

Abertura de córrego, Pç. Gastão Vidigal

BACIA DO CÓRREGO VERDE PINHEIROS

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO VERDE PINHEIROS



BACIA DO CÓRREGO
VERDE PINHEIROS



Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Prefeitura do Município de São Paulo
Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO VERDE PINHEIROS

São Paulo, 2021

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
CIDADE DE SÃO PAULO INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

EQUIPE TÉCNICA	
Nome	**Função**
Mario Thadeu Leme de Barros	Coordenador
Flavio Conde	Coordenador de Área
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Coordenador do Contrato e Revisor Técnico (SIURB)
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski	Engenheiro Civil
Erika Naomi de Souza Tominaga	Engenheira Ambiental
Sara Martins Pion	Engenheira Civil
Denise Brunoro de Barros Mello	Pesquisadora
Estella Barbachan Rodrigues	Pesquisadora
Filipe Chaves Gonçalves	Pesquisador
Adriana Afonso Sandre	Bióloga e Arquiteta Urbanista
Riciane Pombo	Arquiteta Urbanista
Fernando Kenzo Onuki	Renderização de Imagens
Ana Luisa Viana Peira	Estagiária
Ana Paula Gasparroni Ferreira	Estagiária
Carmen Boschetti Neias Ayres Neta	Estagiária

Realização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
Projeto gráfico, capa e diagramação: Mayara Menezes do Moinho
Revisão de texto: Simone Oliveira

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Verde Pinheiros / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2021. 256 p.

ISBN 978-65-89429-00-5

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Córrego Verde (SP) I. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica II. Prefeitura do Município de São Paulo III. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras.

CDD 627.12

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Sumário

Apresentação **9**

1. Definição de diretrizes básicas dos estudos **13**

Plano Diretor Estratégico – PDE 16

2. Caracterização da bacia **23**

2.1 Localização 23
2.2 Histórico da bacia 26
2.3 Hidrografia 29
2.4 Monitoramento hidrológico 53
2.5 Relevo 62
2.6 Carta geotécnica 66
2.7 Uso do solo 70
2.8 Zoneamento urbano 76
2.9 População 88
2.10 Divisão administrativa municipal 90
2.11 Sistema de esgotamento sanitário 98
2.12 Sistema viário 98

3. Critérios para o estudo **105**

3.1 Chuva de projeto 106
3.2 Sub-bacias hidrográficas 109
3.3 Impermeabilização da bacia 114

4. Mapeamento de áreas críticas **121**

4.1 Áreas inundáveis 121
4.2 Áreas críticas 124

5. Estudos e projetos existentes para a bacia **131**

6. Alternativas propostas **141**

6.1 Alternativa 1 143
6.2 Alternativa 2 150
6.3 Localização das obras na bacia 158
6.4 Vistas e perspectivas das medidas propostas nas alternativas 177
6.5 Medidas complementares 214
6.6 Medidas não estruturais 214
6.7 Medidas de controle na fonte 227

7. Etapas de implantação das alternativas **233**

7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa 238

8. Custo estimado **243**

9. Considerações finais **251**

Glossário **253**

Lista de abreviaturas e siglas

CCOI	Centro de Controle Operacional Integrado
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo
CienTec	Parque da Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo
CN	Curve Number
COE	Código de Obras e Edificações
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
CRHI	Coordenadoria de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EPA	Environmental Protection Agency
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FLU	Fluviométrico
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo

IDF	Intensidade-duração-frequência
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
MDC	Mapa Digital da Cidade
MPCA	Minnesota Pollution Control Agency
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil
PA	Perímetro de Qualificação Ambiental
PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model
PDE	Plano Diretor Estratégico
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PHA	Departamento de Engenharia Hidráulica
PlanMob	Plano de mobilidade
PLU	Pluviométrico
PMAPSP	Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo
PMH	Plano Municipal de Habitação
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão
PROVAC	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale
QA	Quota Ambiental
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
SEHAB	Secretária Municipal de Habitação
SF	Secretaria Municipal da Fazenda
SIMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
SMADS	Secretaria Municipal de Assistência Social
SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
SMSP	Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras
SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana
SMT	Secretaria Municipal de Transportes
SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
SWMM	Storm Water Management Model

tc	Duração crítica do evento
Tr	Período de retorno
UACDC	University of Arkansas Community Design Center
ZC	Zona Centralidade
ZCOR	Zona Corredor
ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana
ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZEP	Zona Especial de Preservação
ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental
ZEPEC	Zona Especial de Preservação Cultural
ZER	Zona Exclusivamente Residencial
ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZM	Zona Mista
ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
ZPDSr	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável Rural
ZPI	Zona Predominantemente Industrial
ZPR	Zona Predominantemente Residencial

Apresentação

Os cadernos de Bacia Hidrográfica compõem um importante instrumento para a redução dos riscos de inundação das bacias hidrográficas do Município de São Paulo.

Este estudo desenvolveu-se no âmbito do contrato SIURB-FCTH nº 147/SIURB/2019, com o objetivo básico de fornecer subsídios para o planejamento e a gestão do sistema de drenagem. O horizonte de planejamento considerado neste estudo é de 40 anos.

O estudo do sistema de drenagem deverá adotar como referência de risco hidrológico o período de retorno de 100 anos, porém as obras e outras intervenções na bacia hidrográfica serão escalonadas partindo-se da redução das áreas de risco muito alto.

Este Caderno refere-se à bacia hidrográfica do córrego Verde, braços I e II, afluente da margem direita do Rio Pinheiros e localizada na região Oeste do Município de São Paulo.

O Caderno está dividido em nove capítulos, conforme segue:

1. Definição de diretrizes básicas dos estudos
2. Caracterização da bacia
3. Critérios para o estudo
4. Mapeamento de áreas críticas
5. Estudos e projetos existentes para a bacia
6. Alternativas propostas
7. Etapas de implantação das alternativas
8. Custo estimado
9. Considerações finais

O Capítulo 1 estabelece um conjunto de princípios básicos que devem ser seguidos no planejamento das obras de drenagem da bacia hidrográfica.

No Capítulo 2, é apresentado o diagnóstico da bacia, com a caracterização física e urbanística, o levantamento de inundações e o mapeamento das zonas inundáveis associado ao risco. Nele, temos ainda o Memorial Fotográfico, mostrando alguns dos principais problemas da bacia, e um breve histórico da drenagem da região.

No Capítulo 3, "Critérios para o estudo", constam os temas que possibilitam o entendimento da geração do escoamento superficial direto, essencial para a atuação e a formulação de medidas de controle de cheias.

O Capítulo 4 apresenta o mapeamento de áreas sujeitas a inundações, como diretriz para definir um conjunto de regras para a ocupação dessas áreas. As zonas inundáveis foram traçadas a partir das chuvas de projeto para Tr 2, 5, 10, 25 e 100 anos. Foi realizada uma classificação quanto ao risco de inundação da bacia e o mapeamento das áreas críticas considerando o risco de inundação, o sistema viário estrutural, os equipamentos urbanos vulneráveis e as áreas de favela próximas aos córregos.

O Capítulo 5 traz os estudos já realizados para a bacia, que servem como primeira orientação para a proposição de medidas para o controle de cheias.

No Capítulo 6, são expostas as alternativas estudadas, formadas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas quatro etapas: a primeira é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em locais frequentemente afetados pelas cheias, ou aqueles caracterizados pelas áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana; a segunda protege a bacia para chuvas com Tr 10 anos; a terceira etapa, por sua vez, protege a bacia para chuvas com Tr 25 anos; e, por fim, a quarta etapa alcança a proteção de Tr 100 anos em toda a bacia. Esse capítulo aborda ainda a necessidade de adoção de medidas não estruturais, como o zoneamento de inundações e sua regulamentação; o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em situações de chuvas intensas;

e o sistema de alerta no Município de São Paulo. Também apresenta a aplicabilidade das medidas de controle na fonte em função da declividade e da geologia da bacia, indicando seu potencial de implantação.

O Capítulo 7 expõe o sistema implantado em etapas e seu comportamento em cada etapa quando submetido a chuvas com Tr 100 anos. Uma verificação do desempenho individual das medidas de controle de cheias consideradas na primeira etapa foi realizada, levando em conta a redução da mancha de inundação quando submetidas a uma chuva de 2 anos de recorrência.

No Capítulo 8, estabelece-se uma avaliação preliminar dos custos das intervenções propostas.

O Capítulo 9 apresenta as considerações finais, com um resumo dos estudos.

1

Definição de diretrizes básicas dos estudos

O Caderno de Bacia Hidrográfica foi desenvolvido com base em um conjunto de princípios, fundamentados na adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. É um instrumento de planejamento e gestão que trata da questão do controle de cheias, propondo ações integradas com os demais planos setoriais.

Dentre os princípios, objetivos e premissas do desenvolvimento do Caderno, estão:

- Dotar a prefeitura do município de um instrumento de planejamento que possibilite minimizar, em um prazo pré-definido, os graves problemas de inundação que assolam a cidade, com definição de:
  - Cenário de projeto para a ocupação máxima permitida pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS – Lei nº 16.402/2016).
  - Metas de curto, médio e longo prazos.

- Reduzir paulatinamente os riscos de inundação na bacia até o nível correspondente a precipitações de Tr 100 anos;

- Proposição de medidas de convivência com o regime hídrico compatíveis com o grau de proteção hidrológica para cheias de períodos de retorno inferiores a 100 anos;
- Articulação com os planos setoriais e parcialmente integrados já elaborados ou em elaboração para o município e para a bacia, avaliando-se todas as obras hidráulicas existentes e projetadas, porém passíveis de revisão e de adaptação face às novas medidas que vierem a ser propostas;
- As intervenções previstas não podem agravar as condições de drenagem a jusante, portanto, devem respeitar as capacidades hidráulicas dos corpos d'água receptores;
- Possibilitar uma convivência segura com as cheias que excederem a capacidade do sistema de drenagem, considerando:
  - Aplicar tecnologias de modelagem hidrológica e hidráulica que permitam mapear as áreas de risco de inundação, considerando diferentes alternativas de intervenções.
  - Proposição de medidas estruturais combinadas com medidas não estruturais de controle do escoamento superficial, para que a cidade possa se adaptar à dinâmica hídrica.
  - Reorganizar a ocupação territorial, possibilitando a recuperação de espaços para o controle do escoamento pluvial e implantação de obras que promovam a redução da poluição hídrica.
  - Dar destaque a medidas de recuperação de áreas de preservação permanente e de cobertura vegetal das bacias.

- Desenvolver critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das obras de drenagem com o meio ambiente urbano, e que visem:
  - A preservação e a valorização das várzeas de inundação.
  - A integração do sistema de drenagem urbana de forma positiva ao ambiente da cidade.
  - A valorização de rios, córregos e suas margens como elementos da paisagem urbana.

- Estimar os custos e os benefícios das medidas propostas.

O planejamento da drenagem urbana deve se articular com entidades municipais, estaduais e federais, para que os diversos aspectos legais e técnicos relacionados a outros planos de infraestrutura sejam

considerados na elaboração de medidas de controle do escoamento superficial. É o caso, por exemplo, do Plano Diretor Estratégico (Lei nº 16.050/2014), do Código de Obras e Edificações (COE – Lei nº 16.642/2017), do Plano de Mobilidade de São Paulo – PlanMob/SP (PMSP/SMT, 2015)[1], do Plano Municipal de Habitação – PMH (PMSP/SEHAB, 2011)[2], do Plano Municipal de Saneamento (Decreto nº 58.778/2019), da Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas (Lei nº 17.104/2019) etc. Salienta-se a importância da articulação entre os planos diretamente associados aos recursos hídricos, como, por exemplo, o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (SSRH/CRHi, 2013)[3]; o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FUSP, 2009)[4], área na qual a cidade de São Paulo está localizada; o Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê – PDMAT 1, 2 e 3 (SSRH/DAEE, 1998, 2008 e 2014)[5]; entre outros.

1. São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Transporte (SMT).
2. São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB).
3. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013.
4. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP.
5. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica.

PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO – PDE

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, de 31 de julho de 2014, é uma lei municipal que orienta o desenvolvimento e o crescimento da cidade até 2029.

A lei dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano, o Sistema de Planejamento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e é aplicada à totalidade do seu território.

A estratégia territorial do Plano Diretor estrutura-se a partir das macrozonas e macroáreas, e da rede de estruturação e transformação urbana. Os elementos estruturadores do território foram classificados em:

- Macroárea de estruturação metropolitana;
- Rede estrutural de transporte coletivo;
- Rede hídrica e ambiental constituída pelo conjunto de cursos d'água; cabeceiras de drenagem e planícies aluviais; parques urbanos, lineares e naturais; áreas verdes significativas; e áreas protegidas e espaços livres, que constituem o arcabouço ambiental do Município e desempenham funções estratégicas para garantir o equilíbrio e a sustentabilidade urbanos;
- Rede de estruturação local, que articula as políticas públicas setoriais no território, indispensáveis para garantir os direitos de cidadania, reduzir a desigualdade socioterritorial e gerar novas centralidades em regiões menos estruturadas, além de qualificar as existentes.

Assim sendo, o Município foi dividido em duas macrozonas, cada uma delas subdivididas em quatro macroáreas:

1. Macrozona de estruturação e qualificação urbana – apresenta grande diversidade de padrões de uso e ocupação do solo. Dentre seus objetivos, estão a promoção da convivência mais equilibrada entre a urbanização e a conservação ambiental e a redução das situações de vulnerabilidade urbana.
   - Macroárea de estruturação metropolitana – abrange áreas das planícies fluviais dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, com articulação com o Centro e prolongamento junto a importantes avenidas.
   - Macroárea de urbanização consolidada – caracterizada por um padrão elevado de urbanização, forte saturação viária e elevada concentração de empregos e serviços.
   - Macroárea de qualificação da urbanização – é caracterizada pela existência de usos residenciais e não residenciais

instalados em edificações horizontais e verticais, com um padrão médio de urbanização e de oferta de serviços e equipamentos.

- Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana – caracteriza-se pela existência de elevados índices de vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano. É ocupada por uma população predominantemente de baixa renda que se instala em assentamentos precários e irregulares.

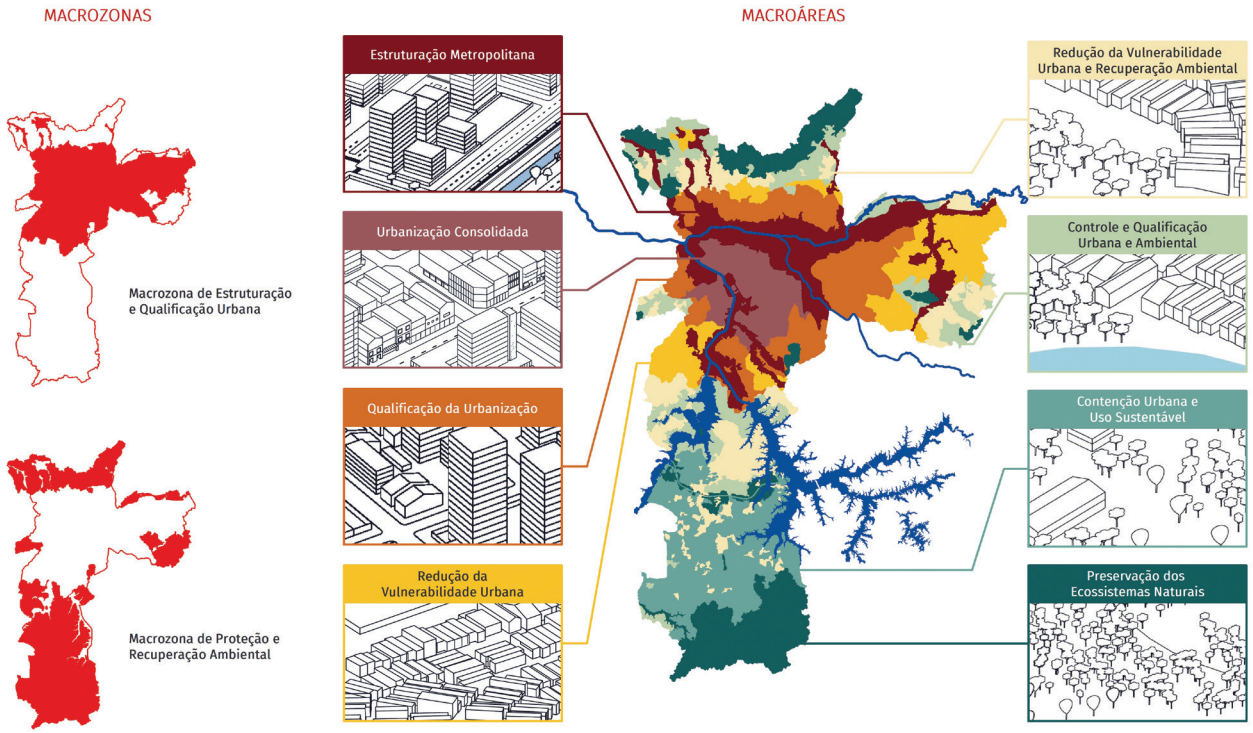
2. Macrozona de proteção e recuperação ambiental – é um território ambientalmente frágil devido a suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação. Tem dentre seus objetivos a conservação e a recuperação dos serviços ambientais existentes.

- Macroárea de redução da vulnerabilidade e recuperação ambiental – caracteriza-se pela predominância de elevados índices de vulnerabilidade socioambiental, baixos índices de desenvolvimento humano e assentamentos precários e irregulares.
- Macroárea de controle e qualificação urbana e ambiental – caracterizada pela existência de vazios intraurbanos com ou sem cobertura vegetal e áreas urbanizadas com distintos padrões de ocupação.
- Macroárea de contenção urbana e uso sustentável – caracterizada pela existência de fragmentos significativos de vegetação nativa, entremeados por atividades agrícolas, sítios e chácaras de recreio que protegem e/ou impactam, em graus distintos, a qualidade dos recursos hídricos.
- Macroárea de preservação de ecossistemas naturais – é caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processos ainda conservam suas características naturais. Predominam áreas de remanescentes florestais naturais, várzeas preservadas, cabeceiras de drenagem, nascentes e cursos d'água ainda pouco impactados por atividades antrópicas.

A **FIGURA 1.1** apresenta as macrozonas e macroáreas, elementos estruturantes do ordenamento territorial.

A rede de estruturação e transformação urbana é composta da rede hídrica ambiental (constituída pelo conjunto de cursos d'água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d'água e planícies aluviais) e dos parques urbanos, lineares e

FIGURA 1.1 Elementos estruturantes do ordenamento territorial: macrozonas e macroáreas (modificado de PDE, 2014)



naturais, com áreas verdes significativas e áreas protegidas. Dentre os objetivos urbanísticos e ambientais estratégicos relacionados à recuperação e proteção da rede hídrica ambiental, estão:

- Ampliar progressivamente as áreas permeáveis ao longo dos fundos de vale e cabeceiras de drenagem, as áreas verdes significativas e a arborização, para minimização dos processos erosivos, das enchentes e das ilhas de calor;
- Ampliar os parques urbanos e lineares para equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e livres e, assim, garantir espaços de lazer e recreação para a população;
- Proteger nascentes, olhos-d'água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;
- Articular, através de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares.

O PDE traz a integração de políticas e dos sistemas urbanos e ambientais para as questões do ordenamento territorial, e cita como diretrizes da política ambiental (Art. 195): a conservação e recuperação da qualidade ambiental dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas; a redução de enchentes; a minimização dos efeitos das ilhas de calor e da impermeabilização do solo; e a criação de incentivos fiscais e urbanísticos às construções sustentáveis.

A Lei estabelece que, para estimular as construções sustentáveis, pode ser criada uma lei específica com incentivos fiscais, tais como o IPTU Verde, destinada a apoiar a adoção de técnicas construtivas voltadas à racionalização do uso de energia e água, à gestão sustentável de resíduos sólidos, ao aumento da permeabilidade do solo, entre outras práticas.

O sistema de drenagem é definido na Lei nº 16.050/2014 (Art. 213) como o conjunto formado pelas características geológico-geotécnicas e do relevo e pela infraestrutura de macro e microdrenagem instaladas, sendo composto por:

- Fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talvegues;
- Elementos de microdrenagem, como vias, sarjetas, meio-fio, bocas-de-lobo, galerias de água pluvial, entre outros;
- Elementos de macrodrenagem, como canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres, em especial os parques lineares.

O Art. 215 da Lei nº 16.050/2014, que aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, apresenta, dentre os objetivos do sistema de drenagem, a redução dos riscos de inundação e alagamento e de suas consequências sociais; a redução da poluição hídrica e do assoreamento; e a recuperação ambiental de cursos d'água e dos fundos de vale. Ainda define as seguintes diretrizes para o sistema de drenagem:

- Adequar as regras de uso e ocupação do solo ao regime fluvial nas várzeas;
- Preservar e recuperar as áreas com interesse para drenagem, principalmente várzeas, faixas sanitárias, fundos de vale e cabeceiras de drenagem;
- Respeitar as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;
- Recuperar espaços para o controle do escoamento de águas pluviais;
- Adotar as bacias hidrográficas como unidades territoriais de análise para

diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;
- Adotar critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das infraestruturas com o meio ambiente urbano;
- Adotar tecnologias avançadas de modelagem hidrológica e hidráulica que permitam o mapeamento das áreas de risco de inundação, considerando diferentes alternativas de intervenções;
- Promover a participação social da população no planejamento, na implantação e na operação das ações de drenagem e de manejo das águas pluviais, em especial na minoração das inundações e dos alagamentos;
- Promover, junto aos municípios, aos consórcios intermunicipais e ao Estado, o planejamento e as ações conjuntas necessárias para o cumprimento dos objetivos definidos para esse sistema;
- Promover a participação da iniciativa privada na implementação das ações propostas, desde que compatível com o interesse público;
- Promover a articulação com instrumentos de planejamento e gestão urbana e projetos relacionados aos demais serviços de saneamento.

As seguintes ações prioritárias para o sistema de drenagem foram estabelecidas pela Lei Municipal em seu Art. 217:

- Elaborar o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, consideradas as ações de limpeza urbana previstas no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Criar um órgão municipal de planejamento e gestão de drenagem e dos recursos hídricos;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações e aprimorar os sistemas de alerta e de emergência;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Implantar sistemas de detenção ou retenção temporária das águas pluviais que contribuam para melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente;
- Implantar o Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale;
- Desassorear os cursos d'água, canais, galerias, reservatórios e demais elementos do sistema de drenagem;

- Revisar a legislação referente aos sistemas de retenção de águas pluviais;
- Implementar medidas de controle dos lançamentos na fonte em áreas privadas e públicas;
- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carreada para os corpos hídricos;
- Adotar pisos drenantes nas pavimentações de vias locais e passeios de pedestres.

O PDE instiga a adoção de parques lineares nas intervenções de macrodrenagem. Segundo seu Art. 273, os parques lineares são intervenções urbanísticas associadas aos cursos d'água, principalmente àqueles inseridos no tecido urbano, tendo como principais objetivos:

- Proteger e recuperar as áreas de preservação permanente e os ecossistemas ligados aos cursos d'água;
- Conectar áreas verdes e espaços públicos;
- Controlar enchentes;
- Evitar a ocupação inadequada dos fundos de vale;
- Propiciar áreas verdes destinadas à conservação ambiental, ao lazer, à fruição e a atividades culturais;
- Ampliar a percepção dos cidadãos sobre o meio físico.

Menciona ainda que os parques lineares são parte integrante do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, e sua implantação pressupõe a articulação de ações de saneamento, drenagem, sistema de mobilidade, urbanização de interesse social, conservação ambiental e paisagismo.

O Programa de Recuperação de Fundos de Vale é composto por intervenções urbanas nos fundos de vales, articulando ações de saneamento, drenagem, implantação de parques lineares e urbanização de favelas. Dentre seus objetivos, estão:

- Ampliação progressiva das áreas verdes permeáveis ao longo dos fundos de vale, criando progressivamente parques lineares e minimizando os fatores causadores de enchentes e os danos delas decorrentes, aumentando a penetração das águas pluviais no solo e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário;
- Priorização da utilização de tecnologias socioambientais e procedimentos construtivos sustentáveis na recuperação ambiental de fundos de vale;
- Construção, ao longo dos parques lineares, de vias de circulação de pedestres e ciclovias.

Os cadernos de Bacia Hidrográfica estão sendo desenvolvidos de acordo com as premissas e diretrizes apontadas pelo PDE na concepção de ações para o sistema de drenagem, conforme segue:

- Considera a bacia hidrográfica como uma unidade territorial de análise para diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;
- Considera o impacto do uso e da ocupação do solo na impermeabilização da bacia hidrográfica;
- Estimula e aponta áreas potenciais para a implantação de infraestrutura sustentável, como as medidas de controle na fonte;
- Respeita as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;
- Utiliza tecnologia avançada de modelagem hidrológica e hidráulica, que permite o mapeamento das áreas de risco de inundação;
- Produz o mapeamento georreferenciado dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Propõe sistemas de detenção ou retenção temporária das águas pluviais visando a redução das inundações e a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, adotando critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das infraestruturas com o meio ambiente urbano;
- Adota os parques lineares em fundos de vale como parte integrante do sistema de controle de cheias, destacando sua função de equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e livres e garantir espaços de lazer e recreação para a população.

Essa ação está de acordo com um dos objetivos do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, que é a ampliação de áreas verdes a partir da criação de parques lineares, aumentando a penetração das águas pluviais no solo e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário.

2

Caracterização da bacia

2.1 LOCALIZAÇÃO

A bacia hidrográfica do córrego Verde Pinheiros localiza-se na zona Oeste do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 7,5 km² (braço I com 2,84 km² e braço II com 4,64 km²), correspondente a 0,5% da área total do Município. Essa bacia é afluente da margem direita do Rio Pinheiros, estando localizada em seu trecho inferior a jusante da Usina Elevatória de Traição.

Trata-se de um córrego cuja bacia foi dividida em duas, com a construção da galeria na Rua Pinheiros, constituindo, assim, dois braços: o braço II, que segue canalizado pelo fundo de vale original, e o braço I, que segue pela galeria da Rua Pinheiros e da Rua Paes Leme, com lançamentos independentes no Rio Pinheiros.

O mapa da **FIGURA 2.1** ilustra a localização da bacia do córrego Verde, braços I e II, no Município de São Paulo.

FIGURA 2.1 **Localização da bacia hidrográfica do córrego Verde, braços I e II**



Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Verde Pinheiros
- Quadra viária

Área de drenagem:

Braço I – 2,84 km²
Braço II – 4,64 km²

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020) e Mapa Hidrográfico do Município (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 0,25 0,5 1 km

N



Rua Apinajés
Rua Aimbere
Rua Soledade
Rua Duartina
Av. Dr. Arnaldo
Rua Abegoaria
Rua Heitor Penteado
Rua Amalia de Noronha
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Luis Murat
Pç. Benedito Calixto
Rua Cristiano Viana
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Av. Paulista
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Braço I
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Rua Augusta
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Artur de Azevedo
Rua Joaquim Antunes
Rua Estados Unidos
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Atlântica
Braço II
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Rua Sta. Cristina
Rua Venezuela
Rua Honduras
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Des. Mamede
Rua Mariana Correia
Rua Groenlândia
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Rua Áustria
Rua Grécia
Rua Prudente Correia

2.2 HISTÓRICO DA BACIA

Historicamente, podemos separar a região da bacia do córrego Verde em três bairros principais: Jardins, Vila Madalena e Cerqueira César. O mais antigo e mais próximo do centro é Cerqueira César, conhecido originalmente como Villa América é resultado do loteamento das terras do dr. José Oswald Andrade em 1890.

Ao sul da Villa América havia a Chácara Bela Veneza, pertencente à família Rosa, que foi repartida e vendida em 1900. Já em 1913, a Cia. City, uma das principais empresas urbanizadoras de São Paulo, inicia o loteamento e a construção do Jardim América, que rapidamente tornou-se um sucesso de vendas. Em seguida, outras construtoras seguiram o modelo e, durante a década de 1920, surgem Jardim Europa e Jardim Paulistano (O ESTADO DE S.PAULO, 2015)[6]. Foi durante a construção desses bairros que as primeiras intervenções no córrego Verde se fizeram necessárias, iniciando-se o processo de canalização do Rio Verde no subsolo da cidade.

A Vila Madalena que conhecemos hoje era conhecida por alguns no início do século XX como Sítio do Rio Verde, por conta do córrego de mesmo nome. Em 1910, em razão dos investimentos da Cia. City, a empresa Light anuncia uma linha e uma estação de bonde que serviriam à região – o que iniciou a valorização do bairro. Os loteamentos também começaram na década de 1920, e as quadras são as mesmas até hoje. Os sistemas hídricos do bairro eram rudimentares: sem água encanada, havia uma bica d'água na atual Rua Rodesia, e algumas casas tinham cisternas de aproximadamente 25 metros de profundidade (PORTUGHEIS, 2014)[7]. Naquela época, com ruas de terra em terrenos inclinados, temos relatos de que: "Os colonizadores precisavam ter pelo menos dois pares de calçados: um, mais rústico e reforçado, para descer ladeiras enlameadas até a Rua Teodoro Sampaio, outro, um pouco melhorzinho, para substituir os sapatos, ou botas, ou quedes, ou similares sujos de barro, para não sujar o bonde. Na volta a operação

6. O ESTADO DE S.PAULO. **O jardim Europa nasceu da elite para a elite**. São Paulo, 5 out. 2015. Disponível em: https://saopaulo.estadao.com.br/noticias/geral,o-jardim-europa-nasceu-da-elite-para-a-elite,1774935. Acesso em: 6 out. 2020.

7. PORTUGHEIS, D. J. **Vila Madalena:** polo de comércio, lazer e cultura. 2014. 76 f. Relatório final (iniciação científica em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.labcom.fau.usp.br/wp-content/uploads/2015/07/Vila-Madalena-RF.pdf. Acesso em: 1º out. 2020.



FIGURA 2.2 **Fotografia do córrego Verde, vista do Rio Pinheiros para montante, mostrando o empedramento dos taludes (foto: Fundação Energia e Saneamento)**

se repetia, só que em sentido contrário" (PEZZOTTI, s/d)[8].

Na década de 1930, começaram as obras de retificação do Rio Pinheiros pela empresa Light, para geração de energia. Mudou-se a direção do rio, remodelou-se suas faces e pavimentou-se suas margens (KAYO, 2013)[9].

A **FIGURA 2.2** apresenta uma fotografia do canal do córrego Verde (atual braço II) no ano de 1946, nas proximidades de sua foz no Rio Pinheiros.

---

8. PEZZOTTI, A. I. **Vila Madalena e suas figuras notáveis**. São Paulo: Editoração Eletrônica W. Roth S/A Indústria Gráfica, s/d.
9. KAYO, A. **Impactos gerados pela ocupação no leito antigo do rio Pinheiros em áreas das Operações Urbanas Consorciadas Faria Lima e Água Espraiada**. 2013. 154 f. Dissertação (mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Diferentemente dos seus vizinhos a leste, apenas na década de 1950 a Vila Madalena começou a se urbanizar, graças ao padre Olavo Pezzotti, da igreja local, que usou sua fama na rádio e na televisão como influência política para levar à região calçamento, água tratada e rede de esgotos. Daí datam-se as primeiras intervenções nessa parte da bacia. Nas décadas seguintes, a busca por moradia na área só aumentou, e as décadas de 1980 e 1990 inauguraram um período de verticalização do bairro que se mantém até hoje (PORTUGHEIS, 2014)[10].

A **FIGURA 2.3** apresenta a evolução da urbanização nos anos 1930, 1940 e 1954, na região de montante do braço I do córrego Verde.



FIGURA 2.3 **Evolução da urbanização no trecho de montante do braço I**

10. PORTUGHEIS, D. J. *op. cit.*

2.3 HIDROGRAFIA

A hidrografia principal da bacia em estudo é composta pelo córrego Verde, braços I e II. A extensão total do braço I é de 4.700 m, e do braço II é de 4.300 m.

O braço I tem sua principal nascente localizada próximo à Rua Herculano e à Rua Beatriz Galvão. Ele escoa pela Rua Abegoaria, pela Rua Medeiros de Albuquerque, pelo Beco do Batman e pelo Beco do Aprendiz, seguindo até a Rua dos Pinheiros e a Rua Paes Leme e desaguando no Rio Pinheiros.

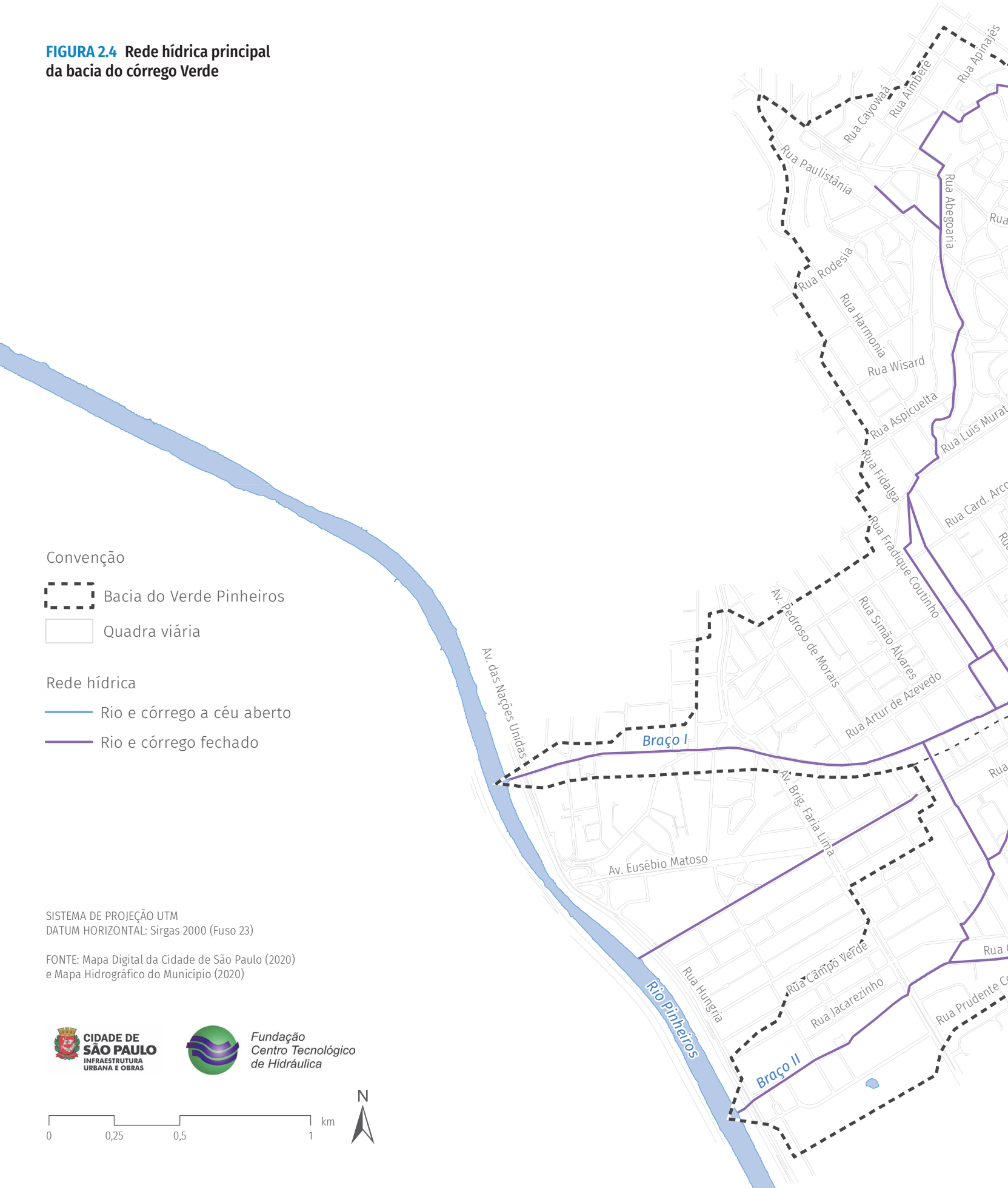
O braço II nasce nas proximidades da Avenida Dr. Arnaldo com a Rua Amália Noronha, indo em direção à Praça Benedito Calixto e à Rua Paulo Gontijo de Carvalho, até atravessar a Avenida Rebouças, seguindo pela Rua Gracindo de Sá e pela Rua Santa Cristina. Atravessa a Praça Gastão Vidigal e segue pela Rua Professor Roberto Hottinger e pela Rua Verde, atravessando a Avenida Brigadeiro Faria Lima e seguindo em direção ao Rio Pinheiros pela Rua Dr. Alberto Cardoso de Melo Neto.

O mapa hidrográfico da bacia do córrego Verde é apresentado na **FIGURA 2.4**. O traçado apresentado nesse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos existentes na bacia, sendo elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo. Nesse mapa, é possível observar que os córregos dessa bacia encontram-se totalmente canalizados.

Nesse estudo, foi considerado também o trecho de galeria existente na área de contribuição direta localizada entre as áreas de drenagem dos braços I e II.

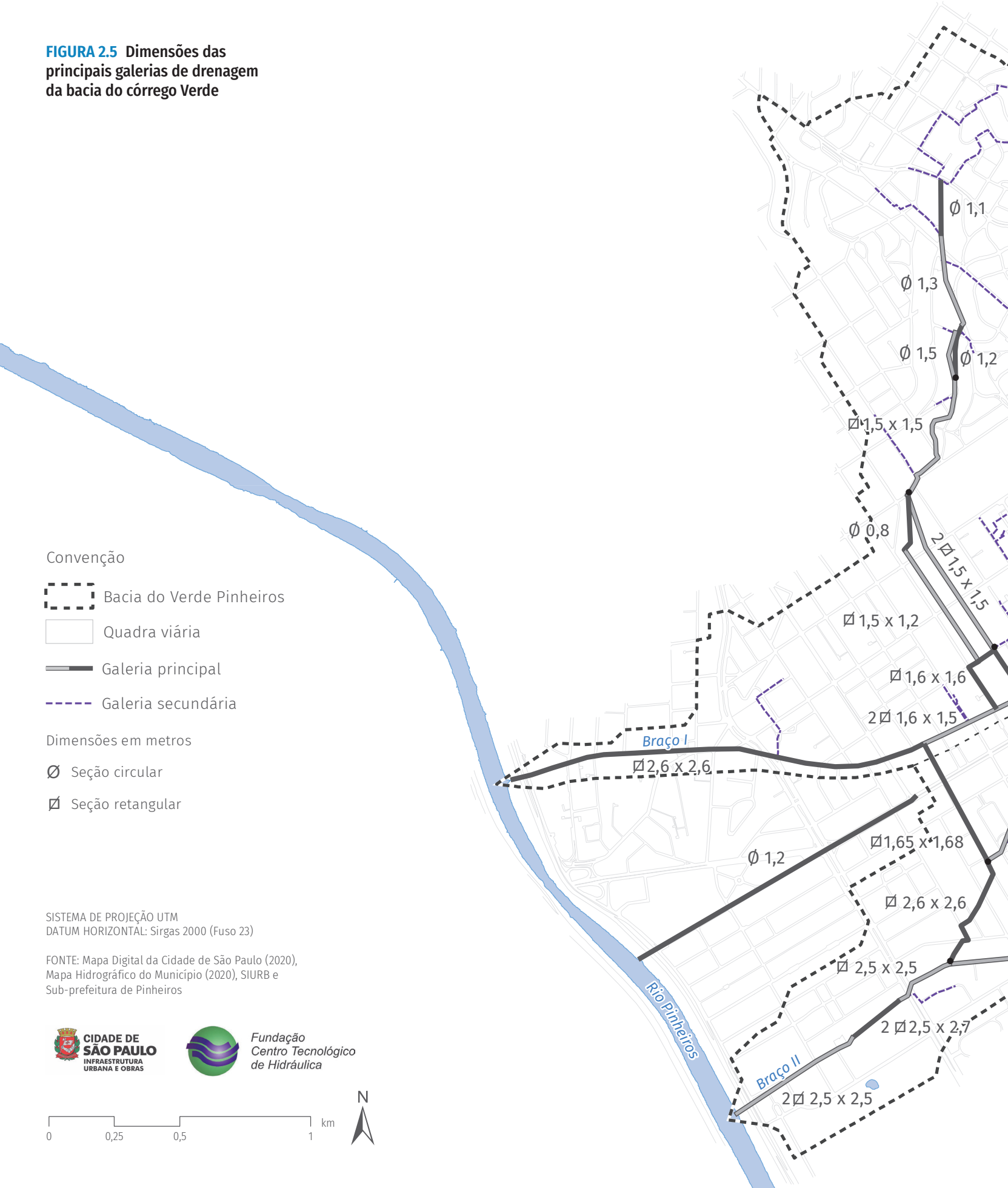
A **FIGURA 2.5** indica as dimensões das galerias principais da bacia do córrego Verde, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias.

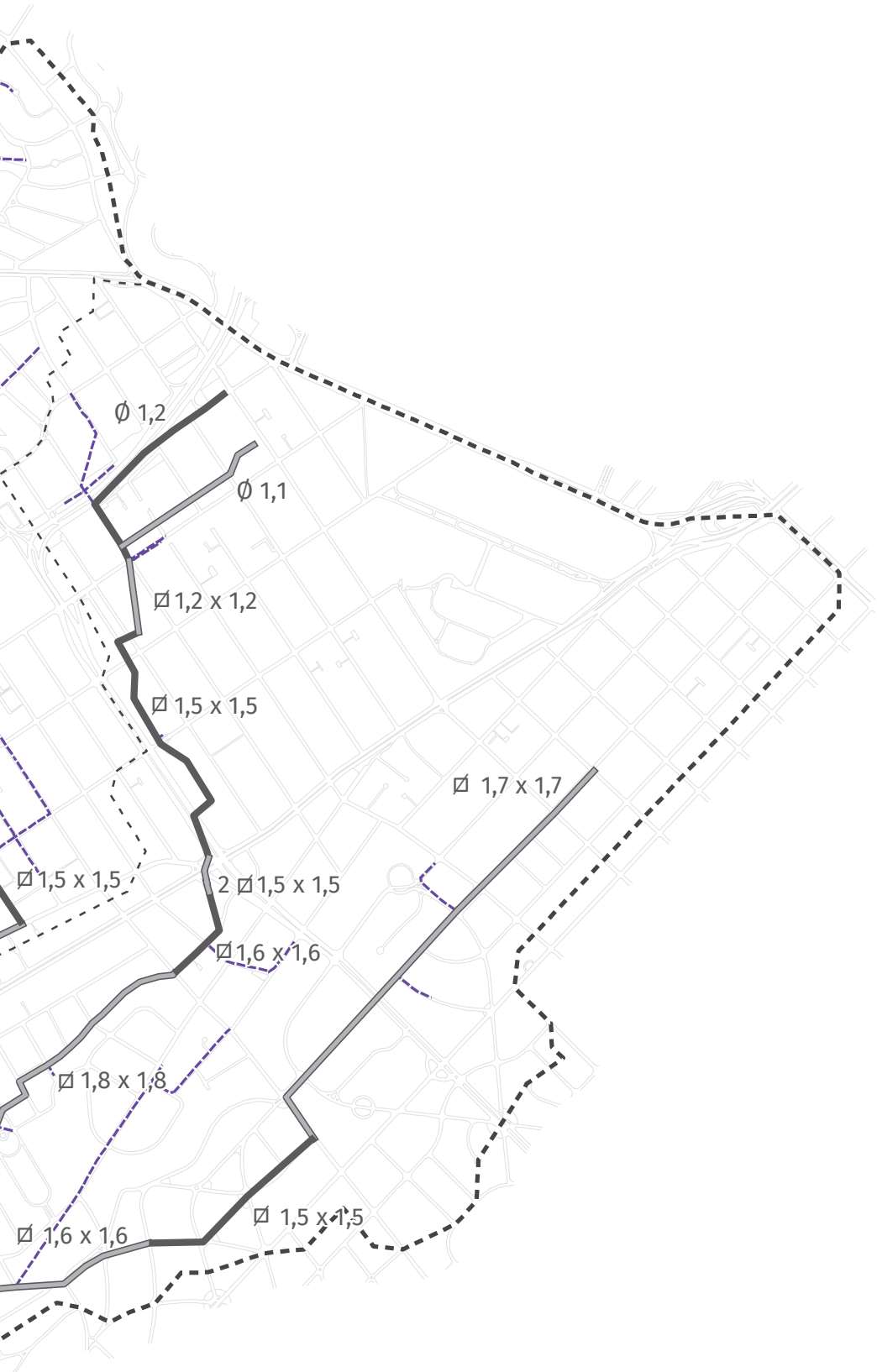
FIGURA 2.4 **Rede hídrica principal da bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Av. Paulista
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Rua Joaquim Antunes
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Atlântica
Rua Venezuela
Rua Honduras
Rua Groenlândia
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

FIGURA 2.5 **Dimensões das principais galerias de drenagem da bacia do córrego Verde**




Ø 1,2
Ø 1,1
⍁ 1,2 x 1,2
⍁ 1,5 x 1,5
⍁ 1,7 x 1,7
⍁ 1,5 x 1,5
2 ⍁ 1,5 x 1,5
⍁ 1,6 x 1,6
⍁ 1,8 x 1,8
⍁ 1,5 x 1,5
⍁ 1,6 x 1,6

2.3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE VAZÕES

Os diagramas unifilares são esquemas sintéticos dos cursos d'água, nos quais são representados, de forma organizada, os principais elementos da rede hídrica na bacia hidrográfica, tais como afluentes e medidas de controle de cheias, o que permite um melhor entendimento do funcionamento sistemático da fluviometria da bacia. Neles, é representada a posição física sequencial dos componentes da rede, mostrada no organograma esquemático unifilar.

Por conseguinte, o diagrama unifilar da situação atual da bacia do córrego Verde é exibido na **FIGURA 2.6**. Nesse diagrama, são apresentadas as vazões geradas pelo modelo hidráulico-hidrológico, que representa a situação hidráulica da rede existente para uma chuva com período de retorno igual a 100 anos. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões máximas registradas nas galerias para a mesma chuva de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento de cheias nas galerias.

As deficiências no sistema de drenagem da bacia podem ser notadas pela diferença entre a capacidade máxima da seção e a vazão afluente de Tr 100 anos. O sistema de drenagem não apresentaria deficiência se as vazões de Tr 100 anos fossem iguais ou menores do que as capacidades máximas das seções. Na bacia do córrego Verde, é possível notar que a maior parte dos trechos analisados apresenta insuficiência do sistema de drenagem existente. Destacam-se a região entre a Rua Medeiros de Albuquerque e a Rua Belmiro Braga, no braço I, e a região das praças Portugal e Gastão Vidigal, no braço II, onde as vazões para Tr 100 anos são três vezes maiores do que a capacidade da galeria nesses trechos.

2.3.2 INUNDAÇÕES NA BACIA DO CÓRREGO VERDE

Na bacia do córrego Verde, a exemplo de outras áreas do Município de São Paulo, o sistema de drenagem não acompanhou a evolução da urbanização e da impermeabilização do solo urbano, o que ocasiona as inundações observadas na região. Além das pequenas dimensões das galerias de águas pluviais, é sabido que existem inúmeras interferências e obstruções na rede existente. Esses problemas configuram uma rede de drenagem hidraulicamente insuficiente e de difícil manutenção. Soma-se a isso o mau estado estrutural das galerias, que apresentam fissuras, solapamentos e armaduras expostas.

O levantamento dos problemas de inundação na bacia do córrego Verde reuniu

informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE para o período 2018-2020 e levantamentos recentes realizados pela FCTH nas regiões críticas de inundações. O estudo realizado pela FCTH foi feito através do levantamento topográfico das áreas de inundações delimitadas durante entrevistas com moradores e ocupantes da região. Esse levantamento também teve como objetivo verificar a permanência dos pontos de inundação na bacia.

Na área do braço I, foram detectados problemas desde os trechos mais a montante, nas proximidades do cruzamento da Rua João Moura com a Rua Abegoaria, até as proximidades do cruzamento da Rua dos Pinheiros com a Avenida Pedroso de Morais. A seguir, é apresentada uma descrição dos problemas de inundação do braço I da bacia, baseada nos relatos apresentados no Relatório Técnico de Avaliação de Diagnóstico (Enger, 2000)[11].

