos das obras;
- Verificação para risco superior ao de projeto

Alternativas

- Aumento da capacidade de escoamento dos condutos e/ou
- À implantação de bacias de detenção do tipo on-line ou off-line na rede de drenagem existente.

Estratégias

- Priorizar o amortecimento do escoamento para evitar que o impacto fosse transferida para o arroio Dilúvio, onde as soluões resultariam em maior custo e maiores dificuldades de implantação para a cidade;
- Nas sub-bacias que apresentaram como solução somente bacia de detenção, entenda-se que a ampliação dos condutos é uma alternativa analisada e descartada;
- Para as medidas de controle por bacias de amortecimento, foram selecionadas áreas para a implantação dessas estruturas considerando a viabilidade técnica e econômica de execução.
- Não foi realizada uma avaliação fundiária nos locais identificados, no entanto foram seguidas recomendações preliminares apresentadas por técnicos do DEP. Na eventualidade de algumas áreas não se tornarem viáveis será possível escolher área semelhante próxima com volume equivalente;

Estratégias

- Os volumes foram simulados considerando uma chuva de duração de 24 horas, iniciando com os volumes vazios. Os dispositivos de saída das retenções foram simulados considerando orifícios de fundo (retangulares) e vertedores de soleira livre para o extravasamento de vazões acima do TR de 10 anos.
- Para volume foi esboçado um anteprojeto da detenção com o dispositivo de saída, no entanto em nível de projeto será necessário: (a) topografia local para detalhamento do espaço; (b) dispositivos para retenção do lixo e funcionamento dos dispositivos de saída; (c) projeto dos dispositivos que permitam a vazão de saída da detenção e seu vertedor de emergência; (d) procedimentos de limpeza e manutenção; (e) estimativa de custo da sua implementação; (f) projeto intergado de paisagístico e integração urbana com a infraestrutura da cidade.

Bacias de Cabeceira

- Foi realizado o levantamento de uma seção de escoamento da bacia de saída;
- Determinada a capacidade atual de escoamento da seção;
- Avaliado com a impermeabilização prevista no futuro e para TR=10 anos qual o volume e área que será necessário reservar para que não seja necessário aumentar a vazão da seção de saída.
- Estes valores permitirão ao DEP gerenciar junto aos novos empreendimentos a reserva de espaço para amortecimento;
- Os locais a serem reservados devem ser prioritariamente junto aos arroios

Sub-bacias

- Estudo de alternativas entre volume e aumento de capacidade para cada local de inundação identificado no diagnóstico.
- Escolha da alternativa mais viável técnica e econômica em cada sub-bacia, evitando transferir para o Dilúvio acréscimo de vazão.
- Foram analisadas todas as bacias que estavam na definição de macrodrenagem e tinham impactos de inundação.

