

Nº 178986

Mapeamento das áreas inundáveis: instrumento de gestão territorial e de planejamento urbano

Filipe Antonio Marques Falcetta

Palestra ministrada no dia 16/05, Curso: Ciclo de formação em Políticas Públicas: adaptação urbana às mudanças climáticas, Escola Superior de Gestão e Contas Pública, Tribunal de Contas do Município de São Paulo. 34 slides

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE (CIMA)

Seção de Planejamento Territorial, Recursos
Hídricos, Saneamento e Florestas (SPRSF)

MAPEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS: INSTRUMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL E DE PLANEJAMENTO URBANO

Pesq. Dr. Filipe Antonio Marques Falcetta

An aerial photograph showing a city street and bridge completely inundated with brown floodwater. The water is deep enough to submerge trees and buildings. A multi-lane bridge with a red and white railing spans across the flooded area. In the background, there are several buildings, including one with a large corrugated metal roof. The surrounding area is a mix of greenery and urban development.

CICLO DE FORMAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS
ADAPTAÇÃO URBANA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

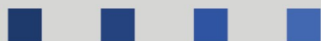
MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

Brasil: ~ 99% de população urbana em 2050

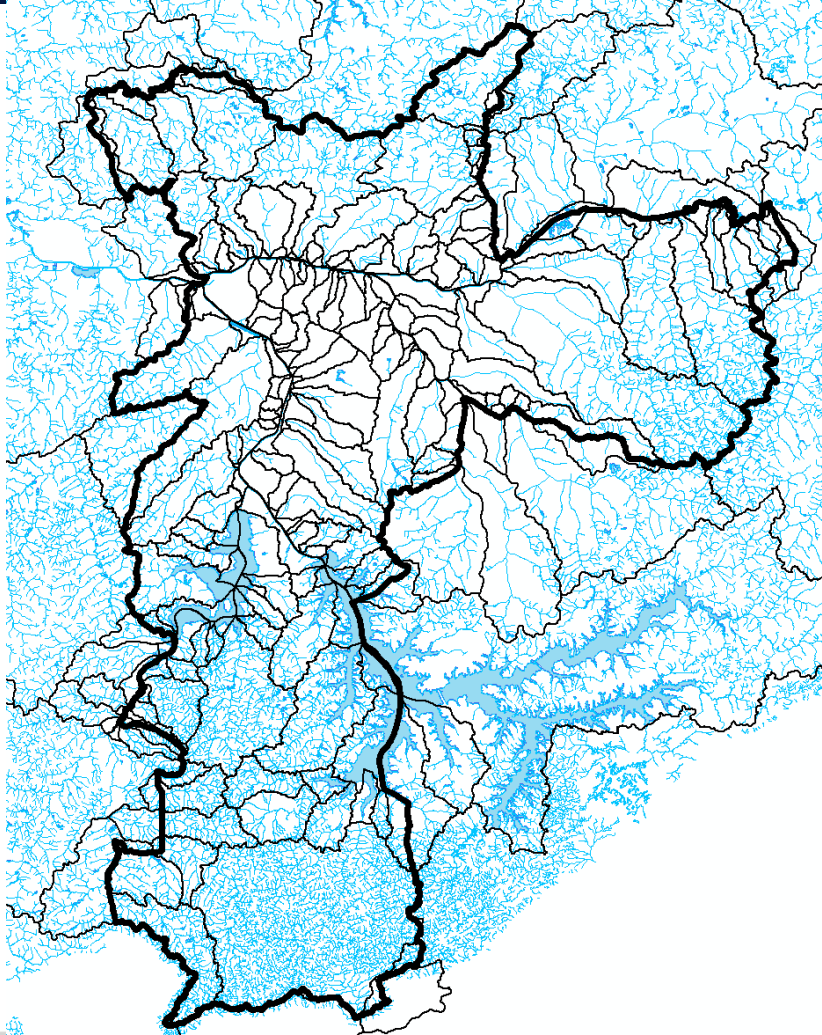
~10 mi de pessoas em áreas de risco a inundação e/ou desmoronamento (e aumentando...)

342 dos 645 municípios sujeitos a Inundações urbanas em SP

- **META “PARA ONTEM”:**
- Planejar a drenagem urbana com vistas à questão de inundações é perceber que existem tanto **problemas a serem resolvidos** como **oportunidades a serem exploradas**.



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



“O QUE TEM ‘PRA’ HOJE?”

Cenário atual imposto:

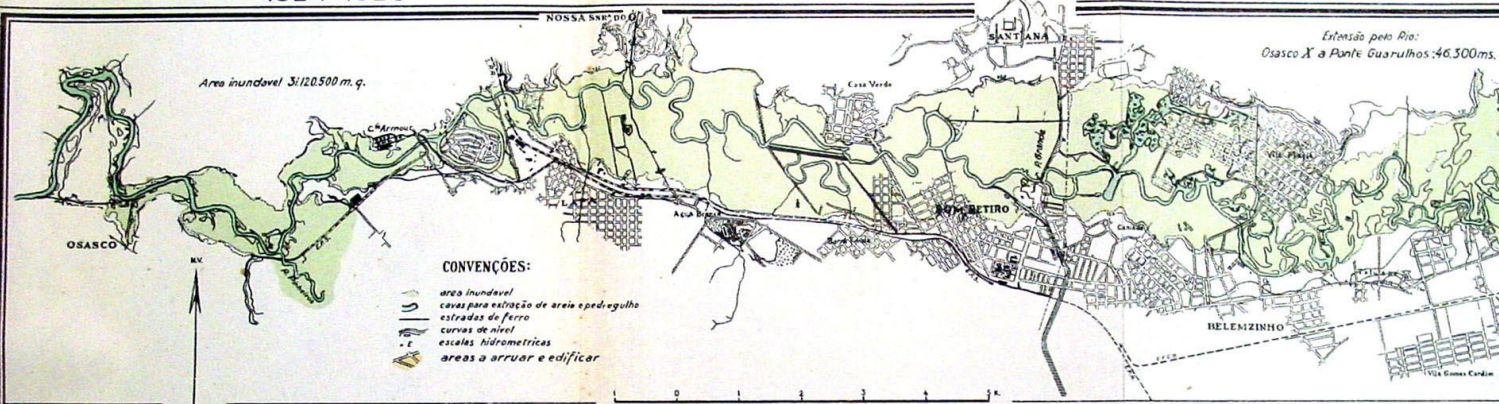
- Ocupação de fundos de vale e várzeas;
- Eixo viário: rios tamponados e retificados;
- Aceleração do escoamento;
- Altas taxas de urbanização;
- Impermeabilização progressiva do solo;
- **Deficiências de drenagem crônicas.**

MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

Fonte: Água, sua linda (2020)

COMISSÃO DE MELHORAMENTOS DO RIO TIETÊ
1924-1925

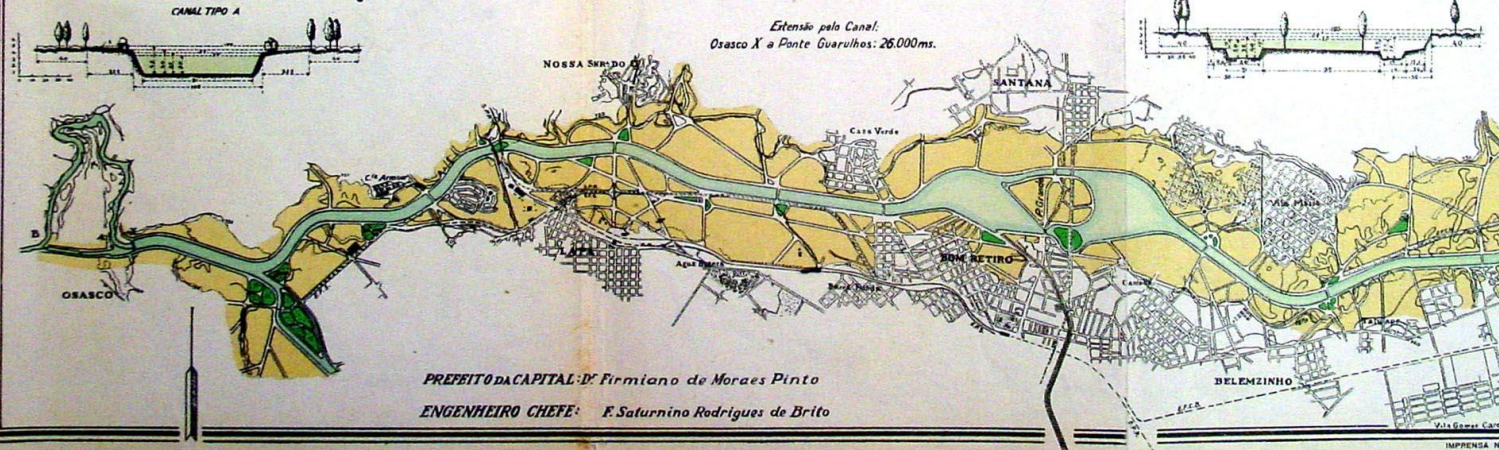
Planta do Rio Tietê
entre Osasco e Penha



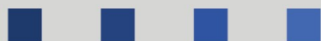
A várzea dá espaço para o rio encher, esvaziar e se mover



Projeto de melhoramentos entre Osasco e Penha



Aterrado esse espaço, surgem as enchentes e alagamentos



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



- Até quando seguiremos retificando e tamponando rios?
- A drenagem urbana requer soluções e políticas inovadoras.
- Um plano de drenagem urbana é uma peça técnica, **voltada para o futuro**, que tem como escopo **orientar** as ações e o processo **decisório** a respeito dos problemas de inundações de uma bacia.
- Deve basear-se em **informações suficientes e confiáveis** e nas **melhores tecnologias disponíveis** para enfrentar os problemas apresentados.

MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

Retificação de rios urbanos:
a solução que virou um grande problema



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

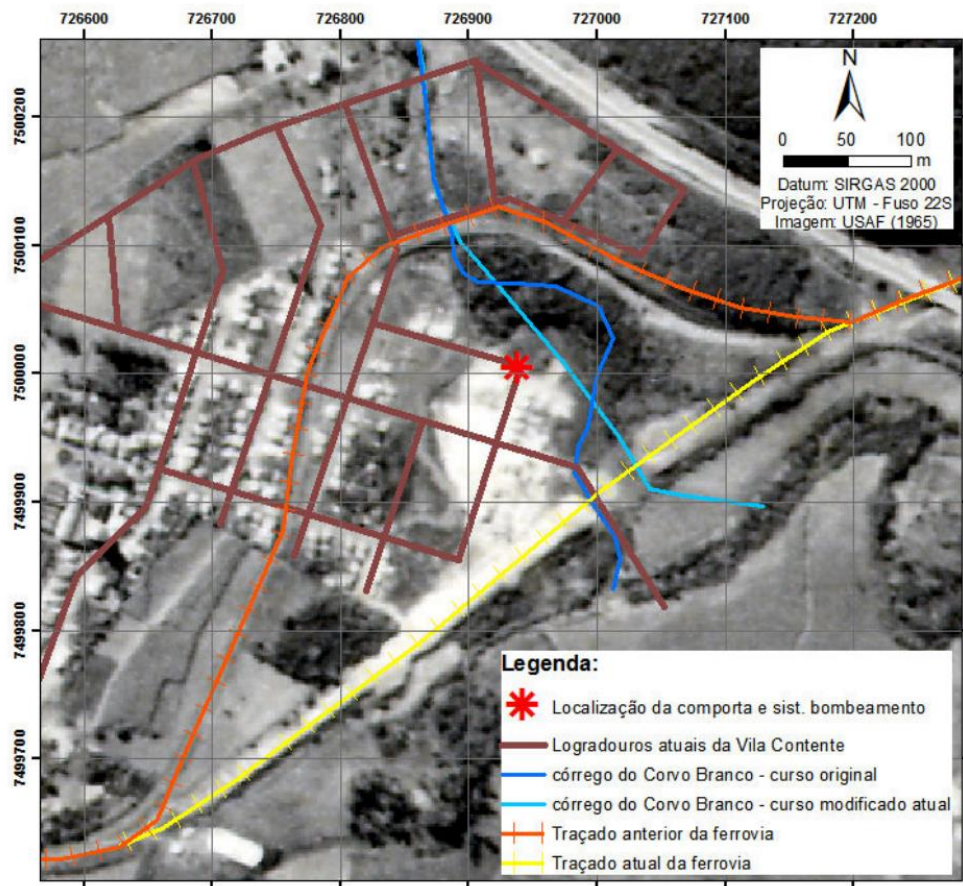


Figura 20 – Ocupação do solo na Vila Contente em 1965, em aerofoto da USAF, georreferenciada. Indicação das feições atuais na forma de linhas.

Conhecer a história de nossas bacias ...

O bairro que hoje inunda era uma lagoa...

...as pontes que hoje não comportam a vazão foram construídas no final do século XIX para o antigo traçado da ferrovia que atravessava o atual agrupamento de casas.

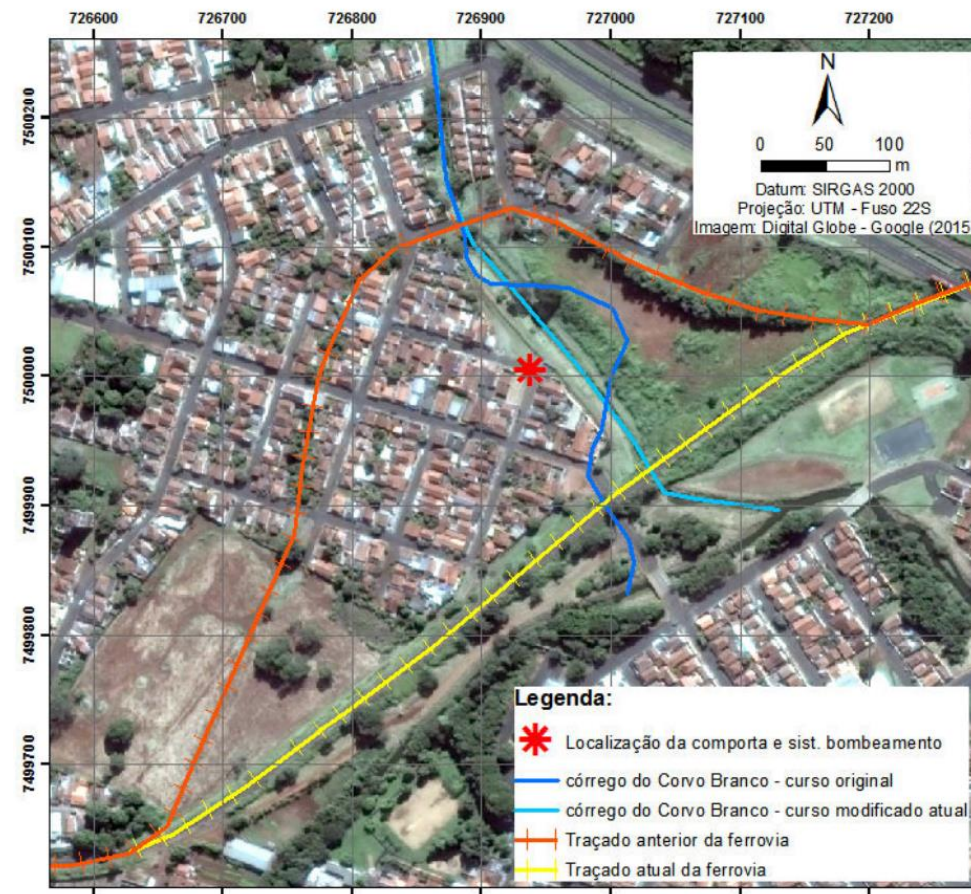


Figura 21 – Ocupação do solo na Vila Contente em 2015, em foto da Digital Globe (Google Earth Pro), georreferenciadas, com indicações das feições anteriores na forma de linhas.

MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



E aí entendemos como se tornou tão difícil domar as águas nas cidades brasileiras...



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

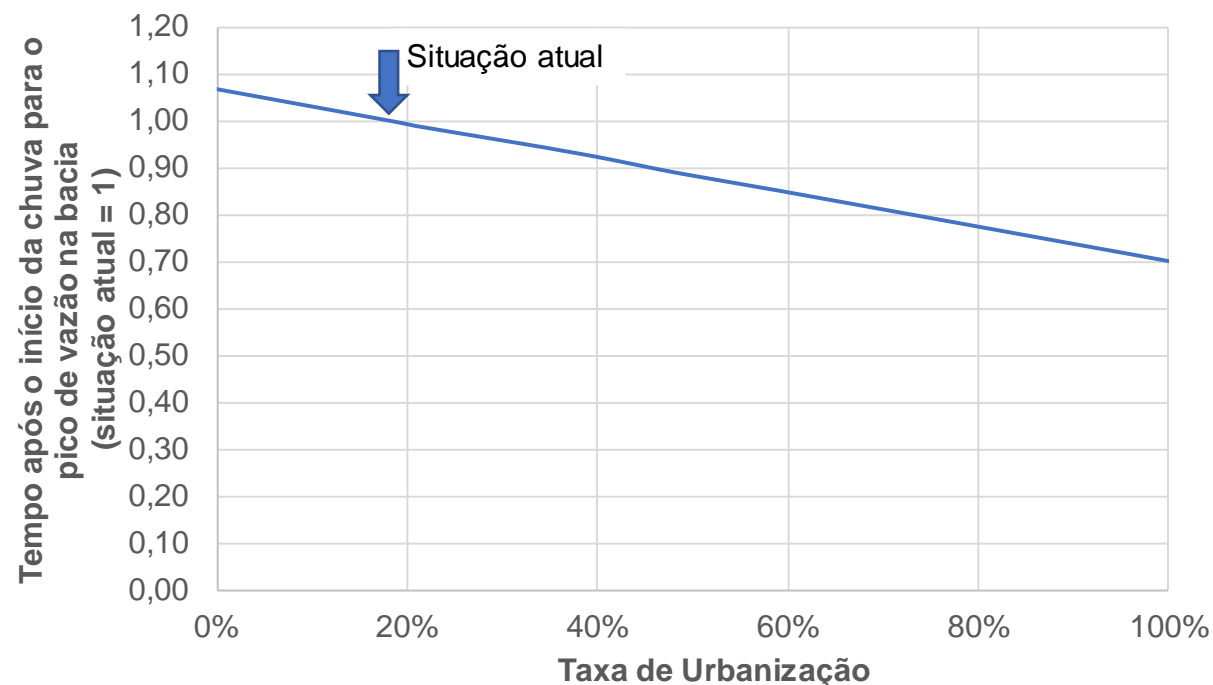
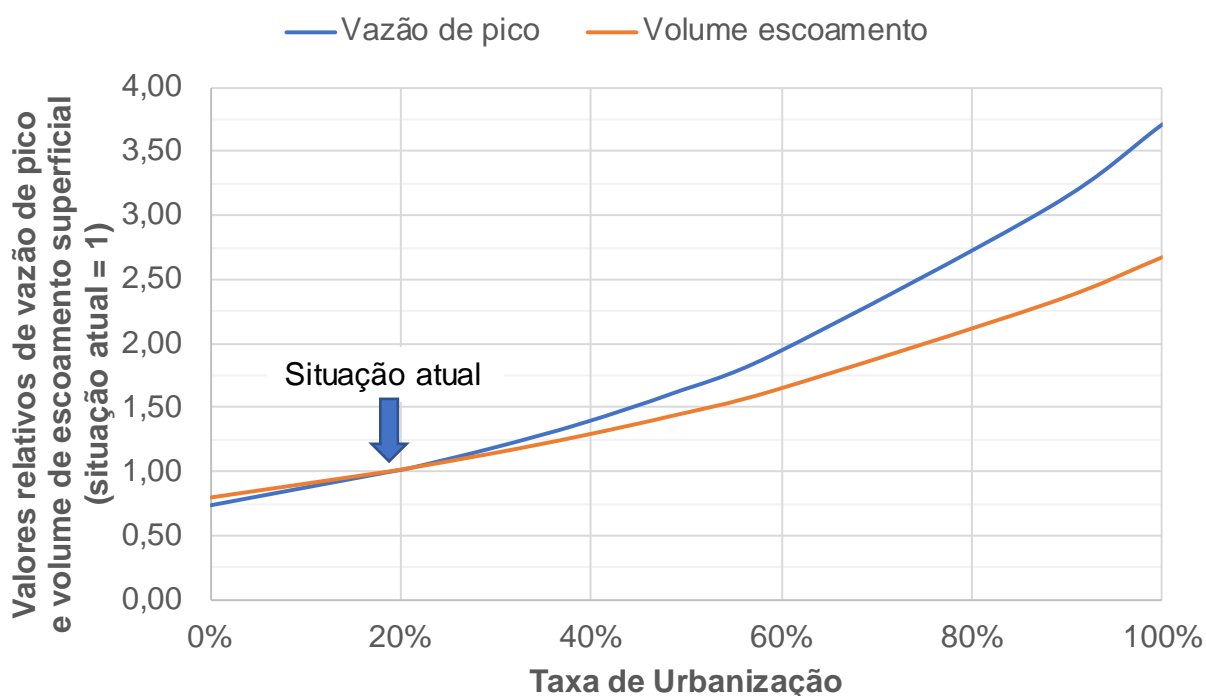


... e não só aqui.

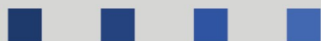


MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

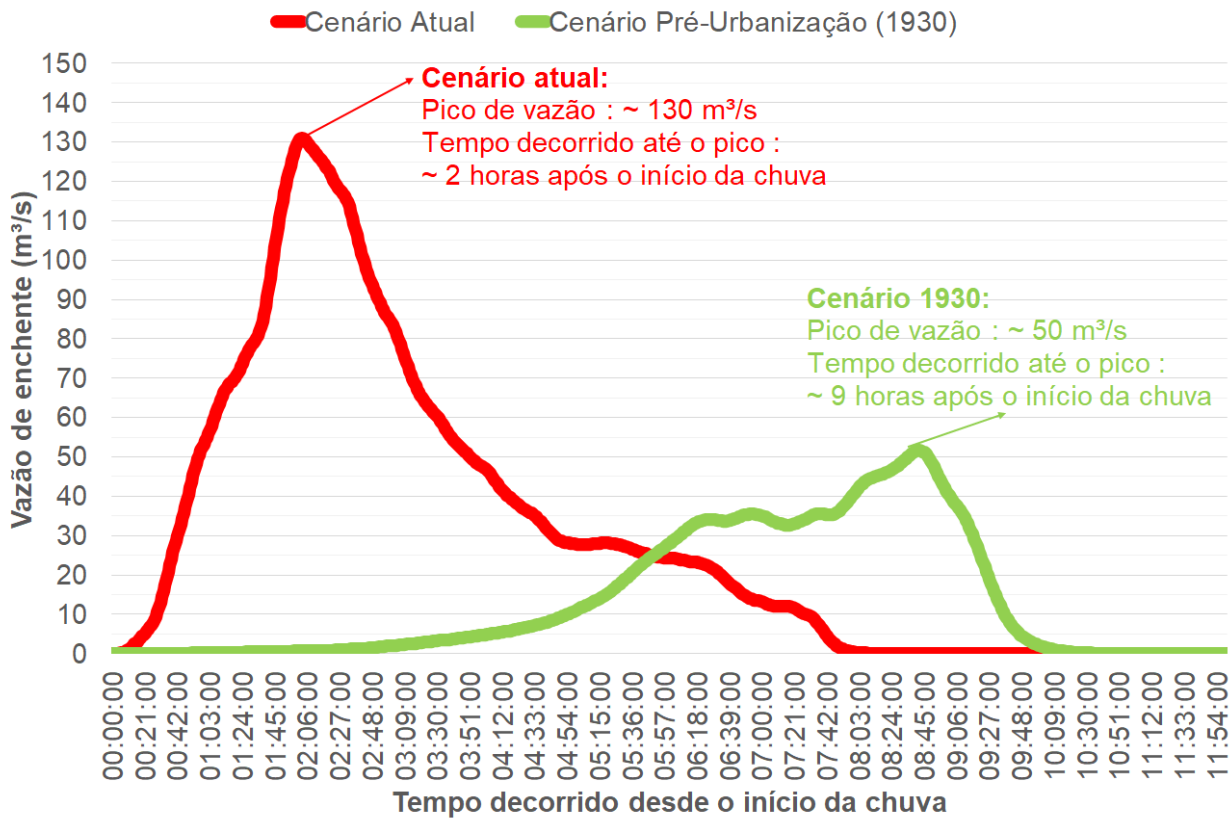
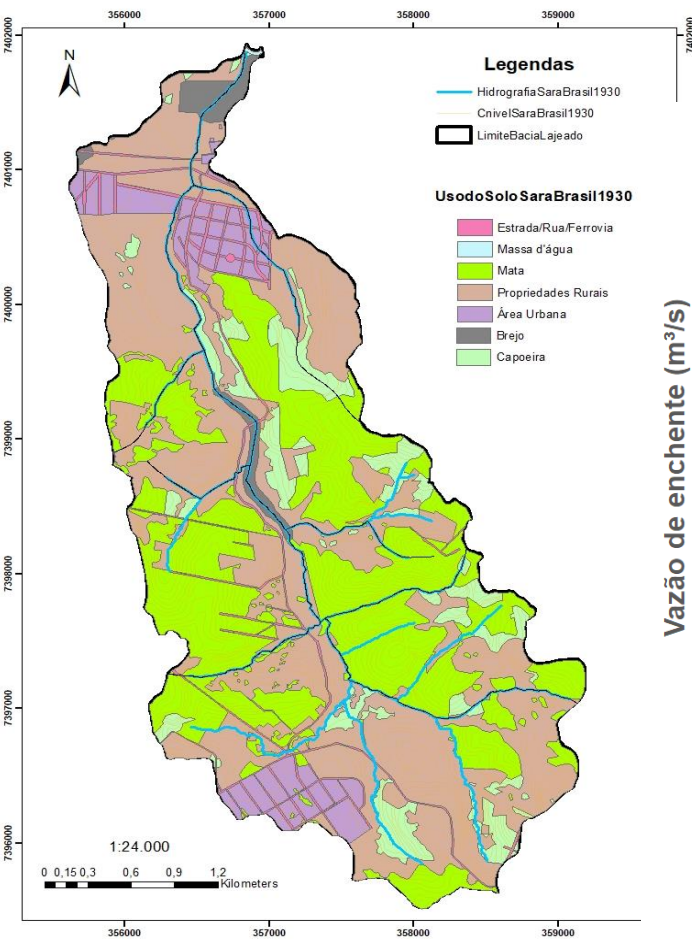
Urbanizar bacias (ainda) significa produzir mais escoamento e reduzir o tempo de resposta de nossos rios.



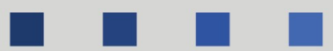
IPT (2022)