São relevantes, no trecho de montante da bacia, seguindo pelas ruas Abegoaria e Medeiros de Albuquerque, as inundações entre a Rua Gerard David e a Rua João Moura. A lâmina de água sobre o pavimento é da ordem de até 20 cm. As consequências dos alagamentos nessa área são de menor gravidade, limitando-se à interrupção temporária do tráfego e a pequenos danos a veículos.

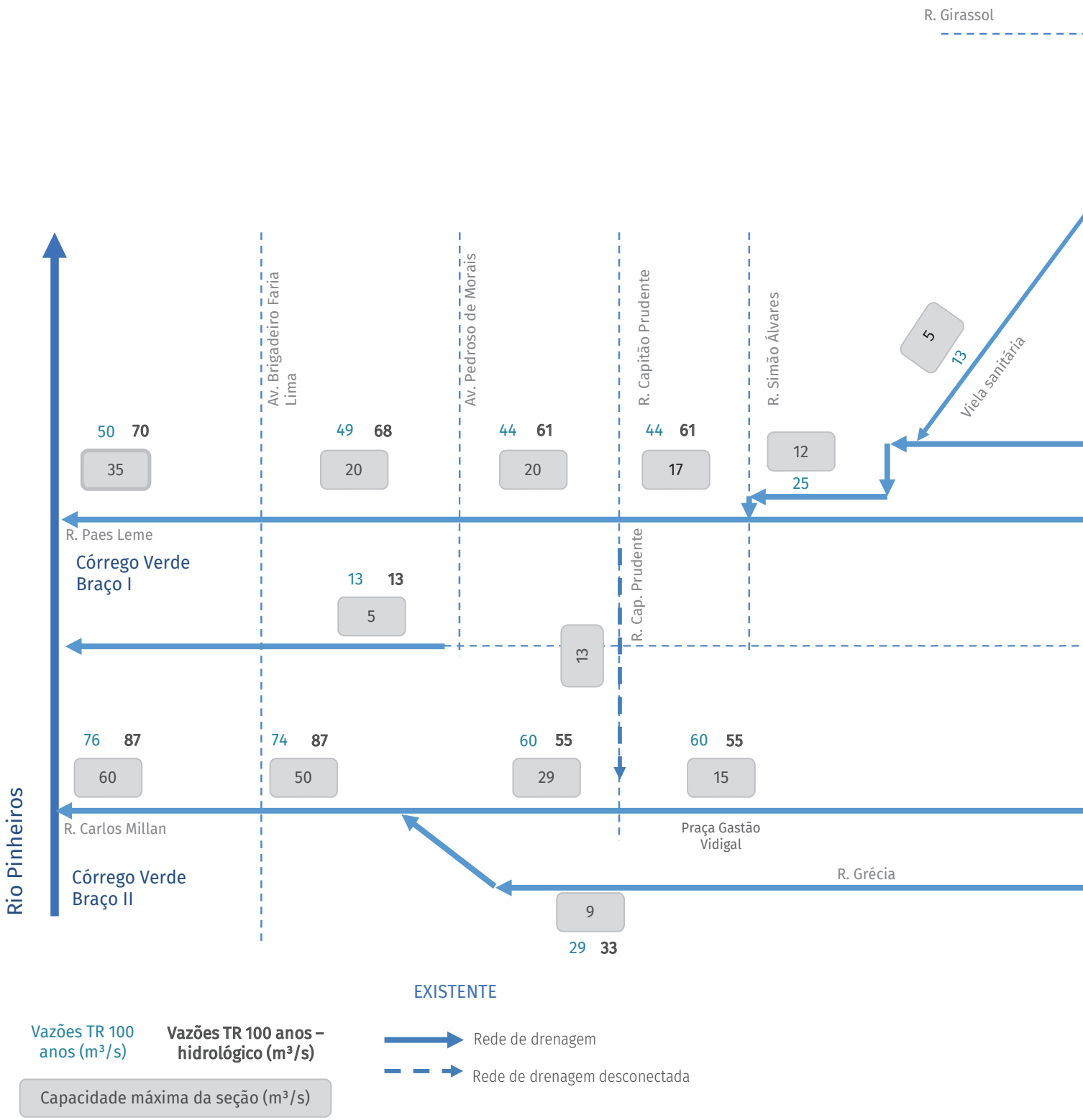
Mais a jusante, entre a Rua Gerard David e a Rua Aspicuelta, as inundações são frequentes, de razoável intensidade e de curta duração. Em relação ao trecho anterior, os impactos da inundação são mais significativos, e a área inundada compreende parte das casas, com lâminas de até 60 cm acima da cota do terreno, além de causar arraste de veículos e interrupção temporária do tráfego.

As vielas de drenagem do Beco do Batman e a parte baixa da Rua Girassol, entre as ruas Aspicuelta e Inácio Pereira da Rocha, representam a região da bacia que sofre os efeitos mais severos das inundações. Os registros são praticamente anuais, atingindo lâminas de 70 a 80 cm sobre o nível do terreno, com velocidades altas, em razão das declividades ainda elevadas da porção de montante da bacia. Algumas casas e alguns estabelecimentos comerciais da área contam com dispositivos de proteção, como muretas, degraus e comportas, o que comprova a ocorrência frequente de problemas. São muitos os relatos de perdas materiais, havendo até casos de mortes.

---

11. Relatório dos Serviços Técnicos de Avaliação e Diagnóstico da Galeria do Córrego Verde – 1º Braço, de agosto de 2000. Elaborado pela Enger Engenharia.

FIGURA 2.6 **Diagrama unifilar de vazões da bacia do córrego Verde, braços I e II — situação atual**



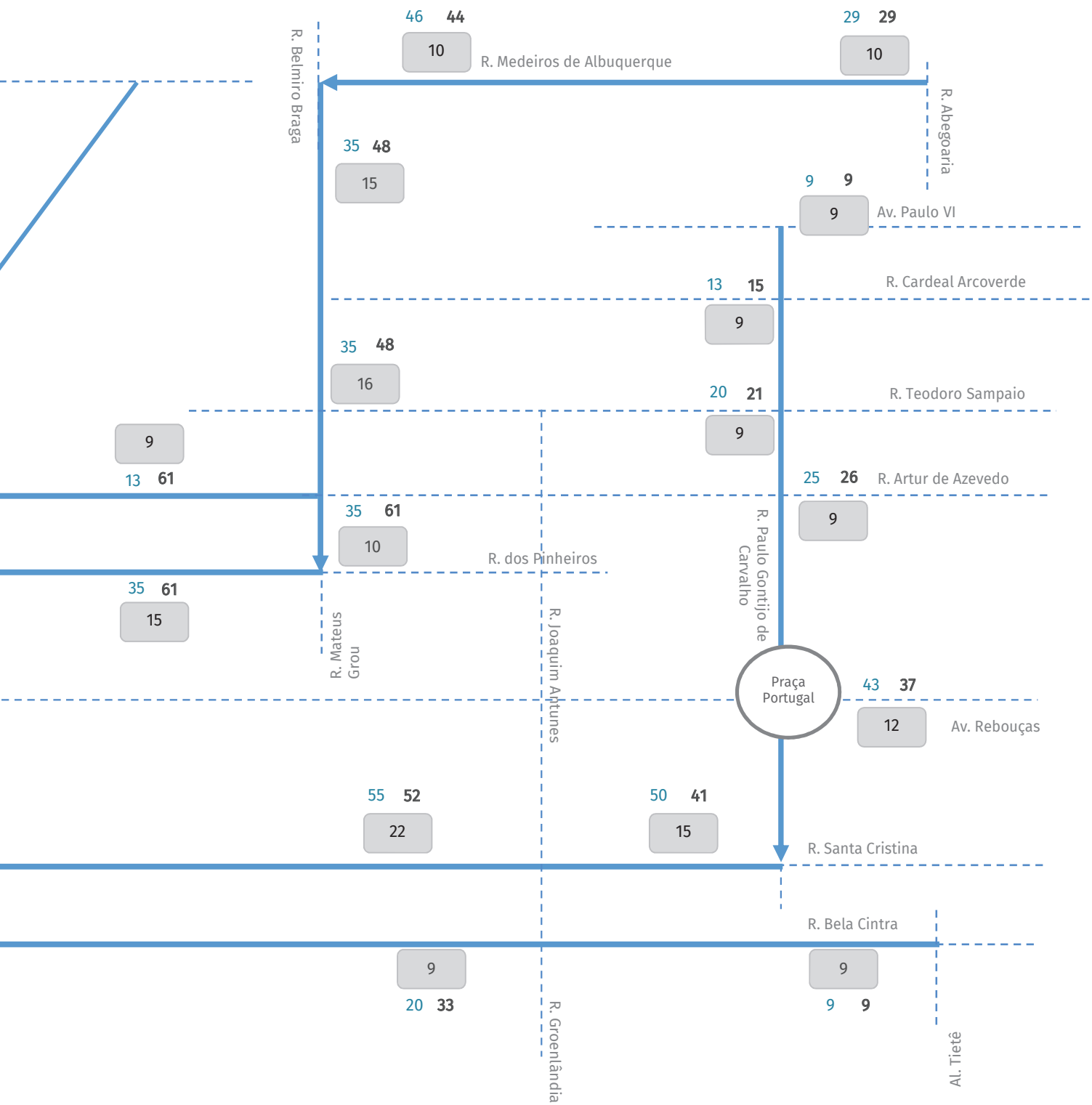

46 44
10
R. Medeiros de Albuquerque
29 29
10
R. Belmiro Braga
R. Abegoaria
35 48
15
9 9
9
Av. Paulo VI
13 15
R. Cardeal Arcoverde
9
35 48
16
20 21
R. Teodoro Sampaio
9
9
13 61
25 26
R. Artur de Azevedo
9
35 61
10
R. dos Pinheiros
R. Paulo Gontijo de Carvalho
35 61
15
R. Mateus Grou
R. Joaquim Antunes
Praça Portugal
43 37
12
Av. Rebouças
55 52
22
50 41
15
R. Santa Cristina
R. Bela Cintra
9
20 33
9
9 9
R. Groenlândia
Al. Tietê



FIGURA 2.7 **Registros de inundações na região do Beco do Batman (fotos: SIURB)**

Nesse trecho a montante da Rua Belmiro Braga, as inundações são do tipo *flash flood*, ou seja, apresentam curta duração, desaparecendo rapidamente após a diminuição da intensidade da chuva. Esse aspecto se deve certamente à alta declividade dos terrenos, que propicia o rápido escoamento do excesso de água. Esse padrão de inundação se mantém pela Rua Belmiro Braga até o cruzamento com a Rua Cardeal Arcoverde.

A jusante, seguindo pela Rua Mateus Grou e pela Rua dos Pinheiros, até o cruzamento com a Avenida Pedroso de Morais, pode-se observar uma marcada diferença de comportamento em relação às demais áreas. Os níveis de água sobre o pavimento não são superiores a 30 cm, com pequenos prejuízos a residências e veículos, uma vez que os déficits de capacidade da galeria são menores em termos percentuais. No entanto, a inundação apresenta maior permanência, com velocidade de escoamento superficial mais baixa. Consequentemente, a duração desses eventos é sensivelmente maior.

Já no braço II da bacia, foram verificadas algumas áreas com problemas de inundações mais a montante na Rua Cristiano Viana, nas proximidades do cruzamento com a Rua Cardeal Arcoverde; no cruzamento da Rua João Moura com a Rua Cardeal Arcoverde; na Rua Estados Unidos, entre a Rua Bela Cintra e a Rua Augusta; e, por fim, ao longo do trecho que se inicia na Rua Paulo Gontijo de Carvalho, viela paralela à Rua Henrique Schaumann, até a Rua Grécia.

As inundações no trecho de montante, na Rua Cristiano Viana, entre a Avenida Paulo VI e a Rua Cardeal Arcoverde, ocorrem em um local onde a cota do terreno é menor em relação ao entorno, gerando acúmulo de água em decorrência das elevadas declividades dessa região de cabeceira. O caso é semelhante ao cruzamento entre a Rua João Moura e a Rua Cardeal Arcoverde. Destacam-se, nesses trechos, a deficiência do sistema de captação das águas pluviais e a dimensão reduzida das galerias existentes (com diâmetros inferiores a 1,2 m), insuficientes para comportar as vazões afluentes em eventos de chuva intensa.

O sistema de drenagem de águas pluviais sob a Rua Paulo Gontijo de Carvalho também apresenta capacidade limitada, em razão da indisponibilidade de espaço para instalação de galerias sob o viário, uma vez que a viela é estreita e passa pelos fundos dos lotes. Além disso, esse trecho já sofre influência de remanso decorrente da entrada da contribuição que escoa pela Avenida Rebouças, correspondente a uma área de aproximadamente 1,0 km², e de elevadas declividades (declividade média acima de 6%).

Essa contribuição representa a maior parcela responsável pelas inundações na Praça Portugal, no cruzamento entre a Rua Henrique Schaumann/Avenida Brasil e a Avenida Rebouças.

As inundações a jusante da Praça Portugal, até o cruzamento com a Rua Grécia, devem-se exclusivamente à falta de capacidade das galerias, com dimensões de 1,8 m × 1,8 m. Nessa região dos Jardins, também são frequentes os relatos de moradores sobre as inundações. Na **FIGURA 2.8**, são apresentadas duas fotografias registradas no dia 17 de fevereiro de 2010, quando a altura da água atingiu 1,8 m em alguns pontos, conforme reportaram moradores da região.

No afluente do braço II, a partir da Rua Estados Unidos, há uma diminuição da declividade do terreno, dificultando o escoamento da água acumulada no cruzamento desta com a Rua Bela Cintra. A jusante desse local, até a confluência nas proximidades da Rua Verde, os principais problemas têm sua causa nas galerias de dimensões reduzidas, sob viário de espaço limitado, em especial na Rua Grécia.



FIGURA 2.8 **Registros de inundações no dia 17 de fevereiro de 2010 na região dos Jardins (fotos: AME JARDINS)**

A jusante da confluência, as galerias de maior capacidade (2,5 m × 2,5 m) fornecem melhores condições para o escoamento das águas pluviais.

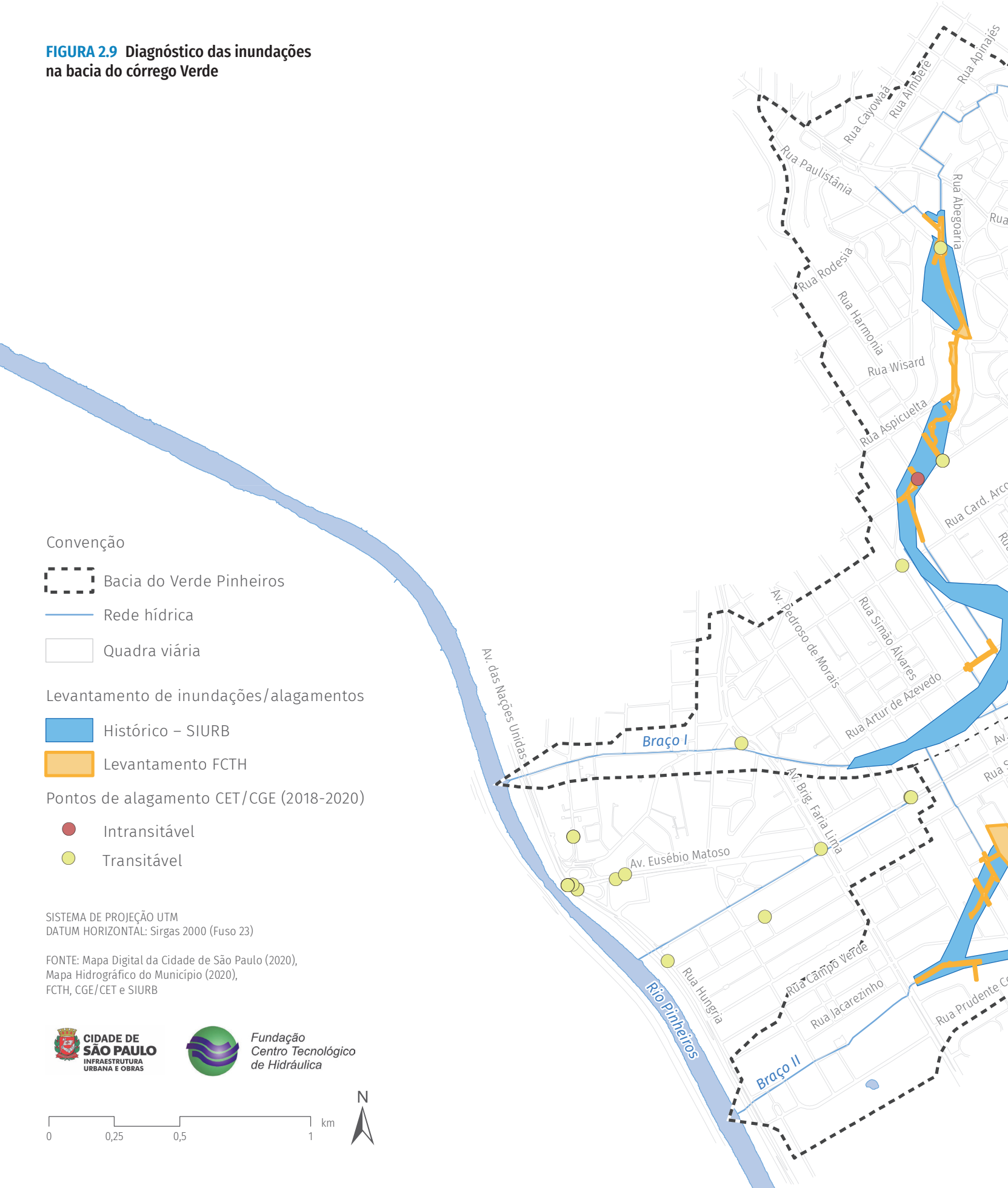
Salienta-se ainda uma concentração de pontos de alagamento registrados pela CET/CGE na área de contribuição direta situada entre os braços I e II. São verificados pontos de alagamento nas avenidas Rebouças e Eusébio Matoso, de acordo com levantamento feito nos anos de 2018-2020.

A **FIGURA 2.9** traz o mapa de inundações da bacia do córrego Verde.



Praça Gastão Vidigal (foto: Delfim Martins)

FIGURA 2.9 **Diagnóstico das inundações na bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Cristiano Viana
Rua Capote Valente
Rua Oscar Freire
Rua da Consolação
Av. Paulista
Al. Santos
Rua Bela Cintra
Al. Jaú
Al. Itu
Al. Franca
Rua Augusta
Al. Tietê
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua Haddock Lobo
Al. Lorena
Av. Brasil
Rua Atlântica
Rua dos Pinheiros
Rua Venezuela
Rua Colômbia
Rua Panamá
Rua México
Rua Groenlândia
Rua Polônia
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Av. Europa
Rua Espanha

2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico da bacia do córrego Verde, iniciando de montante para jusante, conforme indicada a localização no mapa de referência ao lado das fotos. As imagens representam os pontos críticos da bacia em termos de inundação e alagamento, já descritos no item anterior.











FIGURA 2.10 Fotos da região de cabeceira do braço I, nas imediações das ruas João Moura, Abegoaria e Simpatia











FIGURA 2.11 Fotos das imediações das ruas Medeiros de Albuquerque, Harmonia e Girassol, no braço I











FIGURA 2.12 **Fotos da R. Belmiro Braga, no braço I**









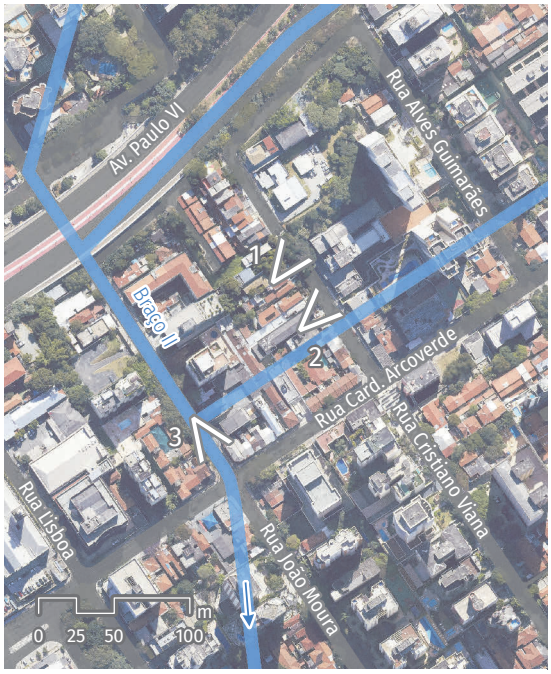


FIGURA 2.13 **Fotos das imediações das ruas João Moura, Cardeal Arcoverde e Cristiano Viana, no braço II**









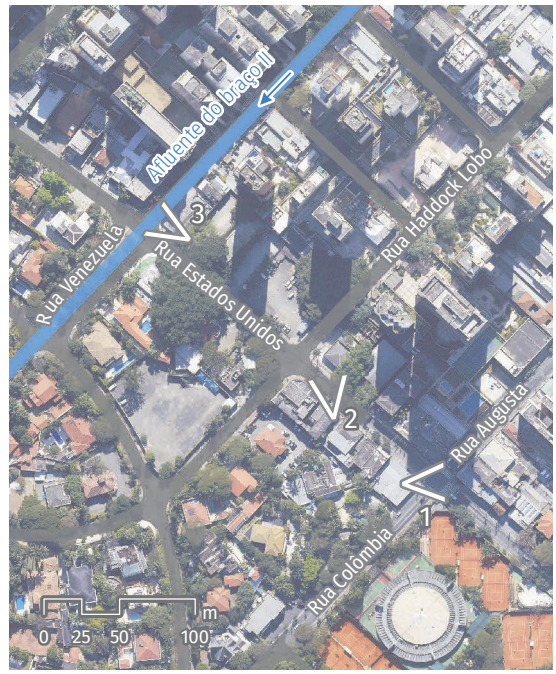


FIGURA 2.14 Fotos da R. Estados Unidos, entre as ruas Augusta e Bela Cintra, no braço II











FIGURA 2.15 Fotos das ruas Paulo Gontijo de Carvalho e Henrique Schaumann, no braço II











FIGURA 2.16 Fotos da R. Santa Cristina e da Pç. Gastão Vidigal, no braço II









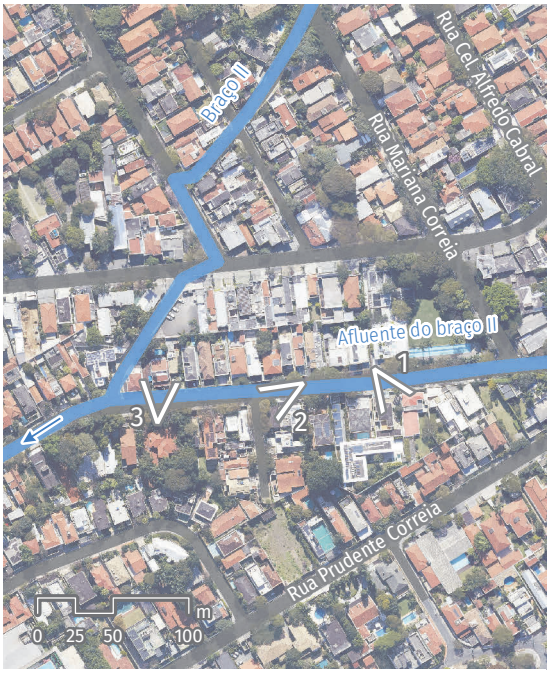


FIGURA 2.17 **Fotos da R. Grécia, no braço II**

2.4 MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

O monitoramento hidrológico realizado no Município de São Paulo é composto por estações telemétricas que medem em tempo real o volume das precipitações e os níveis de rios, córregos e reservatórios de amortecimento de cheias.

A precipitação é medida por pluviômetros. A água da chuva é coletada por um cilindro padrão e armazenada em um recipiente tipo caçamba basculante, que bascula ao atingir o volume de água correspondente a 0,2 mm de chuva. Nesse recipiente, está acoplado um ímã que, no movimento da báscula, passa por um relé emitindo um sinal para a estação remota que incrementa 0,2 mm ao valor armazenado. A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

O nível de rio é medido por um transdutor de nível, que pode ser de pressão ou ultrassônico. O sensor de nível ultrassônico tem como principal vantagem não entrar em contato com a água. O sensor de pressão é utilizado em locais em que não existe a possibilidade de fazer uma estrutura de sustentação para o sensor de nível ultrassônico. A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

Os dados coletados pelos medidores de chuva, nível, vazão, entre outros, são transmitidos para a unidade remota de armazenamento. Essa, por sua vez, faz a imediata transmissão dos dados para o sistema de recepção localizado no Laboratório de Hidráulica da PHA/EPUSP. A maneira mais comum de realizar esta transmissão é através da rede de telefonia celular que utiliza a tecnologia GSM/GPRS. Outras formas de transmissão também podem ser empregadas, como rádio e satélite.

Os dados de chuva estão integrados aos do radar meteorológico de São Paulo, de modo a se obter uma informação mais precisa dos eventos. Esses dados serviram de entrada no modelo chuva-vazão empregado neste estudo.

As informações de nível de rio, por sua vez, foram utilizadas como referência para a calibração da modelagem hidráulico-hidrológica utilizada.

Nas proximidades da bacia do córrego Verde, existem três postos da rede telemétrica, conforme descrição a seguir:

- Posto P277 – Rio Pinheiros – Ponte Cidade Universitária: operação com início em setembro/2007;
- Posto P1000945 – Rio Pinheiros – PMS-P-PI-01: operação com início em agosto/2015;
- Posto P1000837 – CGE – Rua Bela Cintra: operação com início em fevereiro/2010.

Atualmente não existem postos telemétricos na bacia do córrego Verde, esse estudo propõe a instalação de dois postos com o objetivo de monitorar as vazões e as precipitações em locais críticos dessa bacia.

A **FIGURA 2.18** indica a localização dos postos da rede telemétrica existentes nas bacias adjacentes e aqueles propostos neste estudo.

Da **FIGURA 2.19** à **FIGURA 2.21**, são apresentadas as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos postos considerados neste estudo.

Por fim, da **FIGURA 2.22** à **FIGURA 2.24**, estão indicadas as precipitações médias mensais dos postos analisados.



Pluviômetro de báscula – Posto da Ponte Cidade Universitária (foto: FCTH)

FIGURA 2.18 **Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações da bacia do córrego Verde**



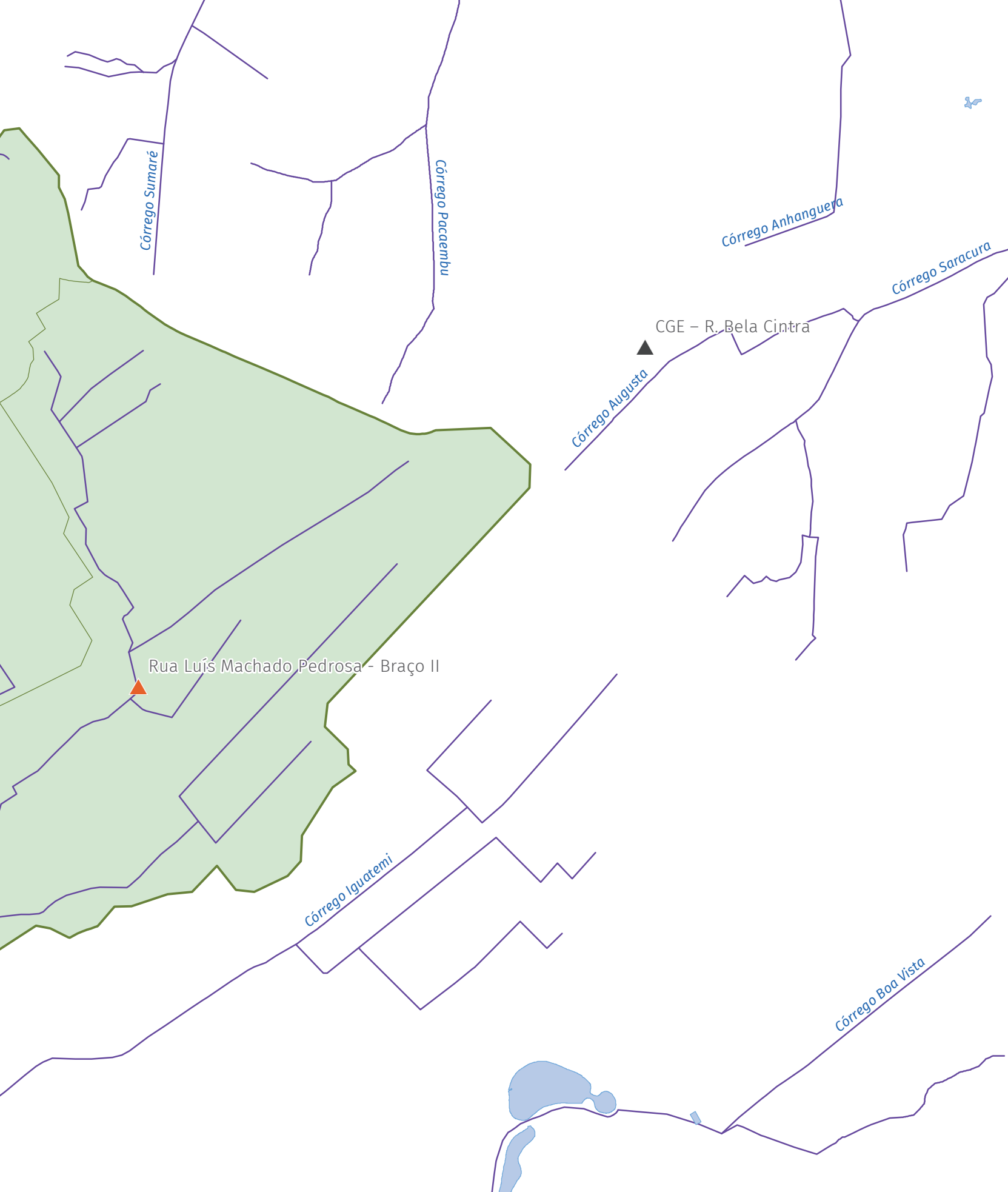

Córrego Sumaré
Córrego Pacaembu
Córrego Anhanguera
Córrego Saracura
CGE – R. Bela Cintra
Córrego Augusta
Rua Luís Machado Pedrosa - Braço II
Córrego Iguatemi
Córrego Boa Vista

FIGURA 2.19 Fluviograma e pluviograma histórico do posto P277 Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária

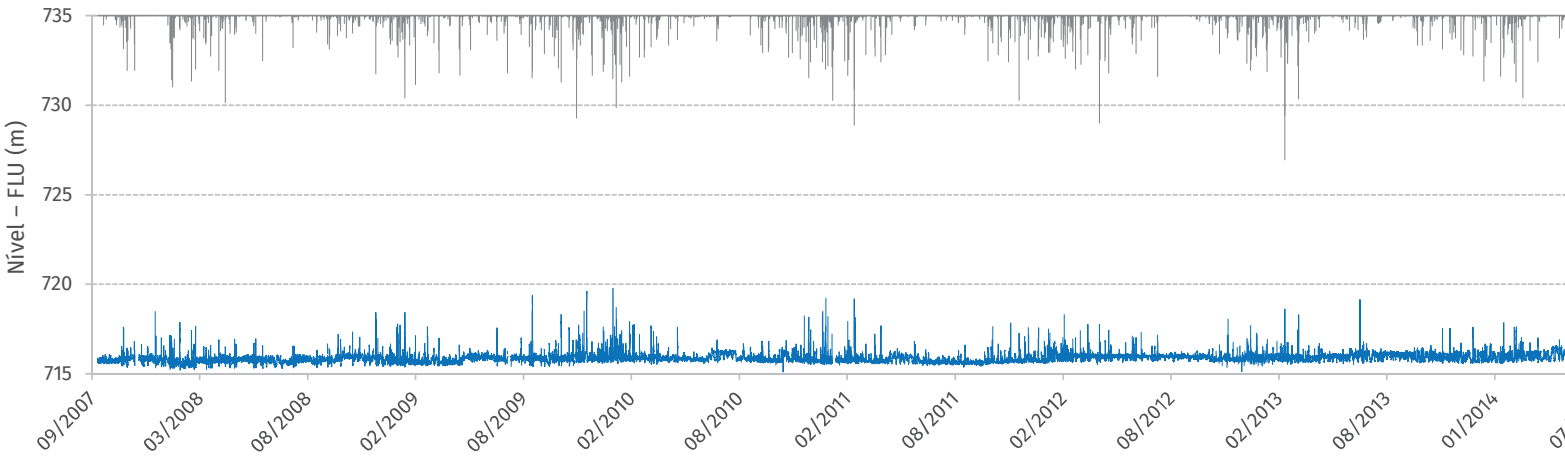


FIGURA 2.20 Fluviograma e pluviograma histórico do posto P1000945 Rio Pinheiros – PMSP-PI-01

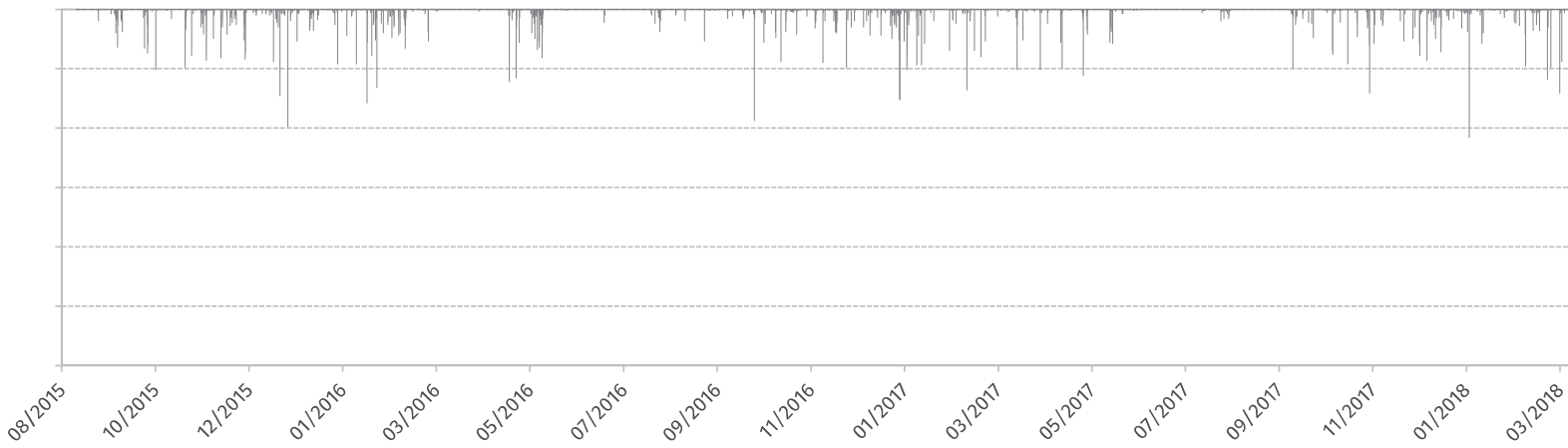
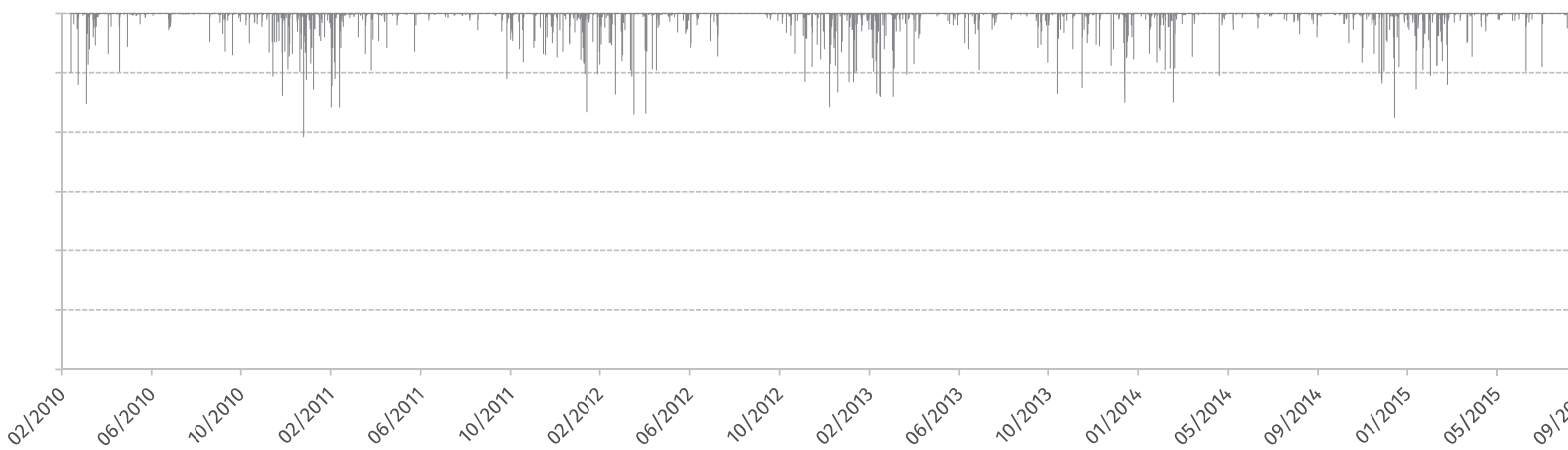
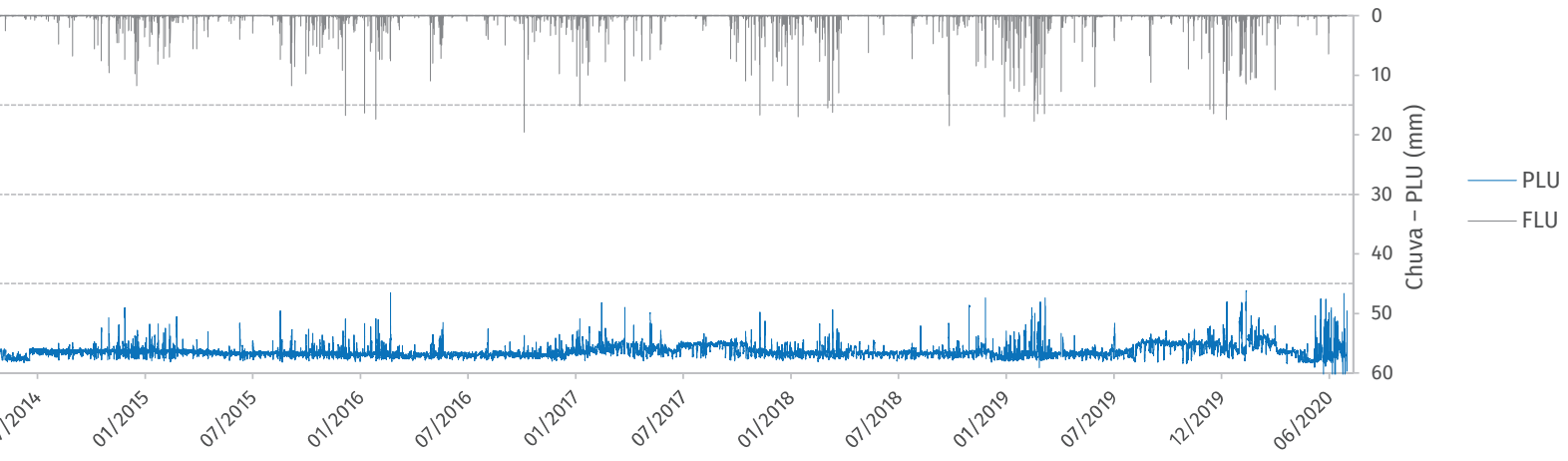
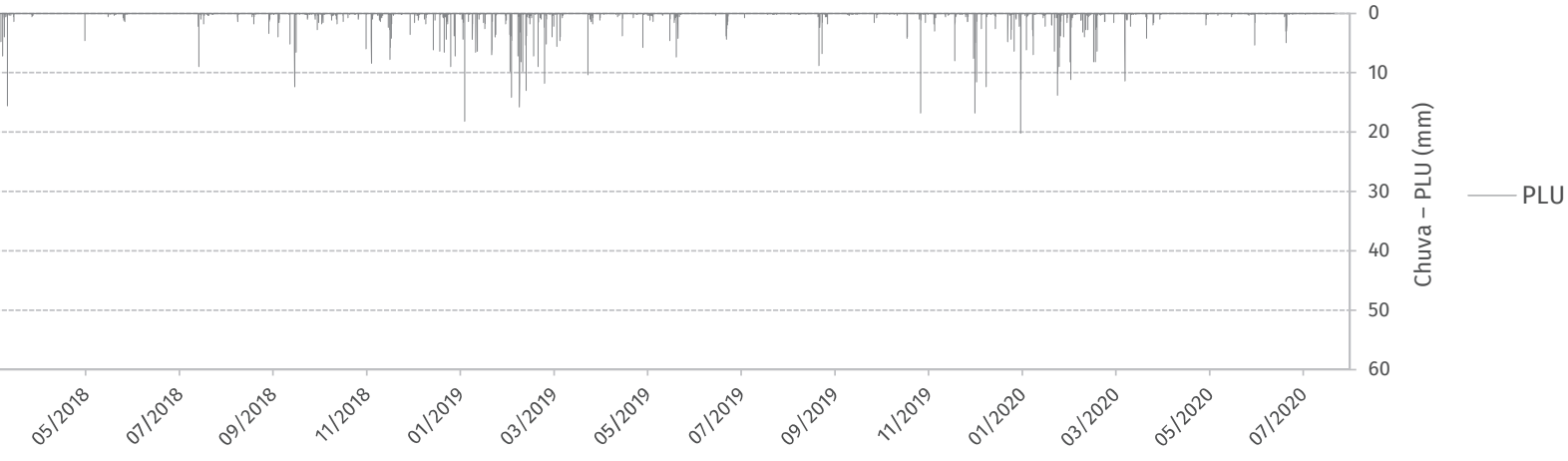


FIGURA 2.21 Pluviograma histórico do posto P1000837 CGE – R. Bela Cintra




0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
PLU
FLU
/2014
01/2015
07/2015
01/2016
07/2016
01/2017
07/2017
01/2018
07/2018
01/2019
07/2019
12/2019
06/2020


0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
PLU
05/2018
07/2018
09/2018
11/2018
01/2019
03/2019
05/2019
07/2019
09/2019
11/2019
01/2020
03/2020
05/2020
07/2020

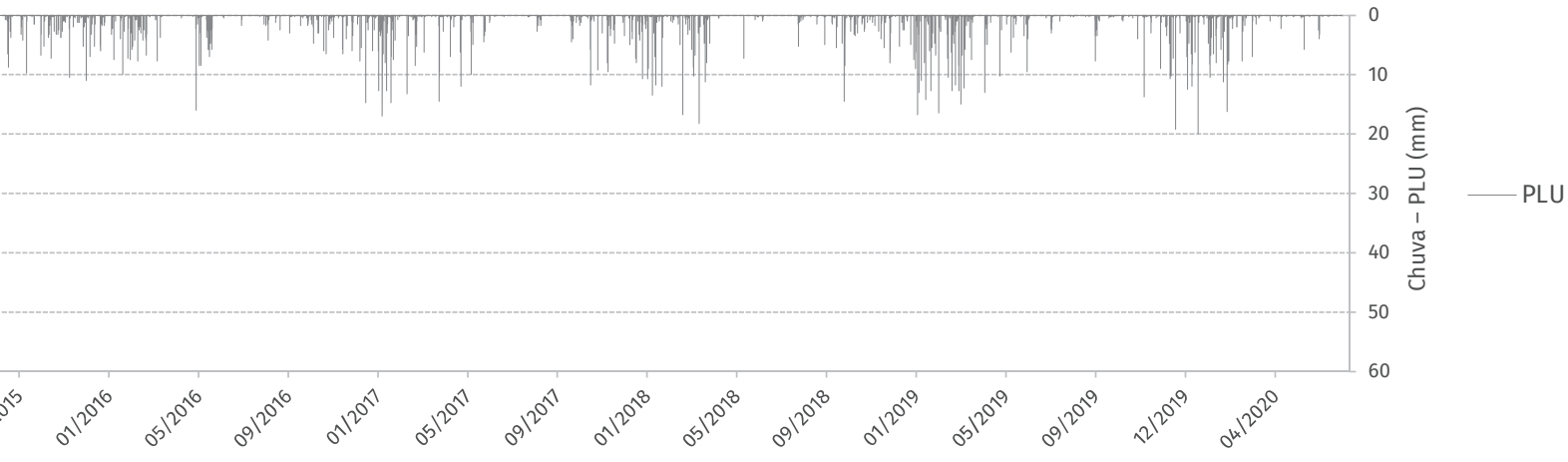

0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
PLU
015
01/2016
05/2016
09/2016
01/2017
05/2017
09/2017
01/2018
05/2018
09/2018
01/2019
05/2019
09/2019
12/2019
04/2020

FIGURA 2.22 **Precipitação média mensal no posto P277 Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária**

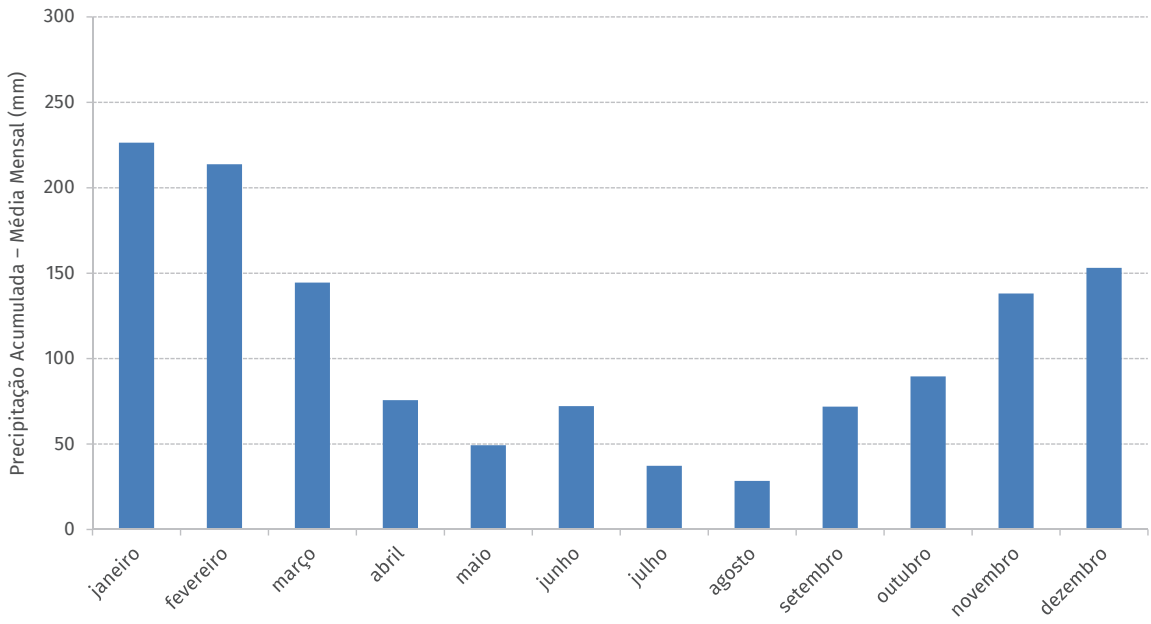


FIGURA 2.23 **Precipitação média mensal no posto P1000945 Rio Pinheiros – PMSP-PI-01**

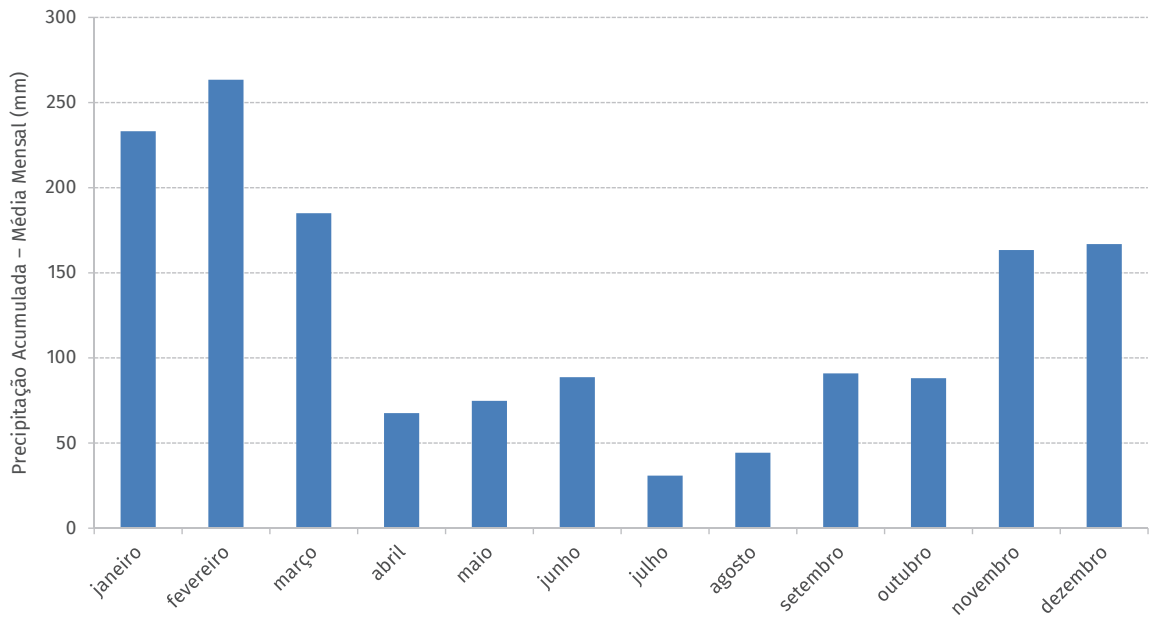
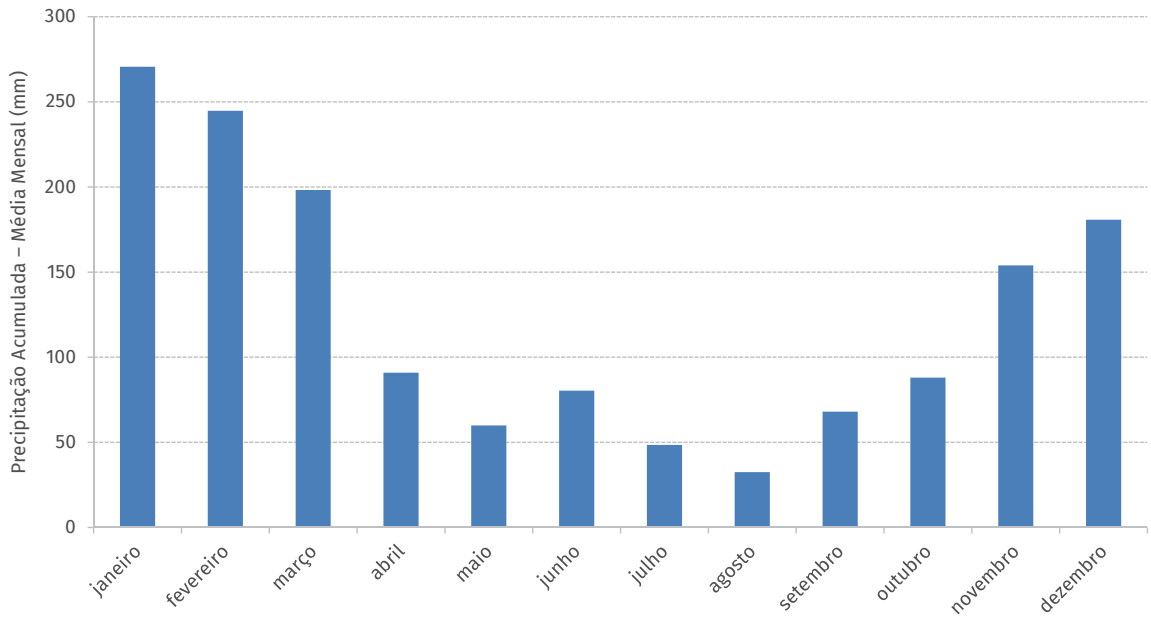


FIGURA 2.24 **Precipitação média mensal no posto P1000837 CGE – R. Bela Cintra**



Outro tipo de tecnologia adotado no Município de São Paulo é o monitoramento por câmeras, que permite monitorar em tempo real os locais em que as inundações são frequentes. Em janeiro de 2020, uma câmera de monitoramento foi instalada na Rua Medeiros de Albuquerque (Beco do Batman), registrando as inundações que ocorrem desde então. Uma sequência de imagens capturadas no evento do dia 8 de janeiro de 2020 é apresentada na **FIGURA 2.25**. Essas imagens retratam as consequências de um evento com uma altura acumulada de 31,4 mm e duração de 50 minutos. O nível da água sobe atingindo seu pico, que foi de 0,70 m, e desce em questão de 30 minutos.