Sistema da Antônio de Carvalho

Ampliação de conduto

Rede de macrodrenagem construída

Rede drenagem natural

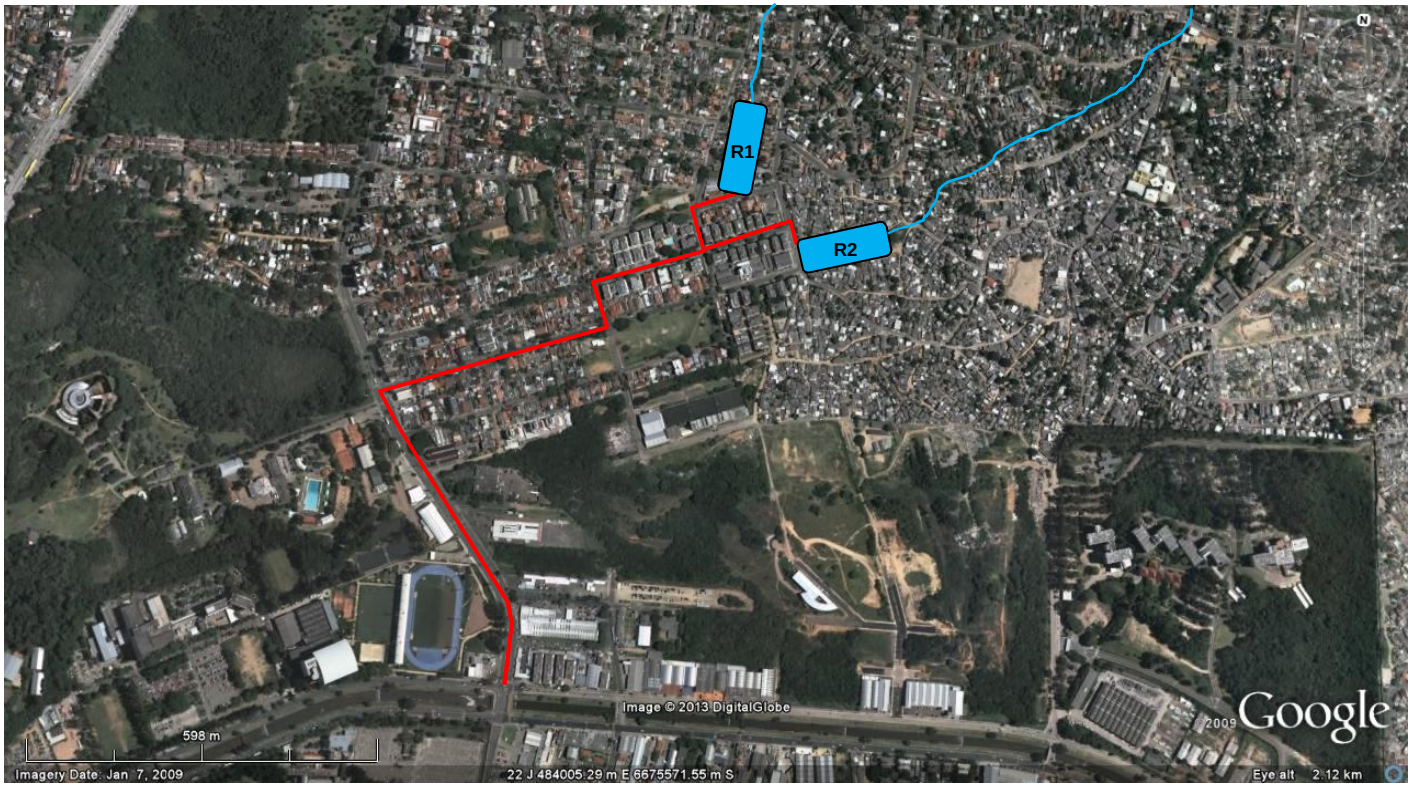
Bacia de detenção indicada para implantação