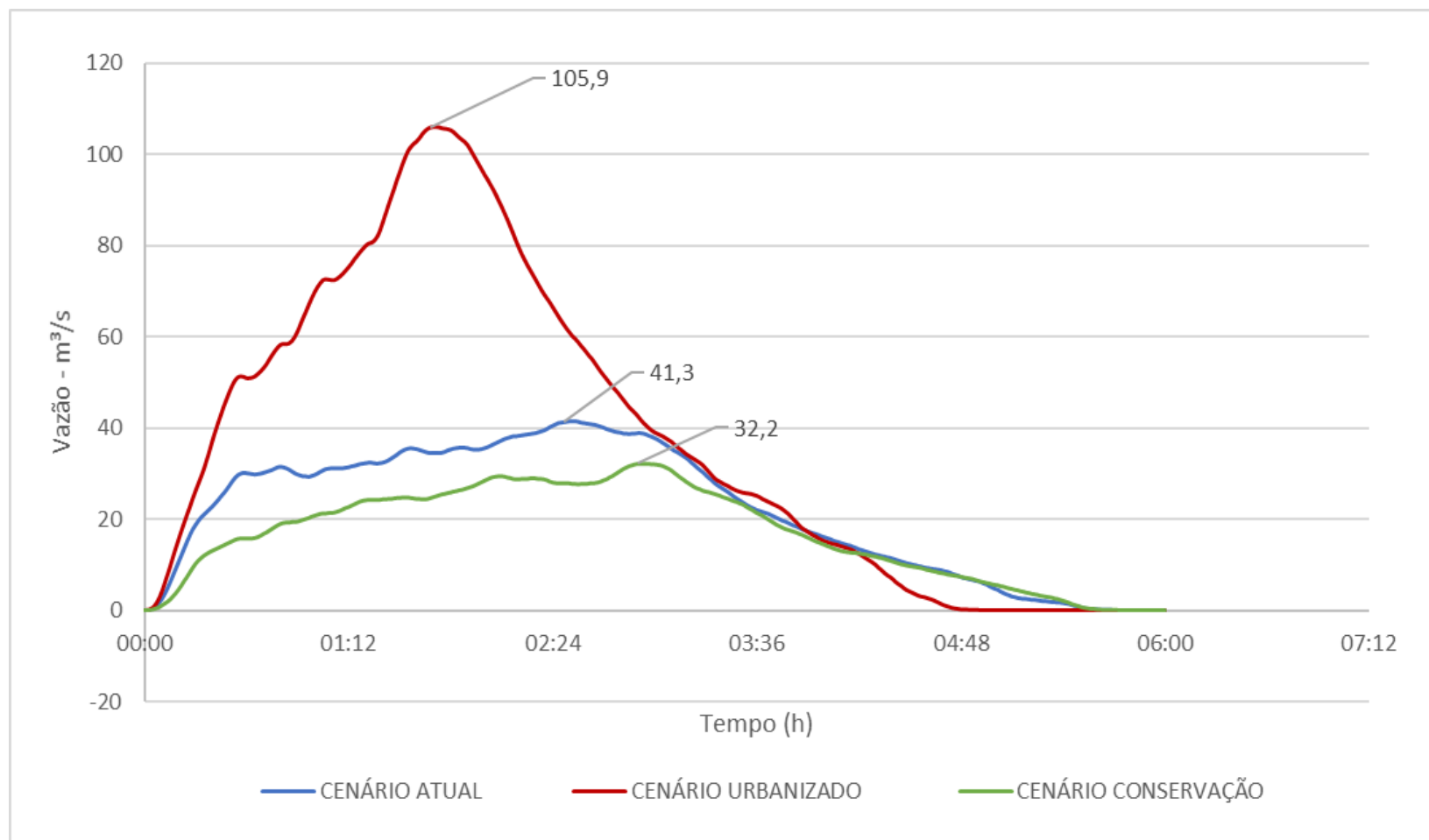
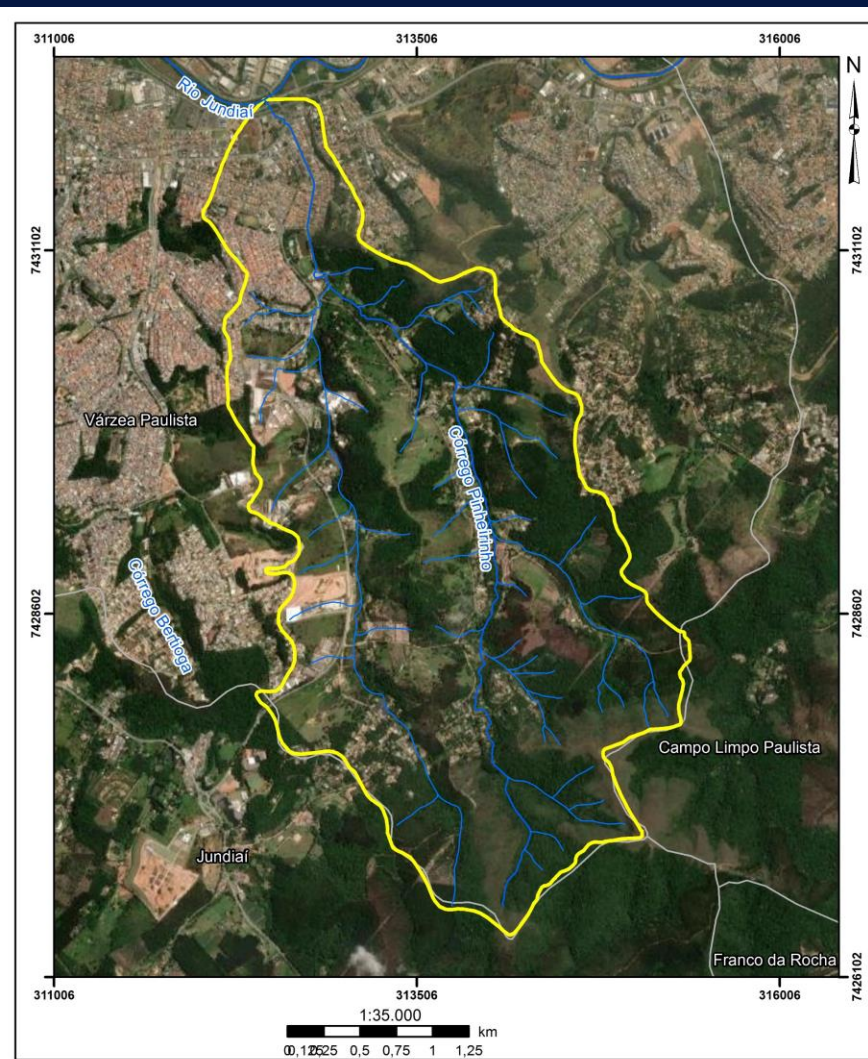
MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



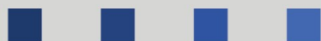
IPT (2022)



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



Mariano e Falcetta (2021)

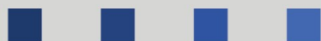


MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

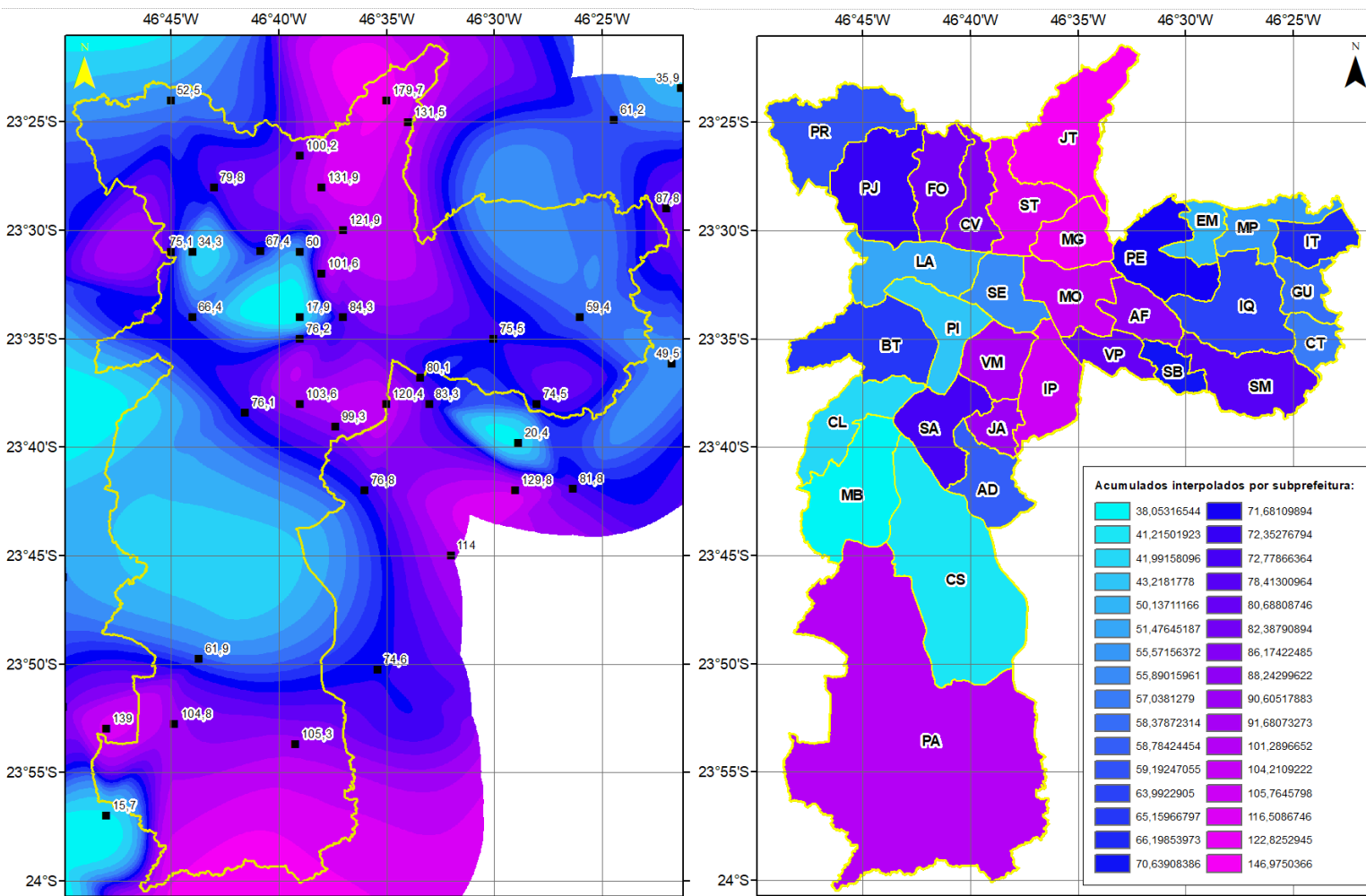
Estudo de tendências elaborado com os dados pluviométricos observados na RMSP mostra uma forte tendência para o aumento da intensidade média das chuvas.

E observando os eventos de chuva de maior acumulado para a cidade de SP é possível concluir que:

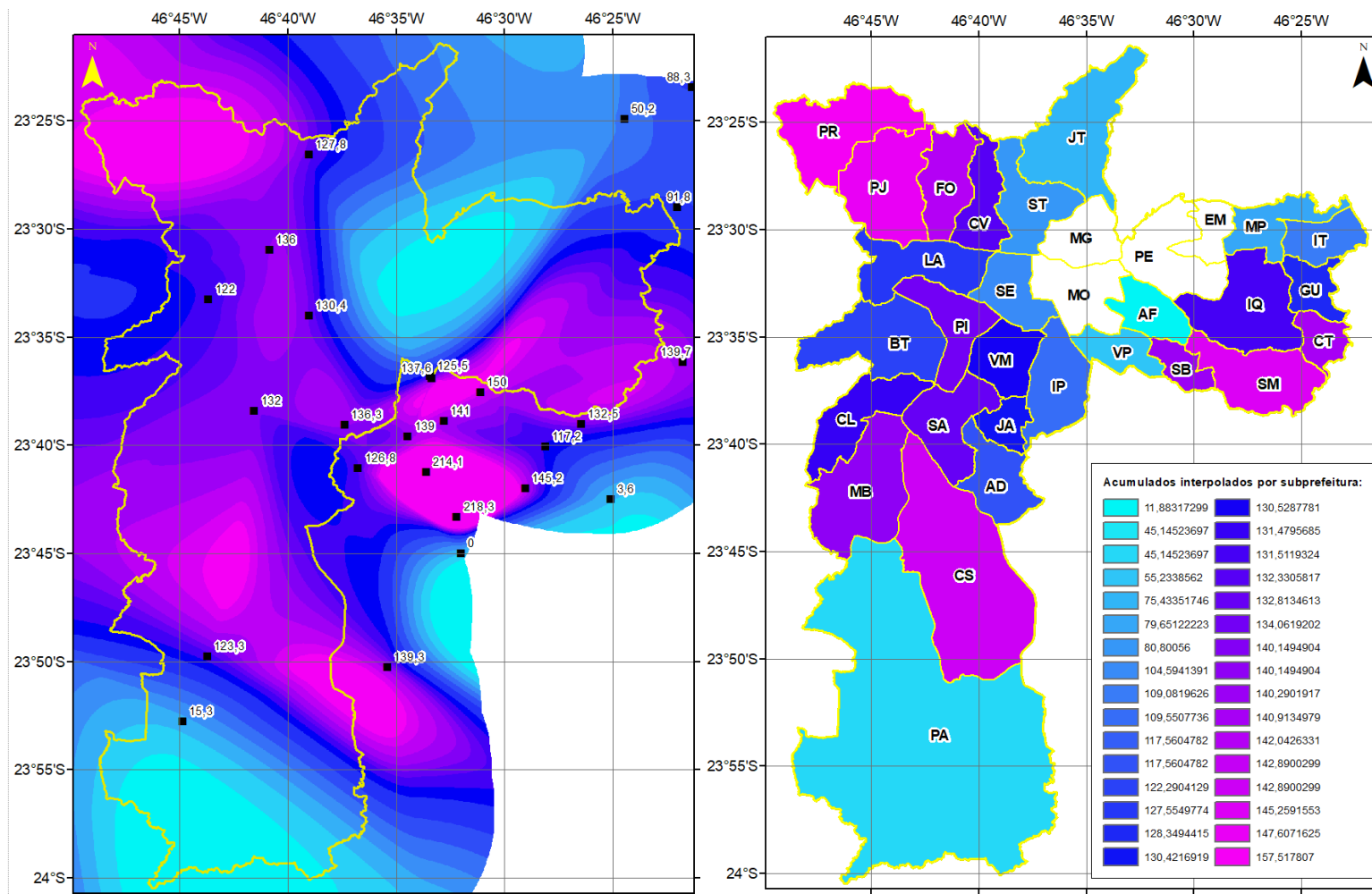
- Qualquer lugar está sujeito a chuvas intensas.
- Não podemos prever muito antecipadamente onde haverá maior concentração de chuva no futuro nem qual será o volume de chuva acumulada.
- Ou seja, precisamos nos prevenir disciplinando a ocupação do solo, aumentando a capacidade de infiltração e evitando-se ao máximo a criação de novas áreas impermeáveis.
- Daí a necessidade de trabalhar com planejamento territorial para se antever aos problemas. Prevenção!