FIGURA 2.25 **Imagens registradas no evento do dia 8 de janeiro de 2020**

2.5 RELEVO

Os elementos topográficos do sítio urbano de São Paulo nos quais a bacia se insere são os terraços fluviais do nível intermediário; os baixos terraços fluviais do vale do Rio Pinheiros, em geral mantidos por cascalheiros e aluviões antigas; e a planície aluvial desse mesmo rio. Esta é dotada de dois níveis: a planície de inundação, sujeita a inundações periódicas, ligeiramente mais alta e menos encharcada, e com domínio de aluviões argiloarenosas e solos turfosos de várzea; e a planície sujeita a enchentes anuais, caracterizada como uma zona de "banhados" marginais e meandros abandonados, com solos argilosos escuros e permanentemente encharcados[12].

12. AB'SÁBER, A. N. O sítio urbano de São Paulo. *In:* AZEVEDO, A. (Org.). **A cidade de São Paulo:** estudo de geografia urbana. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1958. p. 169-243.

Na **FIGURA 2.26** é apresentado o perfil longitudinal do córrego Verde.

O mapa hipsométrico com as elevações da bacia do córrego Verde é apresentado na **FIGURA 2.27**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações na bacia do Verde variam de 832 m na cabeceira até 716 m no exutório.

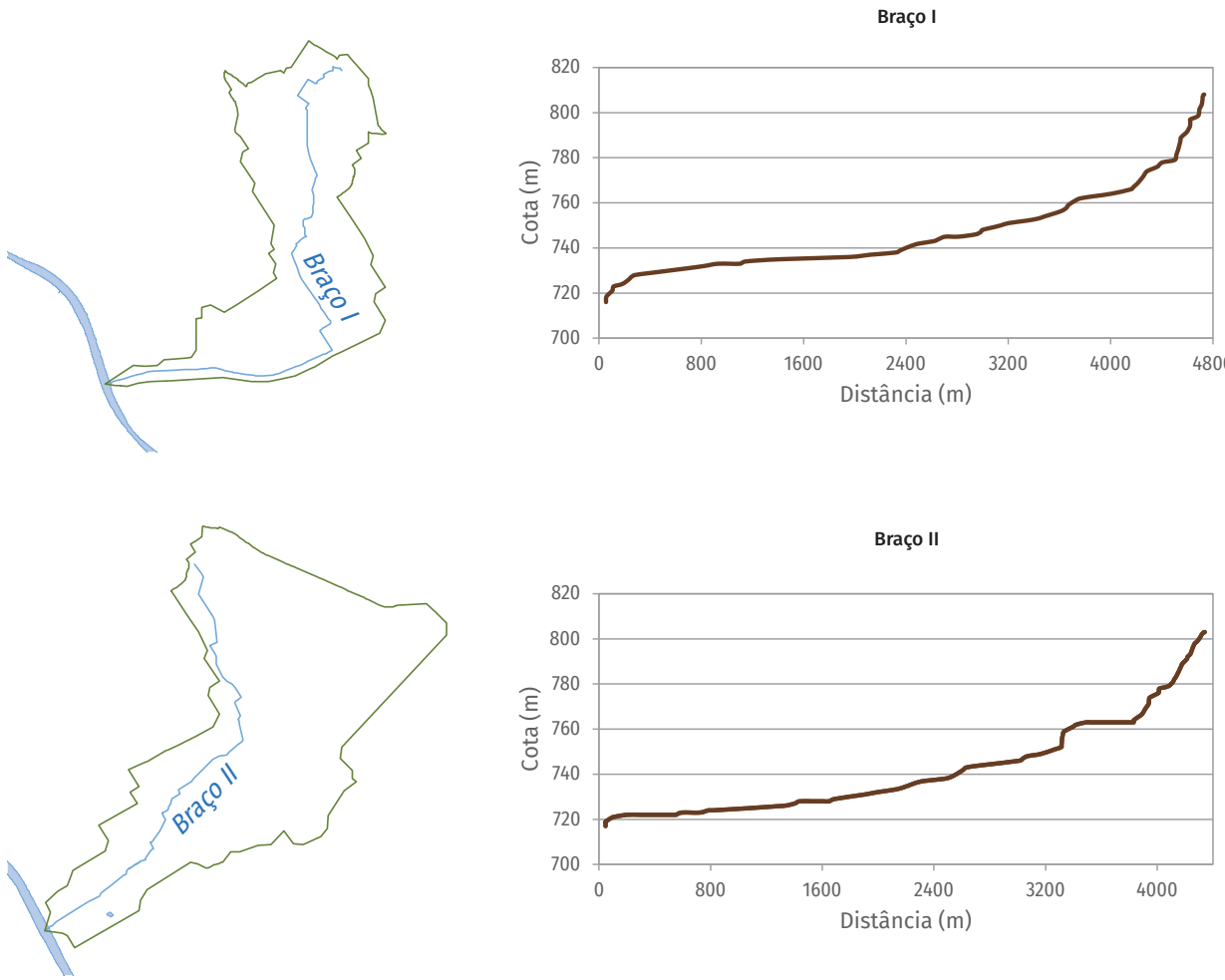
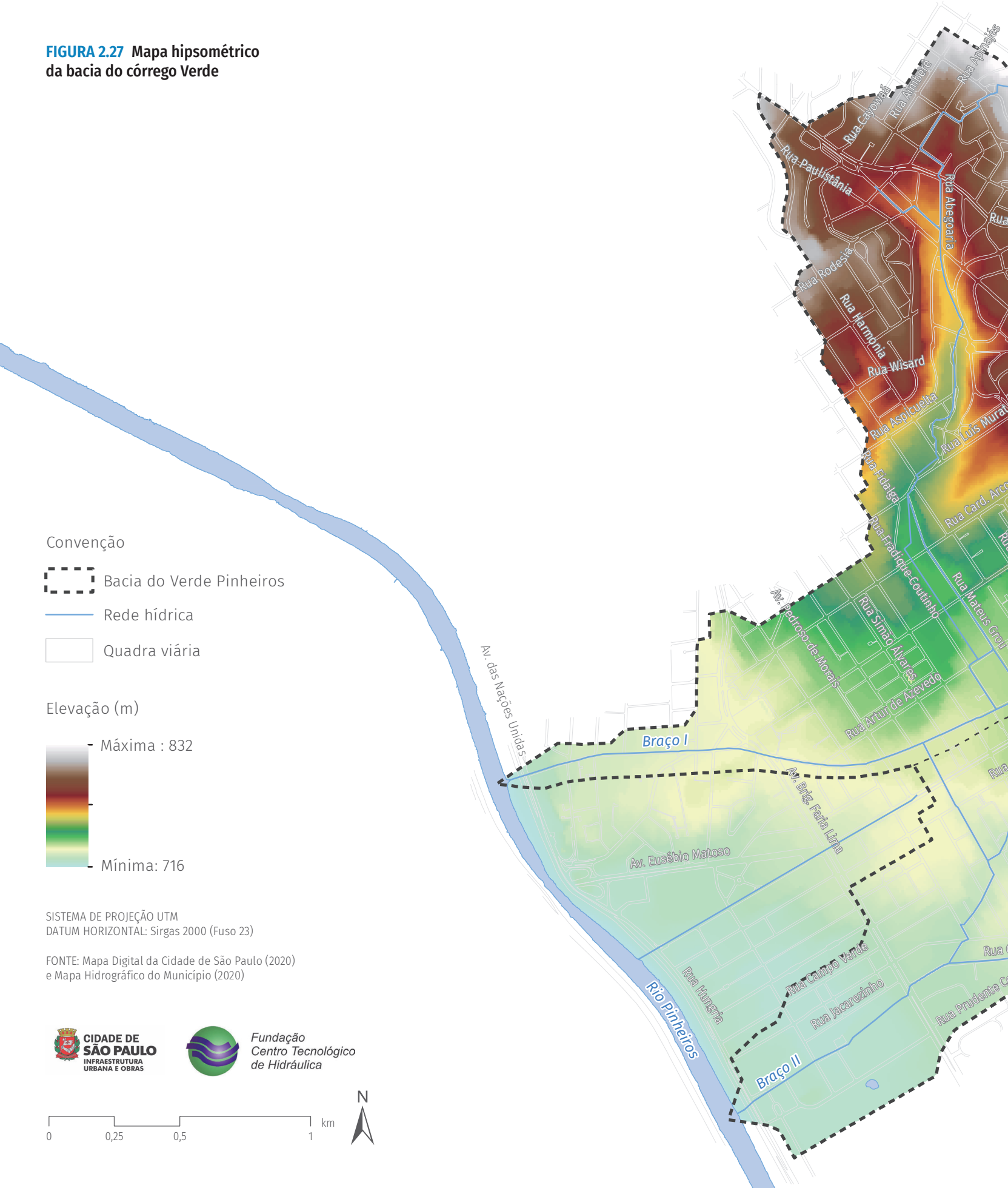
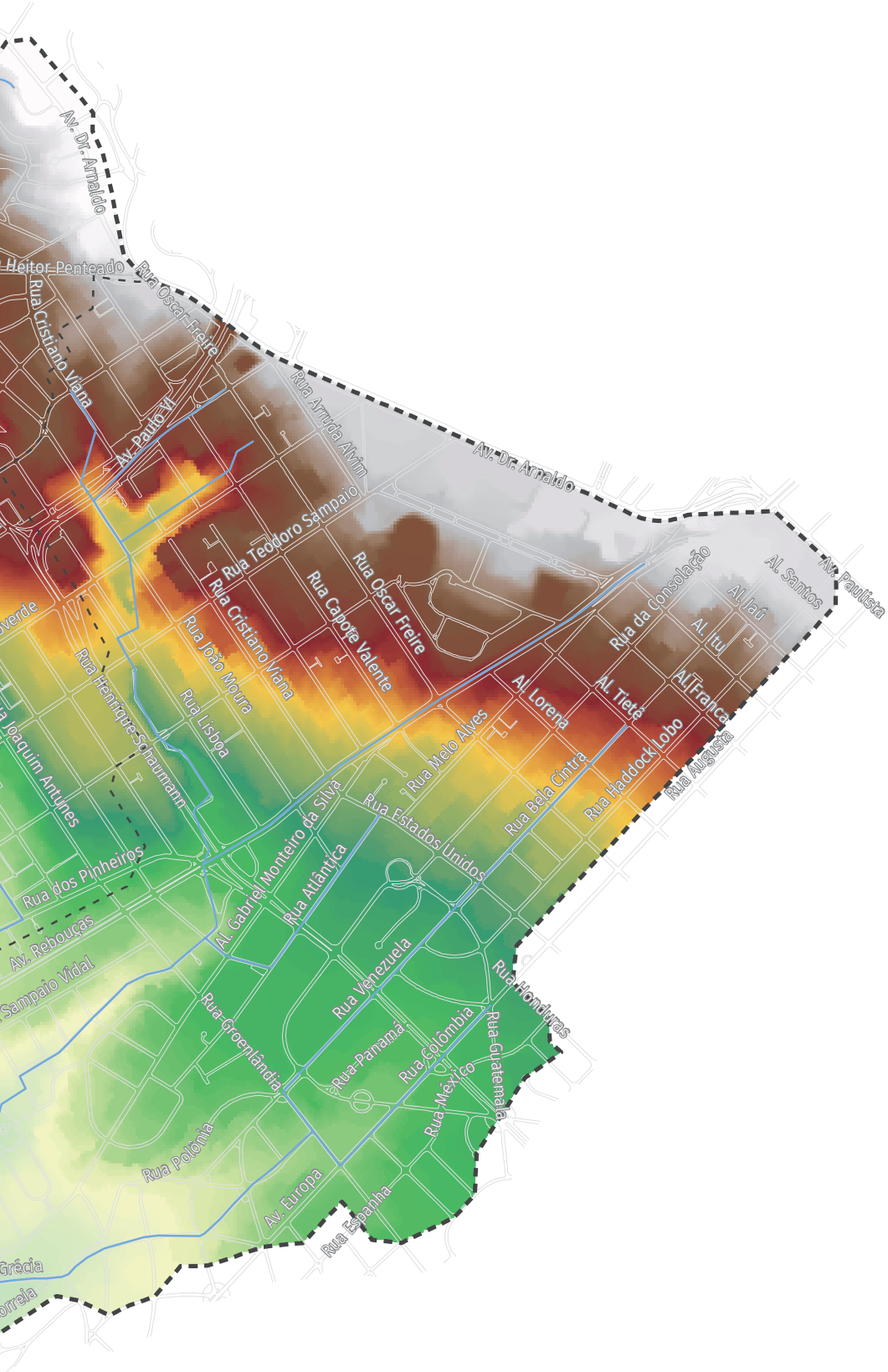


FIGURA 2.26 **Perfil longitudinal do córrego Verde**

FIGURA 2.27 **Mapa hipsométrico da bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Rua Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Pamplona
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua da Consolação
Al. Santos
Av. Paulista
Al. Iaú
Al. Itu
Al. Lorena
Al. Tietê
Al. Franca
Rua Haddock Lobo
Rua Augusta
Rua Bela Cintra
Rua Melo Alves
Rua Estados Unidos
Rua Joaquim Antunes
Rua dos Pinheiros
Rua Atlântica
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Av. Rebouças
Rua Venezuela
Rua Honduras
Rua Groenlândia
Rua Panamá
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

2.6 CARTA GEOTÉCNICA

A carta geotécnica traz importantes informações sobre as características do meio físico, como solos e rochas. Essas características, combinadas à forma de ocupação, possibilitam a interpretação do meio físico e a avaliação das potencialidades e das limitações ao uso e à ocupação do solo.

A **FIGURA 2.28** apresenta a carta geotécnica na área da bacia do córrego Verde, com suas unidades geológicas. Destaca-se nesse mapa a planície aluvial e as áreas de fundo de vale com baixa declividade (menores que 5%), com predominância de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso.

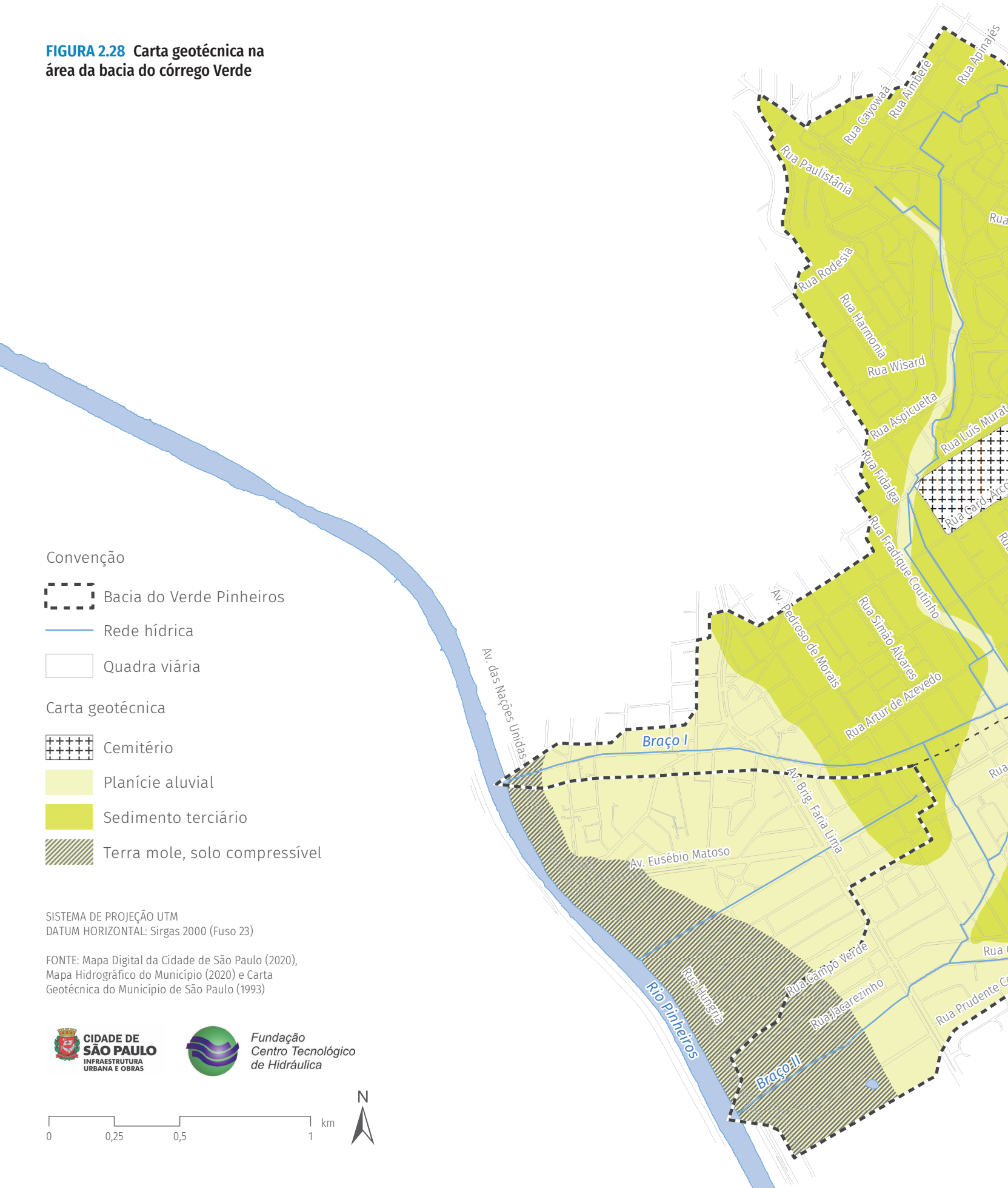
A bacia constitui-se de sedimento terciário, formado predominantemente por argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados. Capeando esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso laterizado, vermelho, denominado tecnicamente de “argila porosa”.

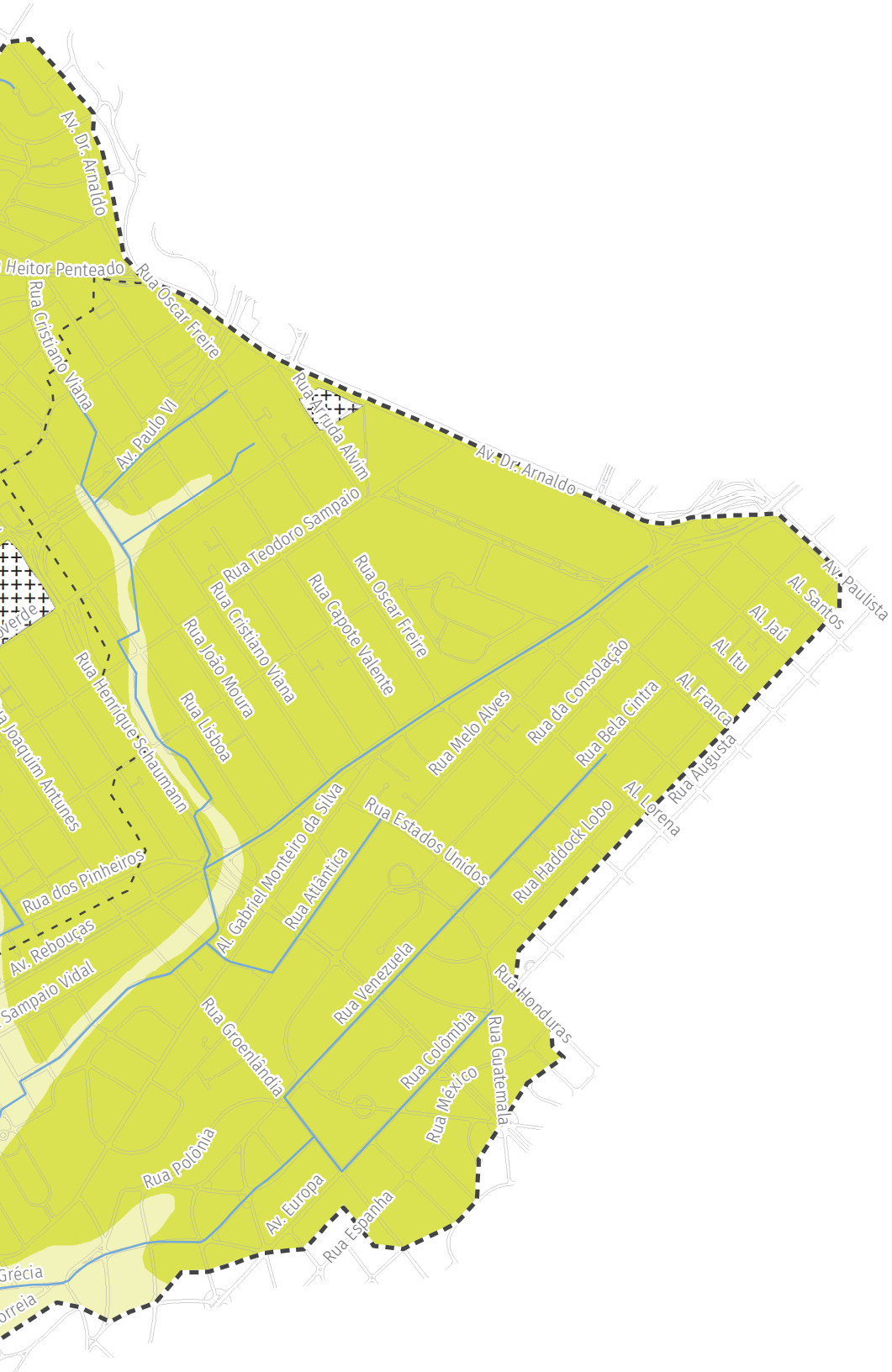
O solo superficial apresenta textura argilosa e é bem laterizado; o horizonte mais profundo tem textura predominantemente argilosa, com intercalações mais arenosas, onde podem ocorrer lençóis d’água suspensos.



Mapeamento 1930 – SARA, região de planície do Rio Pinheiros (imagens disponíveis no GeoSampa)

FIGURA 2.28 **Carta geotécnica na área da bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Joaquim Antunes
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Sampaio Vidal
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Al. Lorena
Av. Paulista
Rua Estados Unidos
Rua Haddock Lobo
Rua Atlântica
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Venezuela
Rua Groenlândia
Rua Colômbia
Rua México
Rua Guatemala
Rua Honduras
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

2.7 USO DO SOLO

A caracterização do uso do solo da bacia em estudo foi atualizada partindo-se da base de Uso do Solo Predominante nos Distritos do Município de São Paulo, em escala 1:30.000, elaborado pela Secretaria Municipal de Finanças e Desenvolvimento Econômico (SF, 2013), hoje Secretaria Municipal da Fazenda.

Essa atualização se deu por meio de fotointerpretação de imagens aéreas recentes disponíveis. No processo de atualização, a escala adotada foi de 1:5.000, com o objetivo de aumentar os detalhes nas áreas de interesse.

A **TABELA 2.1** indica os usos observados na bacia do córrego Verde, braços I e II, com suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. O mapa contendo os usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.29**.

O uso do solo foi utilizado para a estimativa dos parâmetros referentes à geração do escoamento superficial direto pelo modelo matemático empregado.

Os parques e as áreas verdes existentes na bacia do córrego Verde estão localizados no mapa da **FIGURA 2.30**.

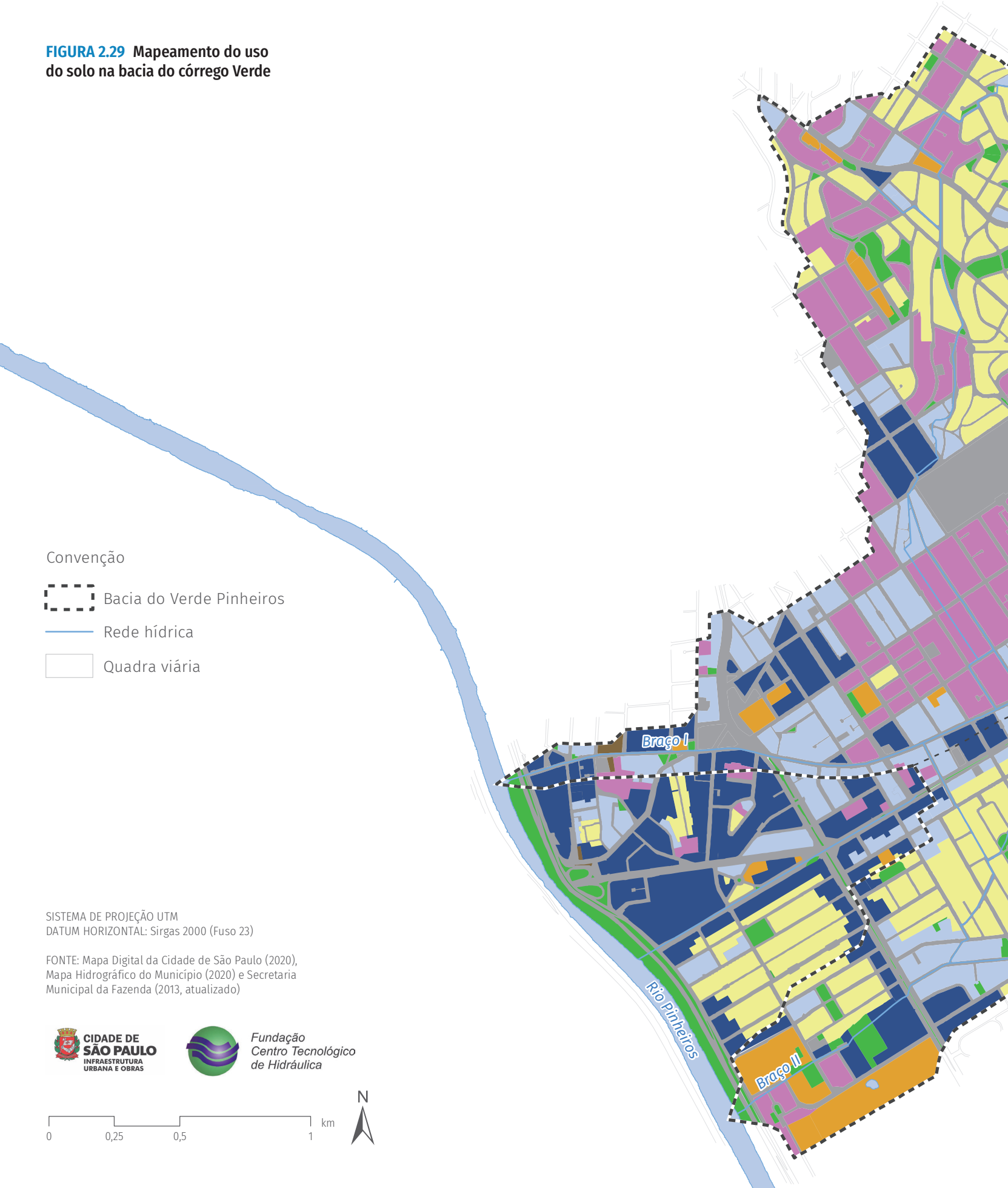
TABELA 2.1 Usos do solo registrados na bacia do córrego Verde

Usos do solo	Área (km²)	Área da bacia (%)
Ruas, áreas pavimentadas e cemitério	2,01	26,82
Residencial vertical médio alto padrão	1,81	24,24
Residencial horizontal médio alto padrão	1,42	19,01
Residencial, comércio e serviços	1,01	13,52
Equipamento urbano	0,49	6,49
Comércio e serviços	0,43	5,78
Espaço aberto	0,28	3,74
Residencial, indústria e armazém	0,02	0,31
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,01	0,10
Total	**7,48**	**100,0**



Ortofotos 2017 – PMSP, região de planície do Rio Pinheiros (ortofotos disponíveis no GeoSampa)

FIGURA 2.29 **Mapeamento do uso do solo na bacia do córrego Verde**





Uso do solo

- Comércio, serviços, indústria e armazém
- Comércio e serviços
- Equipamento urbano
- Espaço aberto
- Residencial horizontal médio alto padrão
- Residencial vertical médio alto padrão
- Residencial, comércio e serviços
- Residencial, indústria e armazém
- Ruas, áreas pavimentadas e cemitério

FIGURA 2.30 **Parques e áreas verdes da bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Av. Paulista
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Atlântica
Rua Sampaio Vidal
Rua Groenlândia
Rua Venezuela
Rua Honduras
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha

2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da bacia do córrego Verde se insere no contexto do Plano Regional da subprefeitura de Pinheiros, com apenas uma pequena parcela da bacia situada na subprefeitura da Lapa.

O Plano Diretor Estratégico – PDE (Lei nº 16.050/2014) orienta o planejamento urbano municipal, e seus objetivos, diretrizes e prioridades devem ser respeitados, dentre outros, pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo; pelos Planos Regionais Estratégicos; pelos Planos de Bairros; pelos planos setoriais de políticas urbano-ambientais; e pelas demais normas correlatas.

O PDE dá diretrizes para a legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS), a fim de atender aos objetivos e diretrizes estabelecidos pelo Plano para as macrozonas, as macroáreas e a rede de estruturação da transformação urbana. Atendendo a essas diretrizes, foi sancionada no dia 22 de março de 2016 a nova Lei de Zoneamento (Lei nº 16.402/2016).

De acordo com a nova Lei de Zoneamento, as zonas foram organizadas em três diferentes agrupamentos:

- **Territórios de transformação:** objetiva a promoção do adensamento construtivo e populacional das atividades econômicas e dos serviços públicos, a diversificação de atividades e a qualificação paisagística dos espaços públicos, de forma a adequar o uso do solo à oferta de transporte público coletivo. (Formados pelas zonas: ZEU | ZEUP | ZEM | ZEMP).
- **Territórios de qualificação:** buscam a manutenção de usos não residenciais existentes, o fomento às atividades produtivas, a diversificação de usos ou o adensamento populacional moderado, a depender das diferentes localidades que constituem esses territórios. (Formados pelas zonas: ZOE | ZPI | ZDE | ZEIS | ZM | ZCOR | ZC).
- **Territórios de preservação:** áreas em que se objetiva a preservação de bairros consolidados de baixa e média densidades, de conjuntos urbanos específicos e territórios destinados à promoção de atividades econômicas sustentáveis conjugada com a preservação ambiental, além da preservação cultural. (Formados pelas zonas: ZEPEC | ZEP | ZEPAM | ZPDS | ZER | ZPR).

A bacia do córrego Verde está inserida nas macroáreas de urbanização consolidada e estruturação metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.31**.

Além disso, apresentam seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.32**.

A **TABELA 2.2** traz a área correspondente a cada zona de uso e ocupação na bacia.

A Lei do Zoneamento Urbano criou a quota ambiental (QA), com o objetivo de promover a qualificação do território, em especial, a melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, a melhoria do microclima e a ampliação da vegetação.

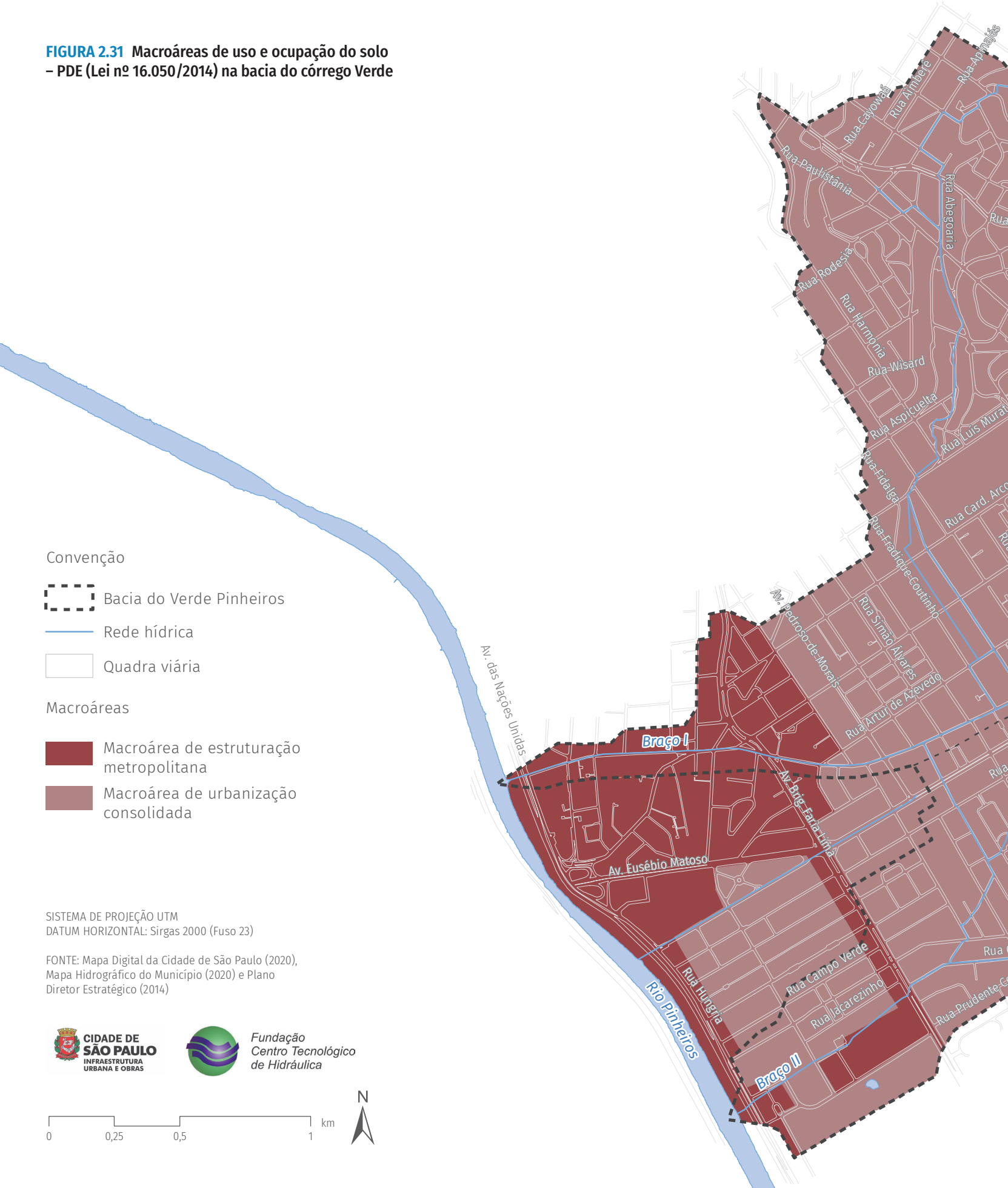
Segundo o artigo 74 da Lei nº 16.402/2016, a QA corresponde a um conjunto de regras de ocupação dos lotes, objetivando qualificá-los ambientalmente, tendo como referência uma medida da eficácia ambiental para cada lote, expressa por um índice que agrega os indicadores Cobertura Vegetal (V) e Drenagem (D).

A lei estabelece, em seu Art. 76, que, nos processos de licenciamento de edificações novas ou de reformas com alteração de área construída superior a 20%, será exigida uma pontuação mínima de QA, em função da localização e do tamanho do lote, conforme Quadro 3A da referida lei. O segundo parágrafo do mesmo artigo cita que lotes com área total menor ou igual a 500 m² estão isentos de aplicação da QA.

TABELA 2.2 Descrição das zonas de uso e ocupação do solo na bacia do córrego Verde

Zonas	Sigla	Área da bacia (%)
Zona Exclusivamente Residencial 1	ZER-1	15,17
Praças e Canteiros	PracaCant	14,48
Zona Corredor 1	ZCOR-1	13,10
Zona Mista	ZM	12,41
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana	ZEU	11,72
Zona Corredor 2	ZCOR-2	11,03
Zona Centralidade	ZC	8,97
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	4,14
Zonas de Ocupação Especial	ZOE	4,14
Clubes Esportivos Sociais	AC-1	2,07
Zona Corredor 3	ZCOR-3	2,07
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	0,69

FIGURA 2.31 **Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) na bacia do córrego Verde**



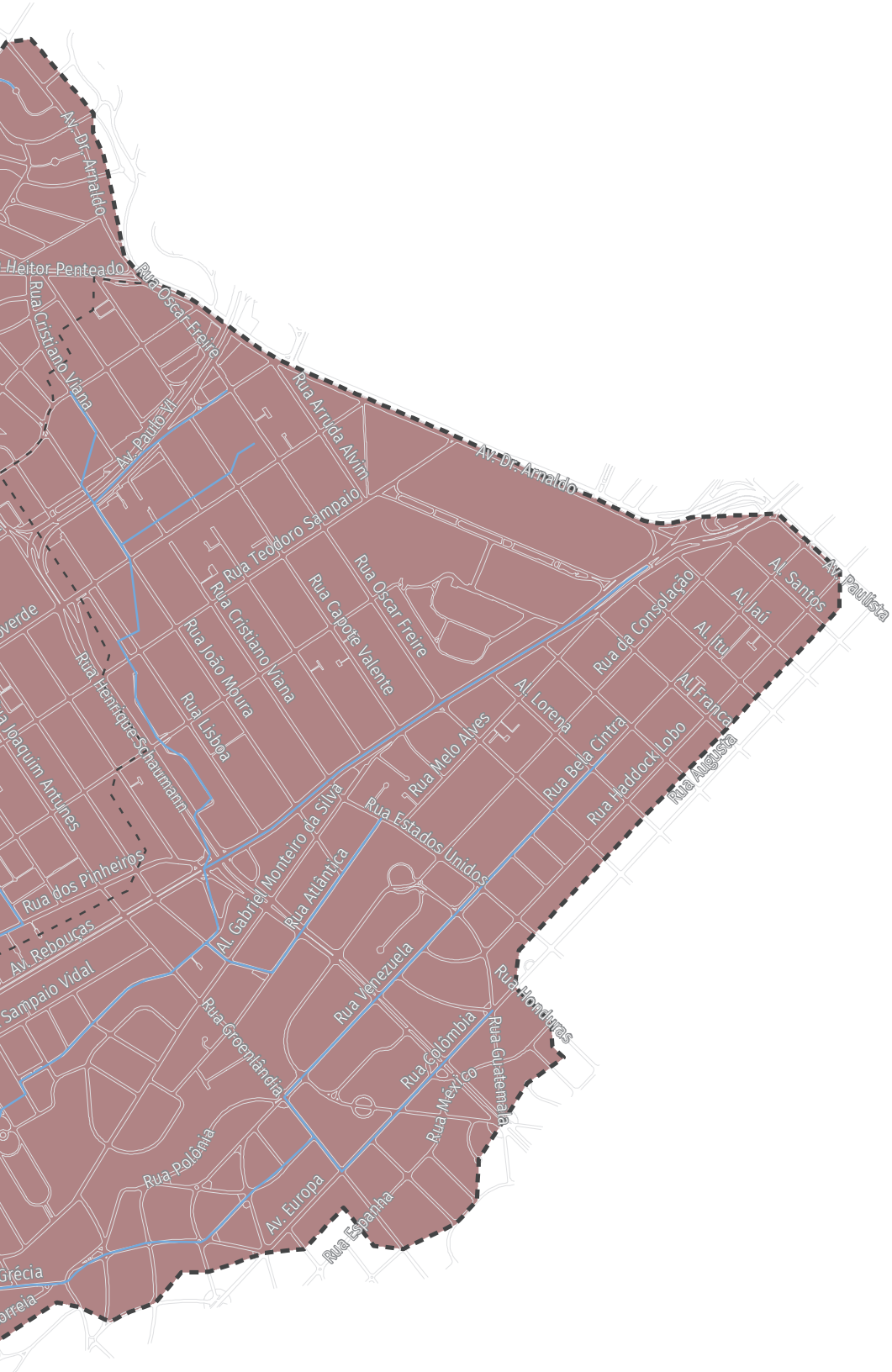
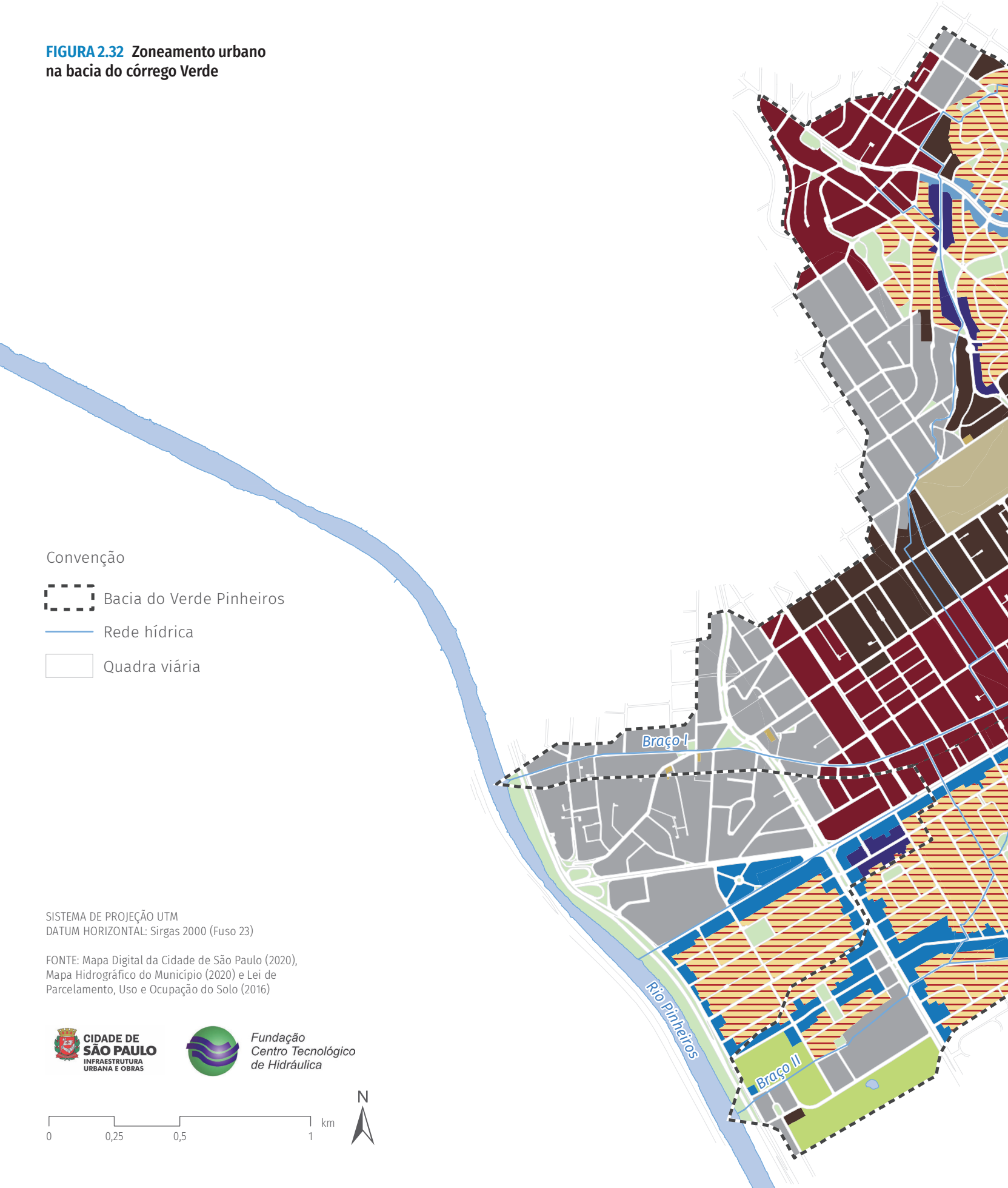
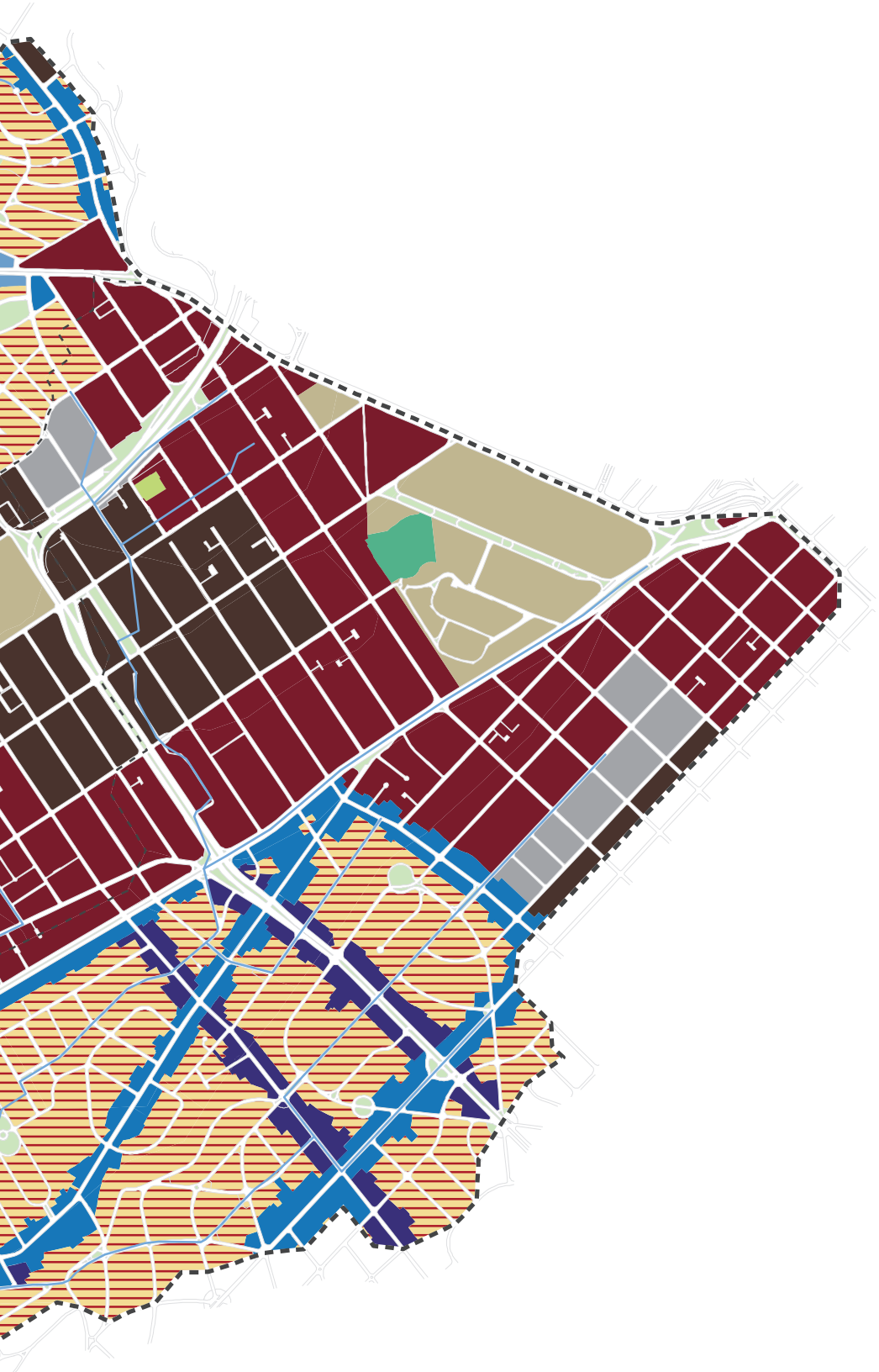

Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua da Consolação
Al. Santos
Av. Paulista
Al. Jaú
Al. Itu
Al. Franca
Al. Lorena
Rua Bela Cintra
Rua Haddock Lobo
Rua Augusta
Rua Melo Alves
Rua Estados Unidos
Rua Joaquim Antunes
Rua dos Pinheiros
Rua Atlântica
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Av. Rebouças
Sampaio Vidal
Rua Venezuela
Rua Hondúras
Rua Groenlândia
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

FIGURA 2.32 **Zoneamento urbano na bacia do córrego Verde**





Zoneamento Urbano

- AC-1
- ZC
- ZCOR-1
- ZCOR-2
- ZCOR-3
- ZEIS-3
- ZEPAM
- ZER-1
- ZEU
- ZM
- ZOE
- ZPR
- Praça e canteiro

O Art. 79 adverte que lotes com área total superior a 500m², nos quais incidem as disposições da QA, é obrigatória a instalação de reservação de controle de escoamento superficial, independentemente da adoção de outros mecanismos de controle do escoamento superficial que impliquem reservação e/ou infiltração e/ou percolação.