Bacia de detenção prevista – $Q_{saída}$ = 20,8 L/s

Bacia de detenção – alternativa de localização

RHAMA

Cristiano Fischer



Ampliação de conduto

Rede de macrodrenagem construída

Rede drenagem natural

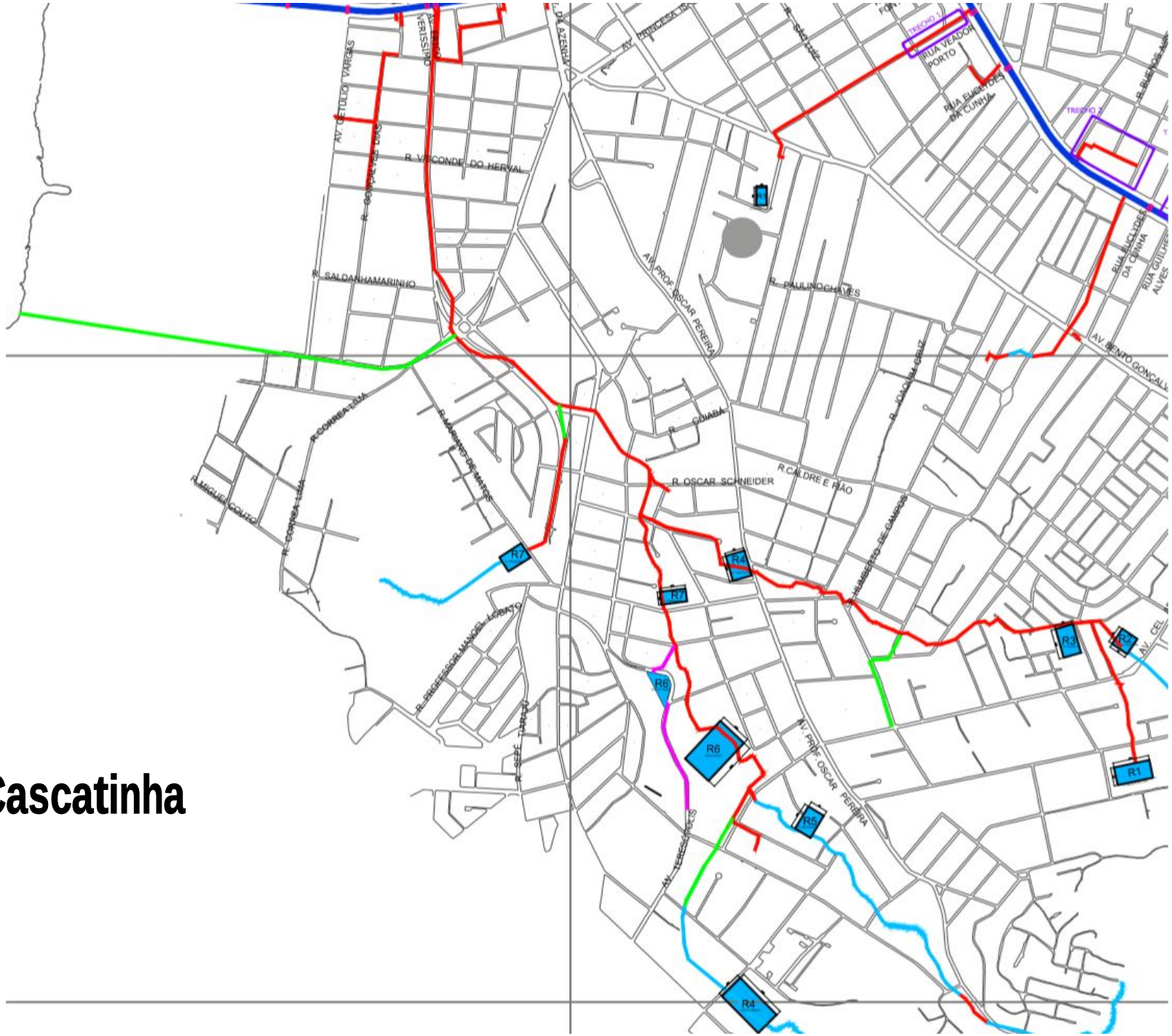
Bacia de detenção indicada para implantação