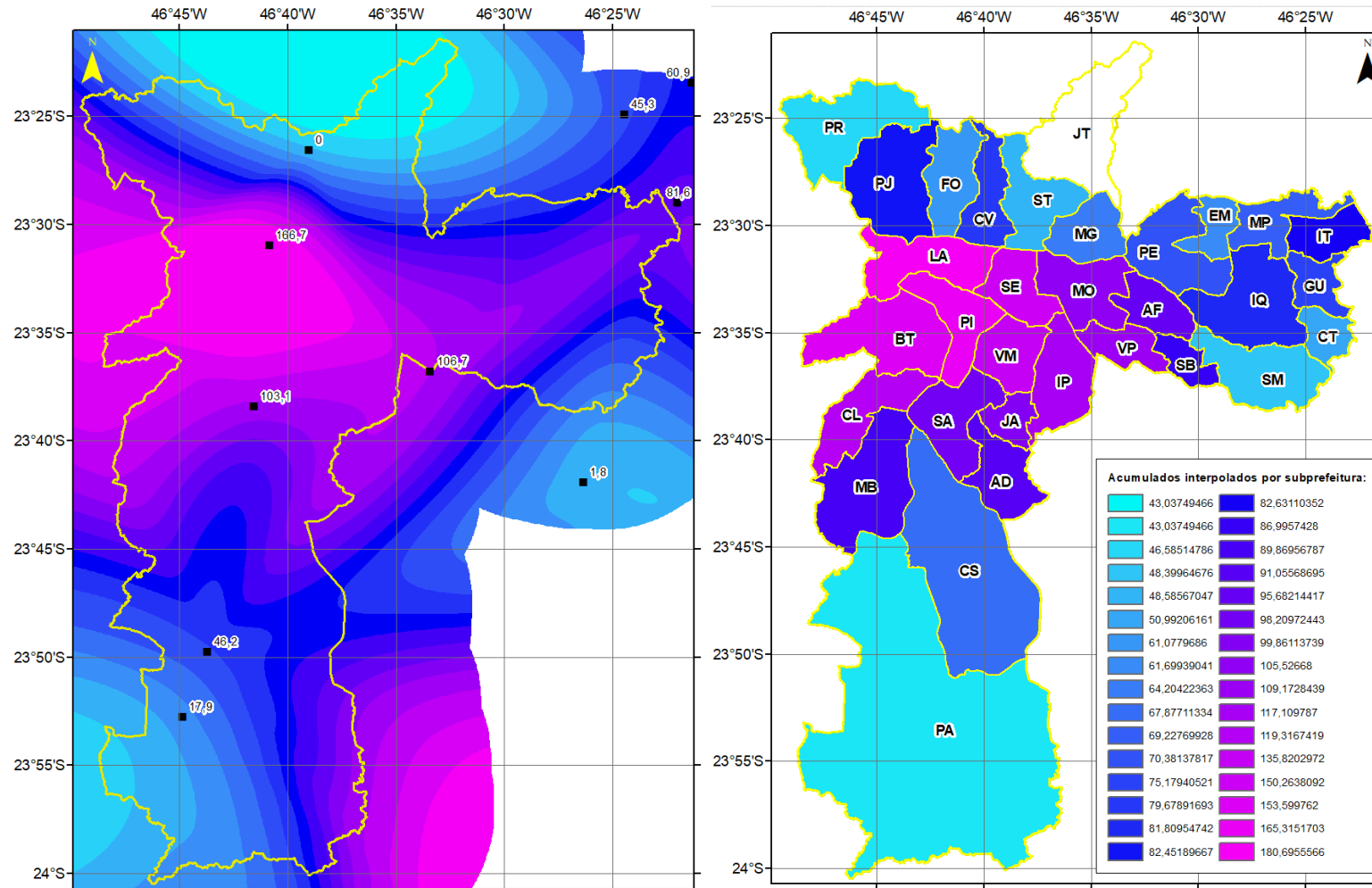
MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

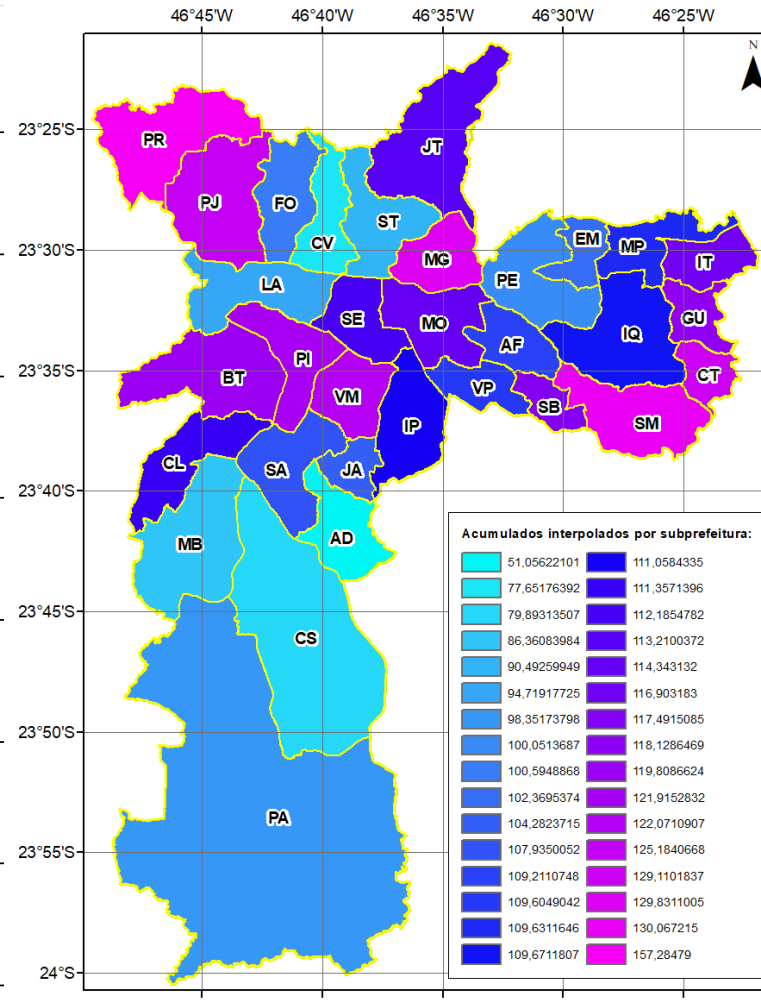
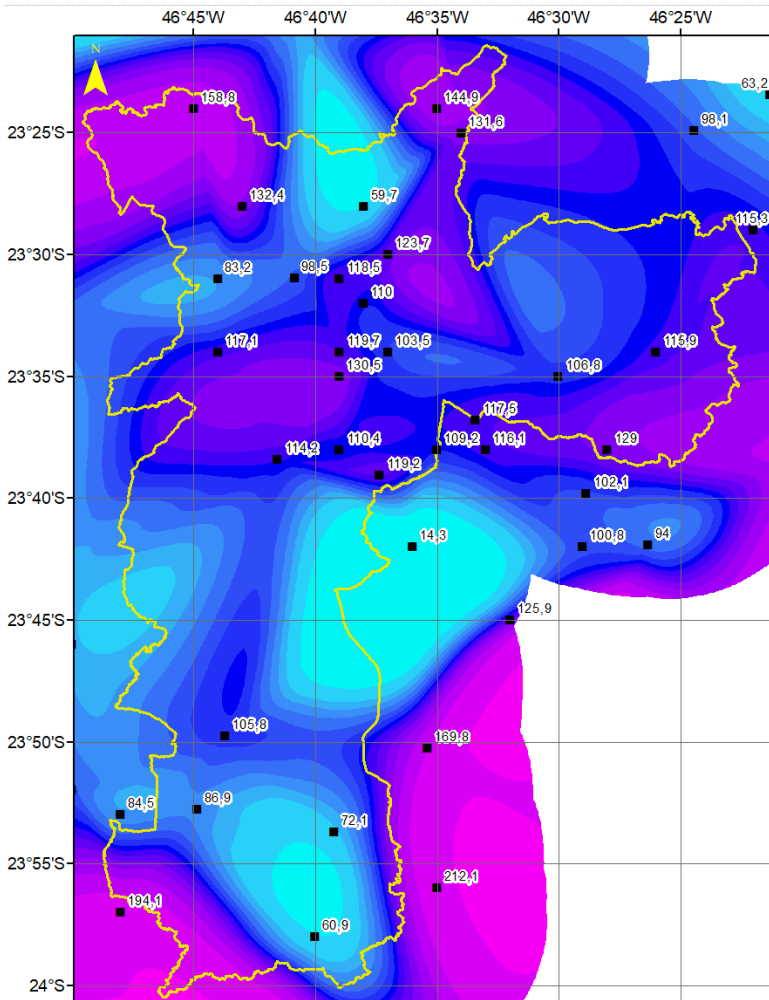


MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



10/02/2020
123,0 mm

MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

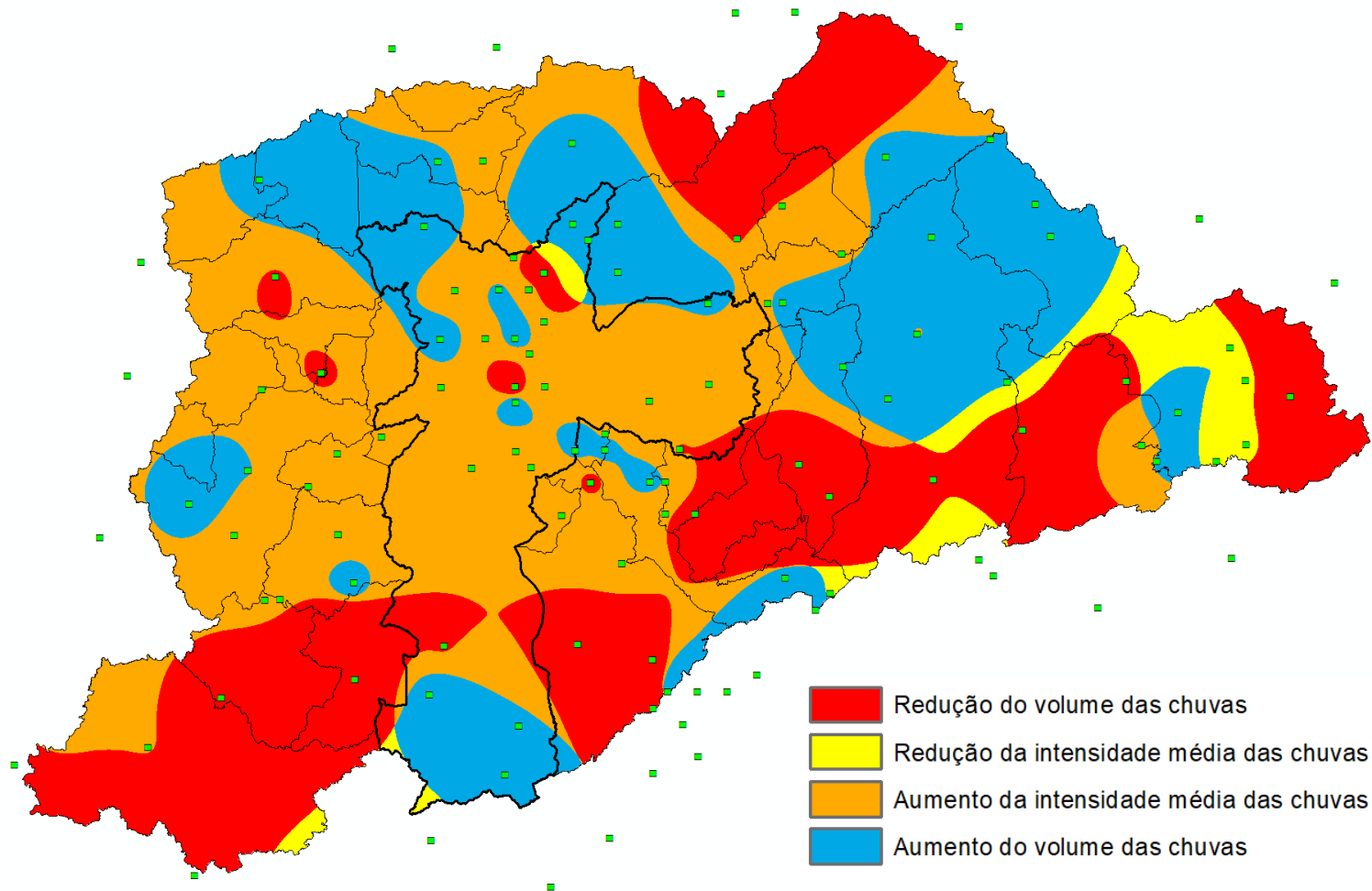


02/02/1983
121,8 mm



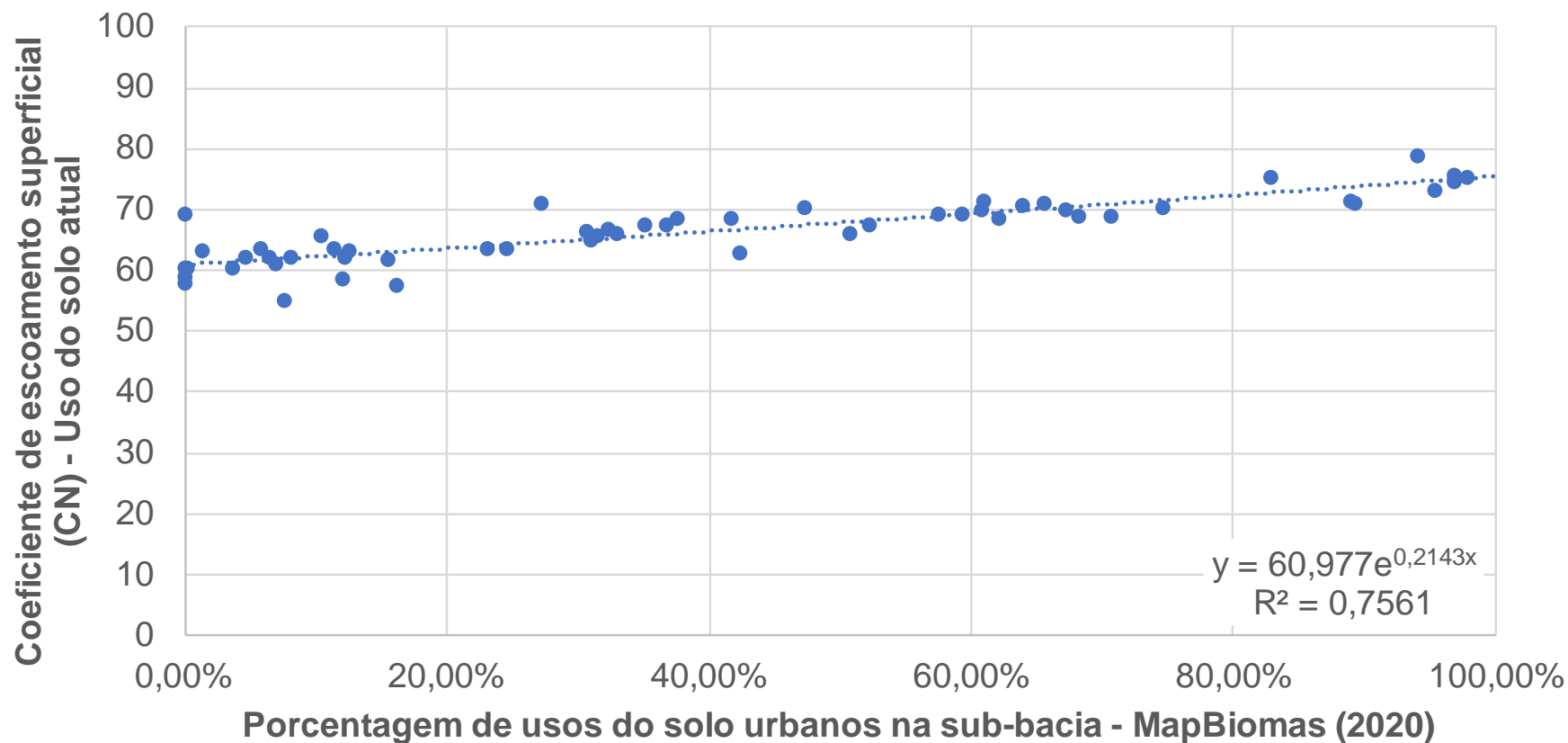
MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?

Tendências pluviométricas RMSP



IPT (2023)

MOTIVAÇÃO: QUAIS DESAFIOS TEMOS QUE ENCARAR?



IPT / P.M. Campinas (2023)

Necessidade urgente de romper o binômio urbanização-impermeabilização.