Cabe ressaltar que todos os lotes deverão atender as taxas de permeabilidade mínima estabelecidas para cada Perímetro de Qualificação Ambiental, conforme o Quadro 3A da lei (Art. 81).

Para fins de aplicação da QA, o território do Município de São Paulo fica dividido em Perímetros de Qualificação Ambiental (PA), que expressam a situação ambiental e o potencial de transformação de cada perímetro.

Os PAs foram definidos a partir do estabelecimento de áreas homogêneas em relação aos problemas de inundação, de microclima e de qualidade ecossistêmica, assim como o poder de transformação em relação à vegetação e à drenagem.

Cada perímetro possui uma nota relativa à vegetação e outra à drenagem, sendo tanto maior quanto pior a situação existente do perímetro. A nota relacionada ao potencial de transformação possui escala inversa, ou seja, nota menor quanto menor seu potencial de transformação. Após a somatória das notas, obteve-se que perímetros com baixo desempenho ambiental e alto potencial de transformação teriam exigências maiores em termos de QA, assim como perímetros com alto desempenho ambiental e baixo potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA[13].

Foram delimitados treze perímetros de qualificação ambiental, sendo o PA 13 correspondente às macroáreas de contenção urbana e uso sustentável e de preservação dos ecossistemas naturais. Esse perímetro tem como diretriz impedir a expansão urbana e promover a preservação ambiental e os usos sustentáveis dos recursos naturais, inclusive com atividades agrícolas e produção de alimentos. A **TABELA 2.3** apresenta a taxa de permeabilidade mínima permitida em cada PA.

13. CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. Tese (doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-31052016-141005/pt-br.php. Acesso em: 18. set. 2018.

TABELA 2.3 Taxa de permeabilidade mínima nos perímetros de qualificação ambiental (Quadro 3A – Quota Ambiental)

Perímetro de qualificação ambiental	Taxa de permeabilidade[(a)]	
	Lote ≤ 500 m²	Lote > 500 m²
PA1	0,15	0,25
PA2	0,15	0,25
PA3	0,15	0,25
PA4	0,15	0,25
PA5	0,15	0,25
PA6	0,15	0,20
PA7	0,15	0,20
PA8	0,15	0,20
PA9	0,10	0,15
PA10	0,20	0,25
PA11	0,20	0,30
PA12	0,20	0,30
PA13 (b)	NA	NA

Fonte: adaptado do Quadro 3A – anexo da Lei nº 16.402/2016.

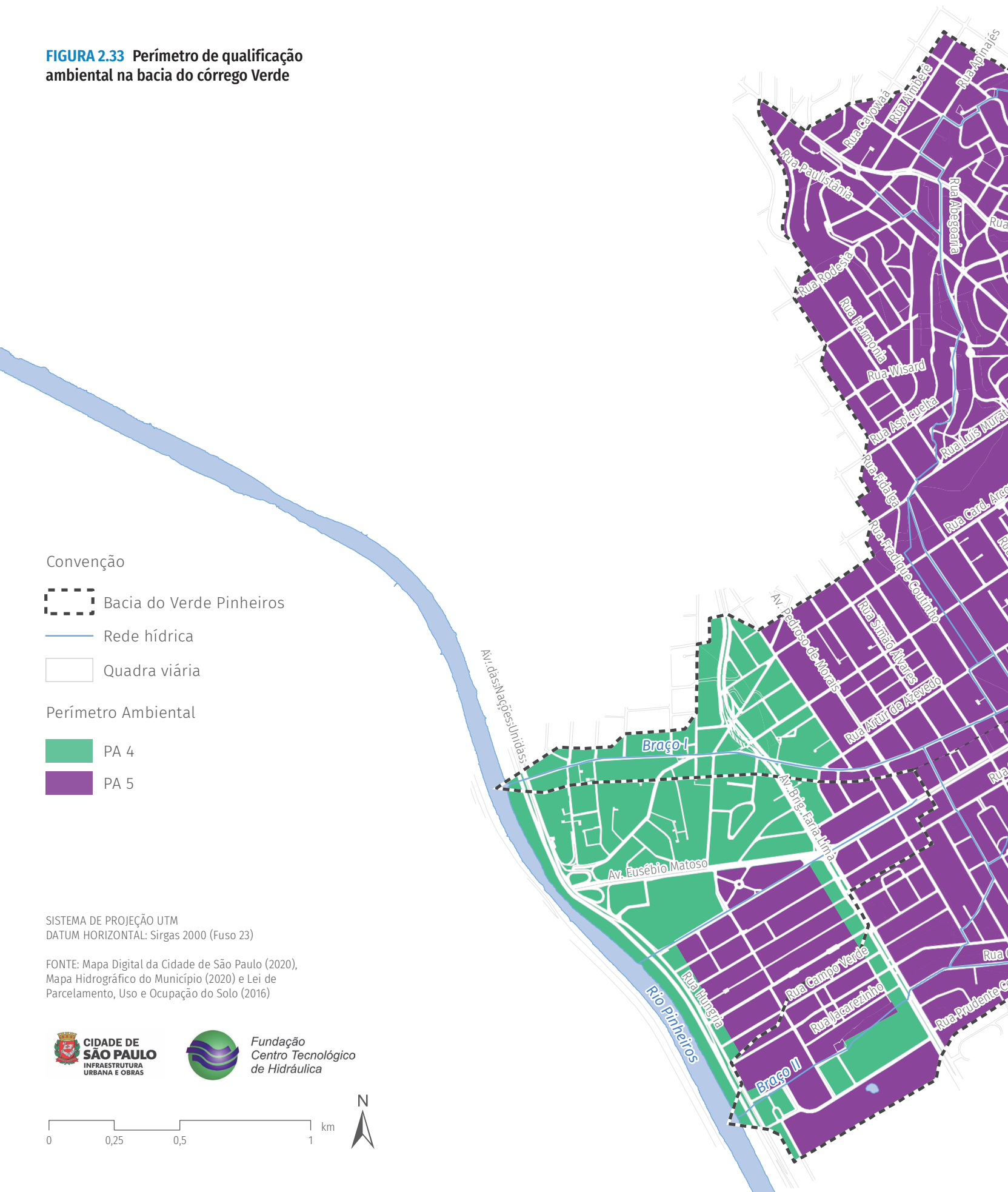
(a) Nos lotes inseridos em ZEPAM, ZPDSr, ZPDS, ZCOR, ZPR e ZER, deverão ser aplicadas as seguintes taxas de permeabilidade mínima: 0,90, 0,70, 0,50, 0,30, 0,30 e 0,30, respectivamente, independentemente do tamanho do lote;

(b) O PA 13 corresponde às Macroáreas de Contenção Urbana e Uso Sustentável e de Preservação dos Ecossistemas Naturais, nas quais não se aplicam as exigências da Quota Ambiental.

A **FIGURA 2.33** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na bacia do córrego Verde, e a **FIGURA 2.34** mostra a taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e zonas específicas.

O zoneamento urbano da bacia em estudo indica as zonas ZEPAM, ZCOR e ZER pertencentes à bacia que devem obedecer às taxas estabelecidas pelas zonas, e não pelo perímetro ambiental.

FIGURA 2.33 **Perímetro de qualificação ambiental na bacia do córrego Verde**



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

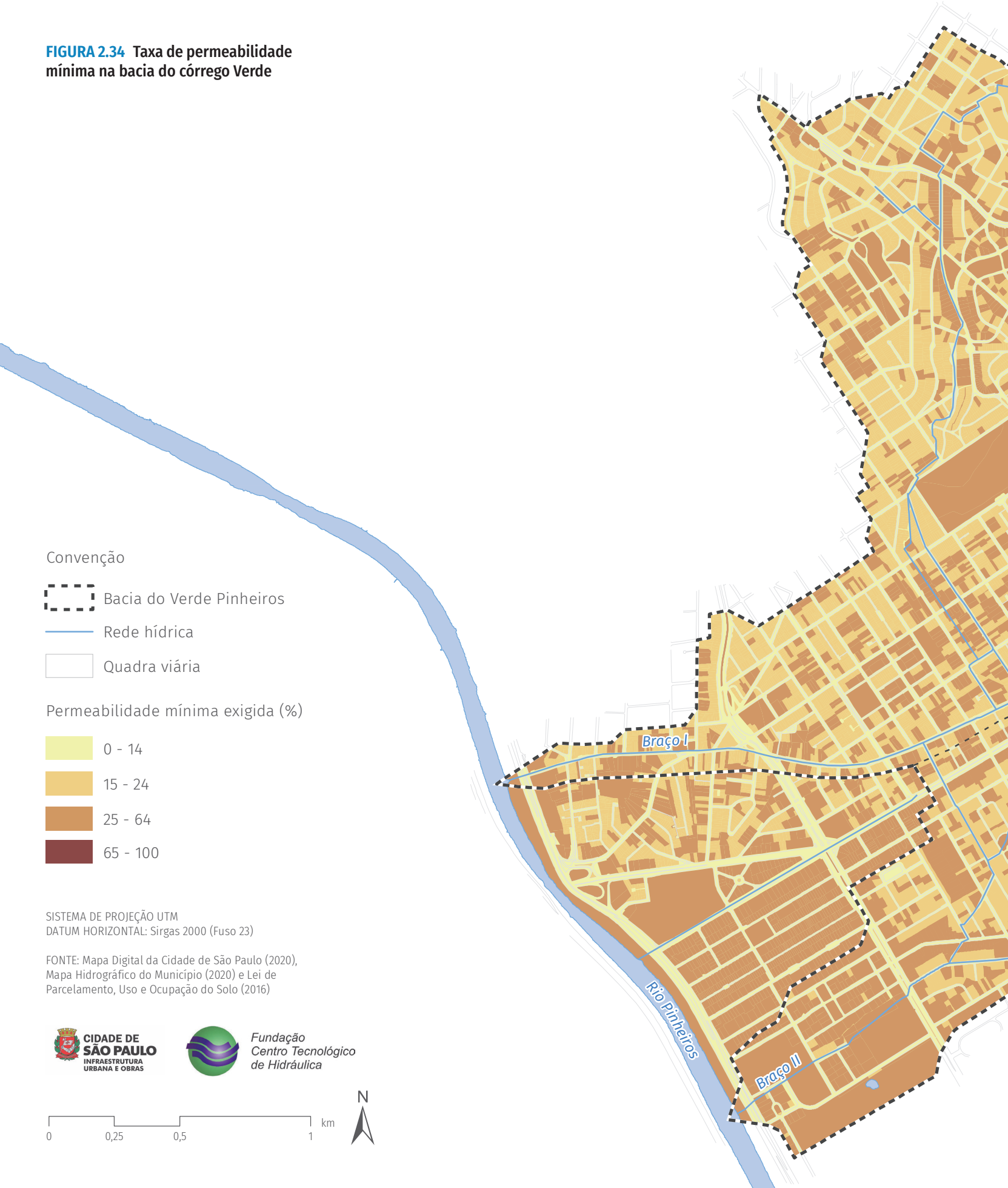
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

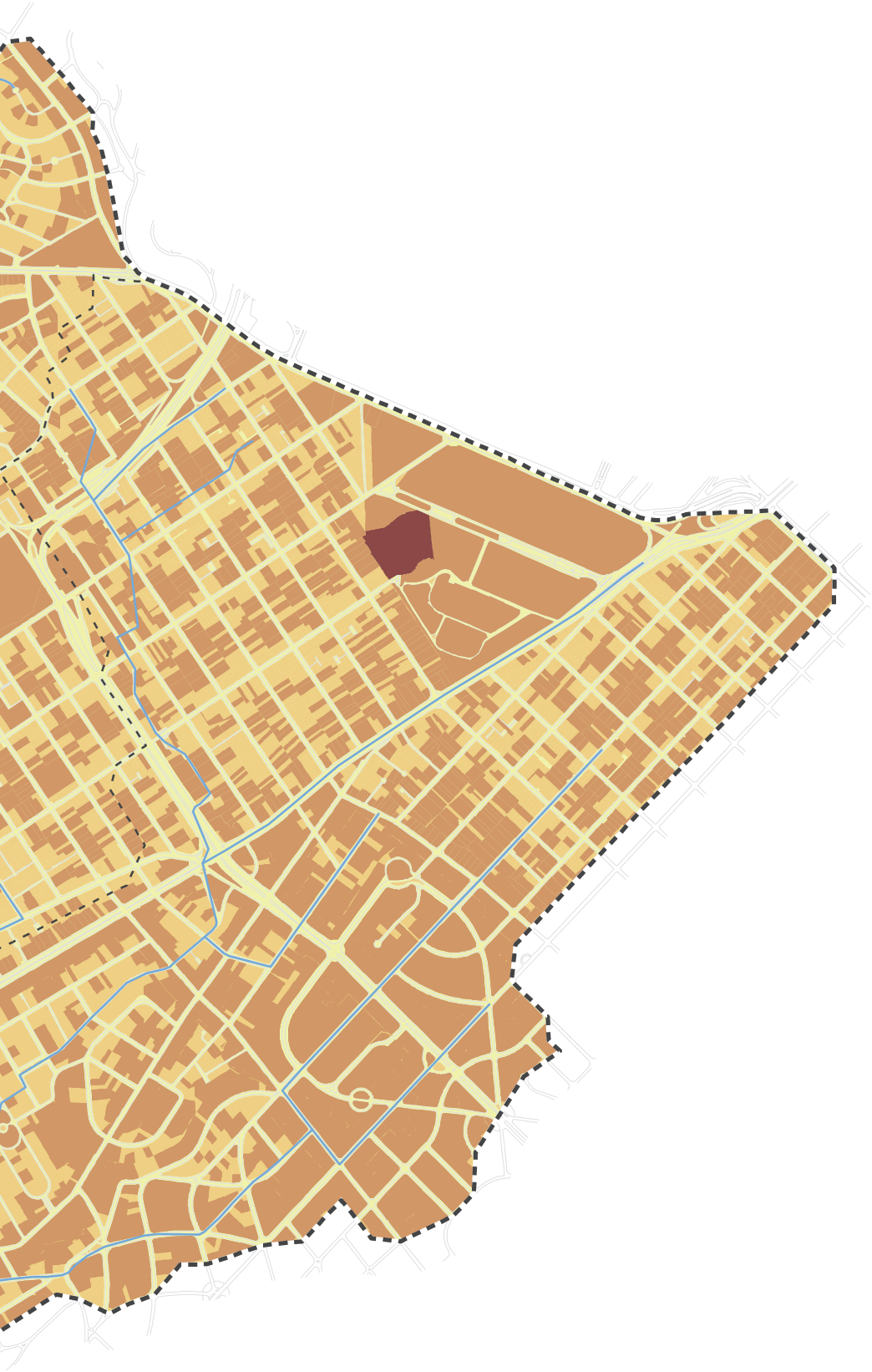
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica


Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Cristiano Viana
Rua Oscar Freire
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Joaquim Antunes
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Al. Franca
Al. Itu
Al. Jaú
Al. Santos
Av. Paulista
Rua Augusta
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Rua Atlântica
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Sampaio Vidal
Rua Groenlândia
Rua Venezuela
Rua Colômbia
Rua México
Rua Guatemala
Rua Honduras
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

FIGURA 2.34 **Taxa de permeabilidade mínima na bacia do córrego Verde**





2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.35** apresenta a densidade populacional da bacia do córrego Verde, onde residem 83 mil habitantes.

Foram adotadas cinco classes de densidade demográfica (habitantes/hectare) para a bacia, conforme segue: <15 – muito baixa; de 16 a 50 – baixa; de 51 a 150 – média; de 151 a 350 – alta; e >350 – muito alta (MOREIRA, 2019)[14].

2.9.2 ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IPVS

O IPVS foi criado pelo Governo do Estado de São Paulo para auxiliar na identificação dos locais prioritários, com segmentos populacionais mais frágeis, para a formulação e implementação de políticas públicas.

Na formulação do índice, assume-se o conceito de que a vulnerabilidade de um indivíduo, família ou grupo social refere-se a sua maior ou menor capacidade de controlar os fatos que afetam seu bem-estar. Considera que a vulnerabilidade à pobreza não se limita à privação de renda, mas também à composição familiar, às condições de saúde e acesso aos serviços médicos, ao acesso e à qualidade do sistema educacional, à possibilidade de obter trabalho com qualidade e remuneração adequadas, à existência de garantias legais e políticas etc.

O índice também considera que a segregação espacial é um fenômeno presente nos centros urbanos paulistas e que contribui decisivamente para a permanência dos padrões de desigualdade social, em termos de infraestrutura, segurança e disponibilidade de espaços públicos, entre outros, que influenciam os níveis de bem-estar de pessoas e famílias.

A inclusão da renda domiciliar *per capita* no IPVS possibilitou a operacionalização da dimensão da vulnerabilidade relacionada à insuficiência de renda, que constitui um dos elementos determinantes da pobreza.

A localização das moradias também implica importantes variações em relação às oportunidades econômicas e sociais, e pode conduzir a processos de exclusão. Em muitos casos, o local de residência pode significar uma barreira de acesso aos serviços (educação, saúde,

14. MOREIRA, L. M. P. S. Níveis de densidade populacional: uma proposta de classificação para Goiânia-GO, aplicação no Setor Central. *In:* **Anais XVIII Enanpur 2019**. Natal, 2019.

transportes etc.) e ao mercado de trabalho, além de não permitir o acesso a redes sociais válidas que incrementam esse acesso. Nesse sentido, incorporou-se explicitamente aos grupos do IPVS a situação de aglomerado subnormal, que indica se o setor censitário caracteriza-se como favela. Da mesma forma, a diferenciação da situação urbana ou rural de setores censitários de baixa renda propicia a identificação de situações igualmente vulneráveis, mas que demandam políticas públicas distintas.

A **TABELA 2.4** indica a classificação dos grupos do IPVS 2010 para a bacia do córrego Verde. Na **FIGURA 2.36**, é apresentado o mapa desse índice na bacia.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS na bacia do córrego Verde

Grupo	IPVS2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
0	Sem informação	-	-	-	1,95
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	88,67
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	8,98
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	0,39
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	0,00
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	0,00
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	0,00
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	0,00

O IPVS consiste em uma tipologia de situações de exposição à vulnerabilidade, agregando aos indicadores de renda outros referentes ao ciclo de vida familiar e à escolaridade, no espaço intraurbano, como aglomerado subnormal (favela) e sua localização (urbana ou rural). Assim sendo, o IPVS é composto por dois fatores, o socioeconômico e o demográfico. Ao fator socioeconômico estão associadas as variáveis: renda domiciliar *per capita*, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até meio salário mínimo, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até um quarto do salário mínimo, rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio e proporção de pessoas responsáveis alfabetizadas. Ao fator demográfico estão associadas as variáveis: proporção de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos, proporção de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos, idade média das pessoas responsáveis e proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade.

2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial da bacia do córrego Verde se dá pela subprefeitura de Pinheiros, sendo que apenas uma pequena porção da bacia encontra-se dentro do território da subprefeitura da Lapa.

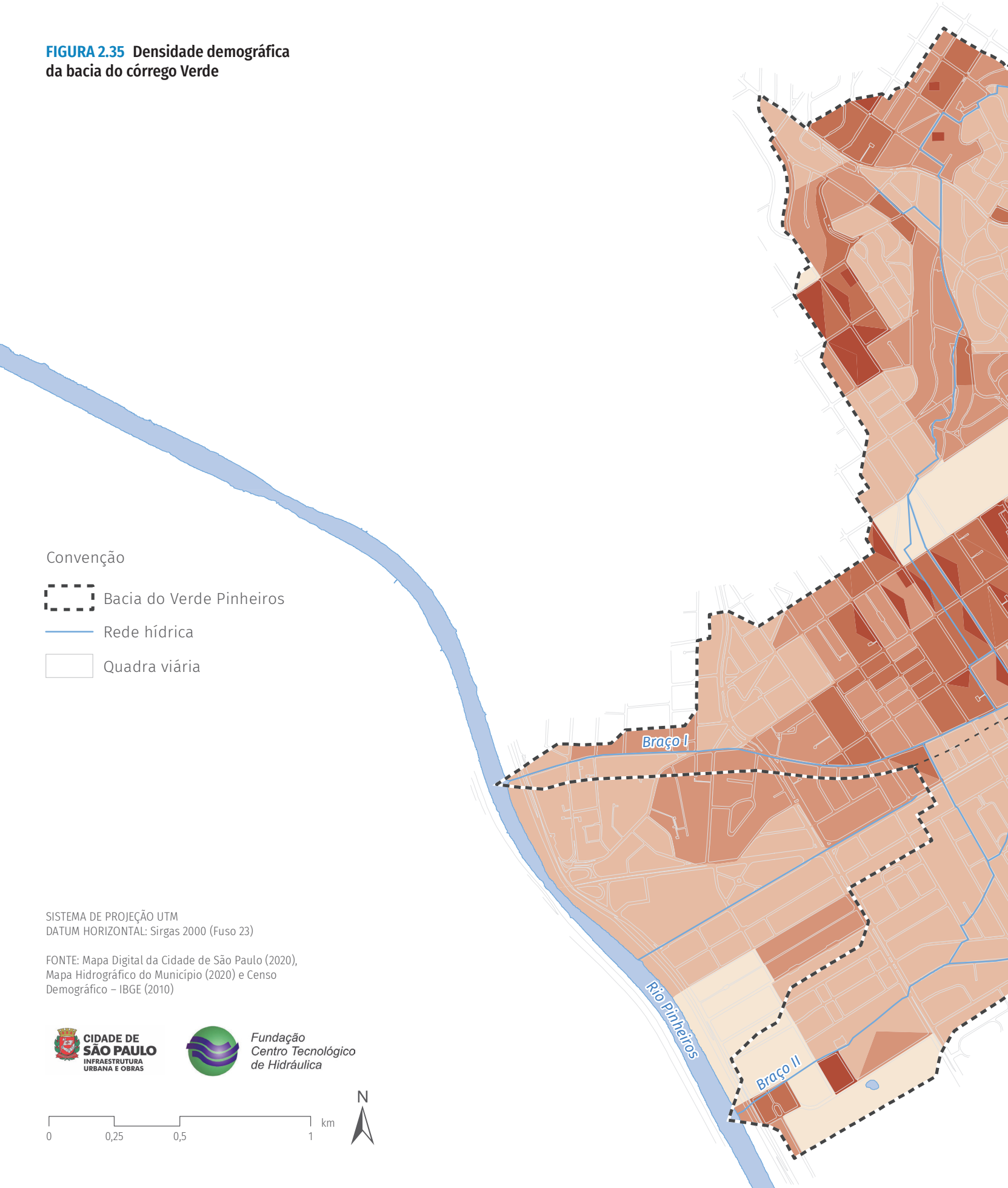
As subprefeituras têm o papel de receber pedidos e reclamações da população, solucionar os problemas apontados e cuidar da manutenção do sistema viário, da rede de drenagem, da limpeza urbana, entre outros.

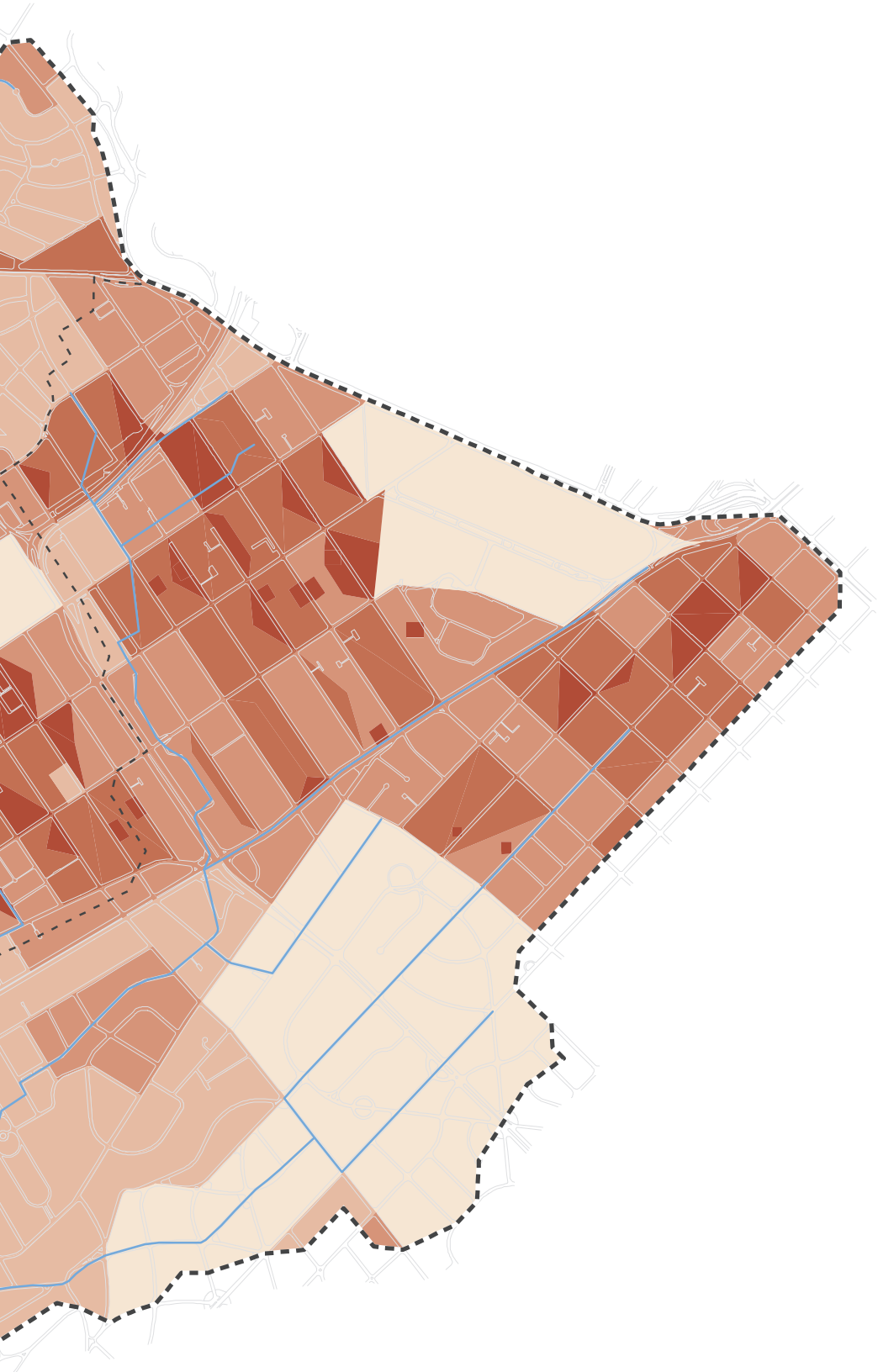
A **FIGURA 2.37** indica a divisão territorial administrativa da bacia do córrego Verde.



Jardins (foto: Delfim Martins)

FIGURA 2.35 **Densidade demográfica da bacia do córrego Verde**





Densidade demográfica (hab/ha)

- 0 – 15
- 16 – 50
- 51 – 150
- 151 – 350
- 351 – 5000

Nº de habitantes: 83 mil (IBGE, 2010)

FIGURA 2.36 **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da bacia do córrego Verde**



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e SEADE (2010)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

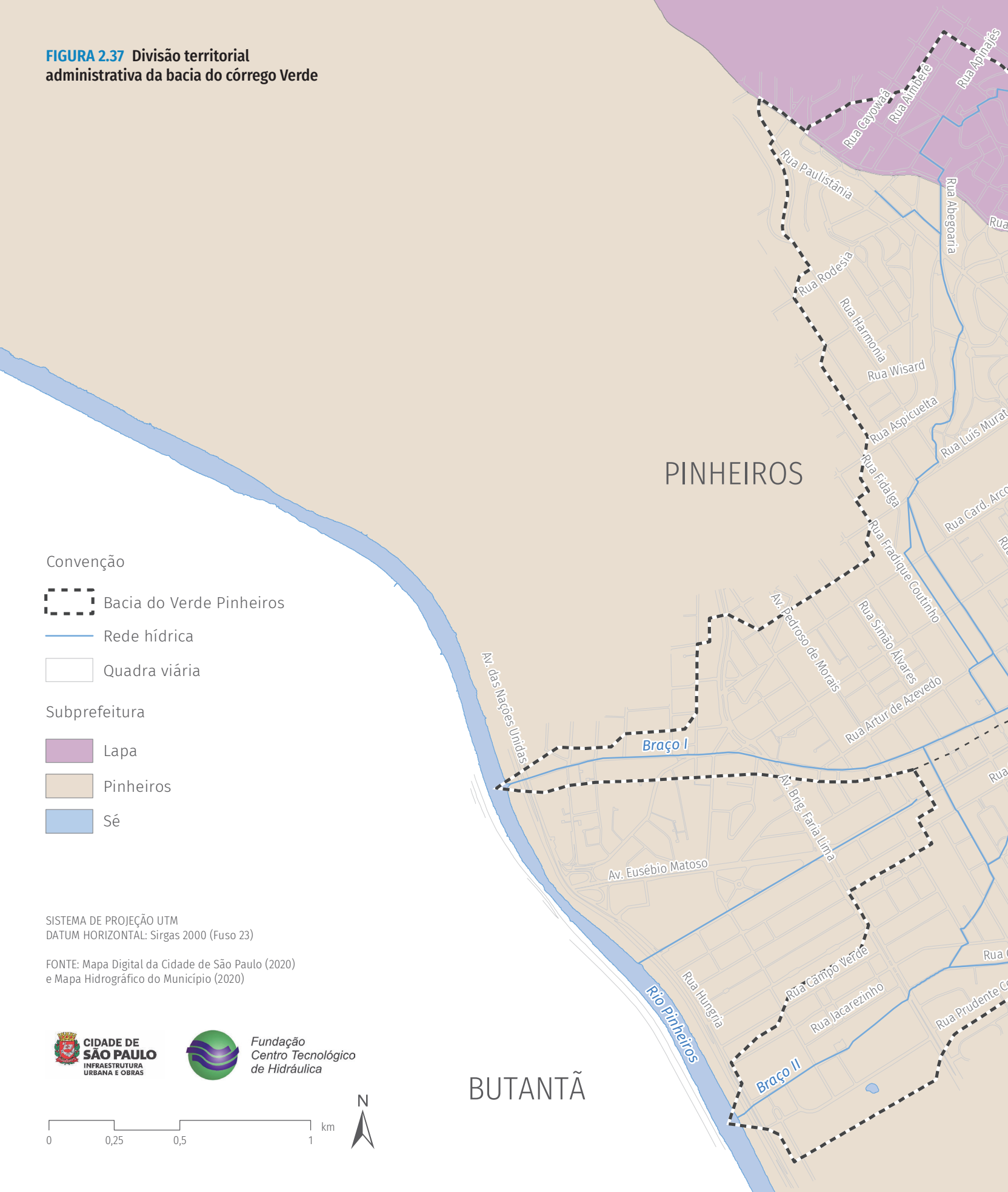
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

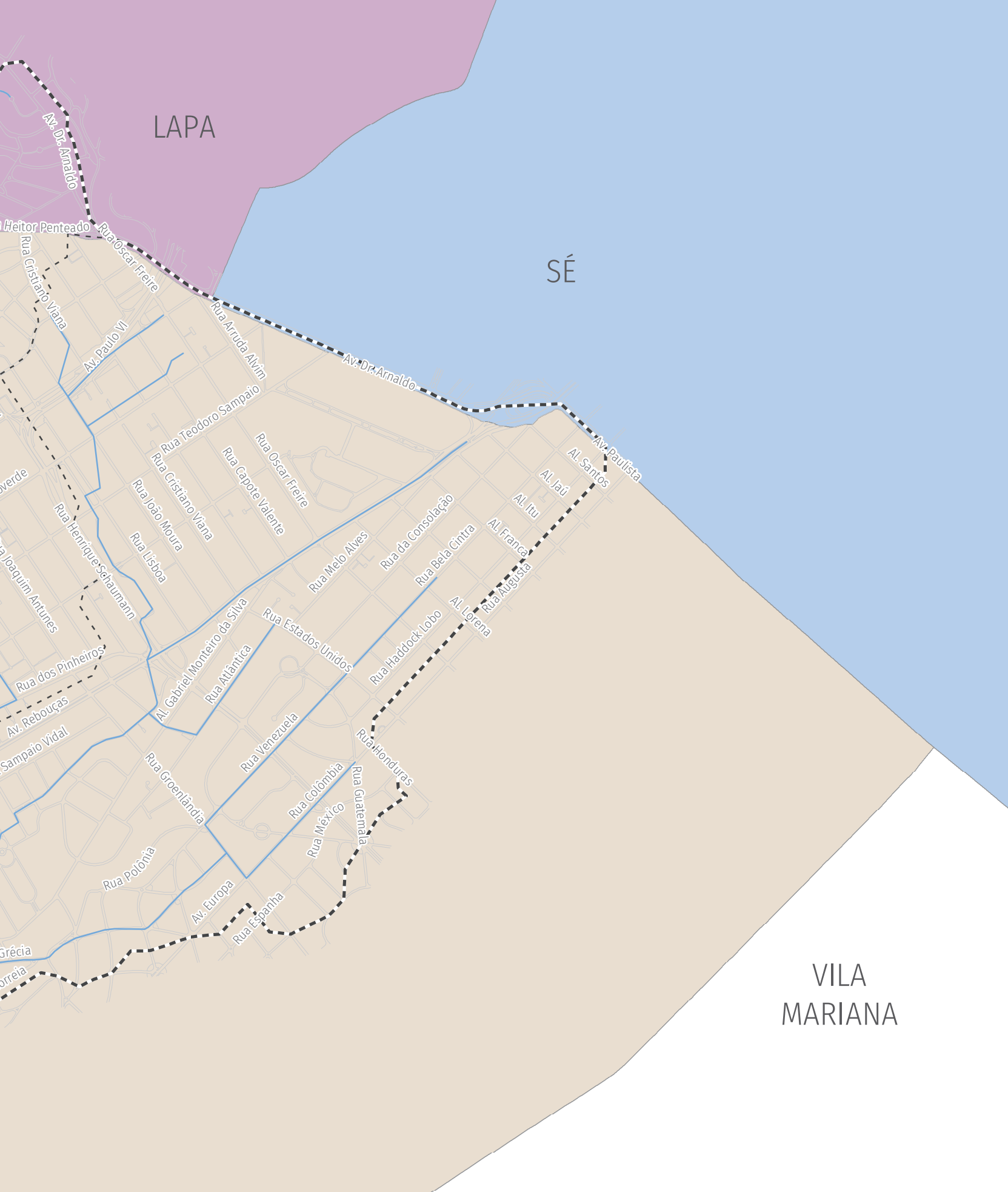


Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

- Baixíssima vulnerabilidade
- Vulnerabilidade muito baixa
- Vulnerabilidade baixa
- Vulnerabilidade média
- Vulnerabilidade alta
- Vulnerabilidade muito alta
- Sem informação

FIGURA 2.37 **Divisão territorial administrativa da bacia do córrego Verde**




LAPA
SÉ
VILA MARIANA
Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Av. Paulista
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Rua Joaquim Antunes
Rua dos Pinheiros
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Atlântica
Av. Rebouças
Sampaio Vidal
Rua Venezuela
Rua Groenlândia
Rua Colômbia
Rua México
Rua Guatemala
Rua Honduras
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia

2.11 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é composto pelos sistemas necessários ao afastamento e tratamento dos efluentes sanitários, incluindo as infraestruturas e instalações de coleta, desde as ligações prediais, o afastamento, o tratamento e a disposição final de esgotos[15].

É de extrema importância a articulação do planejamento da drenagem urbana com o Plano Diretor de Esgotos e outras ações dos serviços de esgotos no Município de São Paulo, tendo em vista a gestão integrada das águas urbanas.

As interferências existentes entre as redes de esgoto e de águas pluviais são aspectos importantes a serem considerados no planejamento e no projeto dessas redes. Assim, destacam-se:

- Os lançamentos irregulares de esgoto doméstico no sistema de drenagem, o que resulta no agravamento da degradação dos rios e córregos do Município.
- A sobreposição e os cruzamentos das redes, pois, usualmente, as redes de drenagem e de esgoto estão localizadas nos fundos de vale, o que confere grandes desafios aos projetos de ambas as redes.

O Governo do Estado tem um programa de obras para a despoluição do Rio Pinheiros que inclui ações na bacia do Verde, incluindo obras de complementação da infraestrutura de coleta de esgotos e remoção de lançamentos irregulares de esgotos no sistema de drenagem[16].

A **FIGURA 2.38** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos na bacia do córrego Verde.

2.12 SISTEMA VIÁRIO

A relação histórica de implantação de avenidas do tipo fundo de vale iniciou-se com o Plano de Avenidas, projeto de sistema viário estrutural proposto para a capital paulista por Francisco Prestes Maia e João Florence de Ulhoa Cintra nas décadas de 1920 e 1930.

---

15. Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.
16. Programa Novo Rio Pinheiros, com atuação conjunta de órgãos e empresas estaduais, coordenados pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente – SIMA.

A partir da década de 1970, o grande número de intervenções dessa natureza foi associado ao Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que liberou recursos federais para obras de saneamento básico. O Planasa tinha como objetivo a construção de estruturas de saneamento, o que incluiu a canalização de rios e córregos. Essas obras foram aproveitadas para a implantação de vias ao longo dos rios e córregos.

No Município de São Paulo, essa política foi reproduzida, a partir de 1987, pelo Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale (PROVAC).

Os transtornos causados a essas avenidas de fundo de vale durante os eventos de inundação são recorrentes, causando impactos no desenvolvimento urbano, econômico e social do Município.

O PDE classifica o sistema viário em três componentes: vias estruturais, vias não estruturais (coletoras, locais, ciclovias e circulação de pedestres) e vias abertas.

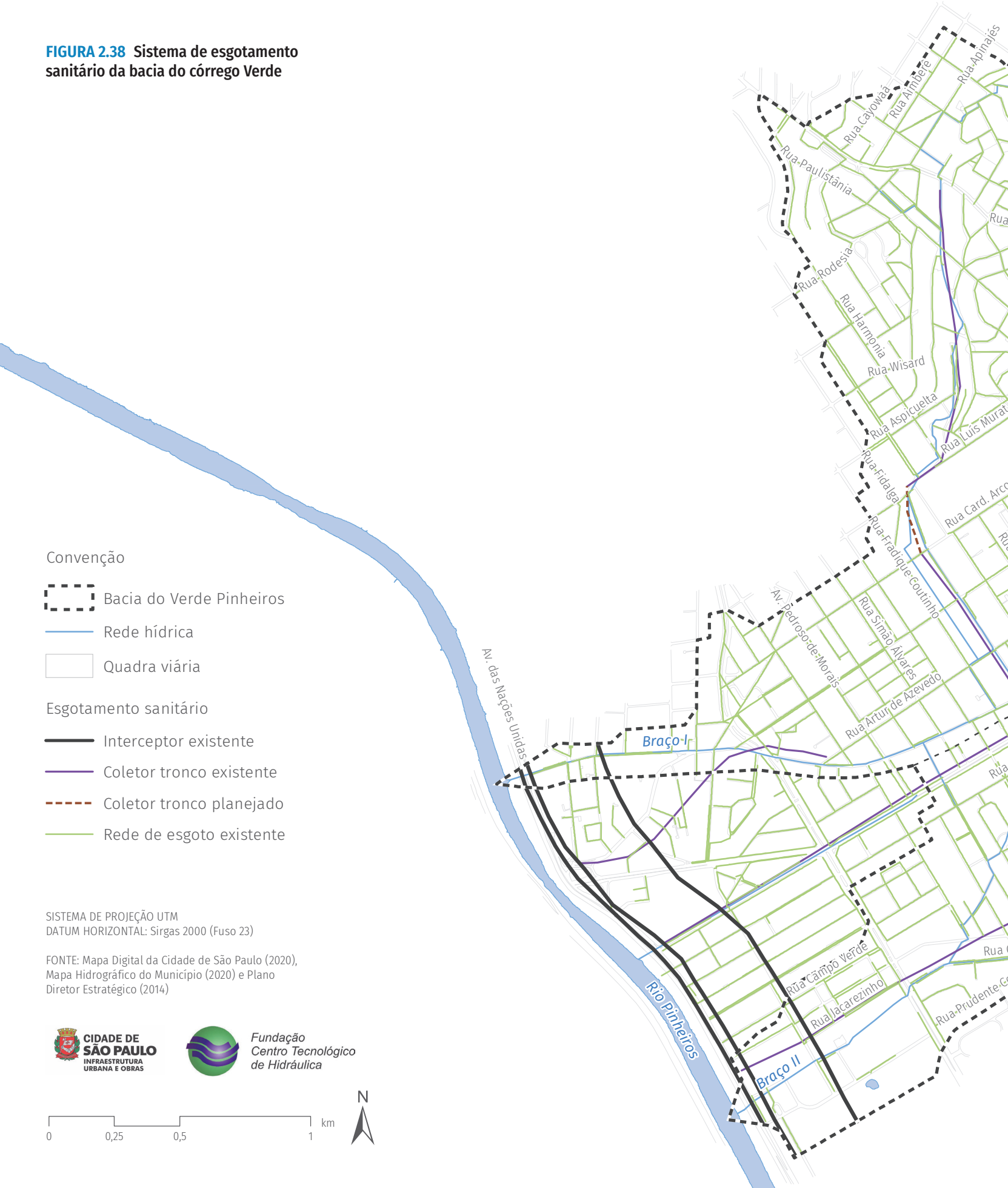
Assim, para o planejamento do sistema de drenagem urbana nos cadernos de Bacia Hidrográfica, foi levantada a rede viária estrutural. Essas vias possuem a importância funcional das ligações viárias e a articulação entre regiões extremas da cidade, sendo considerado um dos elementos estruturadores do território. As vias estruturais são classificadas em três níveis: N1, N2 e N3.

As vias N1 são aquelas que estabelecem a ligação da capital com os demais municípios do Estado de São Paulo e Estados da Federação. As N2 são utilizadas como ligação com os municípios da Região Metropolitana e com as vias do primeiro nível. Já as N3 são aquelas não incluídas nos níveis anteriores, e utilizadas como ligações internas no Município.

A bacia do córrego Verde é delimitada pelos seguintes eixos viários: foz na Marginal do Rio Pinheiros, e porção de jusante do braço I composta pela Rua dos Pinheiros. A cabeceira da bacia é delimitada pela Avenida Heitor Penteado e pela Avenida Dr. Arnaldo. Completando o sistema viário estrutural, apresentam-se a Avenida Rebouças; a Avenida Brasil e a Rua Henrique Schaumann; as ruas Cardeal Arcoverde e Teodoro Sampaio; a Avenida Europa e a Rua Augusta; e a Avenida Faria Lima.

A **FIGURA 2.39** apresenta o sistema viário estrutural da bacia do córrego Verde.

FIGURA 2.38 **Sistema de esgotamento sanitário da bacia do córrego Verde**




Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Av. Paulista
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Rua Atlântica
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Rua Venezuela
Rua Colômbia
Rua México
Rua Honduras
Rua Guatemala
Rua Groenlândia
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha
Grécia
Sampaio Vidal
Joaquim Antunes
verde
orreia

FIGURA 2.39 **Sistema viário estrutural da bacia do córrego Verde**




Av. Paulo VI
Av. Dr. Arnaldo
R. Teodoro Sampaio
R. Oscar Freire
Av. Rebouças
R. Bela Cintra
R. Augusta
R. Colômbia
Av. Brasil
Av. Europa

3

Critérios para o estudo

A hidrologia urbana é a ciência das águas que trata das fases do ciclo hidrológico que ocorre nas bacias hidrográficas urbanizadas ou em processo de urbanização.

Os componentes principais do ciclo são: as precipitações, a infiltração da água no solo, o escoamento básico subterrâneo, a evaporação ou evapotranspiração, as retenções temporárias em depressões do terreno, a geração do escoamento superficial direto e o escoamento nos sistemas de drenagem, naturais ou artificiais.

Dessa forma, é necessário conhecer o regime de precipitação: sua magnitude, o risco de ocorrência e sua distribuição temporal e espacial.