Bacia de detenção prevista – $Q_{saída}$ = 20,8 L/s

Bacia de detenção – alternativa de localização

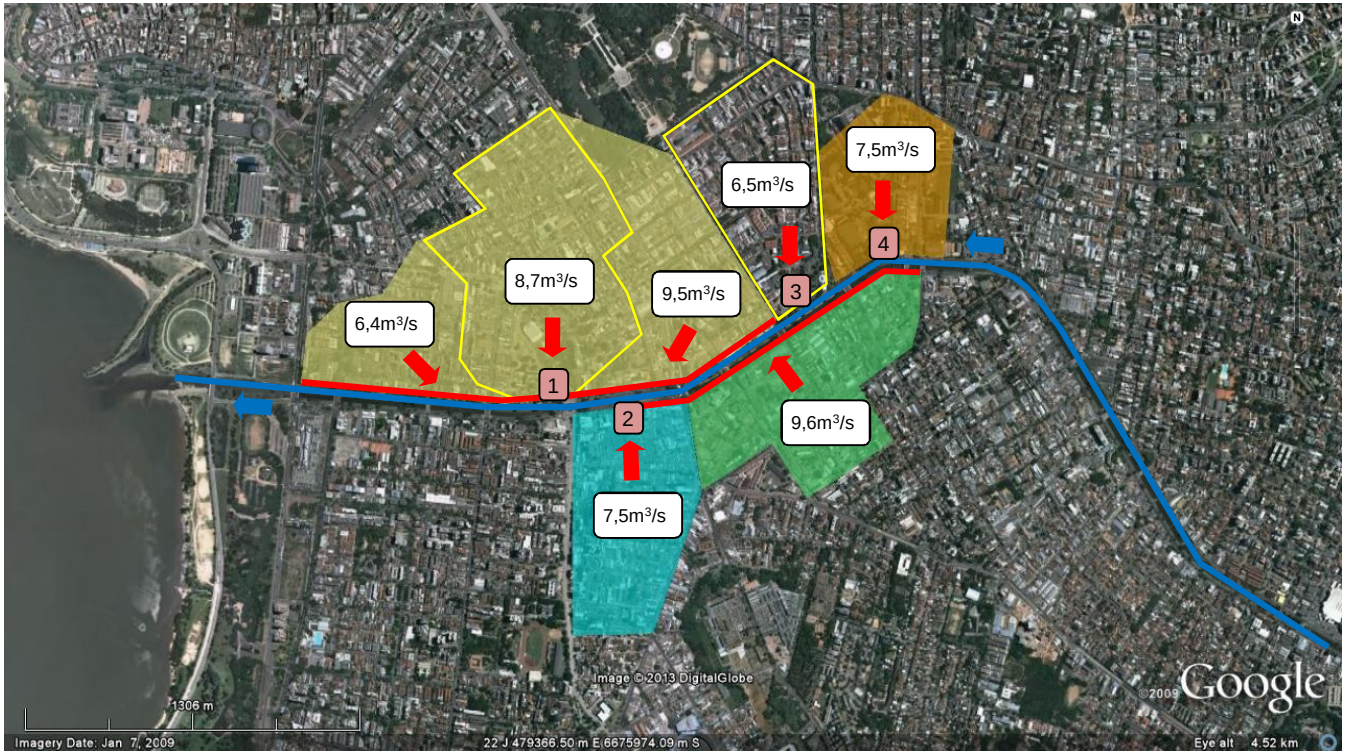
RHAMA

Cascatinha



R. VISCONDE DO HERVAL
R. SALDANHAMARINHO
AV. PROF. OSCAR PEREIRA
R. PAULINOCHAVES
R. CUIABÁ
R. OSCAR SCHNEIDER
R. CALDRE E RIÃO
R. CORREA LIMA
R. MIGUEL COUTO
R. PROFESSOR MANOEL LOBATO
AV. PROF. OSCAR PEREIRA
AV. BENTO GONÇALV
RUA VEADOR PORTO
RUA EUCLYDES DA CUNHA
TRECHO 1
TRECHO 2
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7

Polder Inferior do Dilúvio



Rede drenada por CB – a executar

Casas de Bombas:

1 CB – Tesourinha – ampliar existente

2 CB – Zero-Hora – ampliar existente

3 CB – Santa Terezinha – ampliar existente

4 CB – São Manoel – nova

RHAMA

Calha principal

A. As alternativas analisadas foram:

- Ampliar a seção;
- Áreas de amortecimento;
- Modificar as pontes críticas;
- Rebaixamento do fundo;
- Combinação das alternativas.

B. A solução mais econômica e com menor transtorno para a cidade foi a de rebaixamento do fundo no trecho crítico.

Custos totais

- Custo total com subbacias e canal principal da ordem de R$160 milhões
- Custo unitário ~ R$ 2 milhões principalmente porque o canal principal já tinha uma alta capacidade e a solução encontrada foi de menor custo devido ao pequeno trecho de escavação em terra.

Oportunidade

- Desenvolvimento de um Programa de Cidade Verde;
- Em cada local de amortecimento desenvolver um projeto integrado de Reurbanização e paisagismo, esgoto, drenagem, resíduo sólido e meio ambiente.
- Complementar a cidade com incentivos de medidas na fonte que aumentem a retenção e a recuperação da recarga.
- A bacia deverá ter completado seu sistema de coleta separador o que permitirá a recuperação do rio, mas que ficará sem vazão se não houver uma recuperação de recarga.

Custos

- Plano Diretor de Drenagem Urbana 2000-2003 em três fases
- Plano de controle estrutural em 6 bacias com base em medidas de amortecimento;
- Bacias densas custam ~ R$ 4 – 5 milhões/ km^2

Descrição	US $ bilhões
Custo da rede pluviais existente	1,1
Custo da rede pluviais existente + o controle dos problemas existentes (sem considerar os prejuízos ocorridos)	1,4
Custo da rede com controle sustentável	0,50

Conclusão

- Os impactos sobre a sociedade é alto a nível econômico e social.
- A vulnerabilidade da população aumenta com o tipo de desenvolvimento;
- As causas estão na ocupação do espaço e os problemas na água;
- Necessidade de educação da sociedade sobre o problema;
- Os aspecto fundamental da gestão e a busca sustentada de longo prazo.

Informações pessoais

Carlos E. M.Tucci

tucci@rhama.net

www.rhama.net

51 81 467659

51 3308 6408

Rua Lavradio, 150 c1

90690-370

Porto Alegre-RS