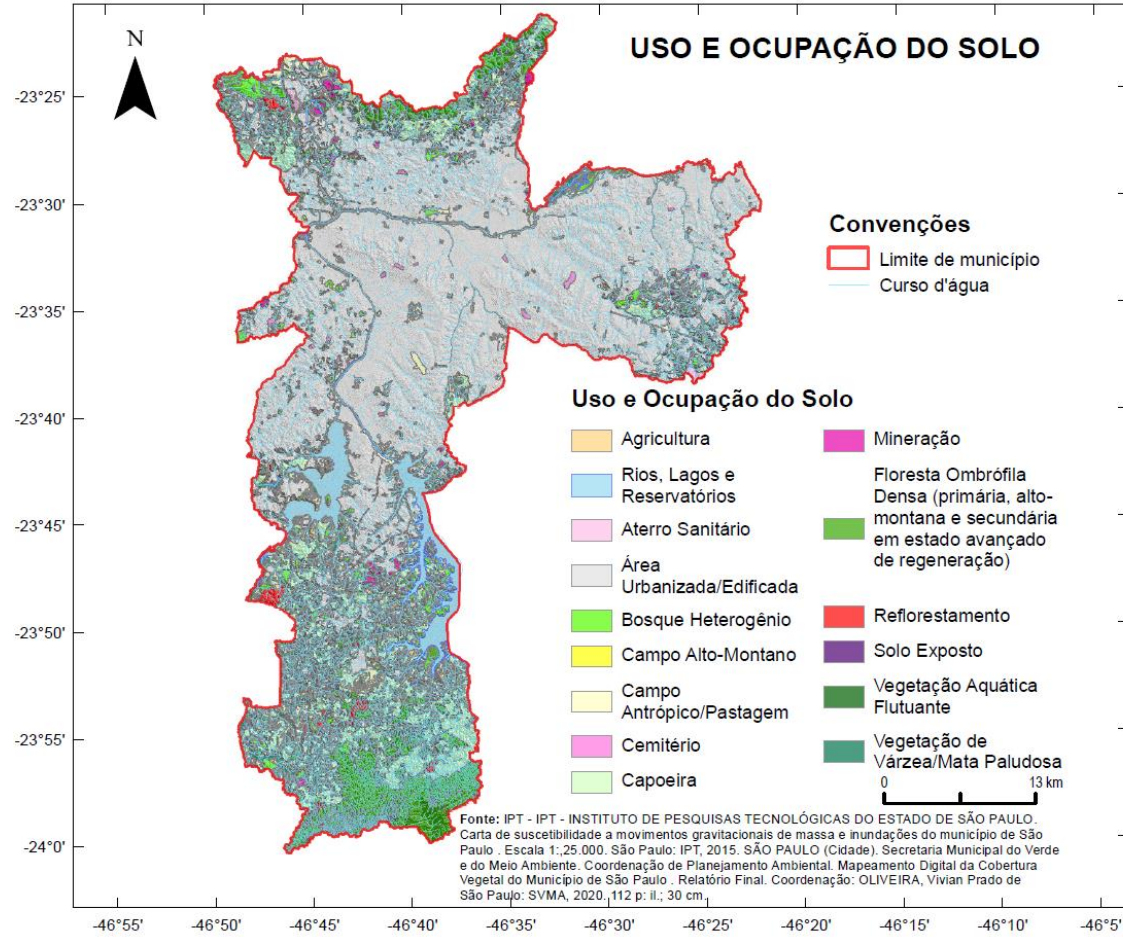
Mais do que necessário é adotar medidas e políticas públicas para mitigar o impacto da urbanização.

IDEIA: USAR GESTÃO TERRITORIAL COMO INSUMO PARA ELABORAR POLÍTICAS PÚBLICAS

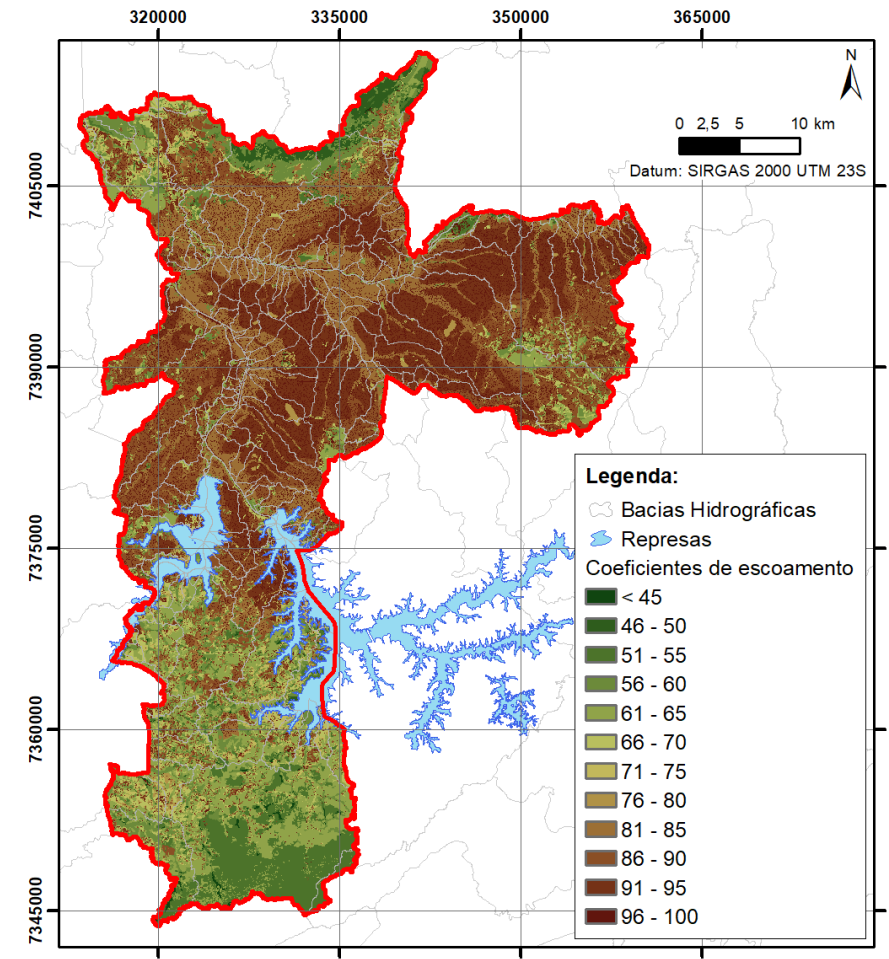
Proposta: Utilizar o coeficiente de escoamento das bacias hidrográficas urbanas e construir um indicador de gestão do território

- **Indicador** baseado no **coeficiente de escoamento** para estimar e hierarquizar as bacias para enxergar espacialmente quais bacias tem maior **potencial de já estarem com suas redes de drenagem saturadas**;
- Critério sistematizado de cálculo baseado na literatura científica, utilizados comumente em modelagens hidrológicas;
- Definição do **coeficiente de permeabilidade meta para cada tipo de Zona Urbana** e elaboração de **diretrizes de ocupação e de planejamento urbano** de acordo com a relação **Coeficiente de Escoamento calculado versus Coeficiente de Escoamento desejável**;
- Função esperada do indicador proposto: **promoção de ações que favoreçam a infiltração, evitando sobrecarga do sistema de drenagem e reduzindo o risco de inundações/alagamentos recorrentes.**

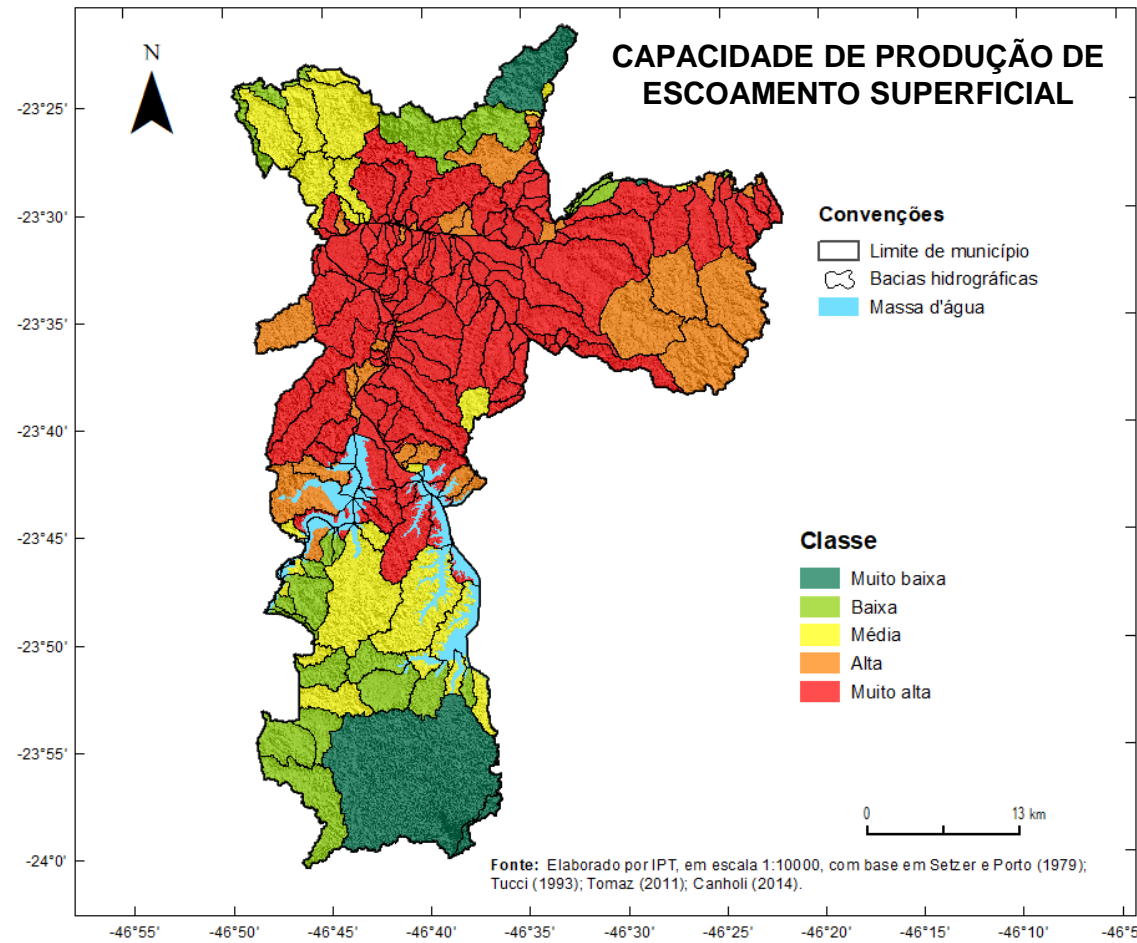
IDEIA: USAR GESTÃO TERRITORIAL COMO INSUMO PARA ELABORAR POLÍTICAS PÚBLICAS



IPT (2023)



IDEIA: USAR GESTÃO TERRITORIAL COMO INSUMO PARA ELABORAR POLÍTICAS PÚBLICAS



IPT (2023)



MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA

Publicação IPT – P.M. Campinas (2023)



SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Conceitos Básicos	3
3. Base Legal.....	6
4. Métodos e Procedimentos	11
4.1. Levantamento de materiais bibliográficos e cartográficos.....	12
4.2. Trabalhos de campo.....	13
4.2.1. Materiais e procedimentos de campo	15
4.3. Delimitação de planícies de inundação.....	16
4.3.1. Obtenção de dados topográficos básicos e de imagens	17
4.3.2. Geração das informações.....	20
4.3.3. Edição	25
4.3.4. Identificação dos solos da planície	27
4.4. Mapeamento da suscetibilidade do meio físico a inundações.....	44
4.5. Mapeamento das Áreas Inundáveis	61
4.5.1. Modelagem hidrológica	64
4.5.2. Modelagem hidráulica	133
5. Análise e Comparação dos Resultados	149
5.1. Impacto da urbanização em bacias hidrográficas	151
5.2. Procedimentos adotados para simular a ocupação futura e prever impactos nas vazões e volumes escoados.....	155
6. Mitigação do Impacto da Urbanização.....	164
7. Considerações finais – Buscando a Resiliência Climática	168
8. Referências Bibliográficas	171