Na hidrologia urbana, é fundamental conhecer detalhadamente as características da ocupação da bacia hidrográfica, pois isso influi diretamente nas taxas de infiltração, que resultam na chuva excedente, que, por sua vez, produz a onda de cheia. Além disso, as características fisiográficas da bacia, como área drenada, declividade, forma e o grau de intervenções no sistema de drenagem natural, canais, galerias, reservatórios de detenção etc., determinam a velocidade com que a água escoa em uma

determinada seção do curso d'água. Esse processo interfere na magnitude das vazões durante as chuvas intensas.

O estudo hidrológico realizado contempla uma breve análise das precipitações ocorridas na bacia do córrego Verde, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica, e pelo cálculo das chuvas de projeto. Para a obtenção dos hidrogramas de projeto, foram analisados os parâmetros do escoamento superficial por sub-bacia de drenagem, tais como a impermeabilização atual e a impermeabilização máxima permitida segundo a atual LPUOS.

Para a estimativa da vazão de projeto, foi utilizado o modelo SWMM – Storm Water Management Model, desenvolvido pela EPA – Environmental Protection Agency, na interface gráfica PCSWMM em ambiente Windows. Foi considerada para o cálculo da infiltração a metodologia do CN, originalmente desenvolvida pelo Soil Conservation Service. O modelo utiliza o método de Saint-Venant para a análise hidrodinâmica do escoamento nas galerias e canais.

3.1 CHUVA DE PROJETO

A chuva de projeto consiste em um evento crítico de precipitação construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva e em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica. Essas características estatísticas e esses parâmetros são considerados através de dois elementos básicos:

- Tr – período de retorno da precipitação de projeto;
- tc – duração crítica do evento (min).

As precipitações de projeto são determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (IDF) da bacia em estudo.

A IDF fornece a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. A altura de precipitação pode ser obtida pela multiplicação da intensidade fornecida pela IDF pela sua correspondente duração.

As chuvas intensas para a região da bacia do córrego Verde foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 3.1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)[17].

17. MARTINEZ; PITERI, 2015 *apud* DAEE. **Precipitações Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE/CTH, 2016.

$$i_{t_{d,Tr}} = A\,(t_d + B)^C + D\,(t_d + E)^F \left\{ G + H \ln\left[\ln\left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\}$$

(Equação 3.1)

válida para 10 ≤ t ≤ 1440 min, onde:

A = 32,77
B = 20
C = - 0,878
D = 16,1
E = 30
F = - 0,9306
G = - 0,4692
H = - 0,8474
t_d é a duração da chuva, em minutos;
Tr é o período de retorno da chuva, em anos;
$I_{td,Tr}$ é a intensidade da chuva, em mm/min, para a duração t_d (min) e período de retorno Tr (em anos).

A tormenta de projeto frequentemente utilizada em projetos hidrológicos para bacias urbanas muito pequenas possui intensidade constante. Tal hipótese se fundamenta no fato de que a causa crítica das enchentes é a curta duração ou a elevada intensidade de precipitação. Pode ser demonstrado que o pico do escoamento superficial ocorre quando toda a área de drenagem contribui para o ponto em consideração. Neste estudo, adotou-se a duração de chuva crítica de 2 horas.

A precipitação total acumulada para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 2 horas é apresentada na **TABELA 3.1**.

TABELA 3.1 Precipitação total (mm) acumulada para diferentes períodos de retorno

Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 25	Tr 100
48,4	65,9	77,5	92,1	113,8

A distribuição temporal dos volumes precipitados condiciona o volume infiltrado e a forma do hidrograma de escoamento superficial direto originado pela chuva excedente.

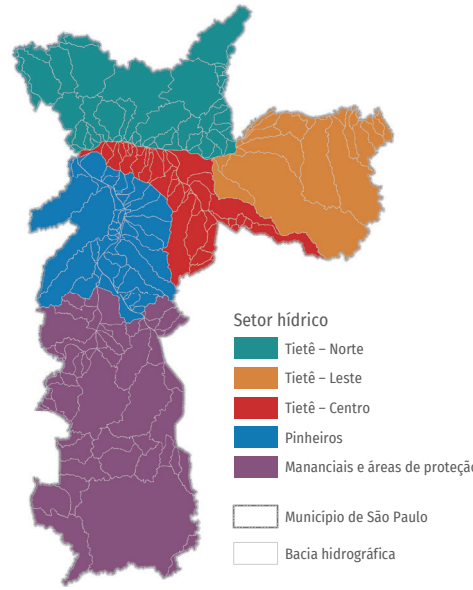
Em razão da grande variabilidade temporal e espacial da precipitação, a distribuição temporal é comumente representada por distribuições empíricas. Algumas das mais utilizadas são: distribuição de blocos alternados (TUCCI *et al.*, 1995)[18], em que a precipitação é desagregada em passos de tempo discriminados pela duração total, os blocos de altura de chuva em cada passo são rearranjados de forma que a maior altura de precipitação seja colocada no centro de duração, e os blocos seguintes são posicionados de forma decrescente e alternados (direita e esquerda) do bloco central;

18. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

e distribuição de Huff (HUFF, 1967)[19], em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação é classificada em quartis e determina-se, para cada quartil, as curvas de probabilidade de excedência da precipitação sobre uma precipitação adimensional.

Devido ao comportamento estocástico da precipitação, levanta-se a hipótese de que a distribuição temporal típica deve ter dependência com a região e/ou o clima local, gênese do processo ou mesmo sazonalidade. Dessa maneira, realizou-se um extenso estudo para a determinação da distribuição temporal típica da precipitação no Município de São Paulo, que foi dividido em cinco regiões, de acordo com os grandes setores hídricos: Tietê – Norte; Tietê – Leste; Tietê – Centro; Pinheiros; e mananciais e áreas de proteção. Para cada uma das áreas de interesse, foram utilizados os postos telemétricos nos respectivos domínios. A **TABELA 3.2** mostra a quantidade de postos analisados para cada um dos setores.

TABELA 3.2 Número de postos telemétricos analisados em cada setor hídrico

Setor	Número de postos	Mapa dos setores
Pinheiros	46	
Tietê – Centro	36	
Tietê – Leste	29	
Tietê – Norte	21	
Mananciais	11	

19. HUFF, F. A. Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. **Water Resources Research**, v. 3, n. 4, p. 1007-1019, 1967.

A determinação das distribuições foi efetuada em quatro etapas: separação de eventos; classificação de eventos quanto à duração; cálculo das porcentagens de cada passo de tempo; e cálculo das médias de porcentagens para cada passo de tempo. Tratando-se da bacia em estudo, localizadas no setor hídrico Pinheiros, foram analisados 178 eventos com duração entre 1 e 2 horas.

A **FIGURA 3.1** apresenta o hietograma de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos, discriminados em 10 minutos, levando em consideração a distribuição temporal da chuva, descrita anteriormente.

3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

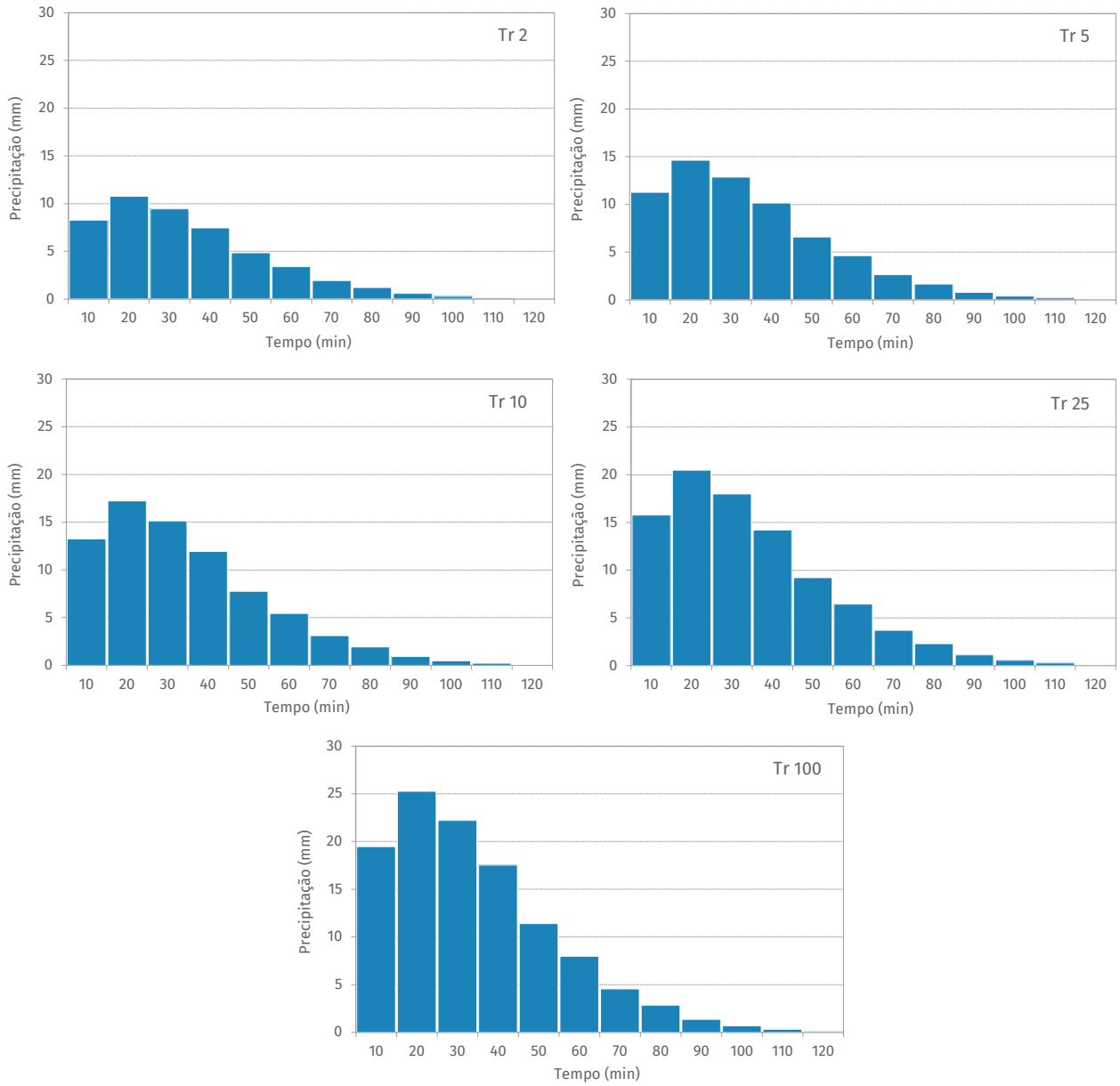
Para fins de modelagem, a bacia do córrego Verde foi dividida em 10 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais, em especial os braços I e II. Também foi incluída a área de drenagem correspondente à galeria existente sob a Avenida Rebouças, localizada na área de contribuição direta entre os braços I e II, onde foram constatados problemas de drenagem. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

No mapa da **FIGURA 3.2**, é apresentada a divisão de sub-bacias empregada no modelo hidrológico-hidráulico adotado.

TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias

Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)	Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)
VERI-01	0,92	11,8	830	VERII-04	0,70	8,1	360
VERI-02	0,51	12,3	810	VERII-05	0,20	8,9	180
VERI-03	0,11	9,0	150	VERII-06	0,34	8,0	880
VERI-04	0,49	5,6	680	VERII-07	1,07	2,5	2.400
VERI-05	0,59	3,3	790	VERII-08	0,33	4,3	230
VERI-06	0,21	1,8	1190	VERII-09	0,34	3,4	650
VERII-01	0,26	13,0	430	VERII-10	0,36	2,9	600
VERII-02	0,21	16,1	180	VERII-11	0,60	1,4	1.590
VERII-03	0,23	9,6	290	Rebouças	0,35	1,7	1.240

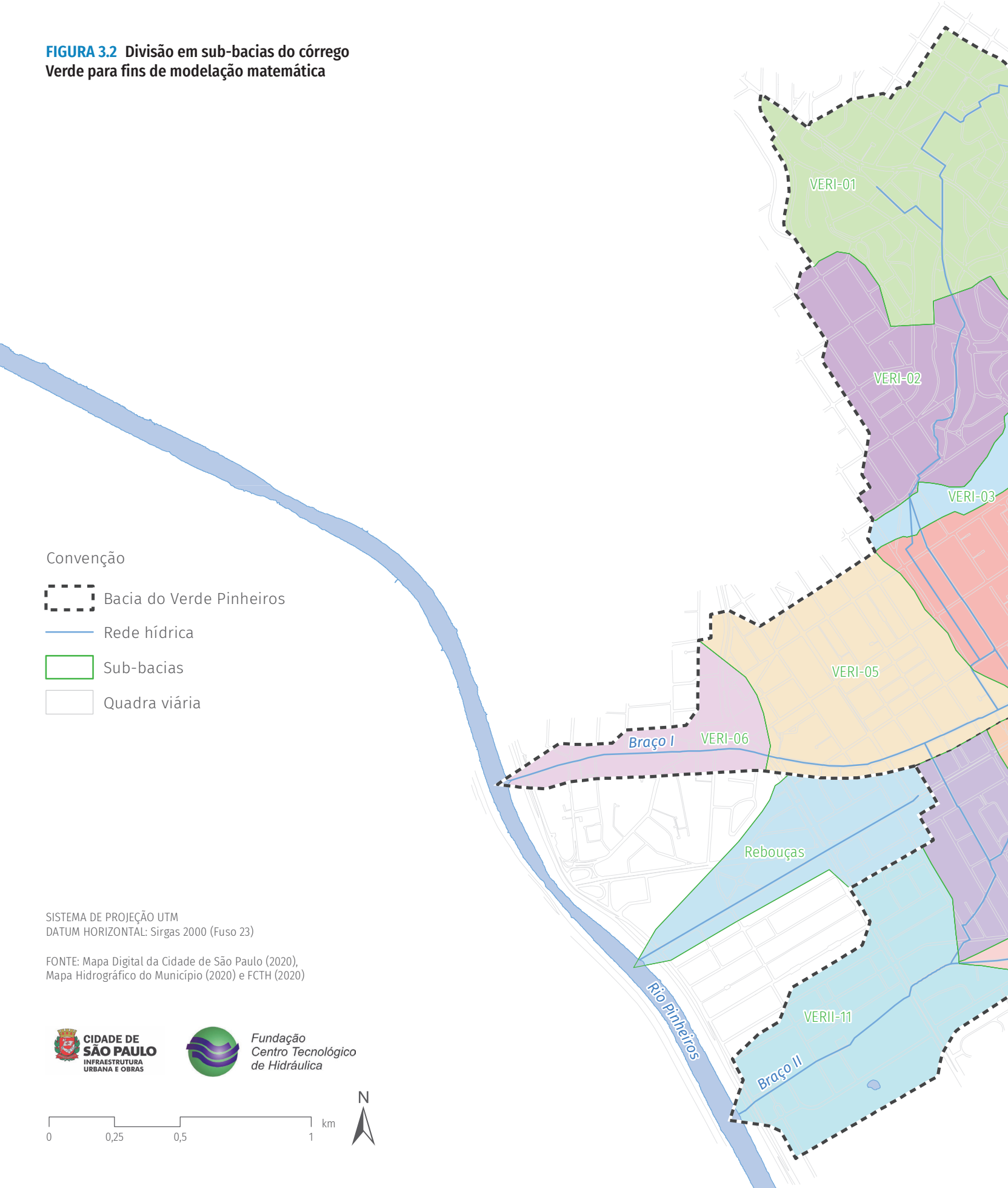
FIGURA 3.1 **Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos**

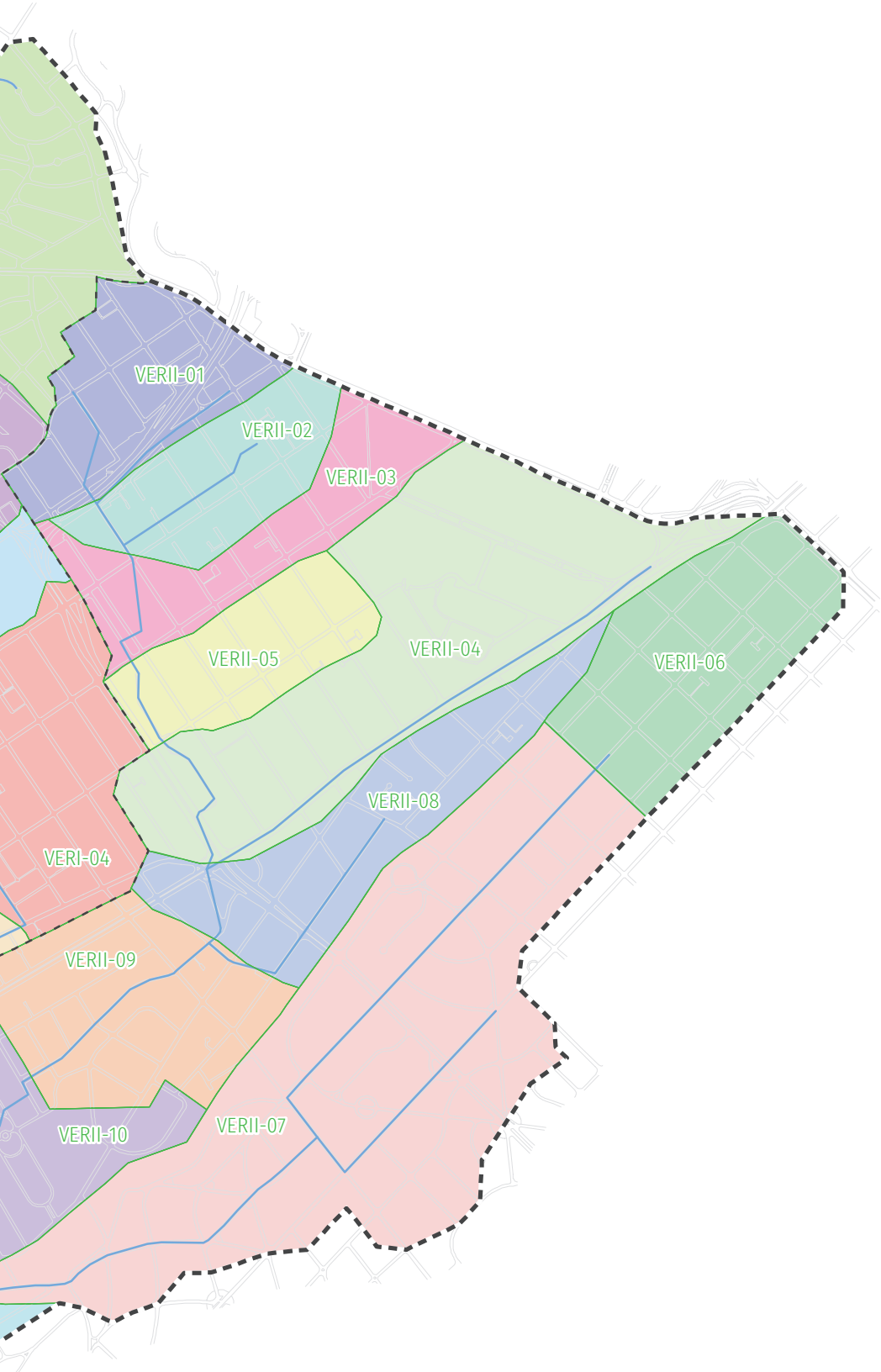




Posto telemétrico da Ponte Cidade Universitária (foto: FCTH)

FIGURA 3.2 **Divisão em sub-bacias do córrego Verde para fins de modelação matemática**




VERII-01
VERII-02
VERII-03
VERII-04
VERII-05
VERII-06
VERII-08
VERI-04
VERII-09
VERII-10
VERII-07

3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo[20]. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado nessa bacia.

Para essa avaliação, foram selecionadas quadras com tipologias de uso do solo homogêneas. Foram analisadas todas as tipologias de solo presentes na bacia em estudo. A imagem aérea de cada quadra foi segmentada em três classes: os espaços abertos, que compreendem as áreas livres e as áreas verdes da bacia; as áreas edificadas, que incluem as edificações e as áreas pavimentadas; e uma categoria denominada "outros", que engloba as áreas restantes, normalmente localizadas nas bordas de edificações e terrenos. Para cada uma das classes, foram adotados valores médios de impermeabilidade, conforme apresentado na **TABELA 3.4**.

TABELA 3.4 Valor médio de impermeabilidade adotado na segmentação das imagens

Classe	% Impermeável adotada
Espaços Abertos	15
Áreas Edificadas	95
Outros	80

A impermeabilização resultante para cada tipologia de uso do solo na bacia do córrego Verde é apresentada na **TABELA 3.5**.

TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

Uso do solo	% Impermeável
Comércio e Serviços	83,3
Equipamento Urbano	72,5
Indústria e Armazém	88,8
Residencial Horizontal Médio Alto Padrão	65,3
Residencial Vertical Médio Alto Padrão	82,3
Espaços Abertos	25,3

Assim, os valores de impermeabilização atual da bacia do córrego Verde foram obtidos considerando as tipologias de uso do solo e as respectivas porcentagens de área impermeável. A **FIGURA 3.3** ilustra a impermeabilização atual da bacia.

20. Como base dessa análise, foram utilizadas as ortofotos de alta resolução do Mapa Digital da Cidade (2017).

A metodologia adotada para a estimativa da impermeabilização máxima permitida para a bacia partiu dos limites para a taxa de permeabilidade mínima, estabelecidos pela Lei nº 16.402/2016 (Quadro 3A), que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo. Os valores da taxa de permeabilidade para cada perímetro de qualificação ambiental foram apresentados na **TABELA 2.3**.

A impermeabilização máxima permitida foi estimada a partir da complementação dos valores exigidos para a permeabilidade mínima. Assim, respeitando os valores exigidos, a taxa de impermeabilização máxima foi obtida através da normalização com a taxa de permeabilidade.

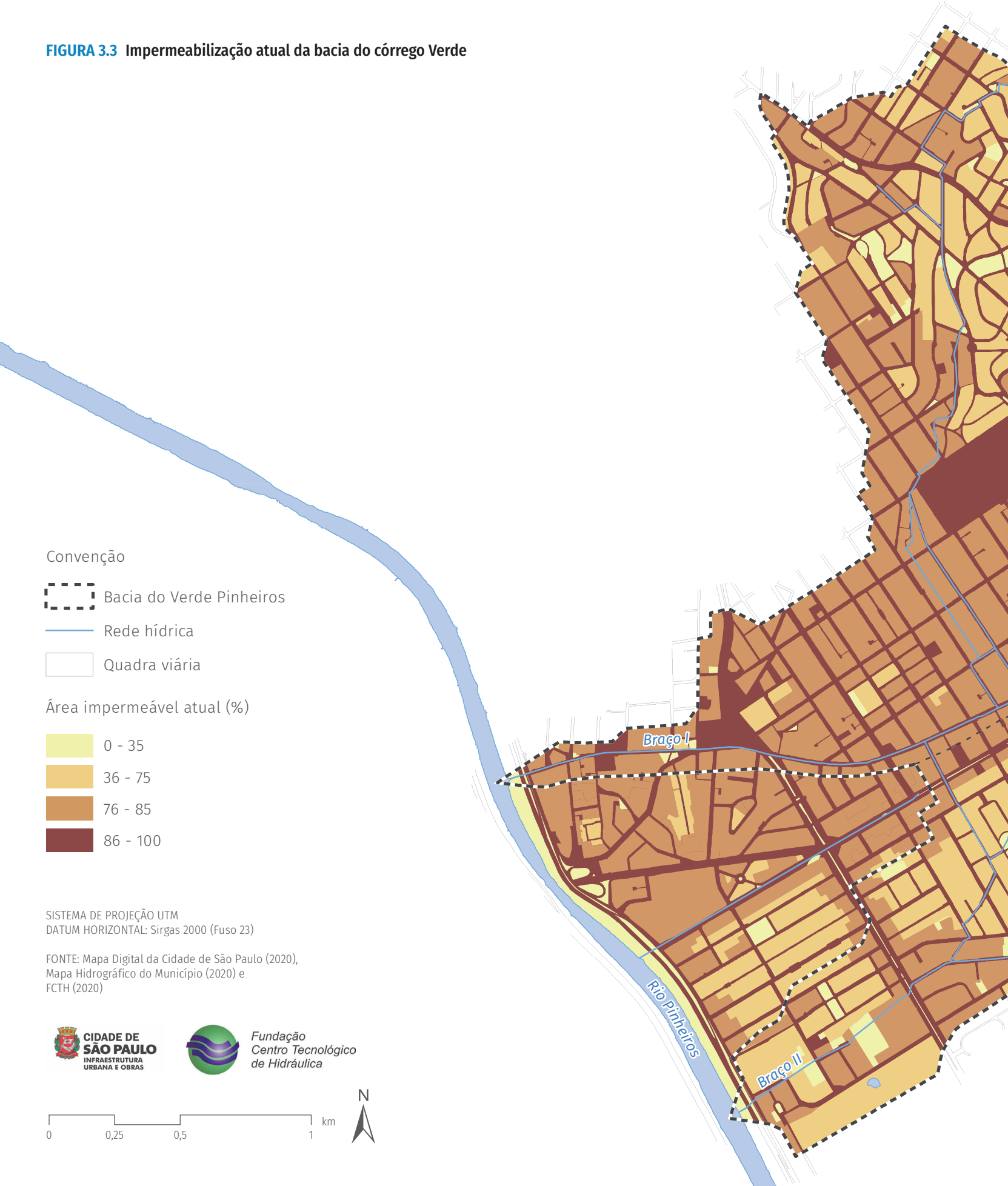
O resultado desse estudo gerou o mapa de impermeabilização máxima permitida, apresentado na **FIGURA 3.4**.

A **TABELA 3.6** indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia do córrego Verde, para a condição atual e máxima permitida por lei.

No total das 17 sub-bacias, 11 delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior que a máxima permitida, e as demais estão com valores iguais ou muito próximos do valor máximo permitido por lei.

Quando analisado o valor médio entre os braços I e II, observa-se que a variação é pequena entre os valores atuais e os permitidos. A impermeabilização atual é de 83%, e a permitida é de 81% na bacia do braço I; e, na bacia do braço II, a impermeabilização atual é de 79%, e a permitida é de 77%. Analisando esse resultado hidrologicamente, tem-se que os valores estimados não produzem alterações significativas nos hidrogramas.

FIGURA 3.3 **Impermeabilização atual da bacia do córrego Verde**



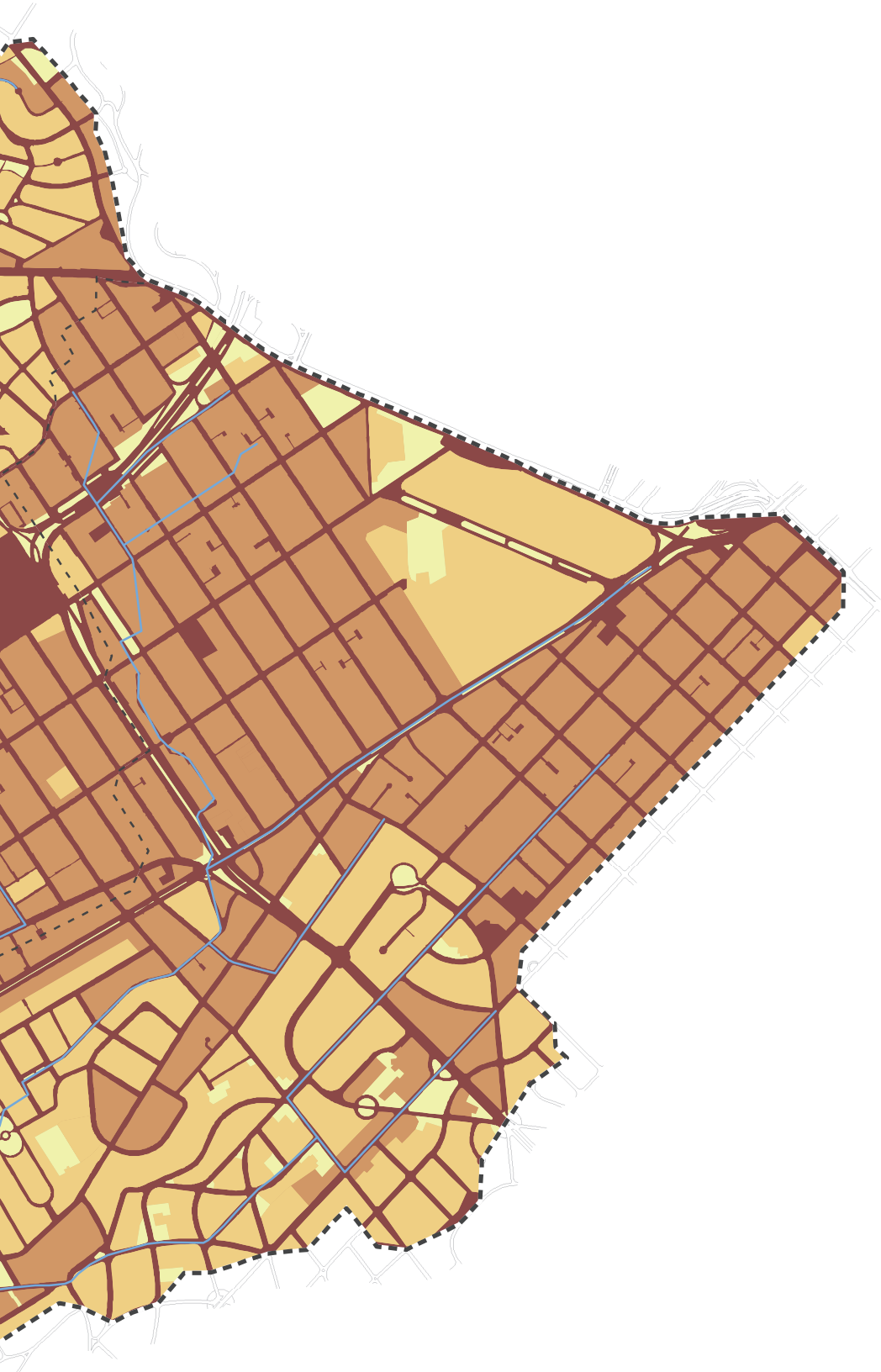


FIGURA 3.4 **Impermeabilização máxima permitida da bacia do córrego Verde**

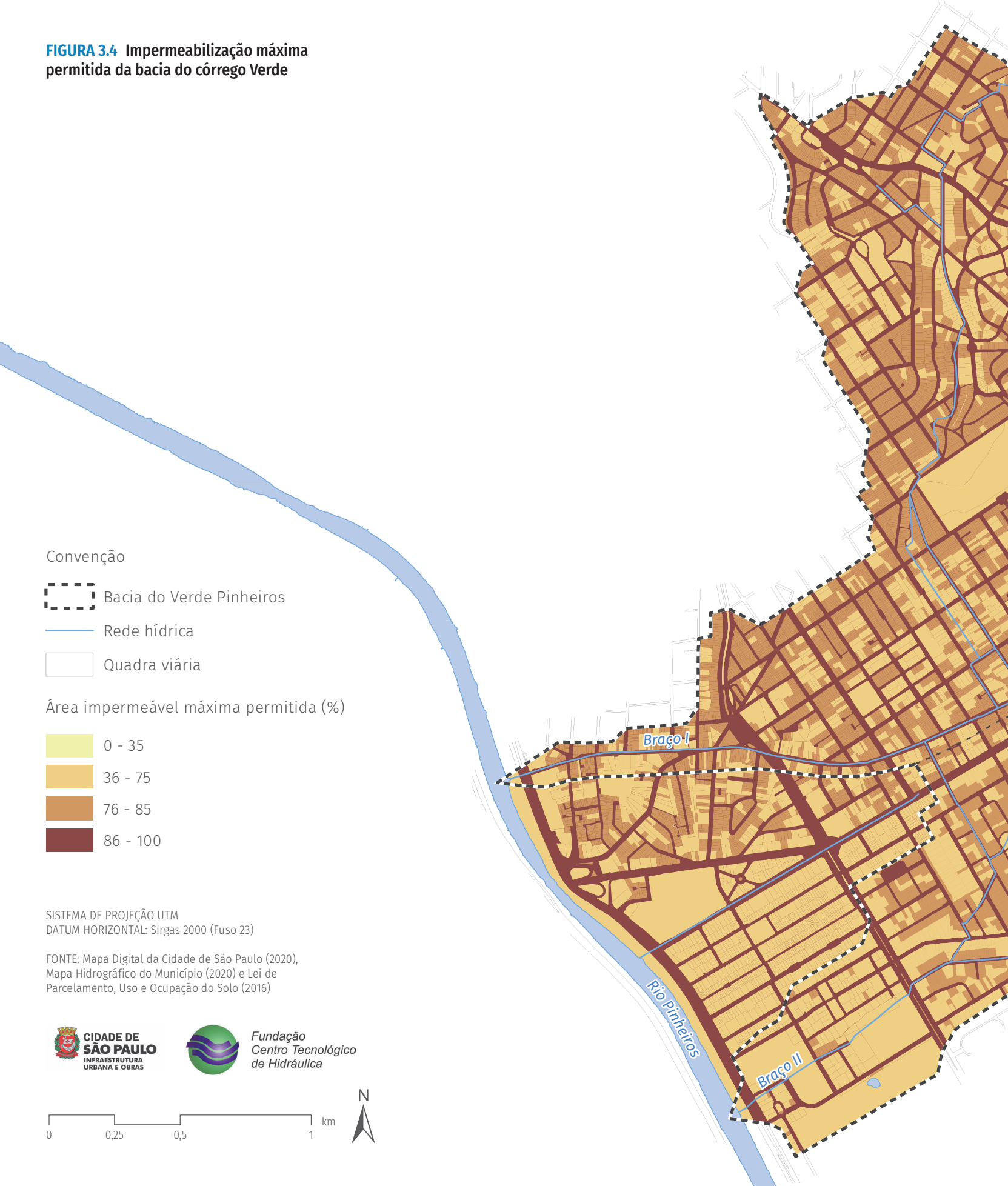




TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei

Sub-bacia (braço I)	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida
VERI-01	75	78
VERI-02	82	82
VERI-03	89	79
VERI-04	84	82
VERI-05	84	83
VERI-06	85	84
Média	83	81

Sub-bacia (braço II)	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida
VERII-01	80	83
VERII-02	82	82
VERII-03	79	81
VERII-04	79	73
VERII-05	83	82
VERII-06	85	74
VERII-07	75	74
VERII-08	80	76
VERII-09	77	73
VERII-10	73	72
VERII-11	75	75
Média	79	77

4

Mapeamento de áreas críticas

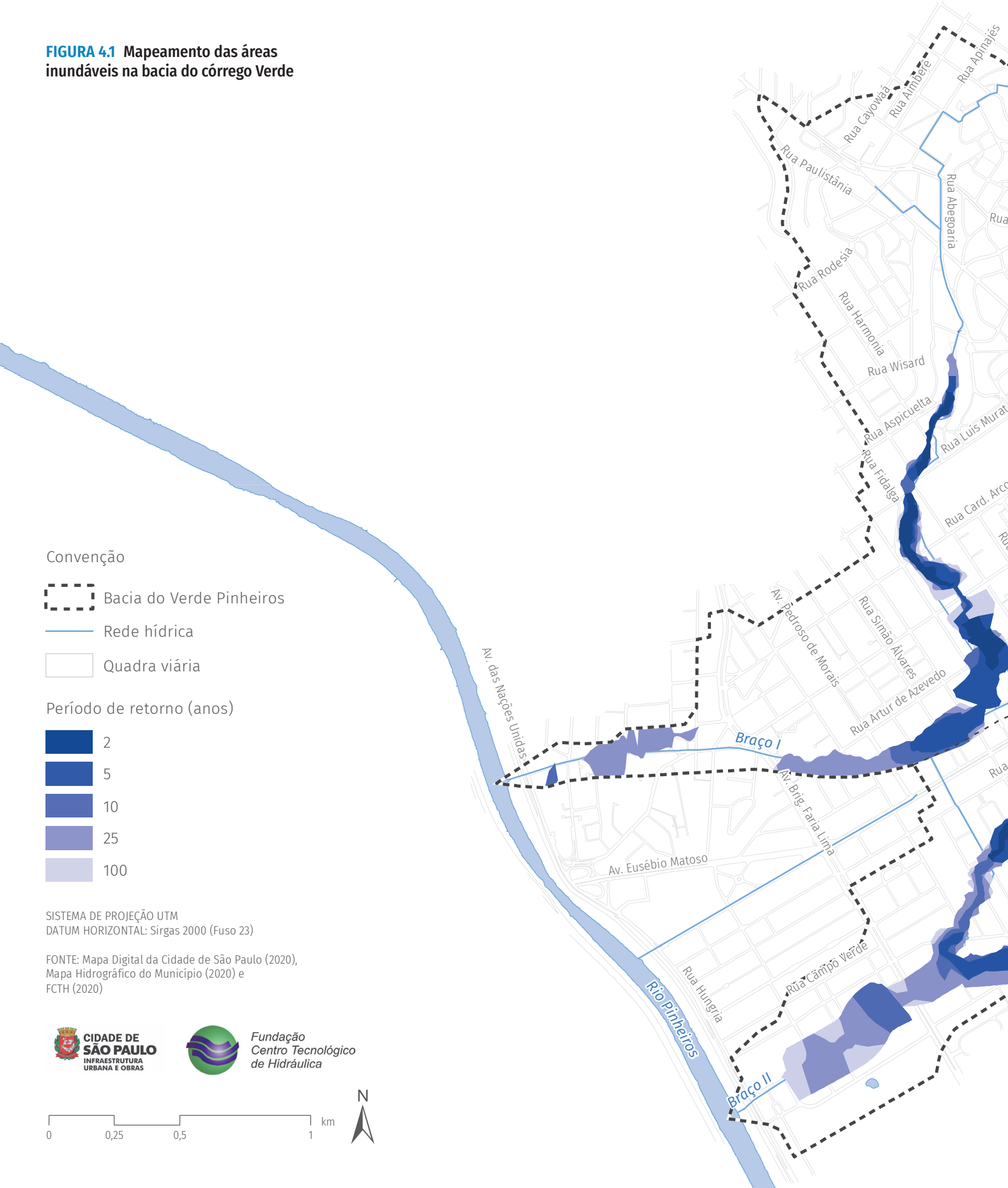
Como metodologia para auxiliar a tomada de decisão quanto às ações prioritárias no controle de cheias no Município de São Paulo, foi produzido o mapa de áreas críticas. Esse mapa considera as áreas inundáveis associadas ao risco hidrológico, o risco de inundação, o sistema viário estrutural e os equipamentos urbanos localizados em áreas inundáveis.

4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

Foi realizado o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações a partir da modelagem matemática hidráulica e hidrológica para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos, conforme mostra a **FIGURA 4.1**.

A regulamentação do uso das áreas inundáveis, conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo – PMAPSP, pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico. Esse zoneamento permite o

FIGURA 4.1 **Mapeamento das áreas inundáveis na bacia do córrego Verde**



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e FCTH (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

N

0 0,25 0,5 1 km


Av. Dr. Arnaldo
Heitor Penteado
Rua Oscar Freire
Rua Cristiano Viana
Av. Paulo VI
Rua Arruda Alvim
Av. Dr. Arnaldo
Rua Teodoro Sampaio
Rua Oscar Freire
Rua Capote Valente
Rua Cristiano Viana
Rua João Moura
Rua Lisboa
Rua Henrique Schaumann
Rua Melo Alves
Rua da Consolação
Rua Bela Cintra
Av. Paulista
Al. Santos
Al. Jaú
Al. Itu
Al. França
Rua Augusta
Al. Lorena
Rua Haddock Lobo
Rua Estados Unidos
Al. Gabriel Monteiro da Silva
Rua Atlântica
Rua dos Pinheiros
Av. Rebouças
Sampaio Vidal
Joaquim Antunes
verde
Rua Honduras
Rua Colômbia
Rua Guatemala
Rua México
Rua Polônia
Av. Europa
Rua Espanha

estabelecimento de regras para o uso e a ocupação das áreas em conformidade com o risco de inundação.

4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis da bacia próximas aos córregos. Dentre essas áreas, foram considerados os equipamentos urbanos vulneráveis, o sistema viário estrutural (**FIGURA 2.39**) e as áreas de risco de inundação.

Em equipamentos urbanos, classificam-se as áreas destinadas às instituições de ensino, tais como escolas, creches e faculdades, e às instituições de serviços de saúde e esportivas. Essas áreas foram incluídas nas análises por retratarem locais com alta vulnerabilidade em função da grande concentração de pessoas.

A metodologia para definição do risco de inundação é descrita a seguir.

4.2.1 RISCO DE INUNDAÇÃO

O conceito de risco é variável em função do contexto em que ele é aplicado, porém, está associado às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Podemos definir o risco como a probabilidade de ocorrer danos ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004[21]).

A partir desse conceito, foi realizada a estimativa do risco de inundação considerando a combinação de três componentes: a probabilidade de ocorrência de dano, o elemento do risco e a vulnerabilidade (Equação 4.1).

$$R = H \times P \times V$$

(Equação 4.1)

Onde: *R* é o risco de inundação; *H* é a probabilidade da ocorrência do evento hidrológico; *P* indica a componente da população exposta ao risco; e *V*, a vulnerabilidade.

O produto $H \times P$ indica o perigo de dano causado pelo evento hidrológico. Neste estudo foram considerados os seguintes

21. UNDP (United Nations Development Program). **Reducing disaster risk:** a challenge for development. Nova York: UNDP, 2004.

valores de *H*: Tr 2 = 0,5; Tr 5 = 0,2; Tr 10 = 0,1; Tr 25 = 0,04 e Tr 100 = 0,01.

Para a componente populacional *P*, foi atribuído o valor da densidade populacional, em habitante por quilômetro quadrado, pertencente ao setor censitário e correspondente às áreas contidas nas manchas de inundação geradas em cada período de retorno.

Por fim, a componente de vulnerabilidade *V* foi verificada em função do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS.

Os resultados obtidos pelo cruzamento das três componentes de risco de inundação estão apresentados na **TABELA 4.1**. Os valores encontrados para o risco foram divididos em quatro classes, conforme pode ser observado na tabela em questão.

TABELA 4.1 Graus de risco de inundação

Grau de risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	36
Médio	0,002 – 0,01	37
Alto	0,01 – 0,04	20
Muito Alto	0,04 – 1	7

* Essa escala foi adotada em função da análise para o Município de São Paulo.

A **FIGURA 4.2** apresenta o infográfico com os dados utilizados na estimativa das áreas de risco de inundação.

Em seguida, a **FIGURA 4.3** indica o infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas.

O mapa de áreas críticas resultante dessa análise é apresentado na **FIGURA 4.4**.

FIGURA 4.2 **Dados utilizados na obtenção do risco de inundação**

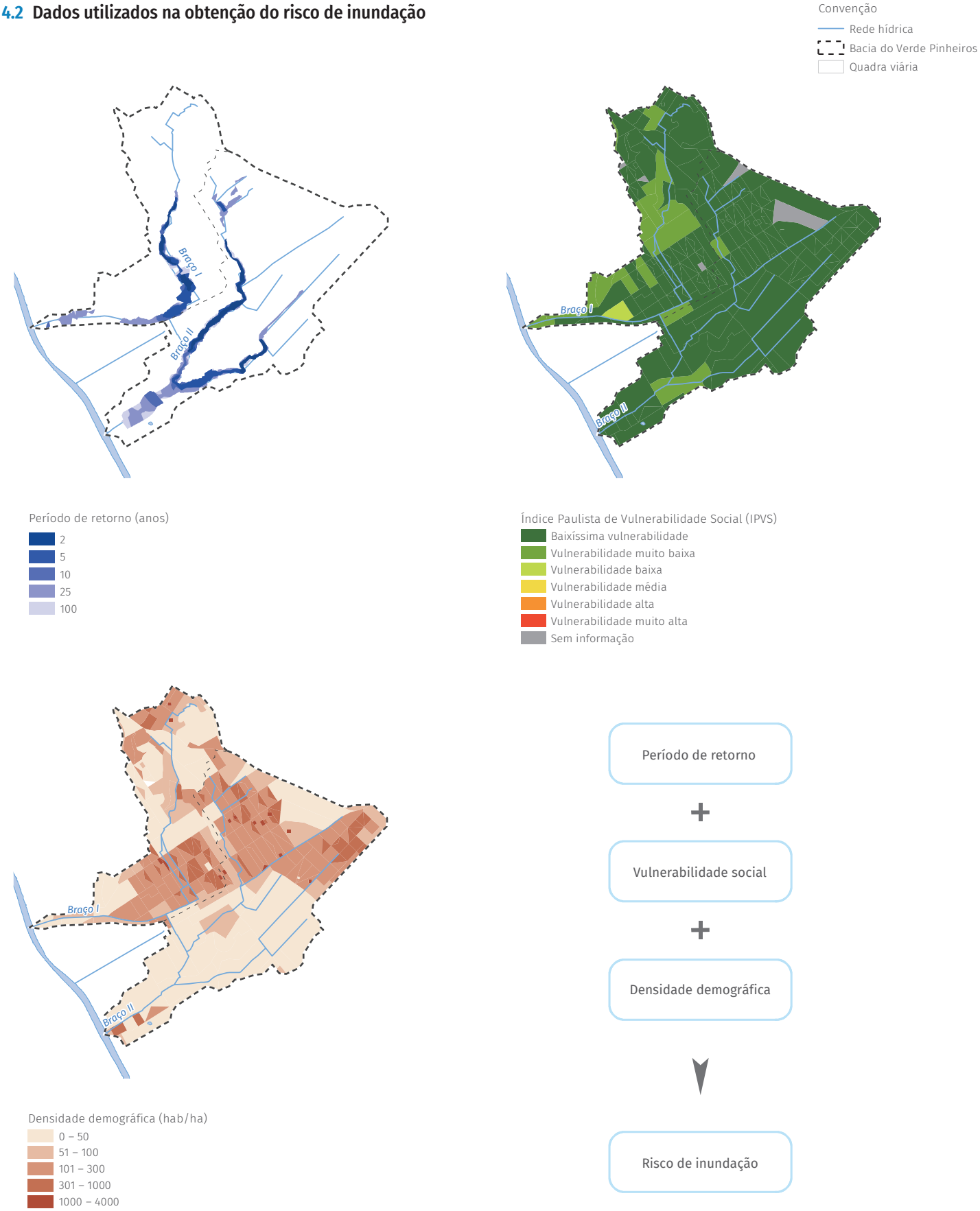
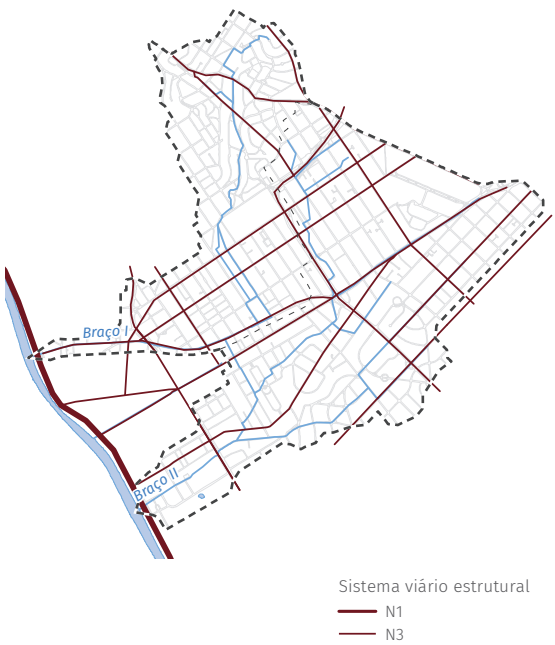


FIGURA 4.3 **Dados utilizados na obtenção das áreas críticas**







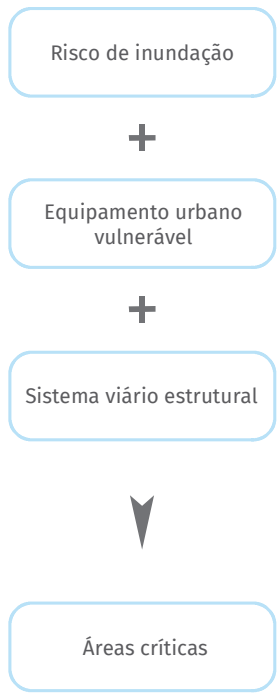
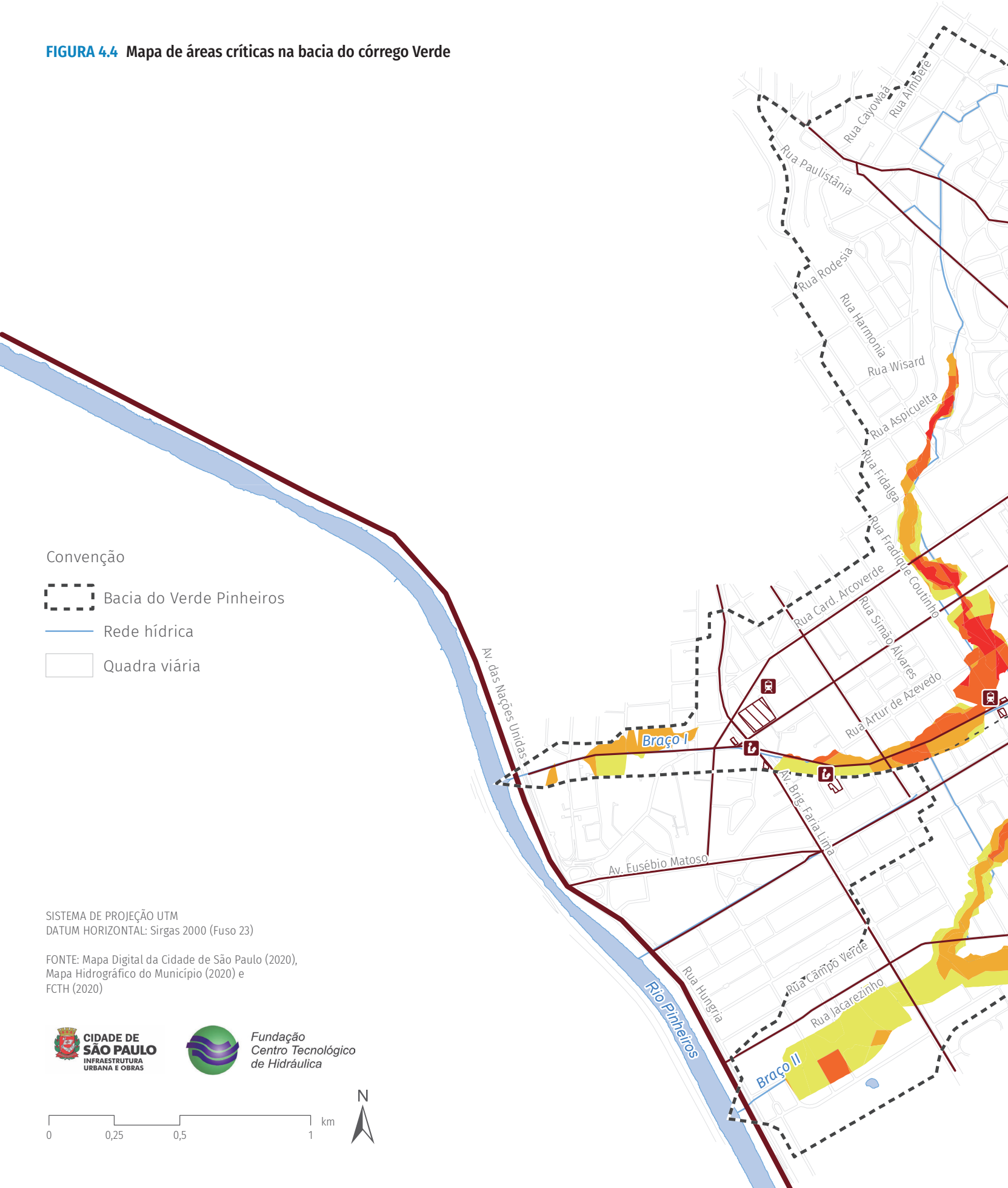


FIGURA 4.4 **Mapa de áreas críticas na bacia do córrego Verde**





Área críticas

Risco de inundação (classificação)

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto

Sistema viário estrutural

- N1
- N3

Equipamento urbano vulnerável

- Estação metroviária
- Serviços de saúde
- Unidade de ensino

5

Estudos e projetos existentes para a bacia

A bacia do córrego Verde tem sido intensamente estudada em função dos eventos recorrentes de inundação em locais de grande visibilidade, em espaços urbanos bastante frequentados pela população, bem como em vias de tráfego intenso, essenciais para o transporte e deslocamento de veículos e pessoas. Os projetos para o controle de cheias existentes nessa bacia têm como principal objetivo a proteção das regiões do Beco do Batman, na Vila Madalena, e da região da Praça Portugal, no cruzamento entre as avenidas Brasil e Rebouças, em Pinheiros. Os estudos e projetos existentes priorizaram, dessa forma, alternativas que minimizassem os impactos das inundações na porção de montante dessa bacia.