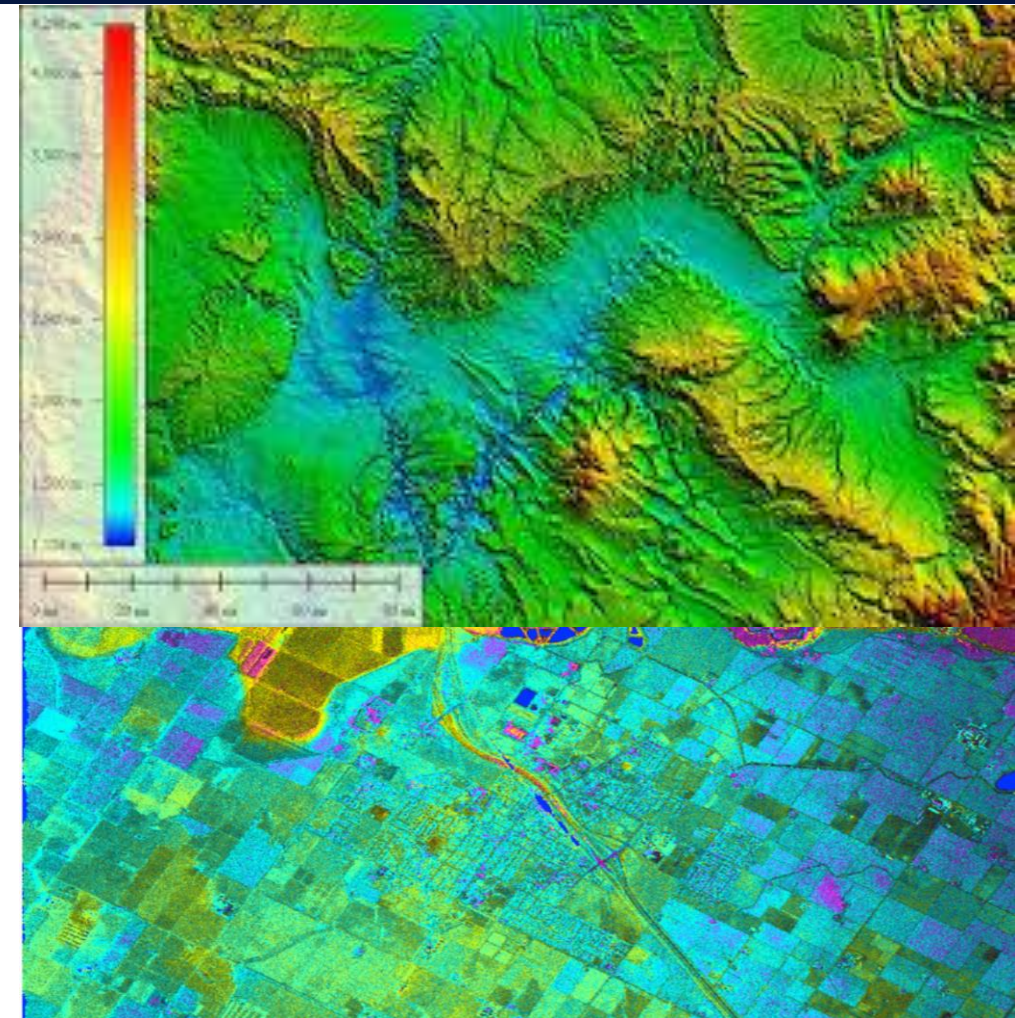
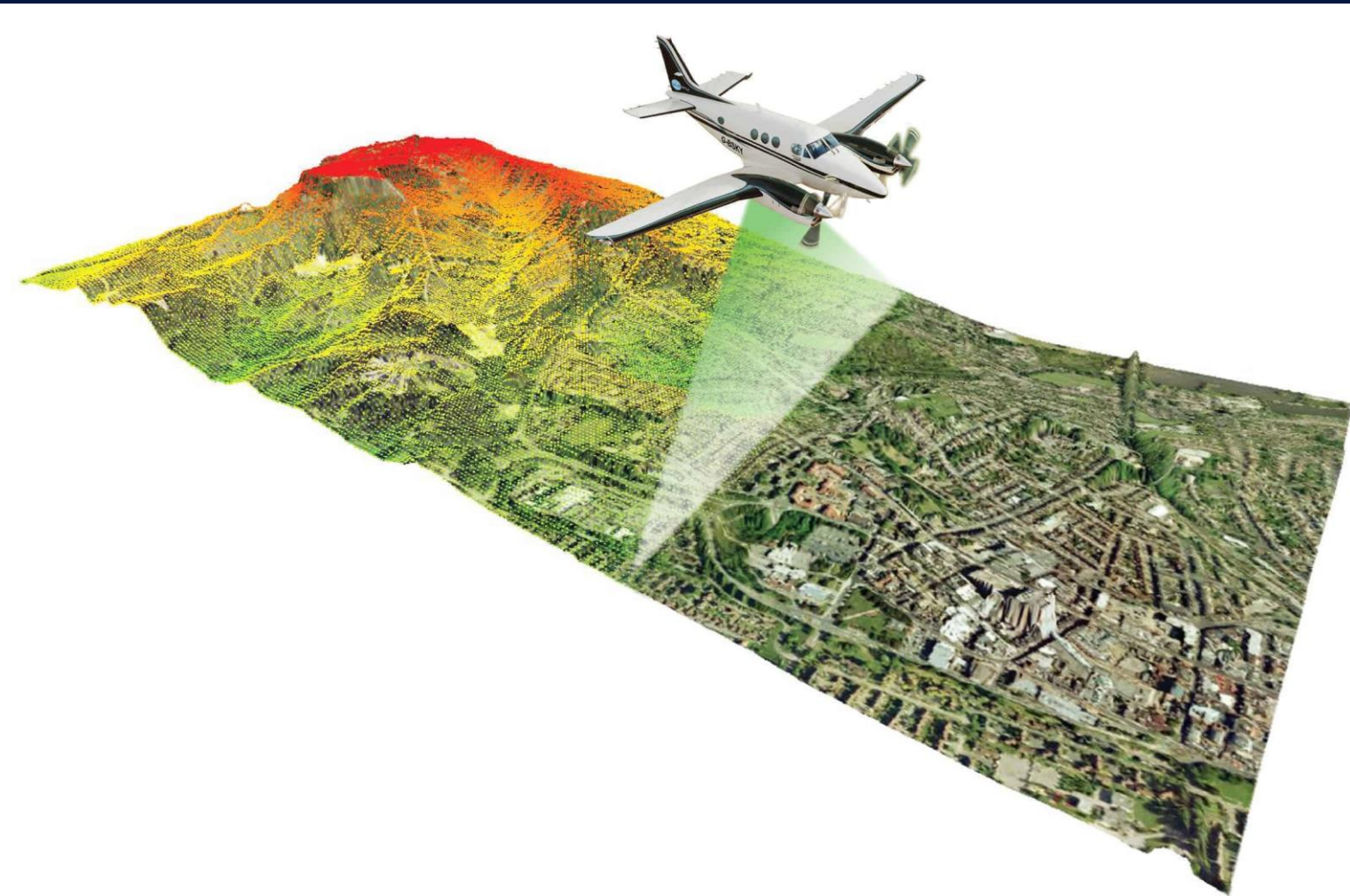
Ebook divulgado tanto no site do IPT como da Prefeitura do município de Campinas, com o objetivo de possibilitar a **replicação da metodologia em outras bacias hidrográficas urbanas**, contendo a descrição detalhada dos cálculos e **passo a passo dos procedimentos nos softwares utilizados** e, principalmente, é um resultado da intenção de referidas instituições de **transformar pesquisa aplicada em políticas públicas**.



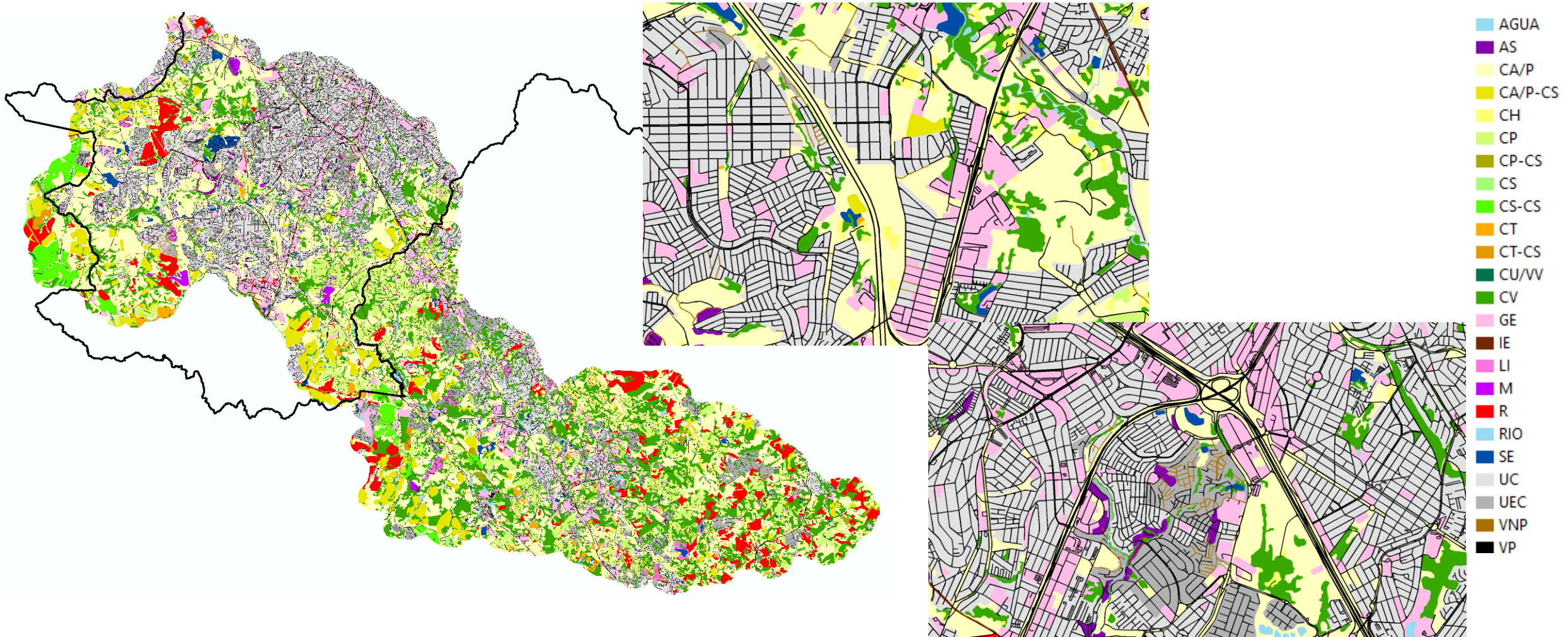
MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA

- **Modelagem hidrológica e hidráulica**
 - Cenário **climático** em curso: prevalência de eventos extremos de precipitação, com fenômenos de chuva cada vez mais intensos e concentrados.
 - **Modelagem hidrológica** passa a ser importante instrumento de planejamento urbano: permite estimar o acréscimo nas vazões máximas e nos volumes escoados induzidos pela urbanização.
 - Permite prever o tempo necessário para ocorrer resposta dos agentes de Proteção e de Defesa Civil deflagrado o evento de precipitação cuja intensidade ou altura pluviométrica seja motivo de preocupação.
 - Estes modelos podem incorporar diversos cenários climáticos e de ocupação do solo.

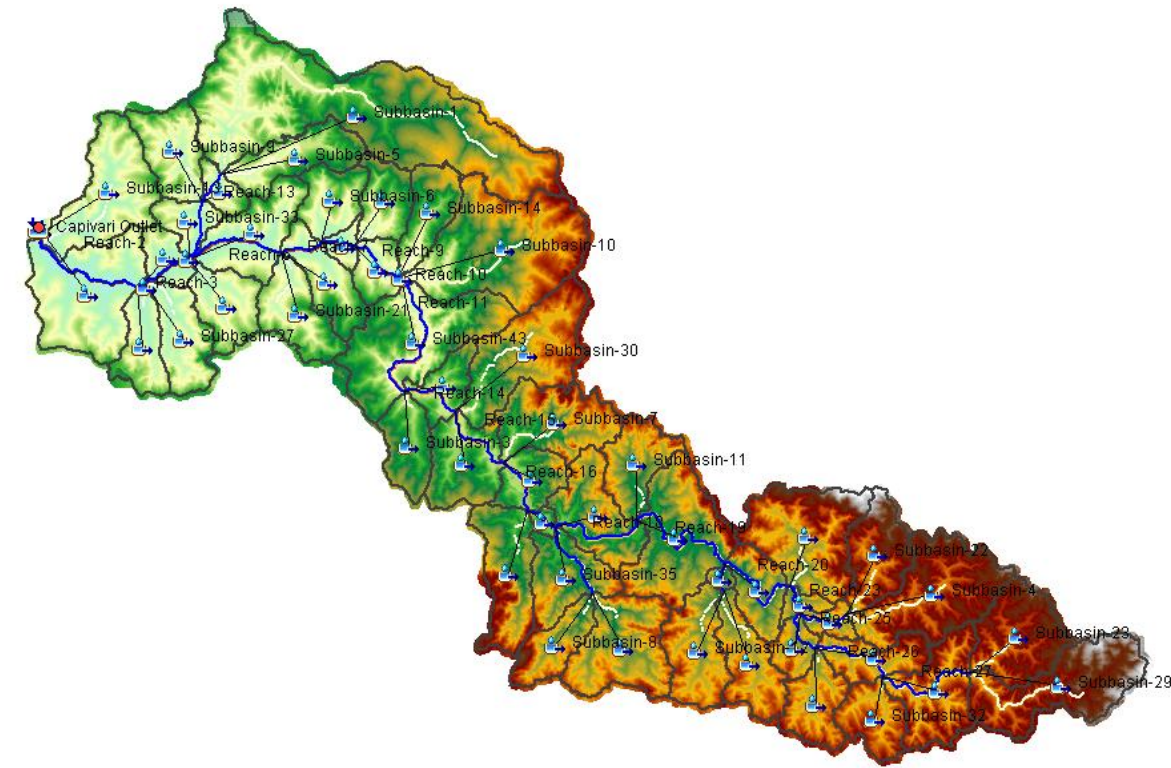
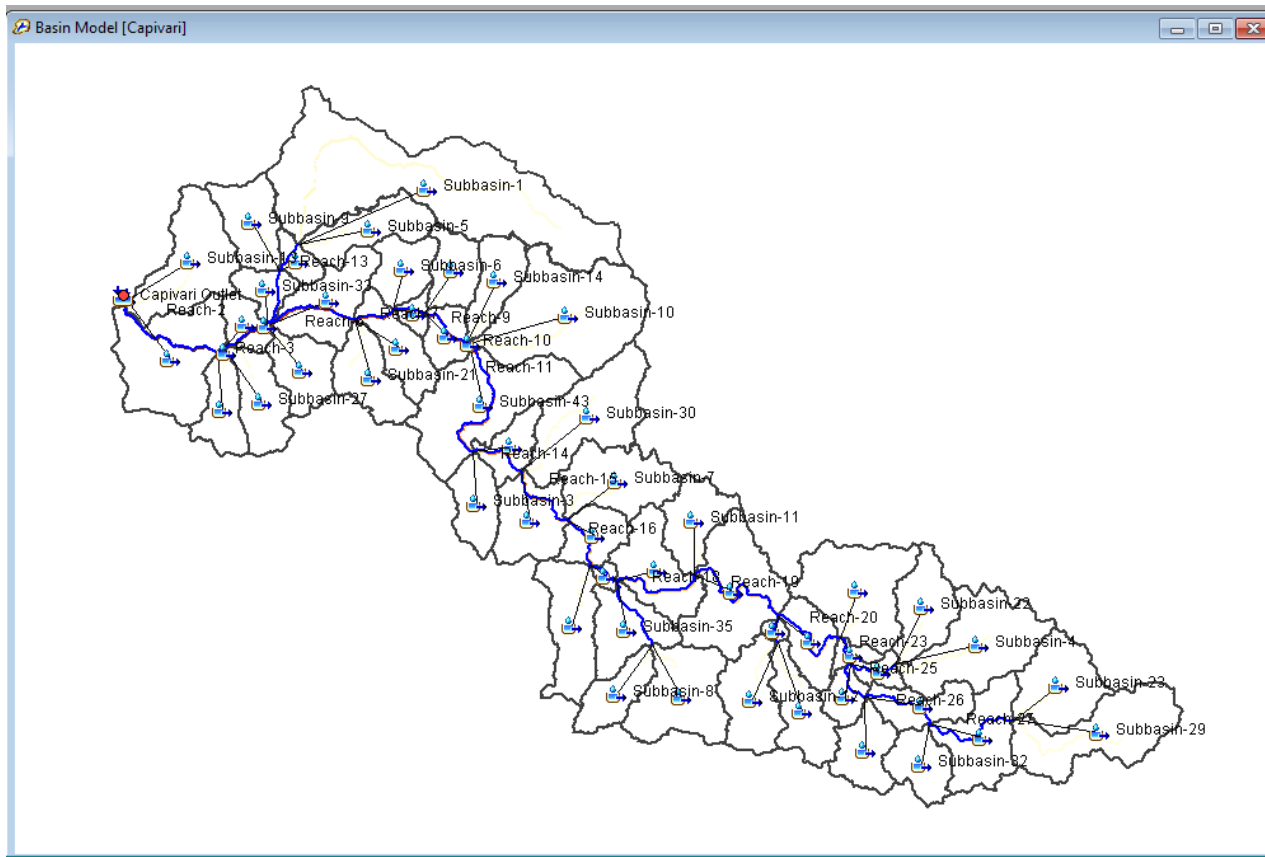
MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



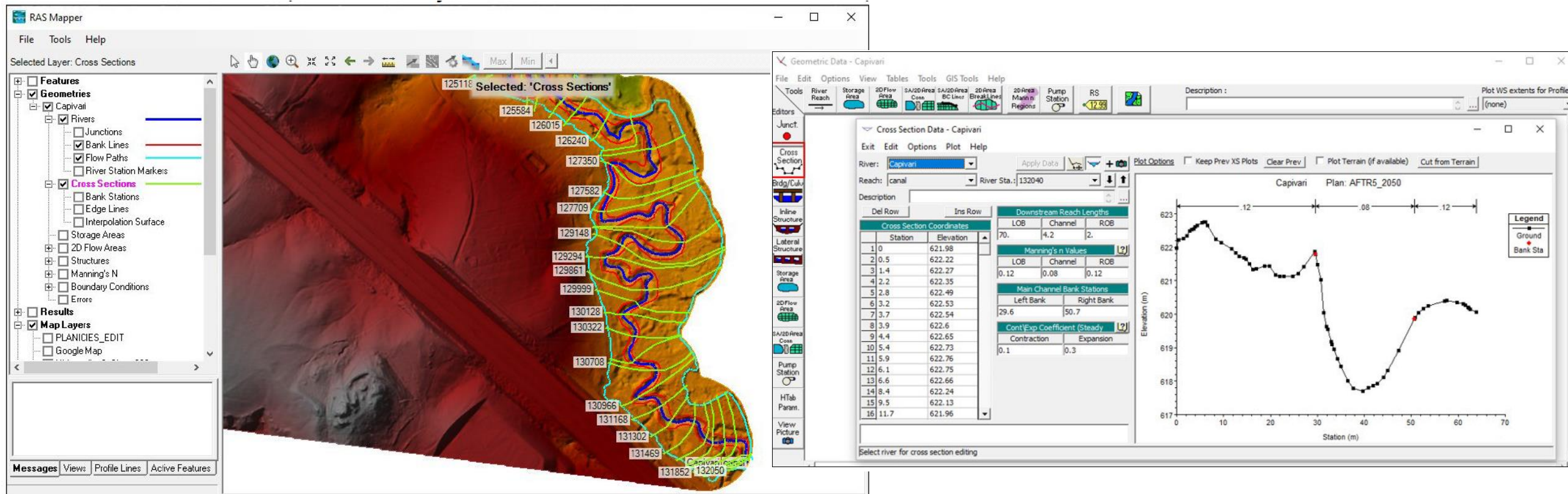
MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA

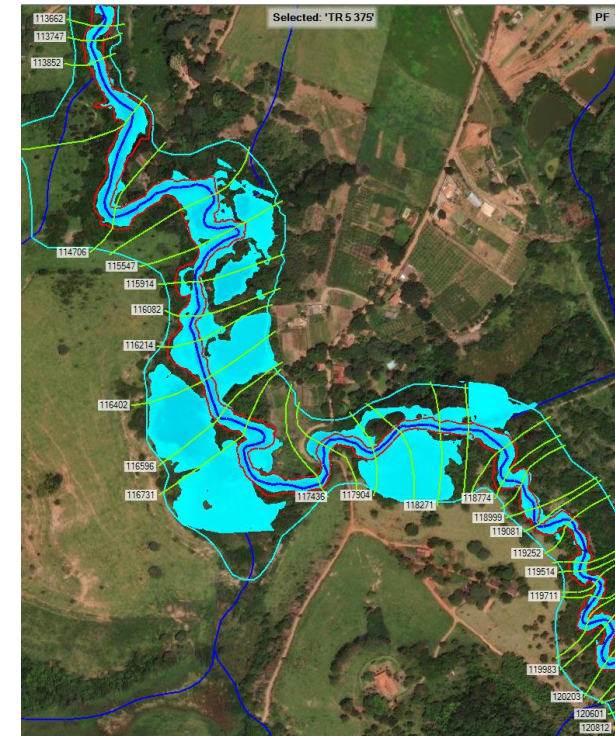
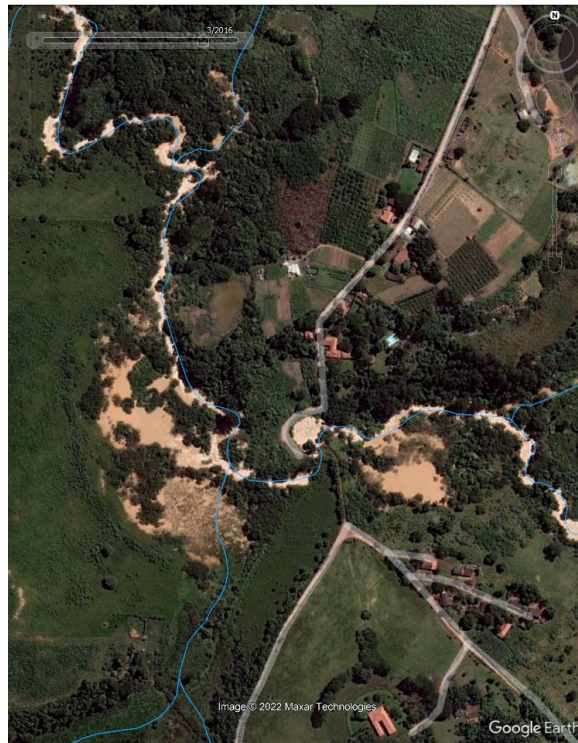
- A **modelagem hidráulica** permite estimar as áreas que serão responsáveis pelo escoamento dos picos de vazão estimados pelo modelo hidrológico.
- Com base nos cenários adotados como dados de entrada de ambos modelos, as modelagens podem ser utilizadas como importantes **instrumentos de gestão** e de **planejamento urbano** e **governança climática**.

MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



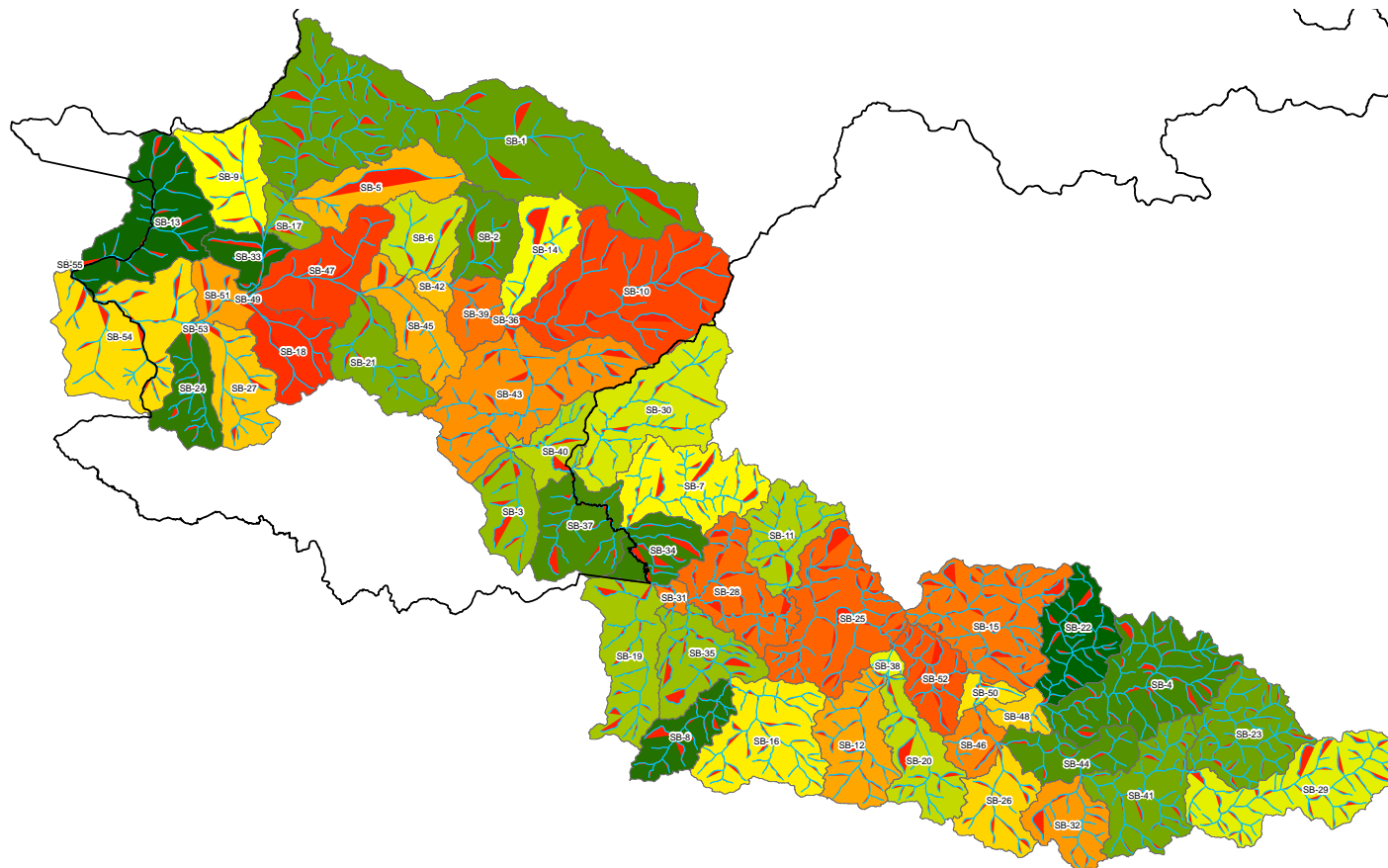
MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA

Comparação dos resultados do modelo hidráulico (TR 5 anos; aprox. 100 mm de chuva) com cheia ocorrida no rio Capivari em março/2016 referentes ao instante de tempo 375 minutos da onda de cheia)

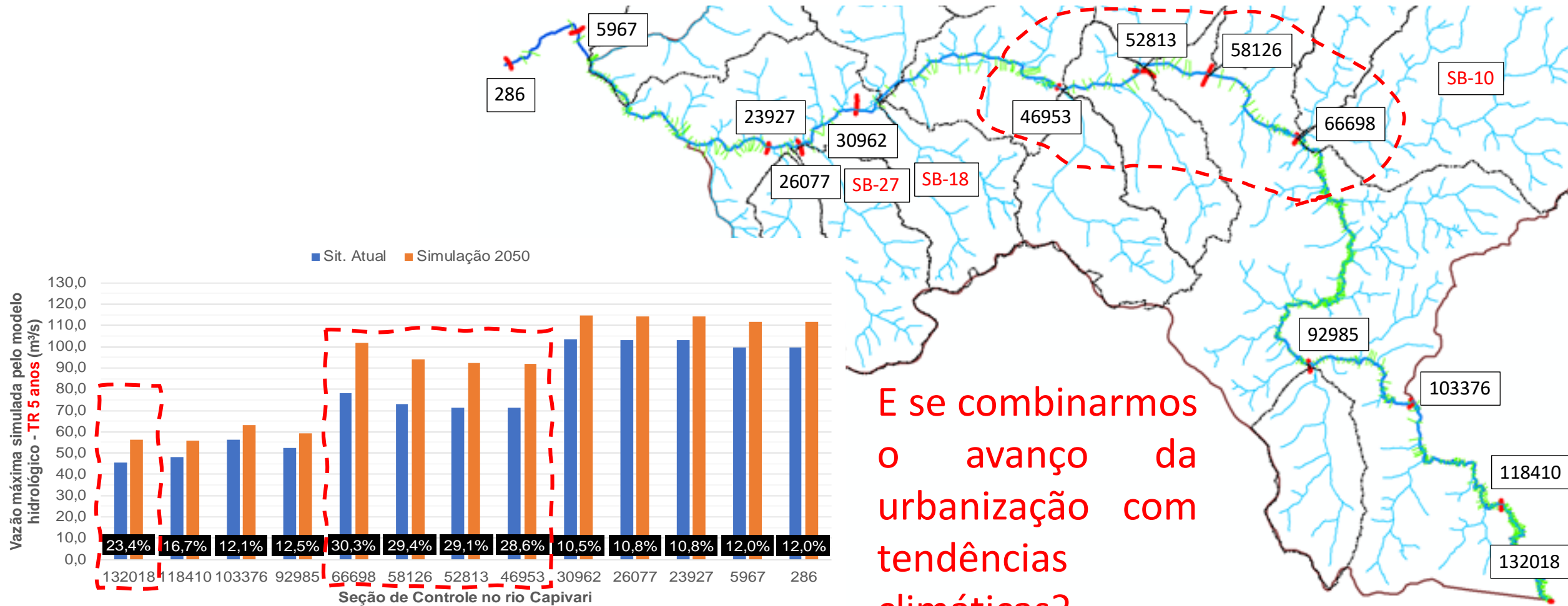


MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA

Criticidade – Bacias com maior potencial de incremento no escoamento superficial entre 2020 e 2050. Análise da evolução histórica das taxas de urbanização.