No caso do braço I, destacam-se os projetos referentes a medidas de controle de cheias na região das praças General Oliveira Álvares e Horácio Sabino, nas proximidades da Rua Abegoaria. Seguem as alternativas previamente avaliadas:

1. Reservatório linear, subterrâneo, sob laje de concreto

Projetado pela Geometrica – Engenharia de Projetos S/C LTDA. (2002), trata-se de um reservatório linear de retenção, dimensionado para vazões afluentes de período de retorno de 25 anos, ocupando uma área de 5.740 m² sob as praças General Oliveira Álvares e Jacques Bellange, totalizando 24 mil m³ de volume de reservação (**FIGURA 5.1**).

2. Parque linear córrego Verde Vila Madalena

Proposto pela Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente (2011), é um projeto de reurbanização e revitalização do espaço urbano, percorrendo o antigo leito do braço I do córrego Verde (**FIGURA 5.2**).

Contempla uma releitura do reservatório descrito no item 1, considerando a revitalização do espaço das praças, com platôs verdes que promovam a infiltração e áreas disponíveis como espaços para lazer, esporte e usos culturais. Incorpora a utilização de

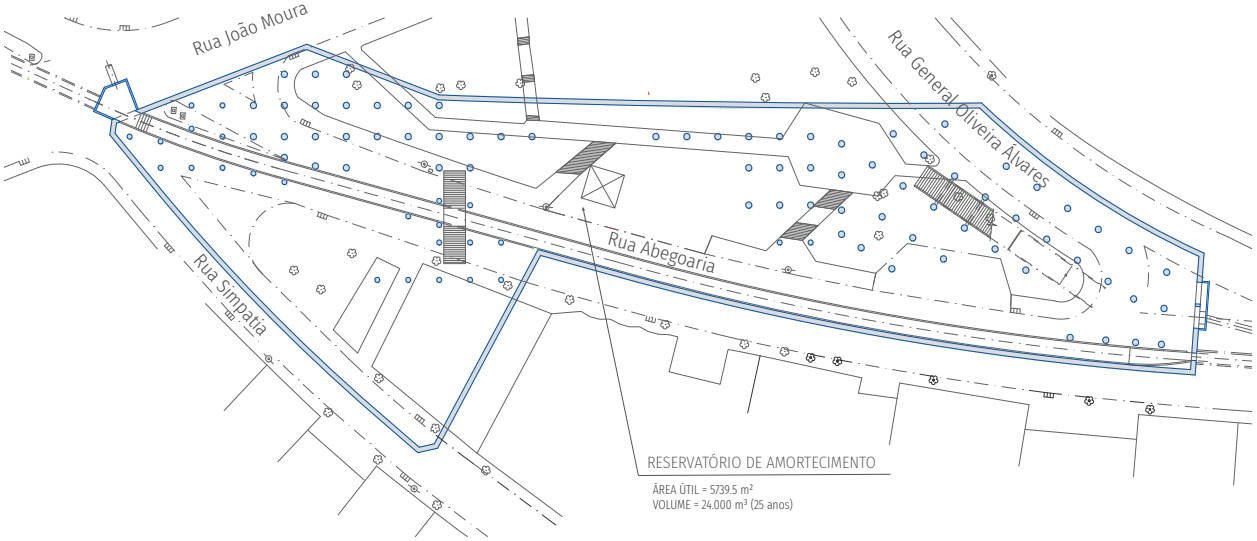


FIGURA 5.1 **Projeto reservatório Abegoaria (adaptado de Geometrica, 2002)**

métodos não convencionais para a retenção de águas pluviais, como sistemas de calçamento permeável, jardins de chuva, jardineiras e espelhos d'água.

Este sistema de reservação foi objeto de estudo da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) em 2011, para avaliação da eficiência do reservatório proposto para a diminuição dos picos de cheia na região do Beco do Batman. O relatório destaca a importância do reservatório na Rua Abegoaria e recomenda, para proteção de 100 anos, a substituição das galerias a jusante do reservatório. Além disso, aponta a necessidade de intervenções na galeria na região do parque, para garantia de segurança e desempenho do sistema de drenagem devido a condições críticas de escoamento, com velocidades bastante elevadas. No contexto da bacia, o efeito da implantação do parque linear se limita à região a montante da Rua Belmiro Braga. O trecho mais a jusante, até o Rio Pinheiros, também deve ser avaliado, a fim de se aprimorar o sistema de drenagem em toda a bacia.

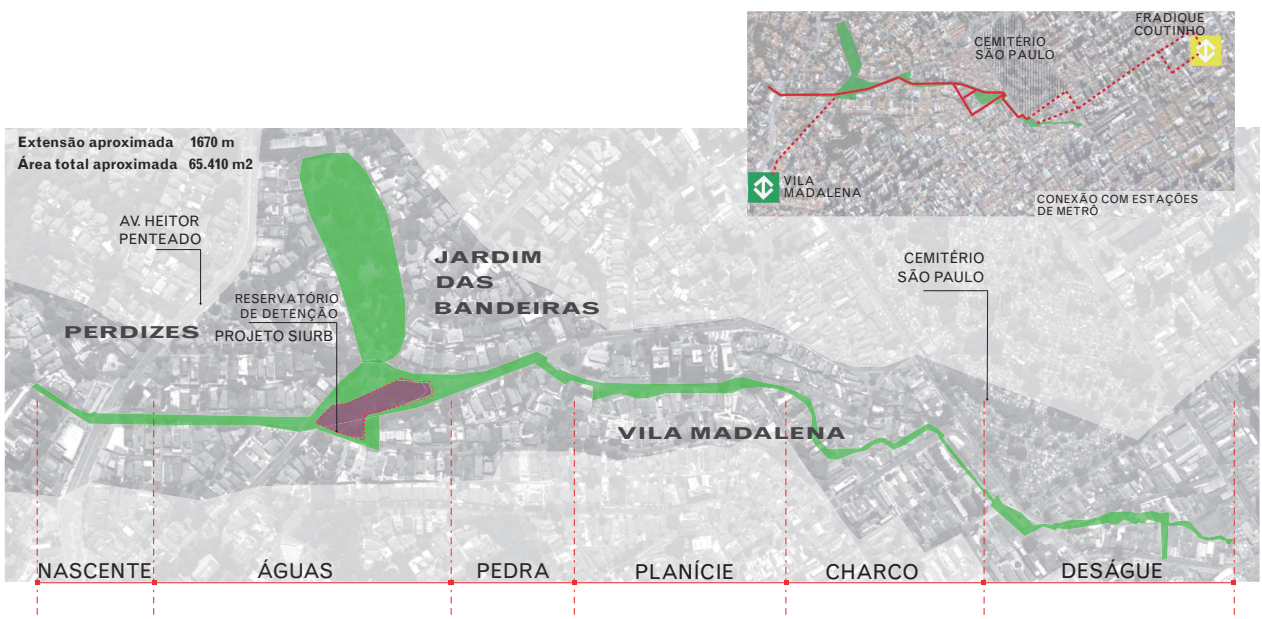


FIGURA 5.2 **Projeto do parque linear no córrego Verde (adaptado de SVMA, 2011)**

3. Projeto da Hidrostudio Engenharia para controle de cheias na bacia do braço I do córrego Verde (2007)

Esse projeto contemplou o estudo completo da bacia, considerando, além da implantação do reservatório na Rua Abegoaria, melhorias nas galerias a jusante do reservatório e reforços de galeria na Rua Girassol e nas ruas Joaquim Antunes e Artur de Azevedo. Introduziu uma proposta de sistema de controle de ondas de cheia por métodos não convencionais, que consiste na implantação de barreiras ao longo da Praça Horácio Sabino, para promover a infiltração e a retenção do escoamento superficial na praça, diminuindo, assim, as vazões afluentes ao reservatório da Praça General Oliveira Álvares (**FIGURA 5.3**).



FIGURA 5.3 **Sistema de retenção de águas pluviais, método não convencional (adaptado de Hidrostudio, 2007)**

4. Ações nas galerias de águas pluviais existentes

Propostas indicadas em parecer técnico à PMSP em outubro de 2009 consistem em:

- reativação de galeria antiga existente (retangular de 2,80 × 1,50 m) entre a rua Medeiros de Albuquerque e vielas de drenagem das ruas Harmonia, Girassol e Luiz Murat;
- ampliação dos pontos de captação das águas superficiais (bocas-de-lobo);
- ampliação de galeria em trecho de 180 m na Rua Belmiro Braga, para seção retangular de 1,50 × 0,85 m;
- reforma da galeria sob a Rua Abegoaria, para recuperação de sua capacidade máxima de escoamento.

No braço II, os esforços se concentraram nas inundações recorrentes nas imediações da Avenida Rebouças e da Avenida Brasil. Para esse braço do córrego, foram avaliadas pela Hidrostudio Engenharia (2007) duas alternativas, sendo a alternativa 1 selecionada para execução das etapas de projeto:

1. Construção de dois reservatórios e de galeria de reforço

Reservatórios *in line* dimensionados para proteção de cheias de tempo de retorno de 25 anos, sendo o primeiro proposto nas imediações da Rua Galeno de Almeida, e o segundo, sob a Praça Portugal, com volumes de 7,8 mil m³ (**FIGURA 5.4**) e 33 mil m³ (**FIGURA 5.5**), respectivamente.

No caso do reservatório Galeno de Almeida, foi projetada uma galeria de saída, na Rua João Moura, de seção circular de diâmetro de 1,0 m, para que o esgotamento do reservatório ocorresse por gravidade. Para o reservatório da Praça Portugal, foi dimensionado um canal suspenso, sendo que o vertimento ocorreria pelas laterais de um canal de seção retangular 1,5 × 0,3 m para dentro do poço do reservatório, durante os eventos de precipitação intensa.

O traçado da galeria de reforço ao longo da Rua Lisboa visa interceptar o escoamento superficial proveniente dos pontos altos das ruas Teodoro Sampaio e Artur de Azevedo, evitando sua chegada à galeria existente na Rua Paulo Gontijo de Carvalho, cuja capacidade de escoamento é baixa. As dimensões e os trechos são detalhados na **TABELA 5.1**.

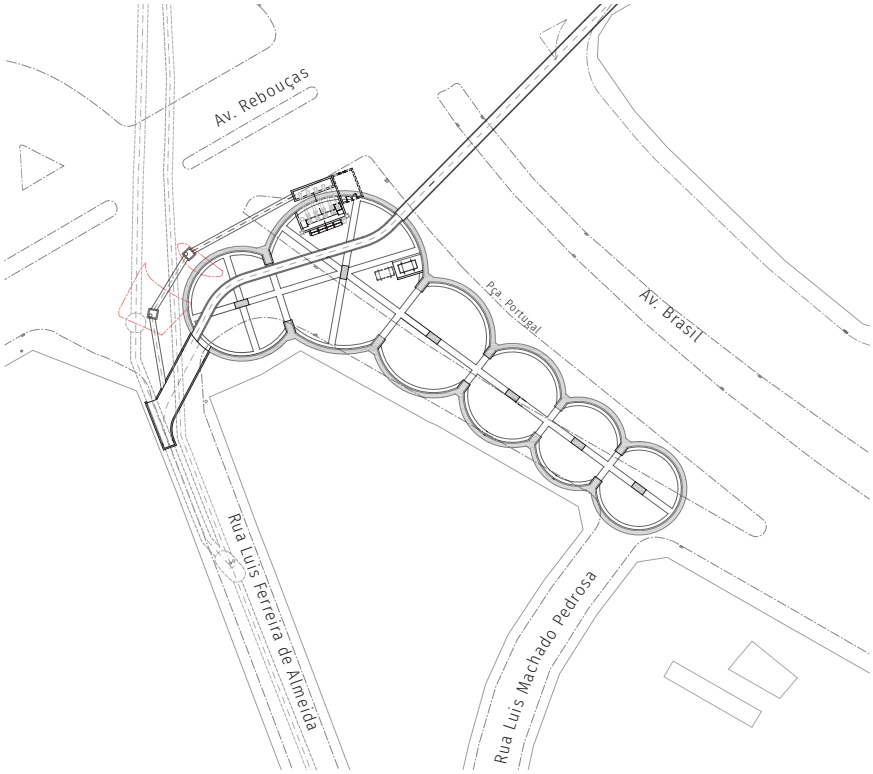


FIGURA 5.4 **Projeto do reservatório da Pç. Portugal (adaptado de Hidrostudio, 2007)**

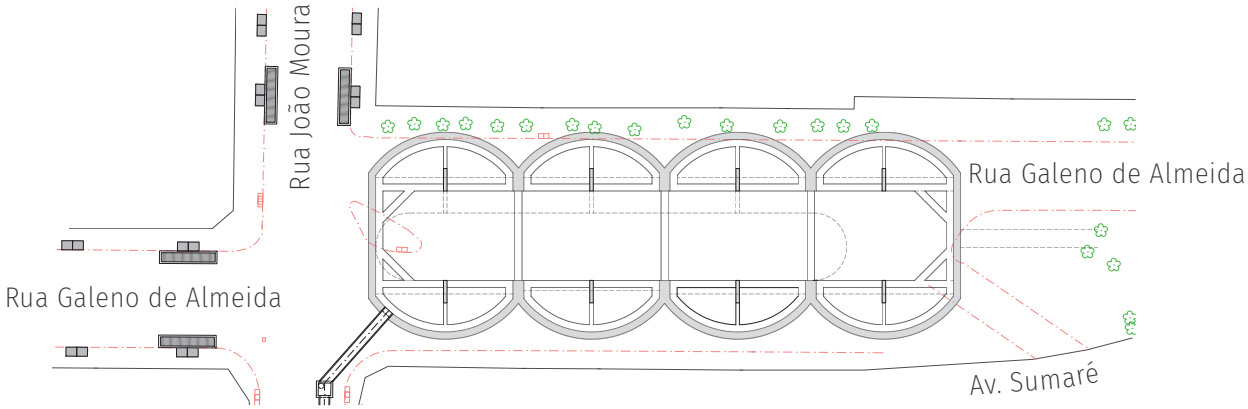


FIGURA 5.5 **Projeto do reservatório Galeno de Almeida (adaptado de Hidrostudio, 2007)**

TABELA 5.1 Dimensão dos trechos detalhados no projeto do córrego Verde, braço II

Trecho	Extensão (m)	Declividade (m/m)	Seção
R. Lisboa, entre a R. Teodoro Sampaio e a R. Artur de Azevedo	240	0,015	Circular de diâmetro 1,2 m
R. Lisboa, entre a R. Artur de Azevedo e a Av. Rebouças	370	0,015	Circular de diâmetro 1,5 m
Av. Rebouças, entre a R. Lisboa e o reservatório da Pç. Portugal	170	0,013	Túnel de diâmetro 2,0 m

2. Construção de um reservatório, de galeria de reforço e de *tunnel liner*

Prevê a construção apenas do reservatório da Rua Galeno de Almeida, e um *tunnel liner* em substituição ao reservatório da Praça Portugal. O traçado proposto para o túnel se inicia no cruzamento da Avenida Rebouças e da Rua Luís P. de Almeida, seguindo pela Avenida Rebouças até o cruzamento com a Rua Joaquim Antunes, para seguir por esta até seu cruzamento com a Rua Sampaio Vidal. Deste local, o traçado segue pela Rua Sampaio Vidal e pela Rua Manduri até seu desemboque no Rio Pinheiros, totalizando 2.400 m de extensão, declividade média de 0,0035 m/m, com seção circular de diâmetro 3,0 m. Essa alternativa foi descartada em função do alto custo, do elevado impacto para implantação e das interferências urbanas.

Além dessas soluções, outra solução apresentada para esse braço é o projeto da Engevix (1986), para uma galeria de reforço de seção circular de 1,0 m de diâmetro e 360 m de extensão, no trecho da viela sanitária entre as ruas Capote Valente e João Moura, para aumento da capacidade de escoamento e com o objetivo de minimizar inundações causadas pelas chuvas nesses trechos, que não sofrem a influência dos reservatórios projetados.

FIGURA 5.6 **Estudos e projetos existentes na bacia do córrego Verde**





Projetos existentes

- Reservatório
- Túnel de derivação
- Aumento de seção
- Reativação de galeria
- Galeria de reforço
- Barreira de contenção
- Parque linear

6

Alternativas propostas

Este capítulo apresenta um conjunto de medidas em duas alternativas de controle de cheias.

No intuito de conceder à bacia o grau de proteção de 100 anos, as intervenções foram dimensionadas para o cenário de ocupação máxima do solo permitida por lei.

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial através de ações estruturais situadas nos córregos da bacia do Verde. Dentre as principais medidas de controle propostas, destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Na bacia do córrego Verde, foi considerada a possibilidade de implantação de reservatórios de armazenamento sob o viário, uma vez que a disponibilidade de espaços livres é limitada nessa bacia, em razão de sua densa ocupação e urbanização consolidada.

- Parques lineares com função de reservação – funcionam como reservatórios de armazenamento linear, no próprio canal do córrego. A função de reservação é introduzida através de estruturas de restrição de seção ao longo do canal, dimensionadas para controlar o escoamento para jusante.
- Reforço de galeria – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da galeria existente, podendo ser realizada pela substituição da galeria ou construção de uma nova galeria.
- Galerias-reservatórios para o amortecimento de cheias – estruturas compostas por tubos de concreto instalados no subsolo, com a função de atenuar picos de cheias. O controle do fluxo ao longo das galerias-reservatórios é efetuado através de elementos de controle de descarga, tais como orifícios fixos, devendo todo o excedente de volumes, após o enchimento do segmento, ser descarregado por meio de "extravasores".

Os cadernos de Bacia Hidrográfica estudaram a implantação das obras em etapas, tendo em vista a redução paulatina dos riscos de inundação na bacia até o nível correspondente às precipitações de período de retorno de 100 anos.

Nesse caso, foram previstas quatro etapas de implantação: a primeira etapa é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em locais frequentemente afetados pelas cheias, ou aqueles caracterizados pelas áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana (**FIGURA 4.4**); a segunda etapa foi composta por obras que protejam a bacia para chuvas de 10 anos; a terceira etapa visa à proteção para chuvas de 25 anos; e a quarta etapa traz obras para proteção de 100 anos.

Foi também considerada uma intervenção para a área de contribuição direta situada entre os braços I e II, que apresenta problemas de alagamento nas avenidas Rebouças e Eusébio Matoso, conforme apresentado no mapa de diagnóstico de inundações (**FIGURA 2.9**).

Para o Caderno da bacia do córrego Verde de Pinheiros, adotou-se uma primeira etapa comum às duas alternativas, consistindo em obras prioritárias e/ou projetos previamente aprovados pela prefeitura.

As alternativas conferem à bacia proteção hidrológica para chuvas de 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos extraordinários com TRs maiores que 100 anos, a bacia não está protegida.

As medidas de controle de cheias foram propostas considerando a condição máxima permitida de uso e ocupação do

solo da bacia, conforme indicada na Lei nº 16.402/2016.

Os itens a seguir apresentam detalhadamente as duas alternativas elaboradas, discriminando as intervenções propostas em cada etapa de implantação.

6.1 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 foi concebida priorizando a implantação de reservatórios de armazenamento localizados em praças e áreas públicas, minimizando interferências com o tráfego de veículos e custos associados à desapropriação de lotes. Devido à ocupação consolidada da bacia estudada, a solução proposta priorizou a distribuição do volume total reservado em múltiplos reservatórios de dimensões menores.

A Alternativa 1 contempla a implantação de quinze reservatórios de armazenamento (423 mil m³), galerias de reforço (1.805 m), galerias-reservatórios (6.900 m³) e substituição de galerias existentes (2.500 m), além da reativação da galeria de ligação entre o braço I e o braço II (500 m). Sete reservatórios propostos apresentam formato linear, sob o viário. Demais reservatórios propostos seriam *off line*, com esgotamento por bombas, à exceção dos reservatórios da primeira etapa.

A **TABELA 6.1** indica as obras previstas na Alternativa 1 em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões.

A **FIGURA 6.1** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as quatro etapas de implantação das ações.

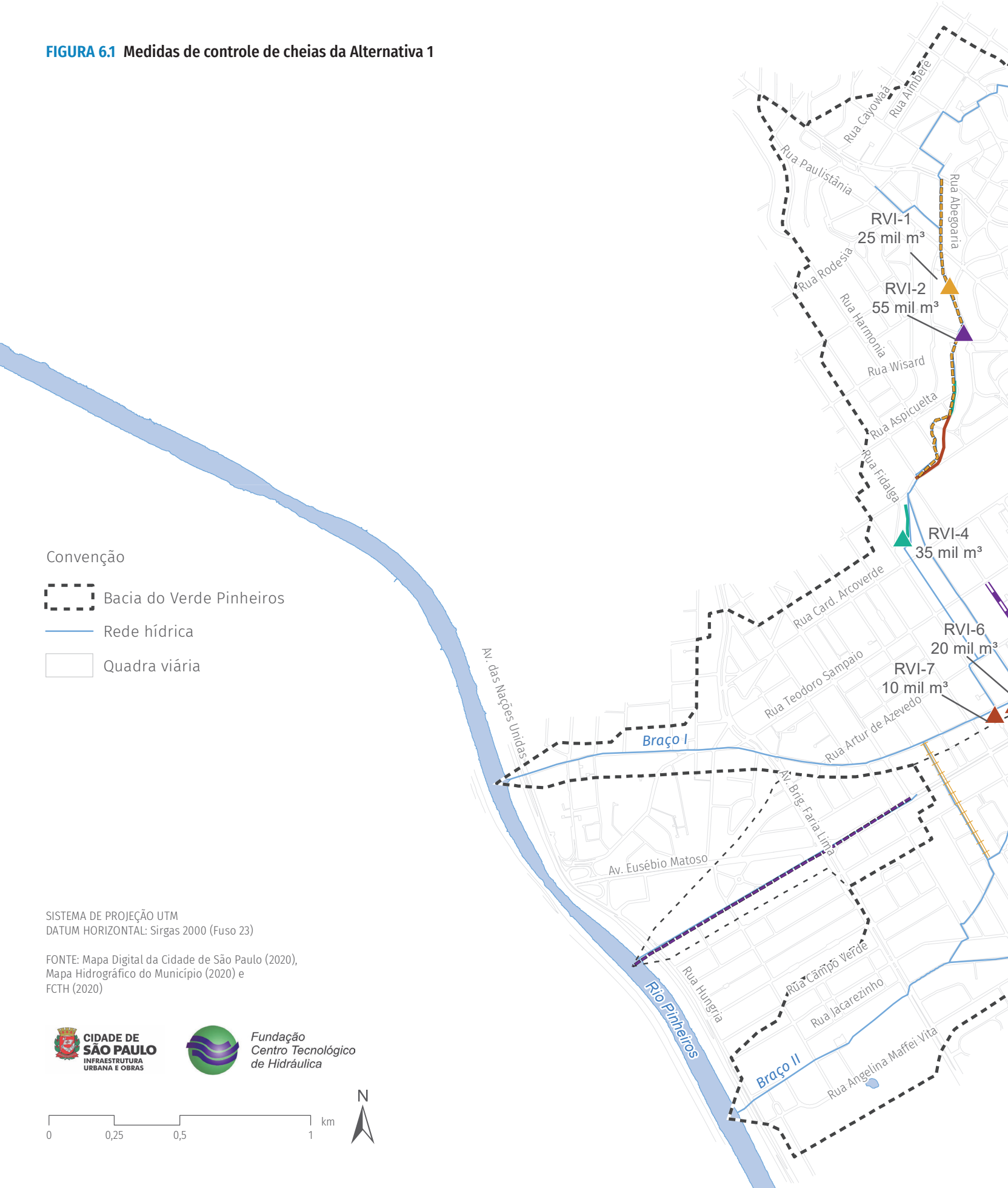
A **FIGURA 6.2** indica o diagrama unifilar de vazões escoadas para uma chuva de 100 anos e, também, a capacidade de escoamento do sistema de drenagem da bacia do Verde a partir das intervenções propostas na Alternativa 1.

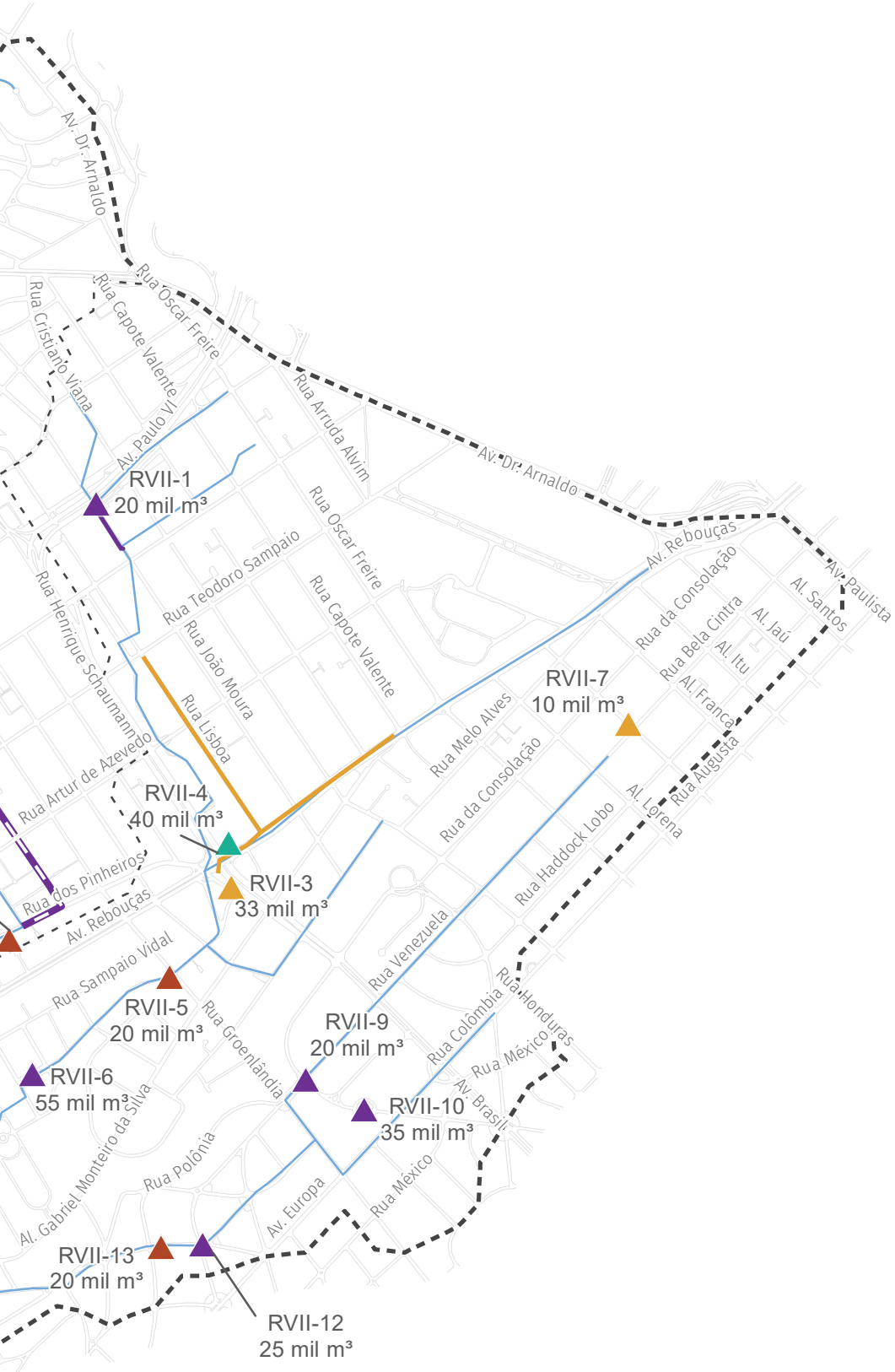
TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1						
Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Área (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-1	R. Abegoaria	–	–	25.000
		Substituição de galeria	R. Abegoaria e R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Heitor Penteado e a R. Belmiro Braga	1250	1,8	-
		Reativação de galeria existente	R. Capitão Prudente	500	2,8	-
	Braço II	Reservatório RVII-3	Pç. Portugal	–	–	33.000
		Reservatório RVII-7	Al. Tietê	–	–	10.000
		Galeria de apoio	R. Lisboa e Av. Rebouças	630	6,2	–
		Galeria de apoio	Av. Rebouças	450	3,1	–
2ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-2	R. Medeiros de Albuquerque	–	–	40.000
		Galeria-reservatório	R. Dr. Virgílio de Carvalho Pinto e R. dos Pinheiros	560	-	6.900
	Braço II	Reservatório RVII-1	R. Galeno de Almeida	–	–	20.000
		Reservatório RVII-6	Pç. Antônio Duarte do Amaral	–	–	35.000
		Reservatório RVII-9	R. Guadelupe	–	–	20.000
		Reservatório RVII-10	Pç. dos Incas	–	–	20.000
		Reservatório RVII-12	R. Grécia	–	–	25.000
		Galeria de apoio	R. João Moura (a jusante do RVII-1)	150	0,8	-
	Sub-bacia Rebouças	Substituição de galeria	Av. Rebouças	1250	3,1	–

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Área (m²)	Volume (m³)
3ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-4	R. Girassol	-	–	25.000
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Cipriano Jucá e a R. Aspicuelta	135	2,3	-
		Galeria de apoio	Desvio para o reservatório RVI-4	140	3,1	-
	Braço II	Reservatório RVII-4	R. Henrique Schaumann e Av. Rebouças	-	-	40.000
		Reservatório RVII-6 (expansão)	Pç. Antônio Duarte do Amaral	-	-	20.000
		Reservatório RVII-10 (expansão)	Pç. dos Incas	-	-	15.000
4ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-2 (expansão)	R. Medeiros de Albuquerque	-	-	15.000
		Reservatório RVI-4 (expansão)	R. Girassol	-	-	10.000
		Reservatório RVI-6	R. Auriflama	-	-	20.000
		Reservatório RVI-7	R. Teçaindá	-	-	10.000
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Aspicuelta e a R. Girassol	300	2,3	-
	Braço II	Reservatório RVII-5	R. Groenlândia	-	-	20.000
		Reservatório RVII-13	R. Grécia	-	-	20.000

FIGURA 6.1 **Medidas de controle de cheias da Alternativa 1**





Alternativa 1

1ª etapa (TR 2 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Reativação de galeria
- Substituição de galeria

2ª etapa (TR 10 anos)

- Reservatório
- Galeria-reservatório
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

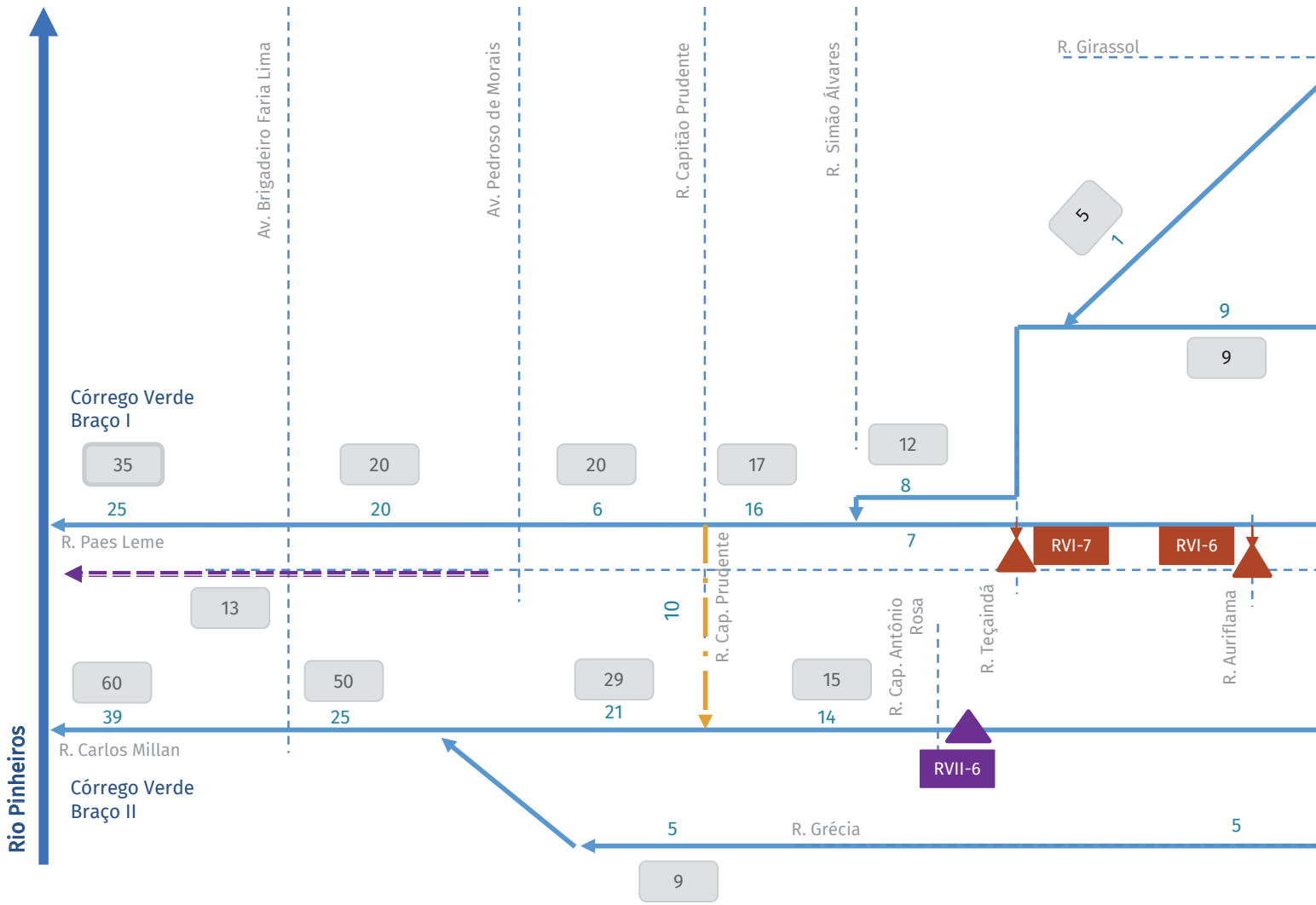
3ª etapa (TR 25 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria

4ª etapa (TR 100 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria

FIGURA 6.2 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas**



Capacidade máxima da seção (m³/s)

Vazões TR 100 anos (m³/s)

EXISTENTE

Rede de drenagem

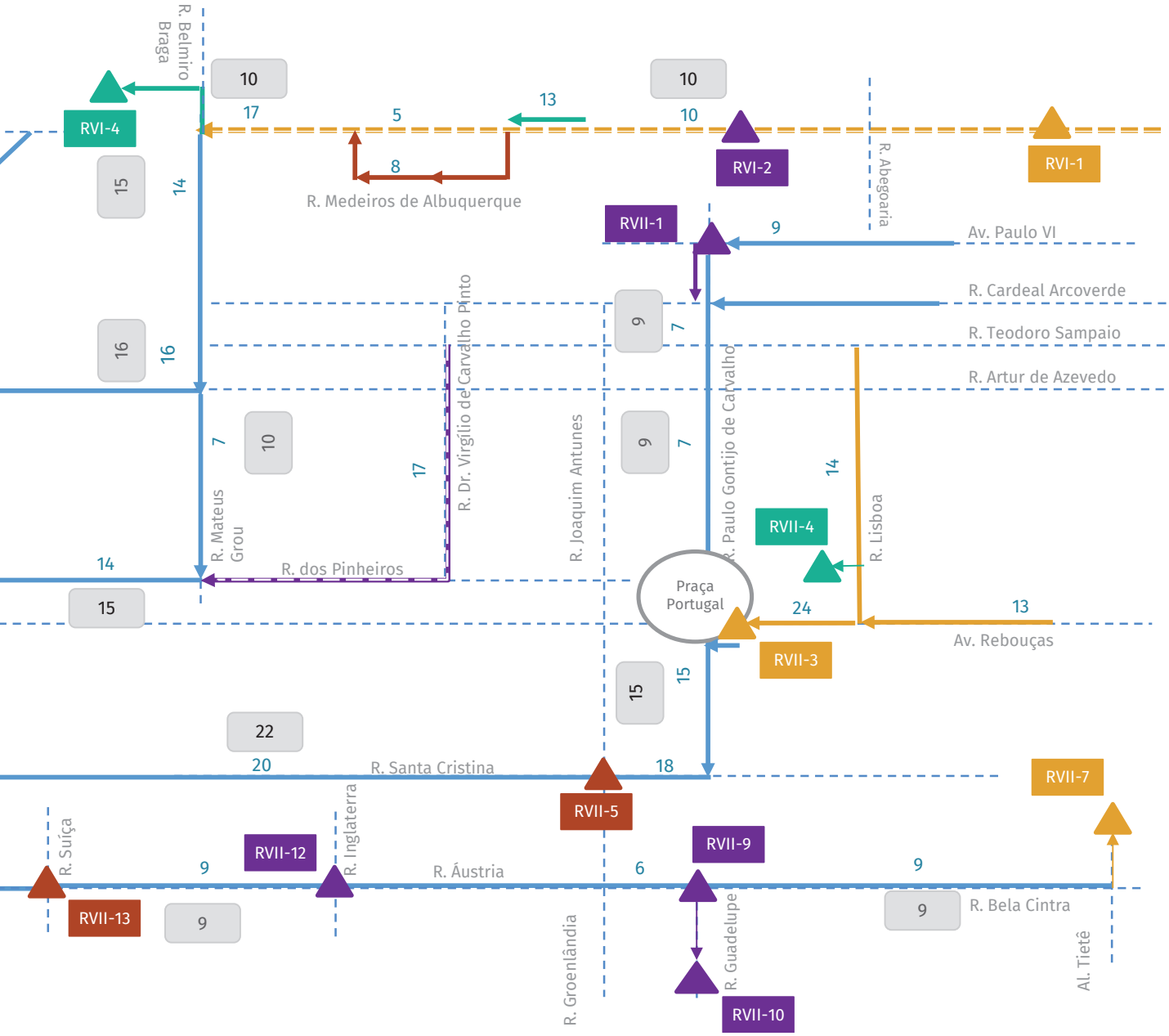
INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA
Etapa inicial

Reservatório

Reativação de galeria

Reforço de galeria

Substituição de galeria



INTERVENÇÕES DA 2ª ETAPA
TR 10 anos

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

INTERVENÇÕES DA 3ª ETAPA
TR 25 anos

- Reservatório
- Reforço de galeria

INTERVENÇÕES DA 4ª ETAPA
TR 100 anos

- Reservatório
- Reforço de galeria

6.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 deu prioridade à implantação de reservatórios de armazenamento lineares sob o viário, sendo o volume excedente armazenado em galerias-reservatórios, de forma a preservar as praças e minimizar custos de desapropriação, uma vez que a conservação dos espaços públicos de convivência ao ar livre, especialmente nessa bacia, é bastante valorizada pela população residente no local e frequentadora deles.

A Alternativa 2 contempla a implantação de 12 reservatórios de armazenamento (323 mil m³), galerias de reforço (1.635 m), galerias-reservatórios (20.000 m³) e substituição de galerias existentes (2.500 m). Metade dos reservatórios propostos apresenta formato linear e está sob o viário. Os demais reservatórios propostos seriam *off line*, com esgotamento por bombas, à exceção dos reservatórios da primeira etapa.

Com o objetivo de reinserção do córrego no ambiente urbano, a Alternativa 2 também apresenta uma proposta de abertura do córrego para o braço II, na Praça Gastão Vidigal, introduzindo a convivência e o contato com a água.

A **TABELA 6.2** indica as obras previstas na Alternativa 2 em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões.

A **FIGURA 6.3** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 2, indicando as três etapas de implantação de ações.

A **FIGURA 6.4** indica o diagrama unifilar de vazões escoadas e, também, a capacidade de escoamento das estruturas de drenagem a partir das intervenções propostas na Alternativa 2.