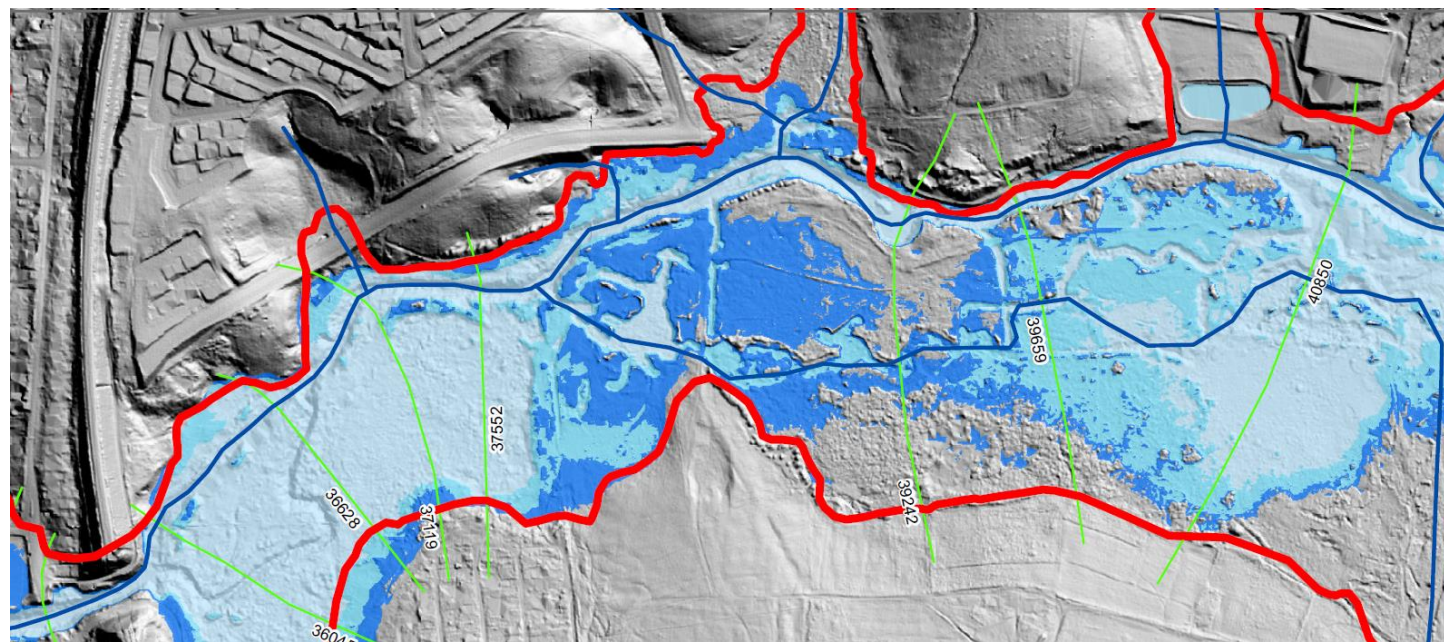
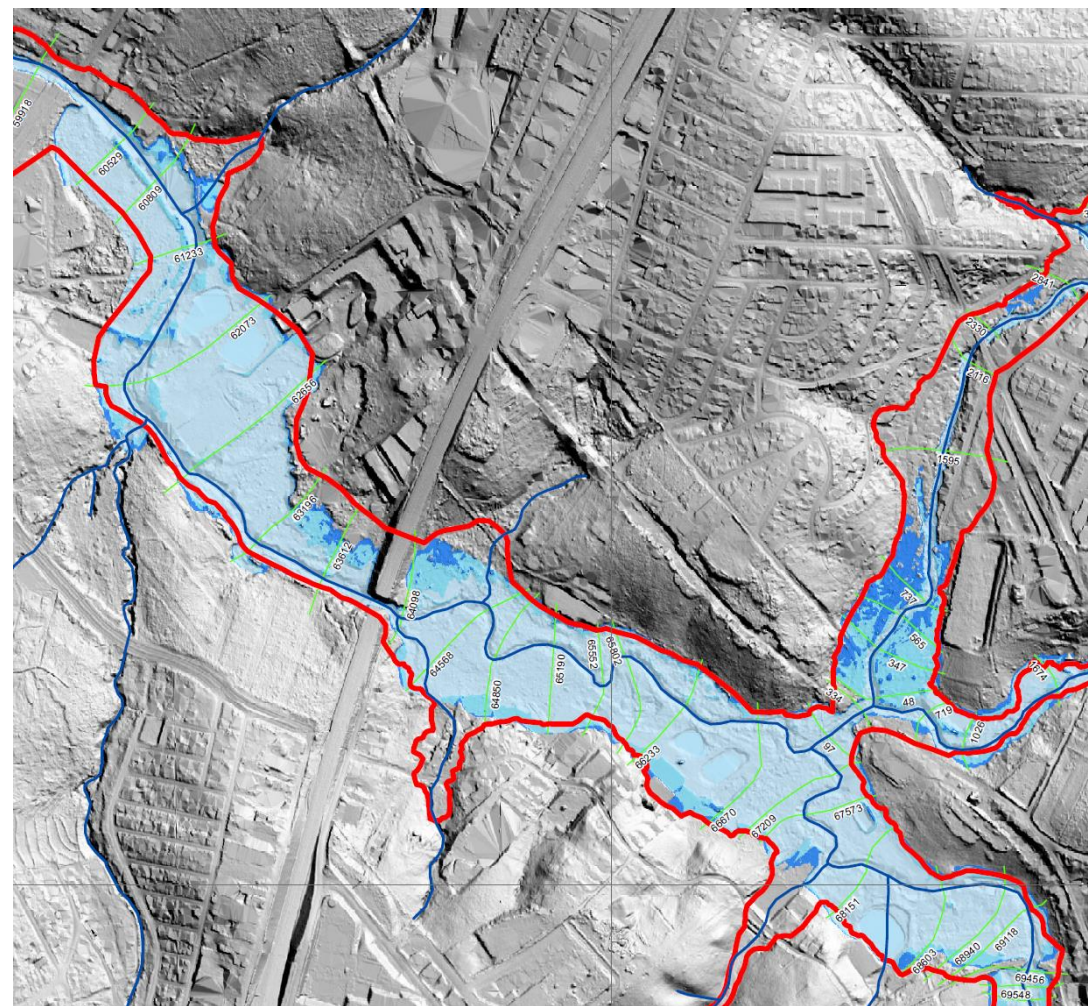
MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



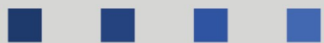
E se combinarmos o avanço da urbanização com tendências climáticas?



MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. DANDO DIMENSÃO ESPACIAL AO PROBLEMA



Período de Retorno	Extensão das áreas inundáveis (km ²)		Variação atual - futuro
	Ocupação do solo Atual	Estimativa Ocupação Futura	
5 anos	4,41	4,78	8,33%
25 anos	6,06	6,35	4,68%
100 anos	7,17	7,42	3,55%



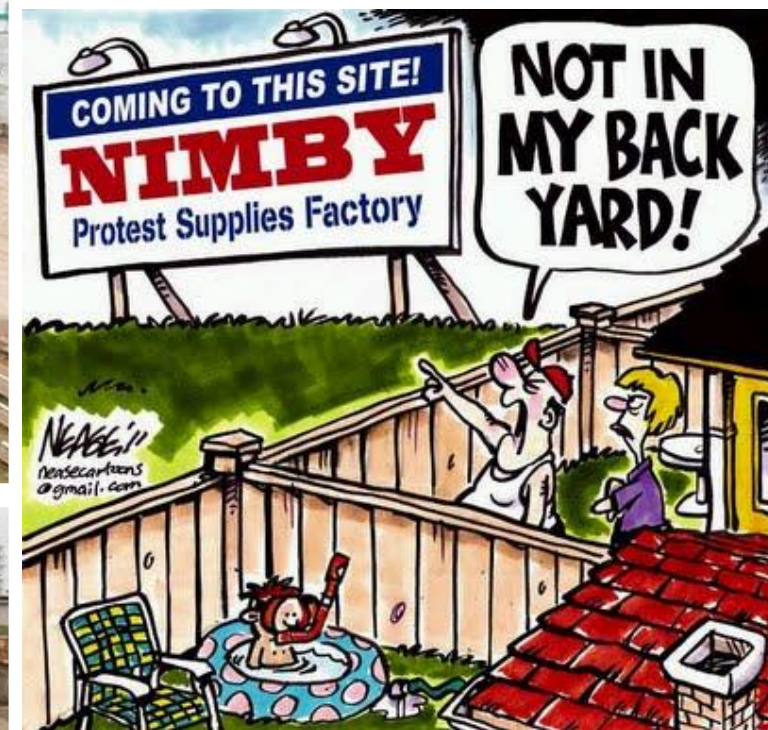
RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

- Técnicas de drenagem urbana precisam **resgatar a capacidade natural de controle de cheias das bacias hidrográficas**. Cidades “esponja”.
- Como fazer isso? Duas abordagens:
- **Infraestrutura cinza**: reservatórios de retenção de água (piscinões)
- **Infraestrutura verde ou soluções baseadas na natureza**: pavimentos e telhados permeáveis, aumento das áreas com capacidade maior de infiltração, renaturalização de áreas de várzea (rios e córregos), parques lineares, jardins de chuva etc.
- Desafio a ser encarado com a participação da sociedade e do poder público: população como agente transformadora do paradigma atual. Objetivo é **conviver** com as cheias urbanas sem que haja prejuízo para a cidade e seus residentes.

RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

- **Estruturas de retenção/detenção ou “Piscinões”**: Construídos no Brasil desde os **anos 1990** como **solução** para reduzir o efeito das cheias urbanas;
- Obras **caras**, eficazes em áreas com grande densidade populacional e pouco espaço para ampliação da rede de drenagem;
- Os locais para instalação precisam ser definidos com cuidado: não são eficazes em cursos d’água pequenos, junto à foz ou junto à cabeceira dos rios;
- A **manutenção é cara** e requer cuidados especiais: há muito sedimento e lixo que se dirige a estas estruturas;
- Só funcionam bem com **monitoramento** e sistema de **alerta** adequados, em bacias com comportamento hidráulico bem conhecido;
- A recomendação é combinar este tipo de estrutura com outras preconizadas pela infraestrutura verde: reduz as dimensões necessárias e o aporte de sedimentos.

RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



Os piscinões são sujeitos ao efeito do “nimbismo”.

A solução é boa, mas “não no meu quintal!”



RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Renaturalização de rios e córregos



Madrid, rio Manzanares

Madrid destrói avenida em marginal para construir parque linear de 42 km.

Antes: 200 mil carros/dia

Depois: onze áreas de lazer infantis, seis áreas de lazer para jovens e adultos, trinta quilômetros de ciclovias, 253 mil metros quadrados de áreas livres, 33 mil novas árvores e 429 hectares de zonas verdes.

A obra levou 4 anos (de 2007 a 2011)

RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Parques lineares

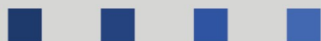
Soluções que **ajudam a iniciar o processo de renaturalização** ou coíbem a completa tomada do curso d'água pela cidade.

São possíveis em áreas onde o tecido urbano ainda não incorporou o córrego para si.

O **custo é menor**, os **ganhos são significativos**: há uma redução no aporte de sedimentos pelo curso d'água, uma melhora na qualidade da água e a quantidade de lixo diminui significativamente.

Chaves para o sucesso: a medida funciona melhor em cursos d'água de pequeno a médio porte, **o poder público precisa estar envolvido desde a concepção do projeto**.

A população que participa entende a utilidade do projeto e passa a defendê-lo.



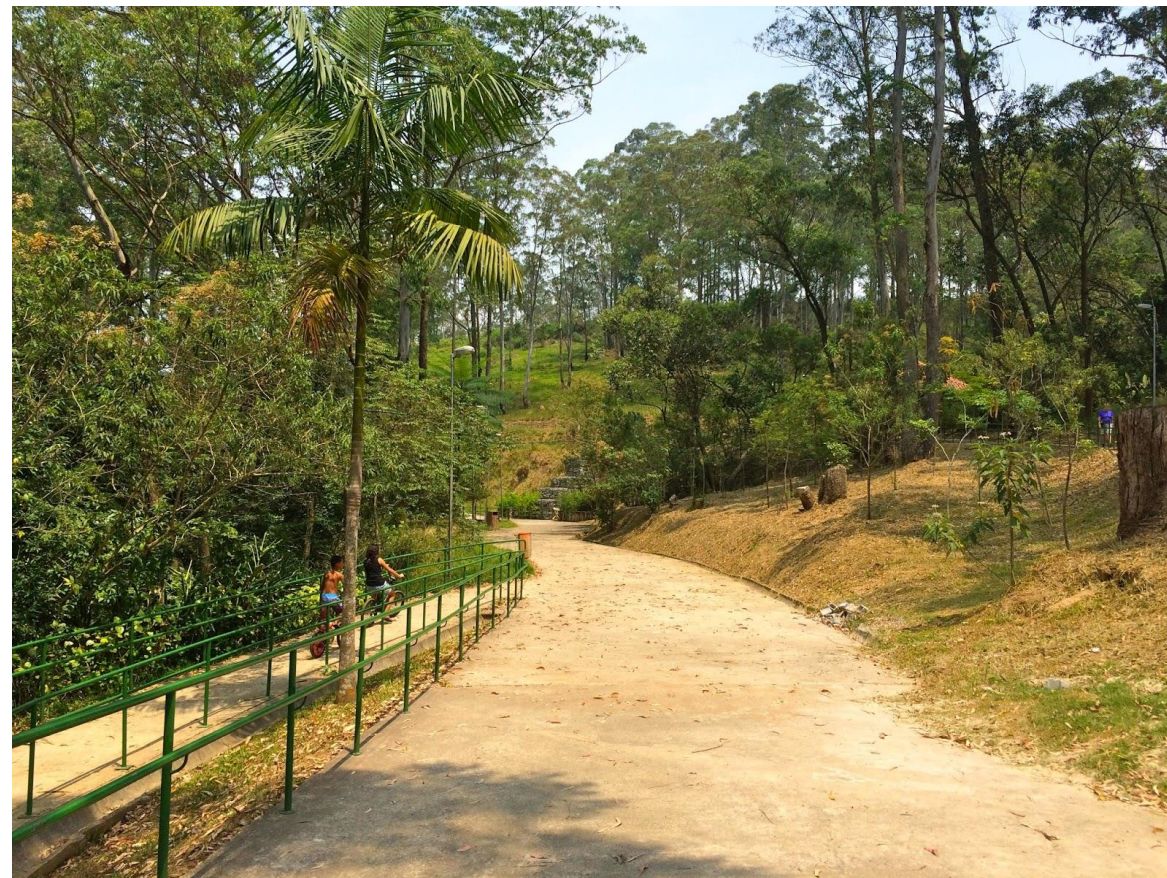
RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



Ribeirão das Pedras , Campinas (Antes e Depois)

RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Parques lineares Tiquatira e Itaquera, na cidade de São Paulo



RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Jardins de chuva

Menores mas não por isso menos importantes, jardins de chuva podem ajudar a resgatar a capacidade de infiltração das bacias hidrográficas.

Podem ser idealizados pelo poder público ou organizados por cooperativas de moradores, associações de bairros, ONGs...

Eventualmente, os governos podem incentivar empreendedores imobiliários a implantarem jardins de chuva em seus loteamentos.

Uma solução simples que ajuda a melhorar a qualidade da água e aumenta a capacidade de infiltração das áreas impermeáveis nas avenidas de fundo de vale, por exemplo.



RESGATANDO A CAPACIDADE NATURAL DE CONTROLE DE CHEIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



PARA REFLETIR:

Planejamento

No atual cenário **climático** em curso, que aponta para cenários **extremos de precipitação** (mais intensos e concentrados no tempo e no espaço), associado ao crescimento das áreas urbanizadas, estudos em bacias hidrográficas urbanizadas ou por urbanizar devem ser adotados como **instrumentos sistemáticos de planejamento urbano**.

Replicabilidade

Devem ser definidos procedimentos claros e que permitam a **replicação** dos estudos em todas as bacias hidrográficas de um município e das **boas práticas de gestão** em todos os municípios.

Sustentabilidade

É possível estreitar a relação existente entre **drenagem urbana** e a **legislação urbanística**, possibilitando um modelo de cidade mais justa, **ambientalmente sustentável** e **resiliente** aos desafios que a agenda climática e as necessidades de crescimento da área urbana impõem.



Obrigado!
Filipe Falcetta
falcetta@ipt.br



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

www.ipt.br

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

 **SÃO
PAULO**
GOVERNO
DO ESTADO