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Área (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-1	R. Abegoaria	–	–	25.000
		Substituição de galeria	R. Abegoaria e R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Heitor Penteado e a R. Belmiro Braga	1250	1,8	-
		Reativação de galeria existente	R. Capitão Prudente	500	2,8	-
	Braço II	Reservatório RVII-3	Pç. Portugal	–	–	33.000
		Reservatório RVII-7	Al. Tietê	–	–	10.000
		Galeria de apoio	R. Lisboa e Av. Rebouças	630	6,2	–
		Galeria de apoio	Av. Rebouças	450	3,1	–
2ª Etapa	Braço I	Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Cipriano Jucá e a R. Aspicuelta	135	2,3	-
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Aspicuelta e a R. Harmonia	170	5	-
		Galeria de apoio	R. Luís Murat, entre a R. Harmonia e a R. Girassol	100	2,3	-
		Galeria-reservatório	R. Cônego Eugênio de Lima e R. Artur de Azevedo	770	-	9.500
		Galeria-reservatório	R. Patápio Silva	300	-	2.600
	Braço II	Reservatório RVII-1	R. Galeno de Almeida	-	-	20.000
		Reservatório RVII-6	Pç. Antônio Duarte do Amaral	-	-	40.000
		Reservatório RVII-9	Pç. Guadelupe	-	-	25.000
		Reservatório RVII-11	R. Alemanha	-	-	20.000
		Galeria de apoio	R. João Moura	150	0,8	-
		Abertura de córrego	Pç. Gastão Vidigal	100	6	-
	Sub-bacia Rebouças	Substituição de galeria	Av. Rebouças	1250	3,1	–

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

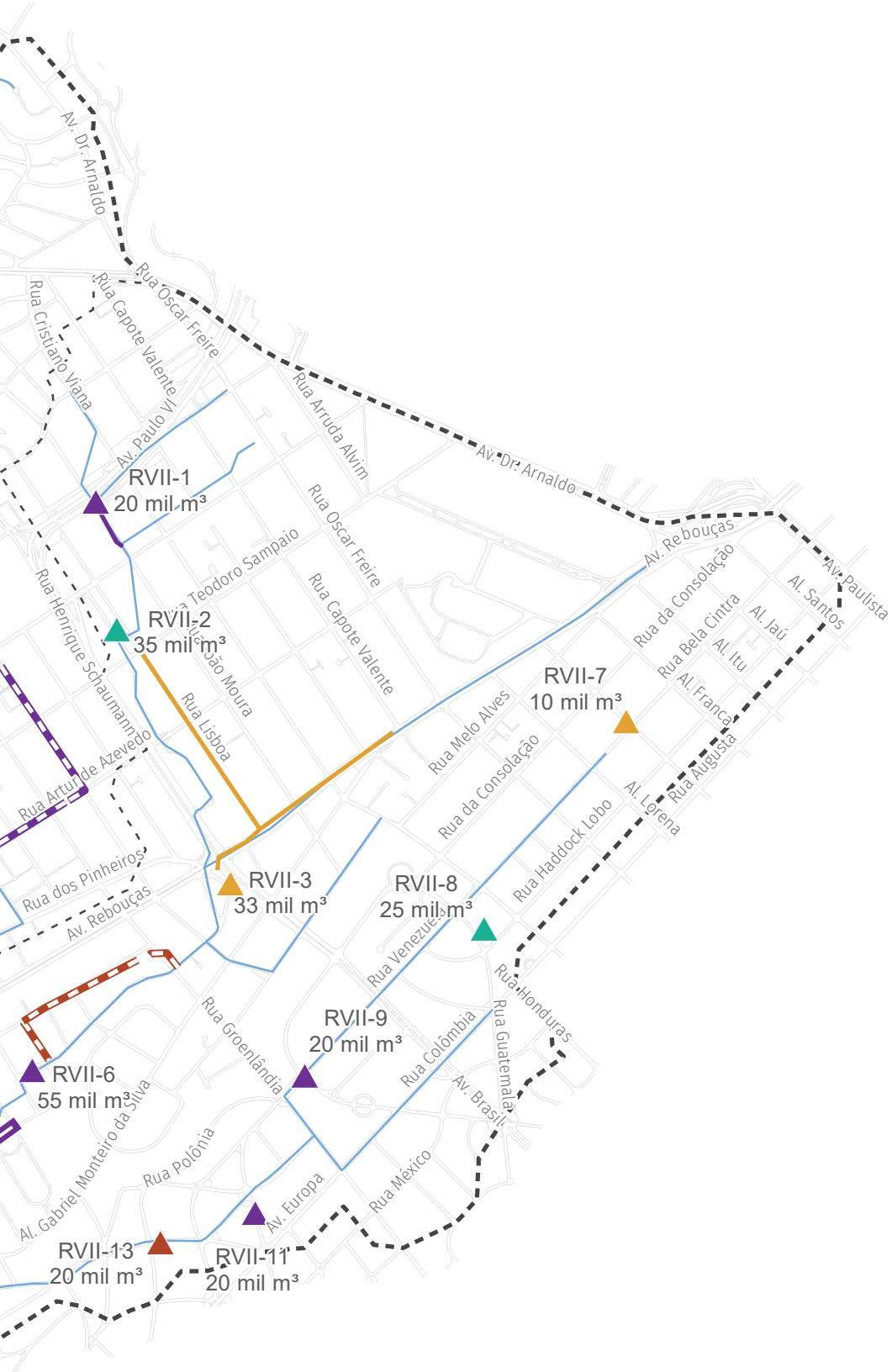
Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Área (m²)	Volume (m³)
3ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-3	R. Inácio Pereira da Rocha	-	-	35.000
	Braço II	Reservatório RVII-2	Pç. Benedito Calixto	-	-	35.000
		Reservatório RVII-6 (expansão)	Pç. Antônio Duarte do Amaral	-	-	15.000
		Reservatório RVII-8	R. Uruguai	-	-	15.000
4ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-5	R. Artur de Azevedo	-	-	20.000
		Galeria-reservatório	R. Simpatia e R. Harmonia	360	-	1.000
	Braço II	Reservatório RVII-8 (expansão)	R. Uruguai	-	-	10.000
		Reservatório RVII-13	R. Grécia	-	-	20.000
		Galeria-reservatório	R. Sampaio Vidal	600	-	7.400



Rua Abegoaria (foto: Delfim Martins)

FIGURA 6.3 **Medidas de controle de cheias da Alternativa 2**





Alternativa 2

1ª etapa (TR 2 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Reativação de galeria
- Substituição de galeria

2ª etapa (TR 10 anos)

- Reservatório
- Galeria-reservatório
- Abertura de canal
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

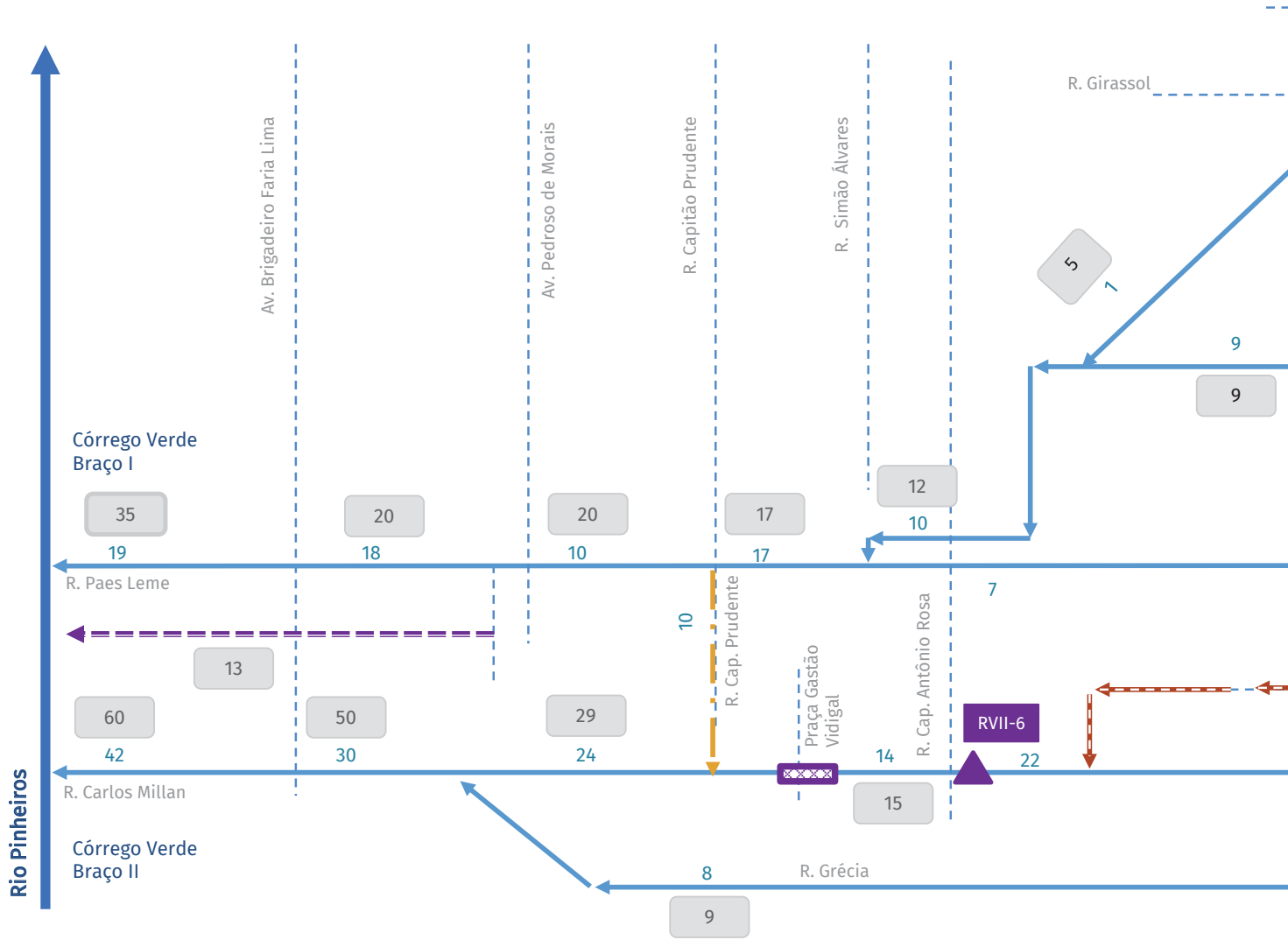
3ª etapa (TR 25 anos)

- Reservatório

4ª etapa (TR 100 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria

FIGURA 6.4 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 2 com as obras da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas**



Capacidade máxima da seção (m³/s)

Vazões TR 100 anos (m³/s)

EXISTENTE

Rede de drenagem

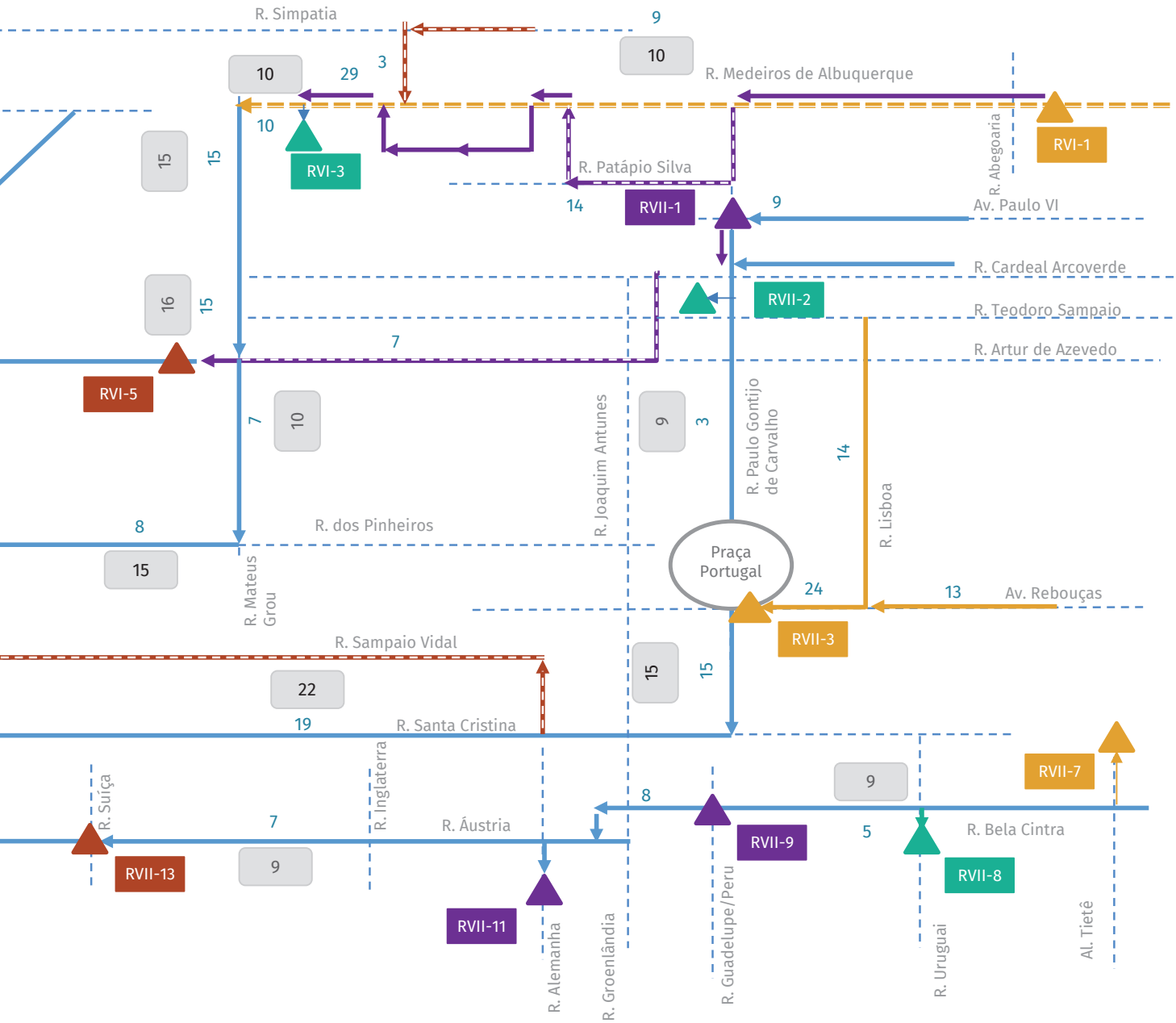
INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA
Etapa inicial

Reservatório

Reativação de galeria

Reforço de galeria

Substituição de galeria



INTERVENÇÕES DA 2ª ETAPA
TR 10 anos

- Reservatório
- Abertura de canal
- Galeria-reservatório
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

INTERVENÇÕES DA 3ª ETAPA
TR 25 anos

- Reservatório

INTERVENÇÕES DA 4ª ETAPA
TR 100 anos

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Galeria-reservatório

6.3 LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS NA BACIA

Este item indica as localizações das áreas dos vinte reservatórios propostos nas alternativas apresentadas.



FIGURA 6.5 **Localização do reservatório RVI-1 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.6 **Localização do reservatório RVI-2 – Alternativa 1**



FIGURA 6.7 **Localização do reservatório RVI-3 – Alternativa 2**



FIGURA 6.8 **Localização do reservatório RVI-4 – Alternativa 1**



FIGURA 6.9 **Localização do reservatório RVI-5 – Alternativa 2**



FIGURA 6.10 **Localização dos reservatórios RVI-6 e RVI-7 – Alternativa 1**



FIGURA 6.11 **Localização do reservatório RVII-1 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.12 **Localização do reservatório RVII-2 – Alternativa 2**



FIGURA 6.13 **Localização dos reservatórios RVII-3 (Alternativas 1 e 2) e RVII-4 (Alternativa 1)**



FIGURA 6.14 **Localização do reservatório RVII-5 – Alternativa 1**



FIGURA 6.15 **Localização do reservatório RVII-6 – Alternativas 1 e 2**

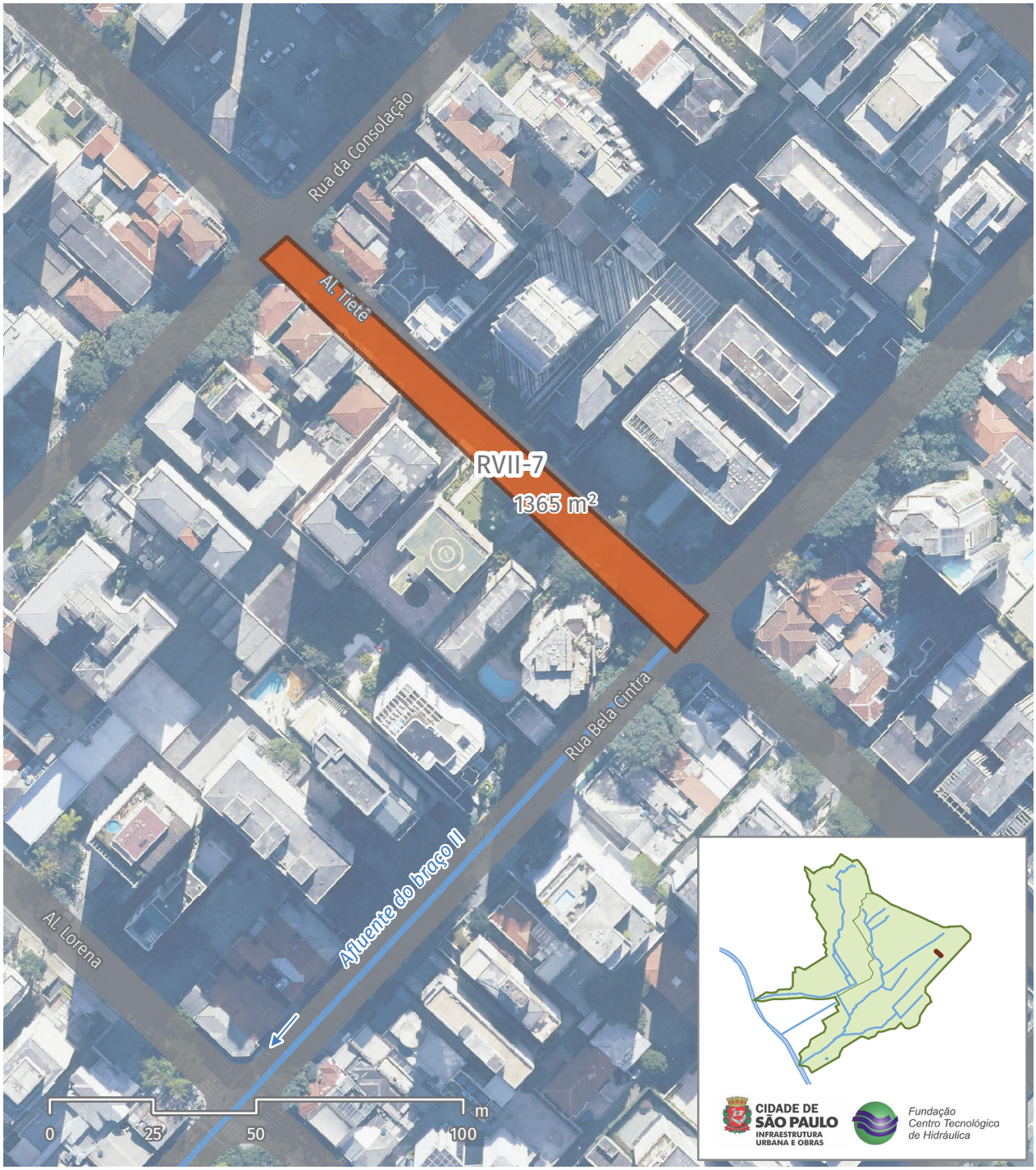


FIGURA 6.16 **Localização do reservatório RVII-7 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.17 Localização do reservatório RVII-8 – Alternativa 2

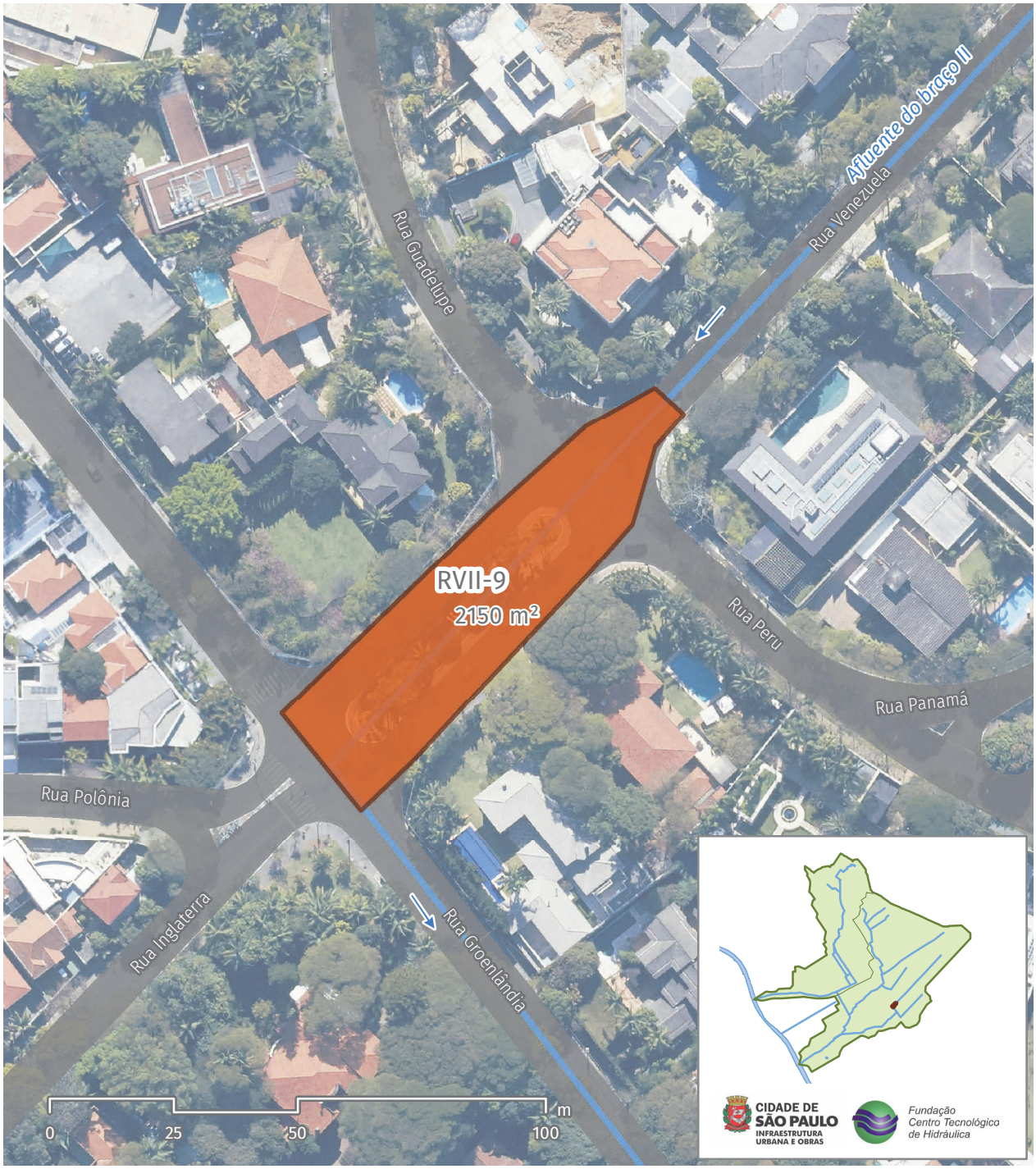


FIGURA 6.18 **Localização do reservatório RVII-9 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.19 **Localização do reservatório RVII-10 – Alternativa 1**

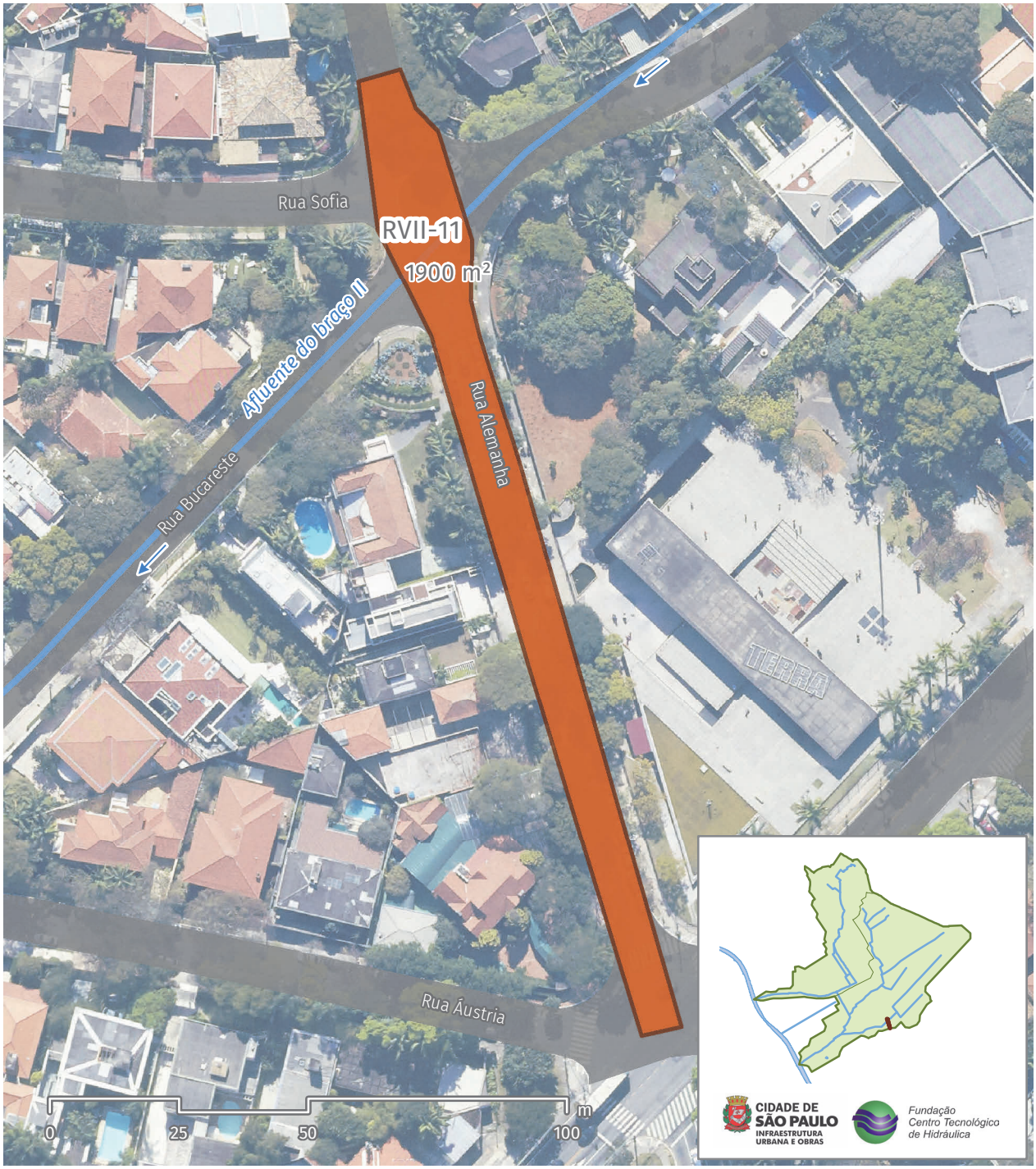


FIGURA 6.20 **Localização do reservatório RVII-11 – Alternativa 2**



FIGURA 6.21 Localização do reservatório RVII-12 (Alternativa 1)



FIGURA 6.22 **Localização do reservatório RVII-13 – Alternativa 2**

6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DO RESERVATÓRIO NA RUA ABEGOÁRIA E DA ABERTURA DE CANAL NA PRAÇA GASTÃO VIDIGAL

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte do reservatório RVI-1, na Rua Abegoaria, no braço I, e da abertura de canal na Praça Gastão Vidigal, no braço II.

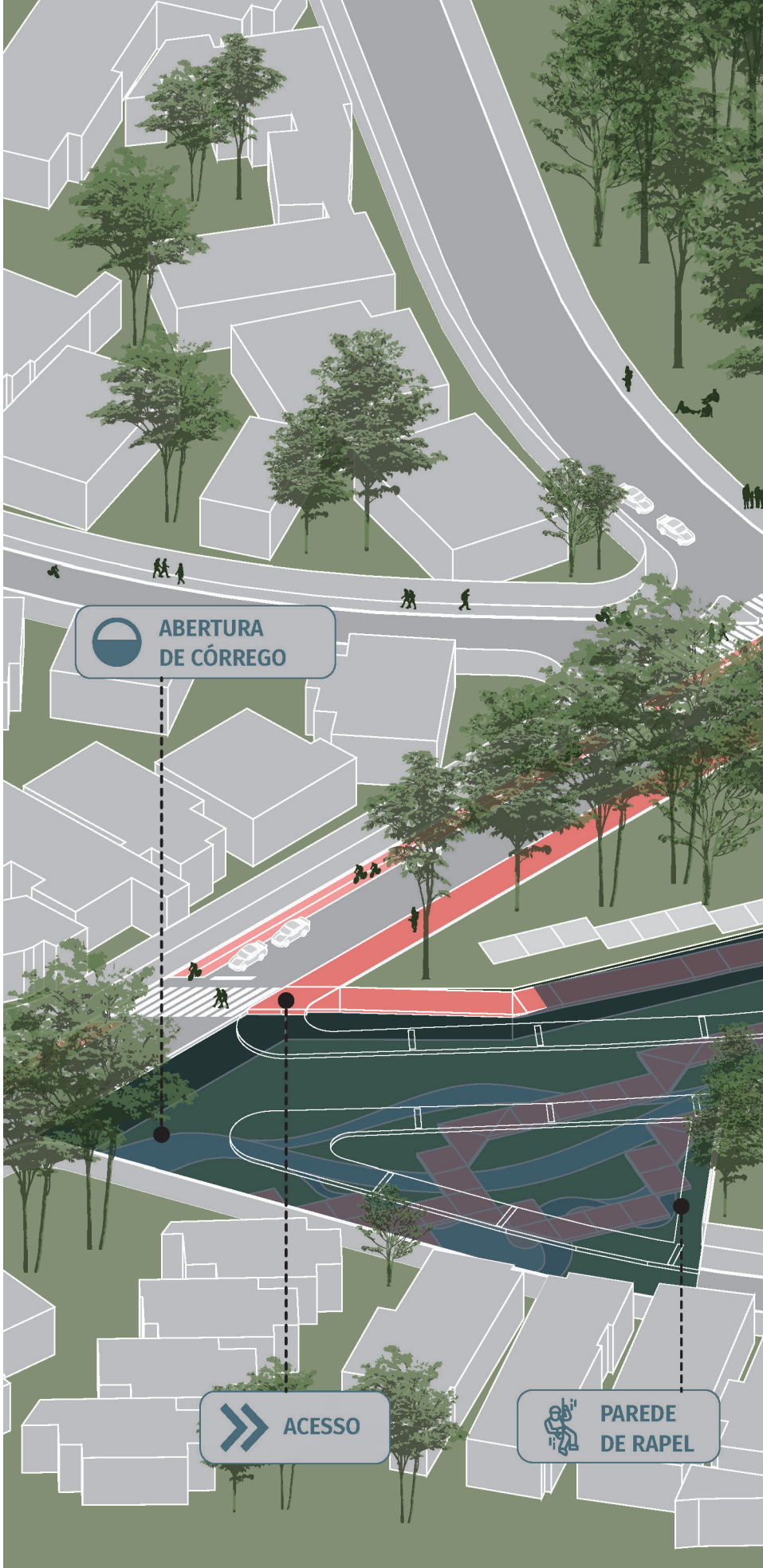
As propostas paisagísticas foram elaboradas visando a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, a partir de critérios urbanísticos e paisagísticos que vislumbrem a integração harmônica das infraestruturas de drenagem com o meio ambiente urbano.

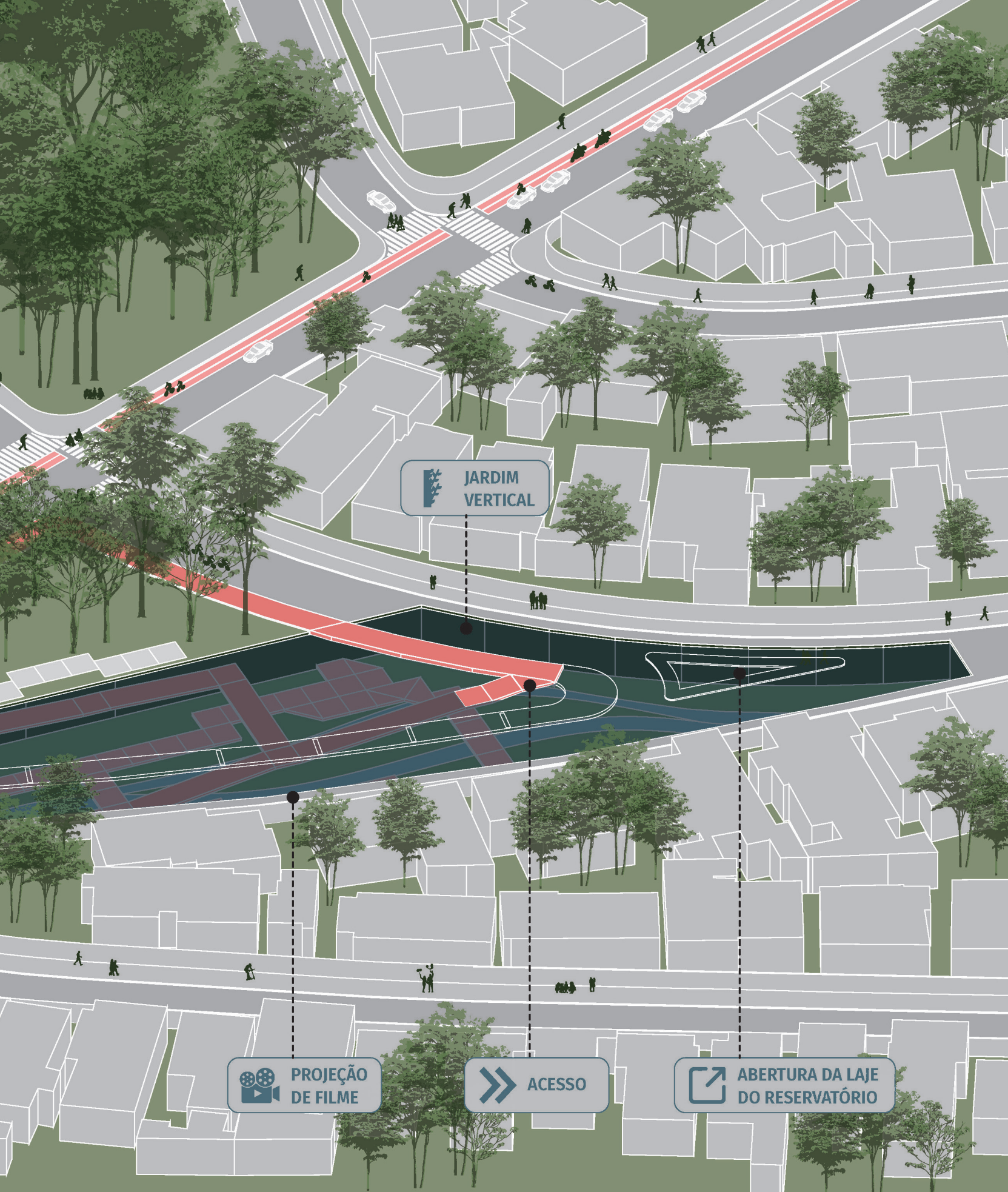
RESERVATÓRIO ABEGOARIA

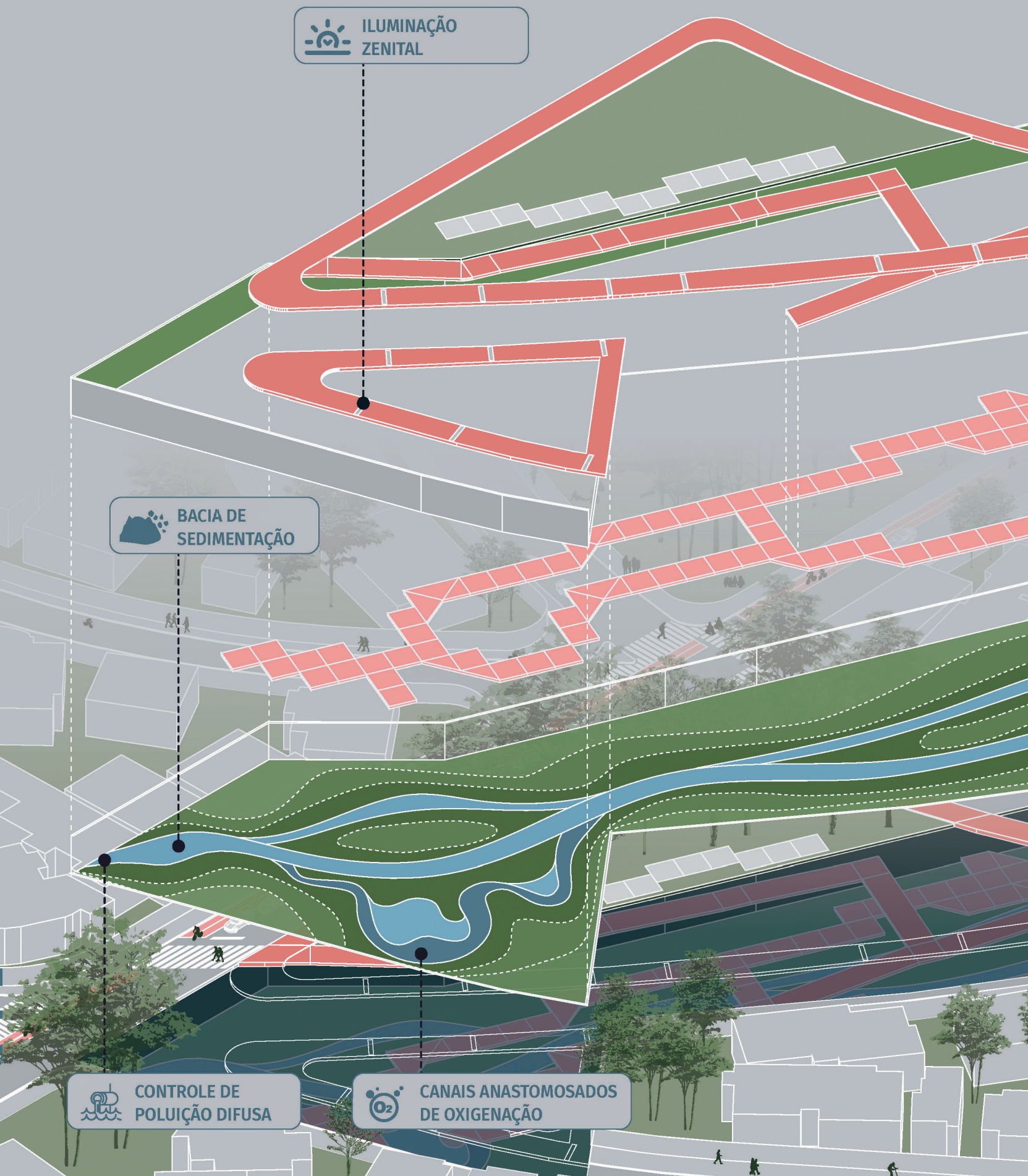
O reservatório Abegoaria, componente de uma rede de infraestrutura verde para os braços I e II da bacia do córrego Verde, foi escolhido como representante de uma proposta sistêmica e integrada de tratamento das águas urbanas.

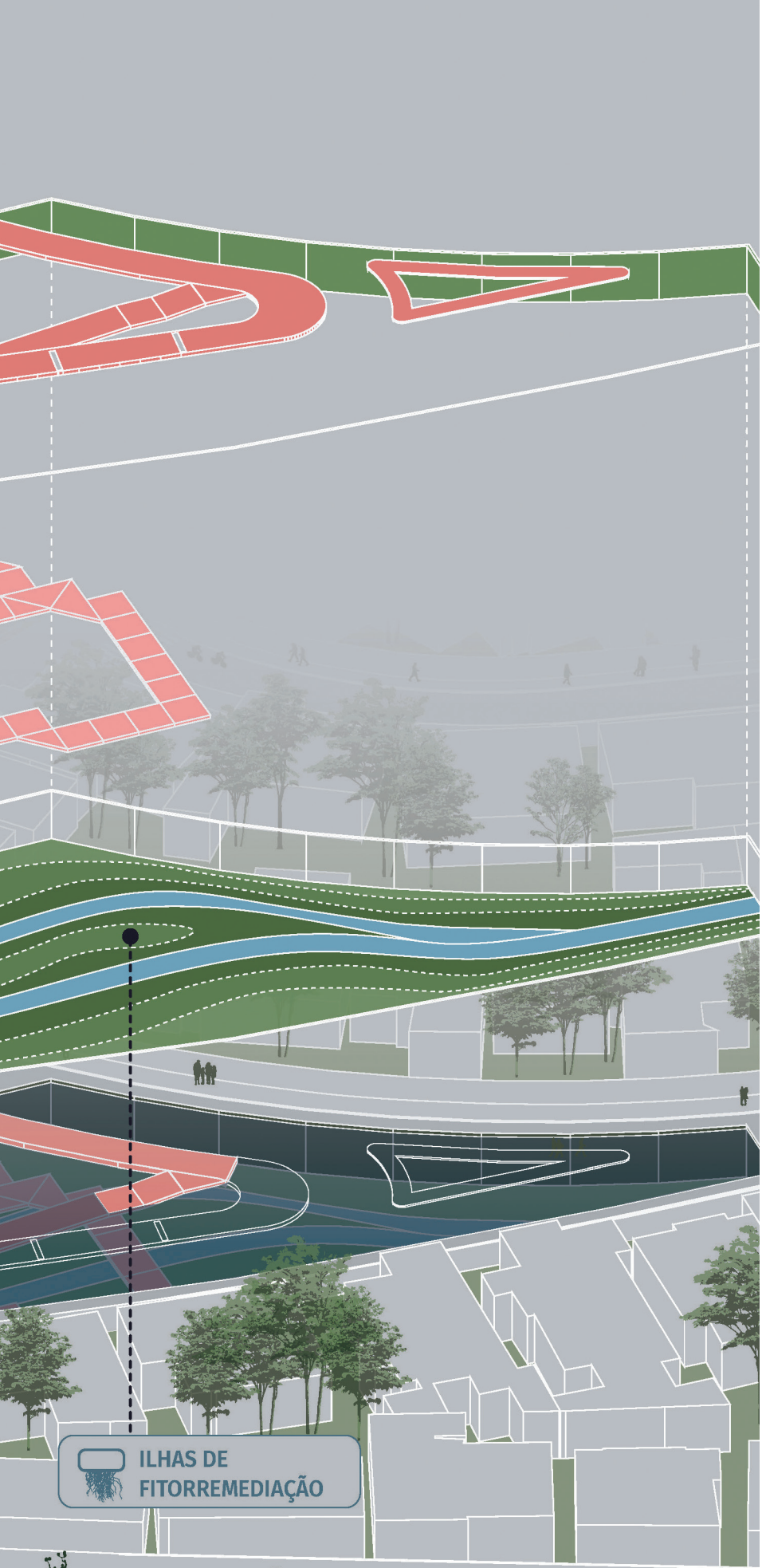
Destaca-se a funcionalidade múltipla da proposta, que contempla a abertura de um trecho do braço I do córrego Verde e a melhoria da qualidade de suas águas, associada à reservação a montante de parte do escoamento superficial dessa bacia. Ao reter volumes significativos em eventos de chuva extremos, o reservatório contribui para minimizar inundações a jusante. Sua proposição é necessária, ainda que somados os ganhos de permeabilidade de dispositivos de drenagem (como, por exemplo, jardins de chuva) distribuídos ao longo da bacia.

Já em vazão de seca e no início do evento chuvoso, quando ocorre o pico de concentração de possíveis poluentes, as águas do braço I do córrego Verde encaminham-se por diferentes trechos de tratamento. Inicialmente, são retidos possíveis resíduos sólidos em um sistema de grelhas que facilita a manutenção e a limpeza junto a uma bacia de sedimentação no *inlet* do reservatório. No trecho seguinte, o aumento da rugosidade das margens do córrego, com o plantio de espécies tolerantes a alagamentos, permite a diminuição da velocidade do escoamento e, também, o processo de fitorremediação e deposição de sedimentos finos nas pequenas ilhas formadas pela ramificação das águas. Ao final, as águas são direcionadas, novamente, à galeria.




JARDIM VERTICAL
PROJEÇÃO DE FILME
ACESSO
ABERTURA DA LAJE DO RESERVATÓRIO


ILUMINAÇÃO ZENITAL
BACIA DE SEDIMENTAÇÃO
CONTROLE DE POLUIÇÃO DIFUSA
CANAIS ANASTOMOSADOS DE OXIGENAÇÃO



A proposta atua como uma forma didática e um modelo urbano de tratamento de reservatório, reforçando a viabilidade de reter e tratar as águas de modo associado ao lazer e à permanência da população.

A laje do reservatório é rasgada em pontos onde foram implantados bancos, de forma a iluminar os espaços abaixo das ruas que se sobrepõem ao reservatório, de modo lúdico e funcional, possibilitando também a visualização do espaço por aqueles que transitam nas calçadas. A partir da Praça General Oliveira Álvares, o pedestre é convidado a descer por meio de rampas acessíveis, que descortinam as paredes do reservatório com grafites, jardins verticais e a projeção de imagens e vídeos, como incentivo à vida cultural local. Uma das paredes é transformada em mural artístico em homenagem ao peixe Surubim do Paraíba (*Steindachneridion parahybae*), um bagre endêmico de águas doces da bacia do Rio Paraíba do Sul, atualmente extinto em São Paulo.

Os caminhos na base do reservatório acompanham a abertura do braço I do córrego Verde, onde são colocadas diversas esculturas metálicas com contornos das bacias hidrográficas paulistanas. Em um trecho destinado à prática de esportes, convida-se o usuário a realizar rapel e escalada.

As rampas também comportam a passagem de equipamentos para manutenções e limpeza após eventos de chuva.



FIGURA 6.23 Vista aérea atual do local proposto para a implantação do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I) (foto de drone: Delfim Martins)





FIGURA 6.24 Perspectiva do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I), vista aérea com representação do reservatório vazio (foto de drone: Delfim Martins)



FIGURA 6.25 Perspectiva do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I), vista aérea com representação do reservatório cheio (foto de drone: Delfim Martins)

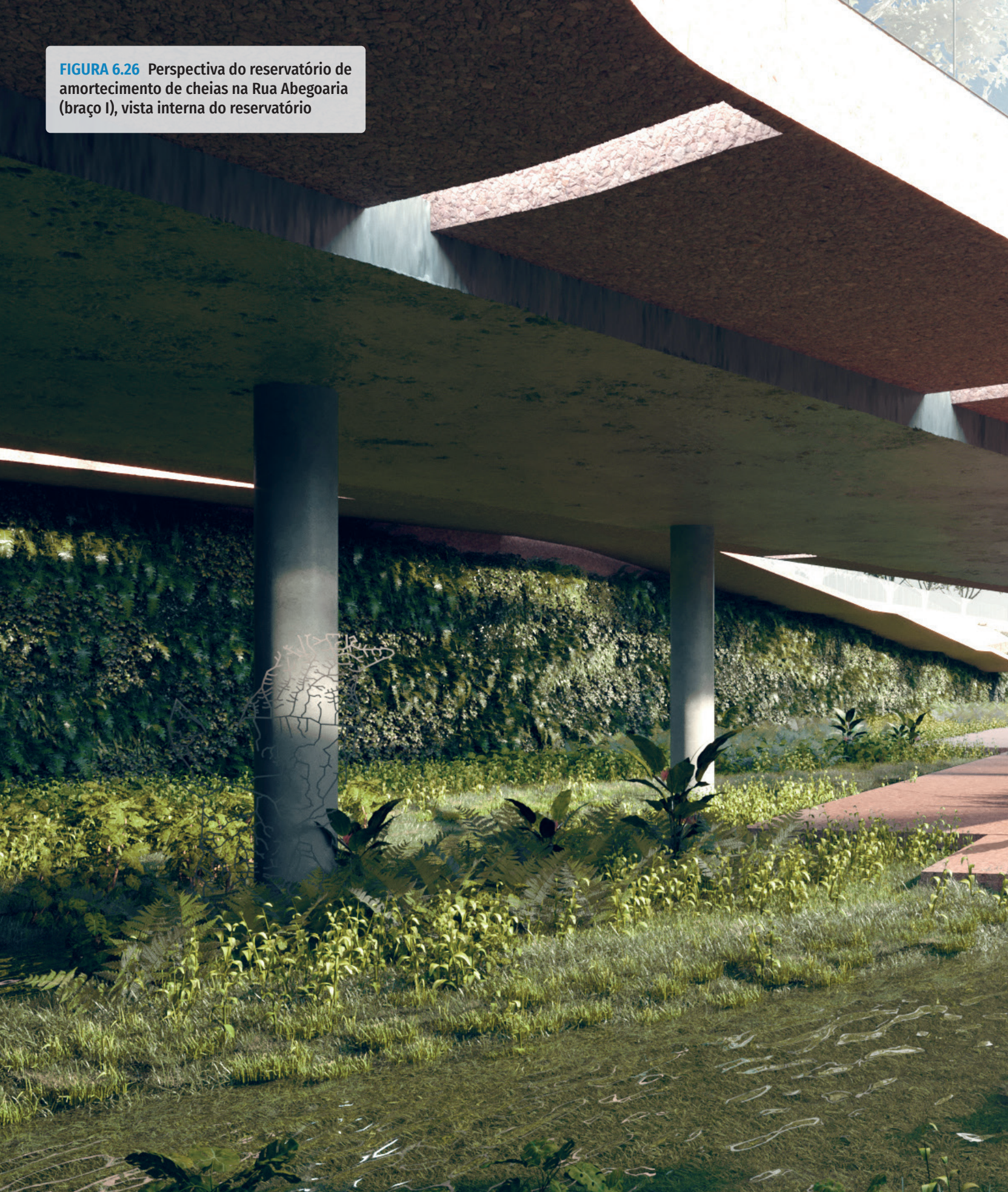


FIGURA 6.26 Perspectiva do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I), vista interna do reservatório





FIGURA 6.27 Perspectiva do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I), vista do reservatório cheio



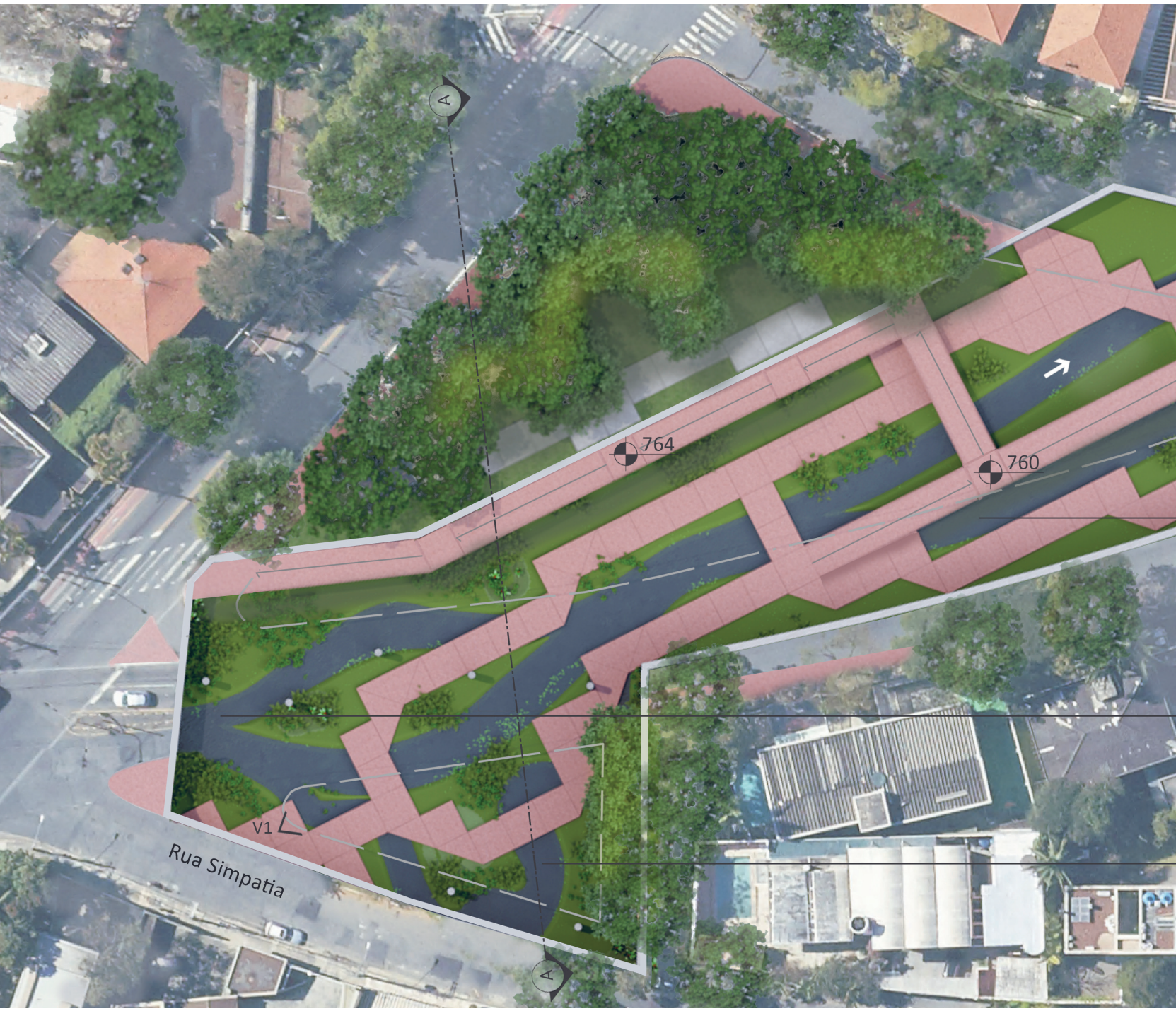
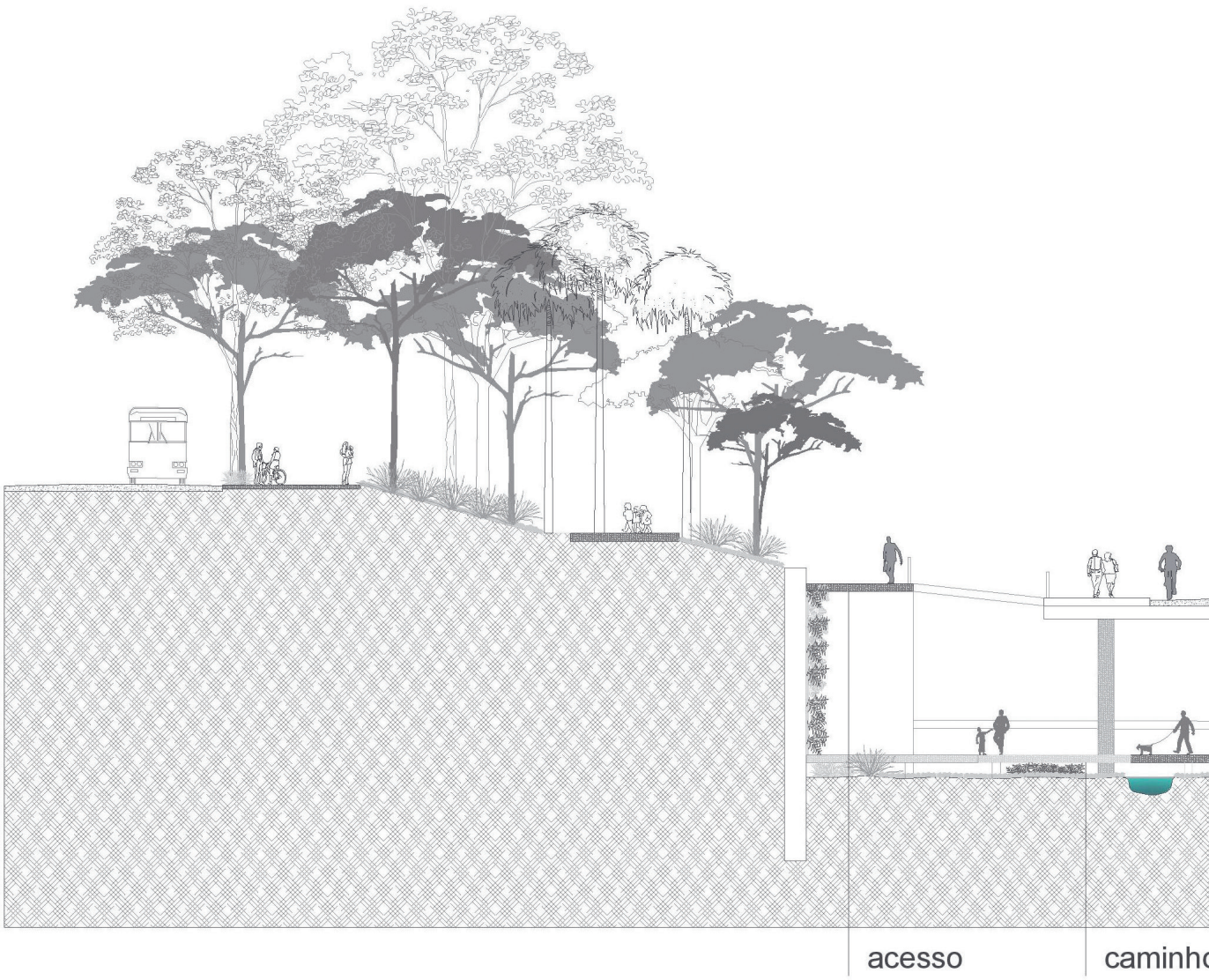


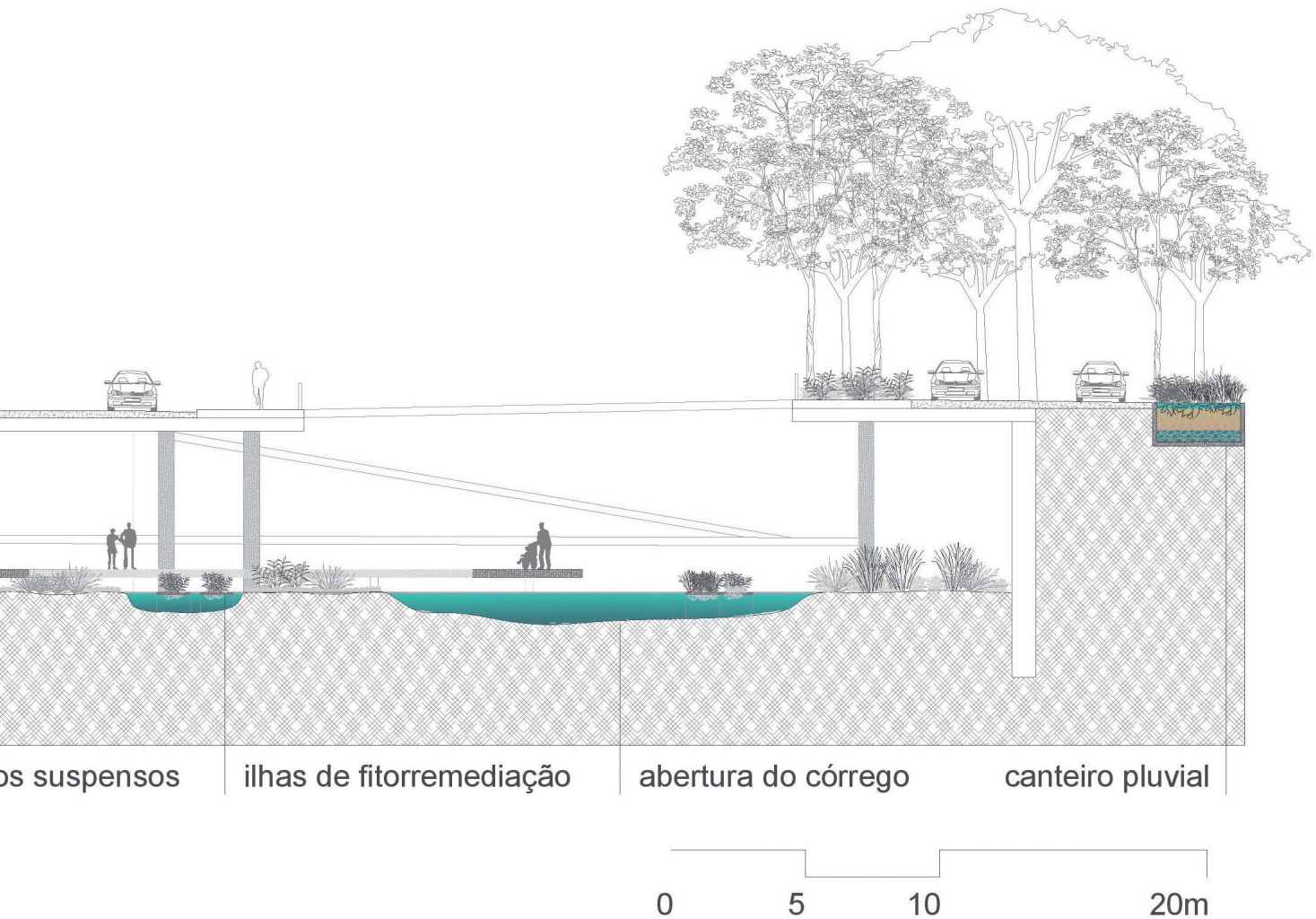
FIGURA 6.28 Planta do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I)


Rua Abegoaria
V2
758
764
Abertura da laje do reservatório
Abertura do córrego Verde, braço I
Controle de poluição difusa
Canais anastomosados: oxigenação
0
10
20 m
N

FIGURA 6.29 **Corte do reservatório de amortecimento de cheias na Rua Abegoaria (braço I)**



CORTE A-A


os suspensos
ilhas de fitorremediação
abertura do córrego
canteiro pluvial
0
5
10
20m

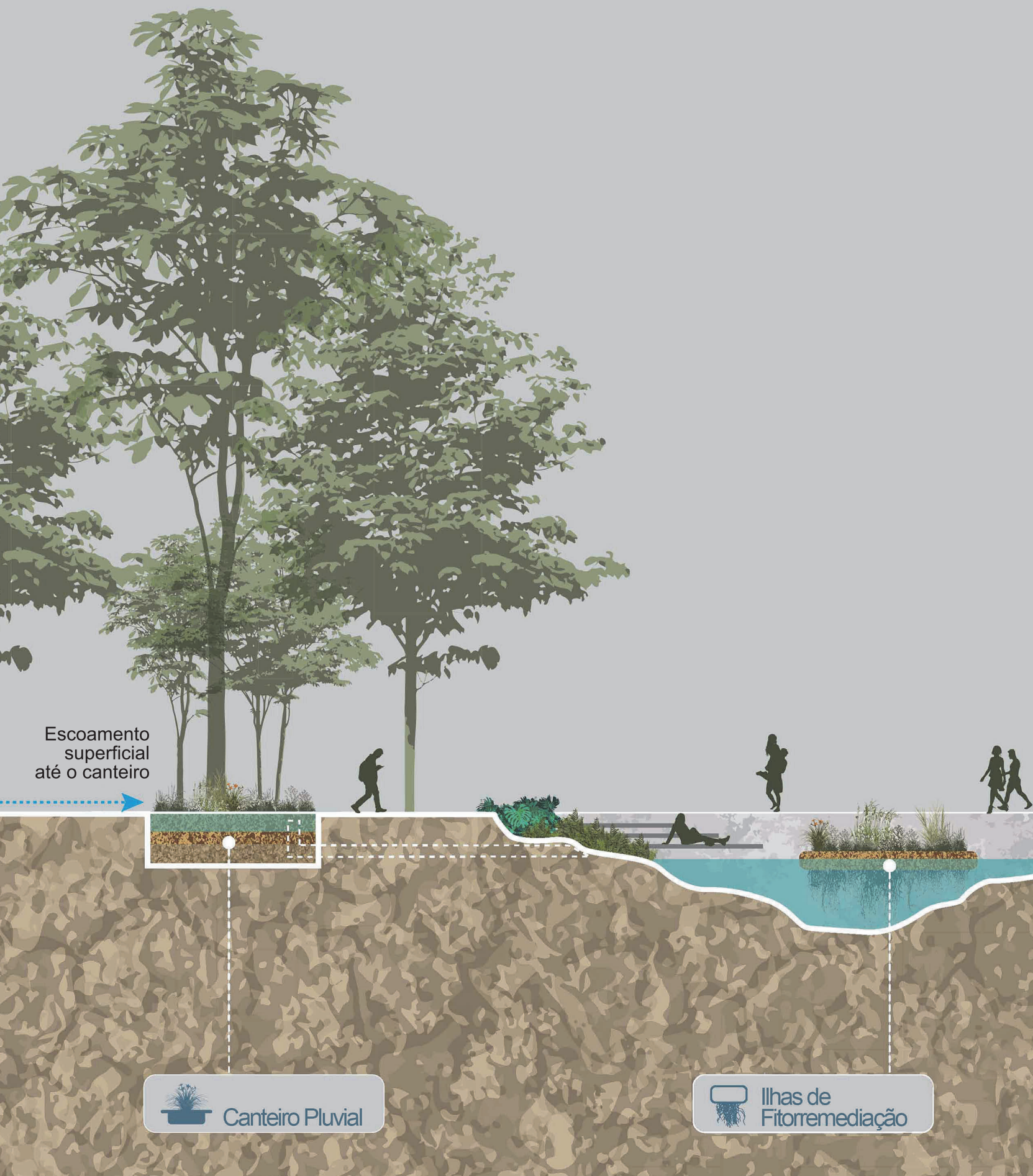
PRAÇA GASTÃO VIDIGAL

Tudo o que acontece em uma bacia hidrográfica afeta suas águas e as pessoas que habitam o local, desde o manejo das nascentes, passando pelos córregos urbanos em trechos naturais, canalizados ou tamponados, até as planícies de inundação em fundos de vale urbanos. As consequências do tratamento adequado das águas afetam diretamente as demais estruturas urbanas, bem como a saúde e a segurança públicas. Sob esse paradigma, a Praça Gastão Vidigal é um exemplo das várias das propostas pensadas neste Caderno para o tratamento integral dos braços I e II do córrego Verde e que procuram atender aos requisitos estéticos, sociais e de funcionalidade.

O projeto propõe o desvio da vazão de base do braço II do córrego Verde para um trecho que será aberto (55 m) na parte central da praça, associado à proposição de uma área de lazer para a população. A abertura de um córrego na cidade, para além dos muitos benefícios estruturais relacionados às questões hídricas e de conforto térmico, é também uma forma de reconectar as pessoas à água. A visualização de um córrego, com a vegetação de suas margens recuperadas, é um trabalho pedagógico que objetiva retomar a consciência da população sobre o sítio físico que habita. Ainda propicia no cotidiano da cidade a presença visível da água fluvial, que é então associada no imaginário da população ao lazer e à contemplação.




Canteiro Pluvial
Abertura
do Córrego
Ilhas de
Fitorremediação


Escoamento
superficial
até o canteiro
Canteiro Pluvial
Ilhas de
Fitorremediação



Propõe-se a recuperação das margens do braço II do córrego Verde com o plantio de espécies arbustivas, de mata ciliar e fitorremediadoras. O escoamento superficial da praça é direcionado para os canteiros pluviais que, associados a uma vegetação adequada e de baixa manutenção, fitorremedia os possíveis poluentes presentes nas águas pluviais. Posteriormente, o excedente do escoamento superficial é encaminhado ao trecho aberto do braço II do córrego Verde. Esse direcionamento das águas, além de diminuir sua velocidade, filtra e retém impurezas antes que entrem no corpo d'água. Optou-se pelo fechamento da base do canteiro pluvial por tratar-se de solo de planície aluvial. O trecho que será aberto na Praça Gastão Vidigal não possui função de reservação, mas, devido ao revestimento natural de suas margens, proporciona um aumento da rugosidade e uma consequente diminuição da velocidade de escoamento nesse pequeno trecho.

O projeto está inserido em uma proposta sistêmica e multifuncional para a bacia do córrego Verde, que objetiva realizar o tratamento dos seus espaços livres e prima não só por conduzir as águas com segurança, mas também por promover abrigo para a fauna urbana, melhorar o conforto térmico e abarcar as funções das demais infraestruturas urbanas.



FIGURA 6.30 Vista aérea atual do local proposto para a abertura de canal na Pç. Gastão Vidigal (braço II) (foto de drone: Delfim Martins)





FIGURA 6.31 Perspectiva da abertura de canal na Pç. Gastão Vidigal (braço II), vista aérea (foto de drone: Delfim Martins)





FIGURA 6.32 Perspectiva do pedestre da abertura de canal na Pç. Gastão Vidigal (braço II) (foto de fundo: Delfim Martins)





FIGURA 6.33 Planta da abertura de canal na Pç. Gastão Vidigal (braço II), com proposta de intervenção em toda a praça


Rua Laerte de Assunção
A
725
NA
727
V2
V1
Rua Des. Mamede

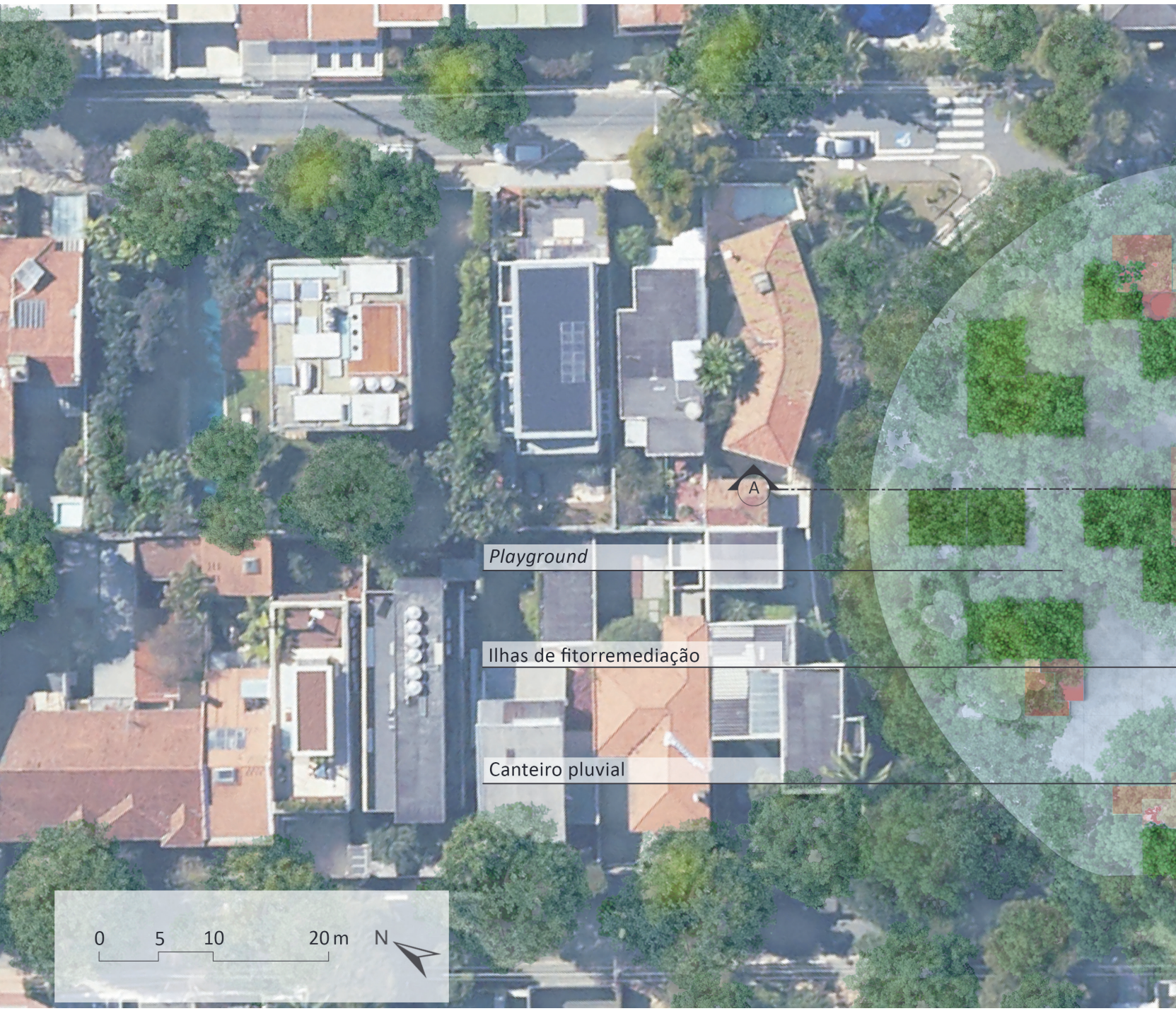


FIGURA 6.34 Planta da abertura de canal do córrego Verde na Pç. Gastão Vidigal, com destaque dado aos pisos e canteiros

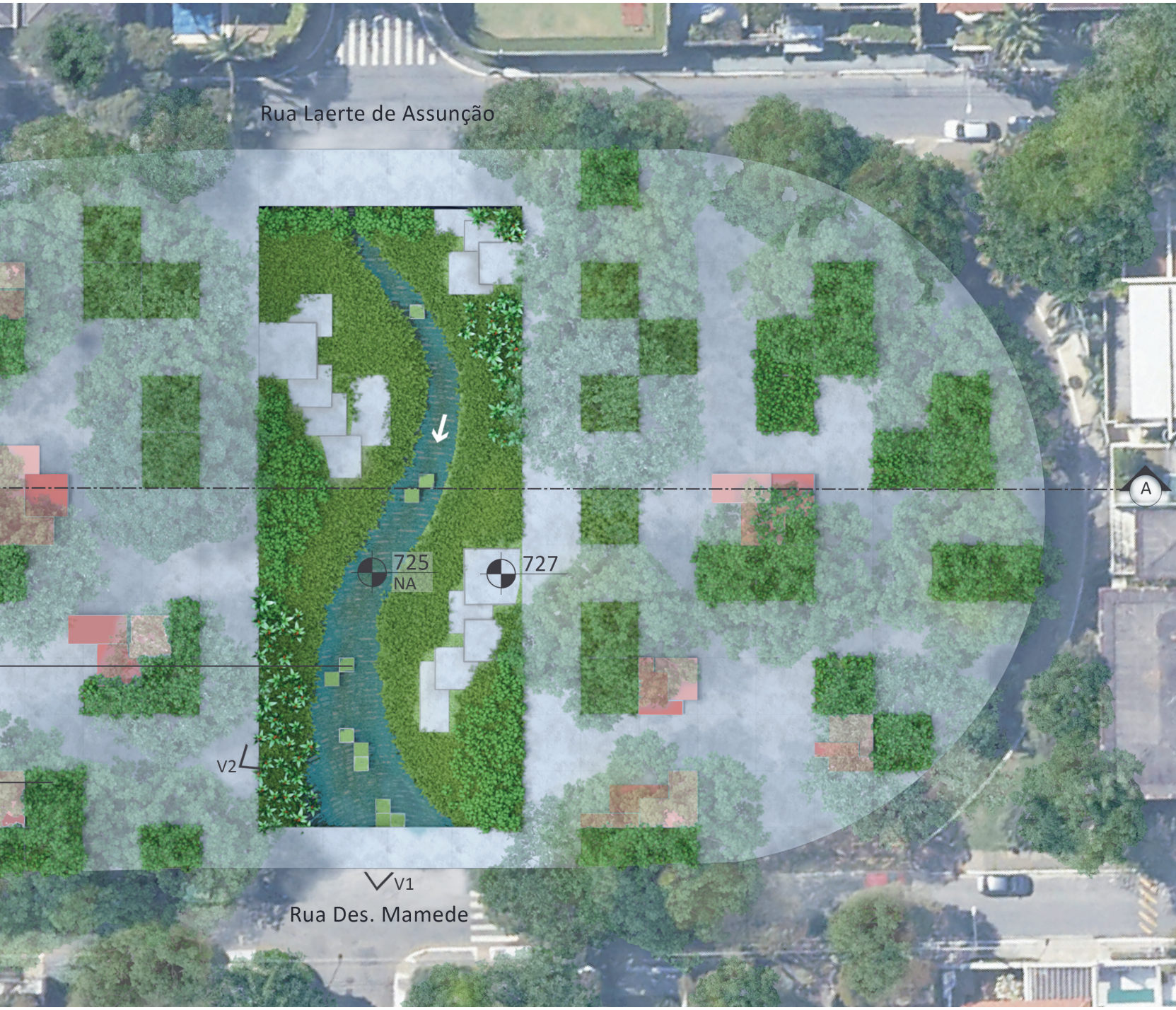

Rua Laerte de Assunção
A
725
NA
727
V2
V1
Rua Des. Mamede



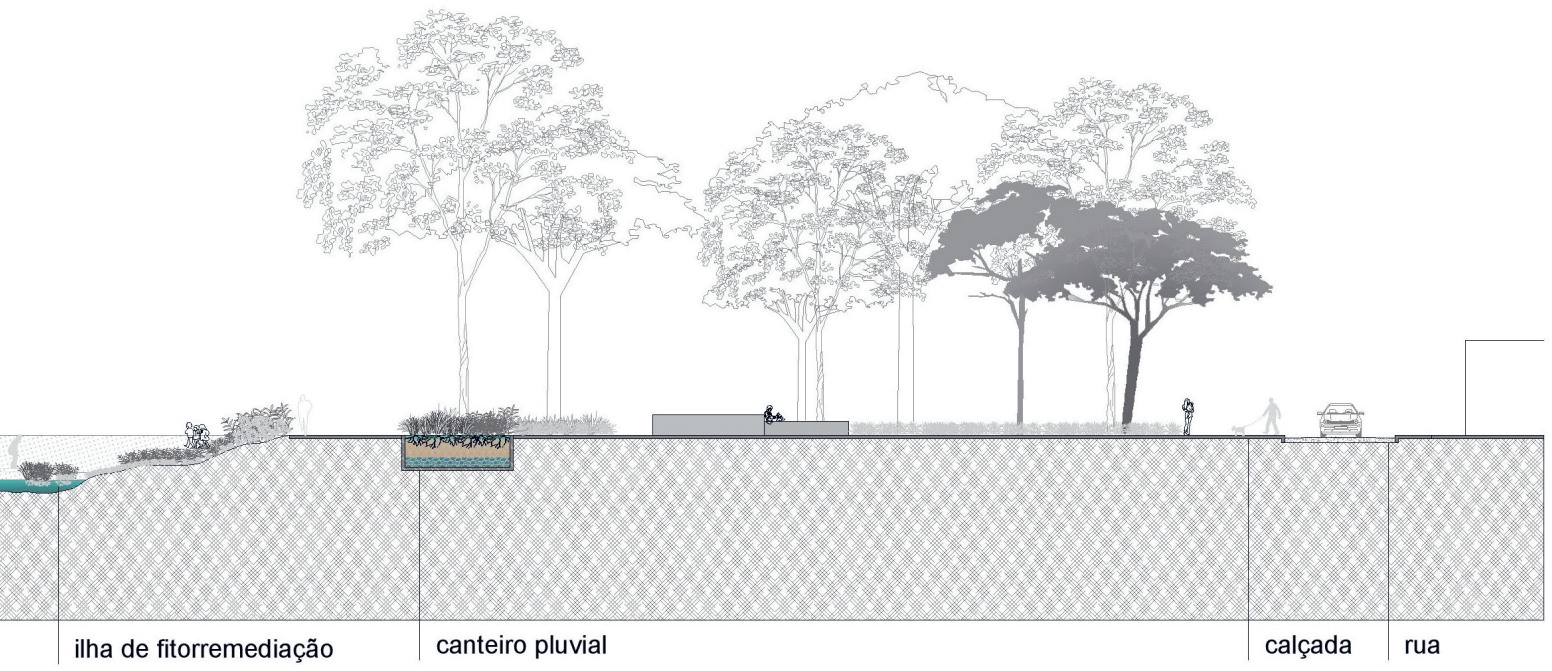
FIGURA 6.35 Planta da abertura de canal do córrego Verde na Pç. Gastão Vidigal, com proposta de intervenção apenas na área central


Rua Laerte de Assunção
A
725
NA
727
V2
V1
Rua Des. Mamede

FIGURA 6.36 Corte da abertura de canal do córrego Verde na Pç. Gastão Vidigal



CORTE A-A


ilha de fitorremediação
abertura do córrego
canteiro pluvial
calçada
rua
0
5
10
20m

6.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

Recomenda-se a realização de nova inspeção nas galerias e nos canais existentes e, também, o cadastramento dos pontos de restrição identificados, tais como:

- **Interferências** – tubulações que atravessam a galeria/o canal, reduzindo sua capacidade de escoamento;
- **Singularidades** – trechos com redução de seção ou declividade e confluências;
- **Danos estruturais** – trincas e fissuras, armadura exposta e colapso estrutural.

Tais problemas devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, condição necessária para um bom desempenho das outras medidas propostas.

6.6 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

A concepção das medidas não estruturais se apoia na adequação da convivência da população com as cheias, ou seja, são medidas que visam reduzir os danos das inundações a partir de leis, regulamentos, planos e programas, tais como o disciplinamento do uso e da ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e o desenvolvimento de planos de contingência para atuar em emergências.

O Caderno de Bacia Hidrográfica ressalta a importância do zoneamento de inundações como parte do processo de controle de cheias no Município de São Paulo.

Ao introduzir o zoneamento de inundações, devem ser abordadas ações complementares, como o desenvolvimento do plano de contingência e a expansão do sistema de alerta para todas as áreas do Município.













Galerias braços I e II (fotos: Enger, 2000/2001)

6.6.1 ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

O zoneamento de inundação trata da regulamentação das áreas inundáveis através de sua incorporação à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

A regulamentação das áreas inundáveis, conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo – PMAPSP, pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico.

O zoneamento das áreas de inundação funciona como um elemento técnico a ser observado na especificação do conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco, visando minimizar as perdas materiais e humanas resultantes das inundações. Assim, sugere-se como diretrizes de uso e de ocupação do solo, a serem inseridos na lei de zoneamento, critérios gerais como:

- Áreas livres de risco de inundação, não ensejando qualquer tomada de decisão adicional além da legislação em vigor;
- Áreas com ocupação parcialmente restrita, cabendo a definição dos tipos de usos e edificações compatíveis com a situação de cada área por meio de decreto;
- Áreas com restrição total à ocupação, cabendo sua utilização apenas para parques lineares, campos de esportes não impermeabilizados etc., conforme definido em decreto.

Como exemplo, foram estimadas as zonas de inundação gerada, pela chuva de período de retorno de 100 anos, na condição atual do sistema de drenagem urbana. A regulamentação do zoneamento de uso dessas áreas pode ser definida em função do uso original.

Ao considerar as restrições à ocupação, a legislação deve dar orientação aos proprietários da região para a adaptação dos espaços. Para isso, são estabelecidos critérios para construções à prova de enchentes, conforme segue[22]:

- Estabelecimento de um piso com nível superior à linha d'água estimada;
- Prever o transporte de material de valor para pisos superiores;

22. SILVA, C. V. F. **Planejamento do uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação**. 2013. 166 f. Dissertação (mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

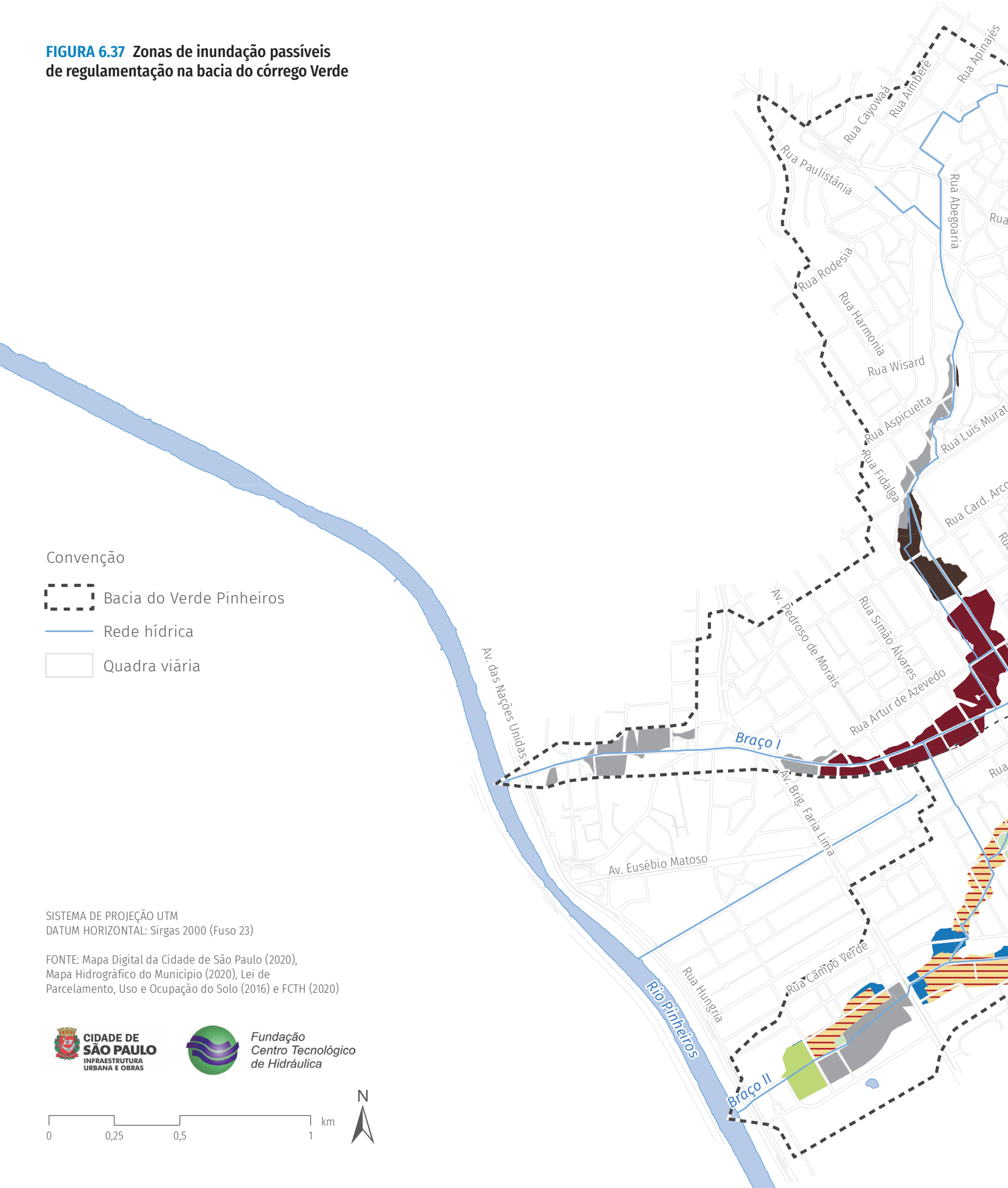
- Vedação, temporária ou permanente, de aberturas como portas, janelas e dispositivos de ventilação;
- Elevação de estruturas existentes;
- Construção de novas estruturas sobre pilotis;
- Construção de pequenos diques circundando as estruturas;
- Realocação ou proteção individual de artigos que possam ser danificados;
- Realocação de equipamentos elétricos para os pisos superiores e desligamento do sistema de alimentação durante o período de cheias;
- Uso de material resistente à submersão ou contato com a água;
- Estanqueidade e reforço das paredes de porões e de pisos sujeitos à inundação;
- Ancoragem de paredes contra deslizamentos;
- Prever os efeitos das enchentes nos projetos de esgotos pluviais e cloacais;
- As construções devem ser projetadas para resistir à pressão hidrostática, a empuxos, a momentos e à erosão;
- Para os pavimentos de edificações com risco de inundação, prever o escoamento através da estrutura, evitando o desmoronamento de paredes.

A **FIGURA 6.37** indica as zonas de uso que devem passar por regulamentação junto à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS). Para as zonas originais indicadas na Figura, deve ser mantido o tipo de uso e acrescentada a condição de restrição.

A regulamentação dos usos em zonas com restrições deve prever o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em emergências.

A incorporação do zoneamento de áreas inundáveis fundamenta o desenvolvimento de políticas públicas urbanas relacionadas ao planejamento e à gestão de sistemas de drenagem.

FIGURA 6.37 **Zonas de inundação passíveis de regulamentação na bacia do córrego Verde**





Zoneamento Urbano

- AC-1
- ZC
- ZCOR-1
- ZCOR-2
- ZER-1
- ZEU
- ZM
- ZOE
- Praça e canteiro

6.6.2 DIRETRIZES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência para eventos chuvosos intensos deve apresentar as medidas a serem tomadas pelo Município através de suas unidades técnicas, definindo as atribuições de cada órgão para atender às emergências. Esse documento deve ser desenvolvido com a finalidade de organizar e integrar as ações necessárias para o controle de eventos extremos.

O Município de São Paulo dispõe de vasta experiência no gerenciamento de contingências resultantes de episódios de chuvas intensas. A estrutura de gerenciamento de emergências para atuar no atendimento das ocorrências de inundações é composta pelas seguintes instituições:

- Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE). Órgão vinculado à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB). Atua na interpretação dos dados hidrometeorológicos e na previsão de chuvas que possam causar alagamentos, inundações ou transbordamentos de córregos ou rios;
- Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Vinculada à Secretaria Municipal de Segurança Urbana (SMSU). Monitora a ocorrência de problemas com base nas previsões e observações do CGE, emite avisos para as demais unidades operacionais do Município e aciona instâncias de mobilização de recursos humanos e materiais. Atua em estreita ligação com a alta administração municipal e com os órgãos de segurança pública. Em casos de calamidade, incumbe-se de notificar as instâncias superiores e da Defesa Civil estadual. Também vinculado ao monitoramento e repasse de informações sobre as ocorrências da cidade de São Paulo, destaca-se o Centro de Controle Operacional Integrado (CCOI);
- Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras (SMSP). Ao identificar emergências, mobiliza recursos humanos e materiais alocados nas subprefeituras para o atendimento de ocorrências previamente avaliadas pelas equipes precursoras de campo. As subprefeituras costumam ser acionadas através de suas coordenações de projetos e obras, que mantêm equipes permanentes capacitadas para atuar no atendimento das necessidades decorrentes dos alagamentos, inundações e ocorrências de desastres em razão de chuvas intensas;
- Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB). Identificadas necessidades de relocação ou transferência temporária

de bens e pessoas afetados pelas inundações, a SEHAB proporciona soluções que podem ser adotadas para preservar a segurança e o bem-estar das populações atingidas pelas inundações;

- Secretaria Municipal de Assistência Social (SMADS). Atua diretamente na assistência da população quando necessário, compreendendo medidas como a alocação temporária de desabrigados e a prestação de assistência com recursos para a preservação da saúde pública.

Cabe destacar a necessidade de instalação dos Núcleos de Defesa Civil (NUDEC), órgão vinculado à Defesa Civil, que consiste em um grupo comunitário organizado para participar das atividades de defesa civil como voluntário. O NUDEC deve ser implantado nas áreas de risco de inundações, e tem por objetivo organizar e preparar a comunidade local para agir na ocorrência dos eventos.

A articulação entre as instituições envolvidas nas ações emergenciais do Município de São Paulo é representada na **FIGURA 6.38**.

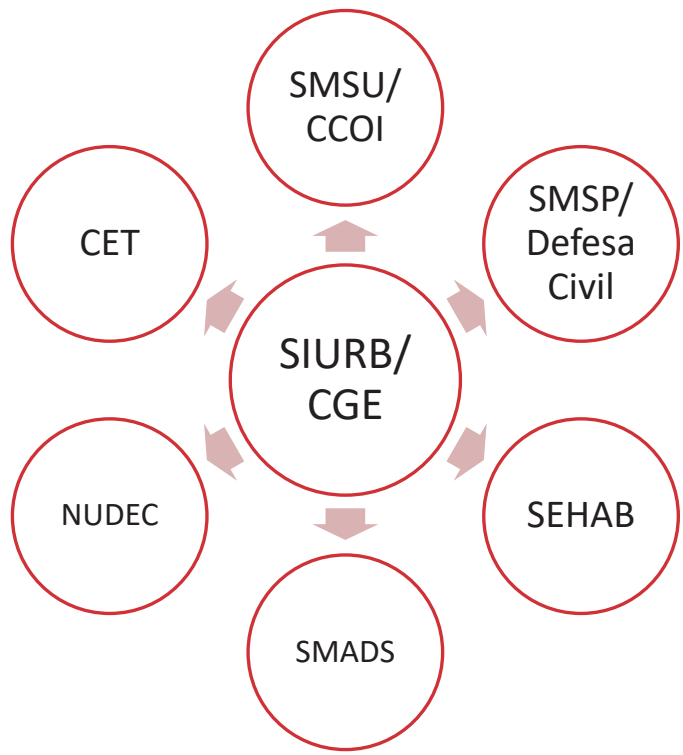


FIGURA 6.38 **Articulação institucional em situações de emergência**

6.6.3 MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E PREVISÕES

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação do desempenho permanente dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Esse monitoramento constitui-se por meio do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam prever situações críticas e permitem acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A previsão e o alerta de inundação compõem-se da aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise e da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil, que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações.

O Município de São Paulo é equipado com um sistema de alerta de inundações, conforme apresentado a seguir.

6.6.3.1 SISTEMA DE ALERTA DE INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO (SAISP)

O SAISP é um sistema operado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). O monitoramento hidrológico do SAISP é feito pela Rede Telemétrica de Hidrologia da Bacia do Alto Tietê, que contém as estações de monitoramento do DAEE e da PMSP; pelo Radar Meteorológico de São Paulo, do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE); e pelo Radar Meteorológico de alta resolução da FCTH, localizado no Parque da Ciência e Tecnologia (CienTec), da Universidade de São Paulo (USP).

O sistema gera a cada cinco minutos boletins sobre as chuvas. Os alertas de chuvas são mensagens enviadas pelos operadores e meteorologistas do SAISP, e têm como objetivo manter os usuários informados sobre a chuva observada e suas consequências para a cidade de São Paulo. Os principais produtos do SAISP são:

- Mapas de chuva observada na área do Radar de Ponte Nova;
- Leituras de postos das Redes Telemétricas do Alto Tietê;
- Mapas com previsões de inundações na cidade de São Paulo.

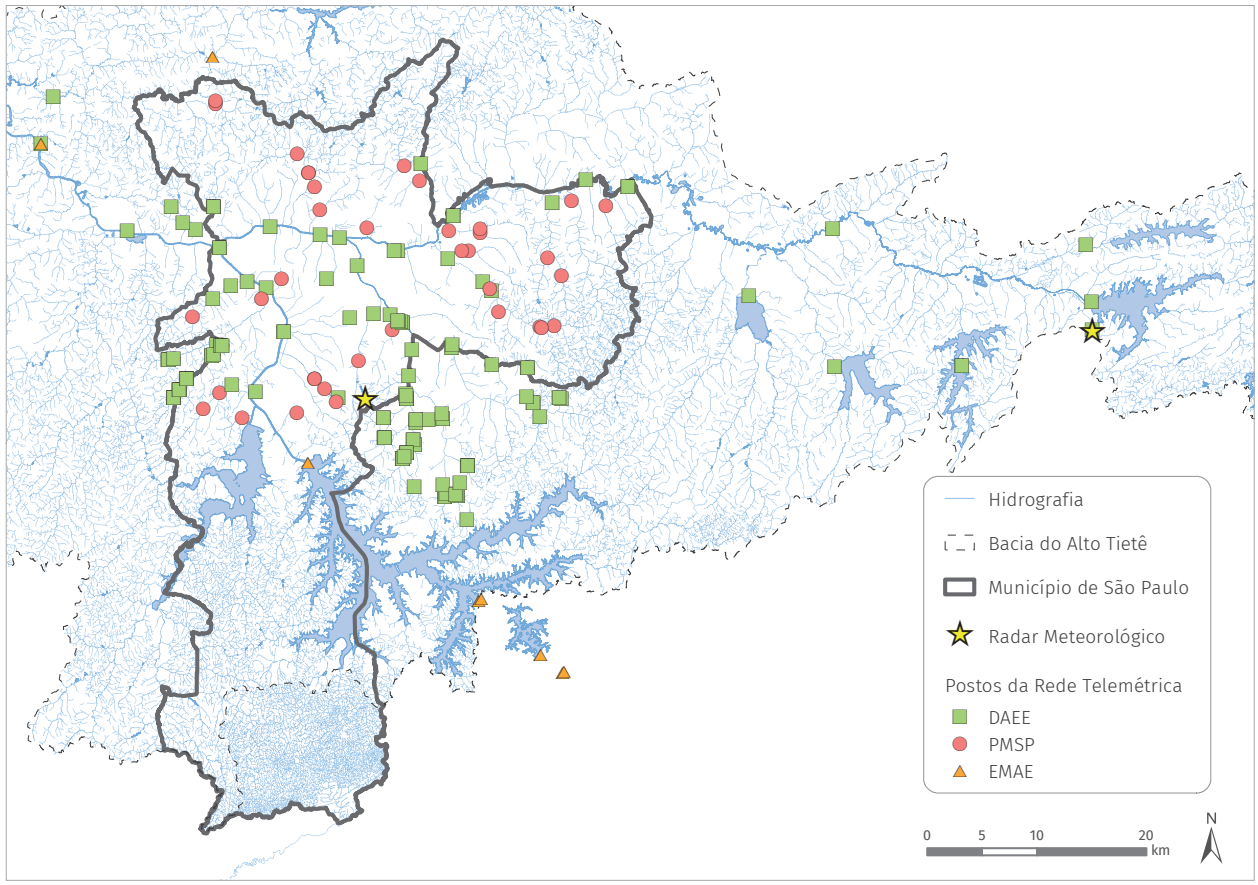


FIGURA 6.39 **Postos da rede telemétrica do SAISP**

O mapa da **FIGURA 6.40** mostra a chuva observada pelo radar com os pontos de alerta emitidos pela rede telemétrica no evento chuvoso ocorrido no dia 4 de abril de 2019.

Radar meteorológico

Toda vez que uma chuva é observada na imagem do radar meteorológico (**FIGURA 6.41**), uma mensagem é enviada com uma breve descrição sobre sua intensidade, sua localização e seu deslocamento.

Rede telemétrica

Além do alerta de chuvas, também são enviadas mensagens em tempo real sobre os níveis dos rios.

Na área da Região Metropolitana de São Paulo, é de extrema importância conhecer o comportamento da chuva no solo e suas consequências para os rios. Os principais córregos e rios da RMSP são monitorados, sendo estabelecidos quatro níveis de criticidade: "atenção", "alerta", "emergência" e "extravasamento". Sempre que o nível de água no rio muda de estado, tanto na subida como na descida, é enviado um alerta informando o estado em que o rio está.

O fluviograma apresentado na **FIGURA 6.42** indica o nível do Rio Pinheiros durante a passagem da onda de cheia nos eventos de 15 a 17 de fevereiro de 2019 e seus níveis de criticidade.

6.6.3.2 CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA (CGE)

Órgão da Prefeitura de São Paulo responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na capital, o CGE transmite as informações relacionadas à hidrometeorologia para diversas secretarias municipais, órgãos e interessados, como Defesa Civil, CET, Corpo de Bombeiros, subprefeituras, munícipes e os mais variados veículos da imprensa, incluindo os principais jornais, revistas, portais de notícias na internet e emissoras de rádio e TV.

Em parceria com a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC), no período chuvoso, o CGE opera o Plano Preventivo Chuvas de Verão (PPCV), realizado em parceria com outros órgãos, para prevenir os efeitos danosos provocados pelas fortes chuvas registradas no período. Nesse trabalho, o CGE exerce a função de notificar e manter informados os órgãos participantes sobre as condições meteorológicas previstas, o acumulado das chuvas, entre outros.

O CGE opera o sistema integrado de informações associadas à comunicação em tempo integral com as equipes da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Defesa Civil, Secretaria Municipal das Subprefeituras, Corpo de Bombeiros, entre outros.

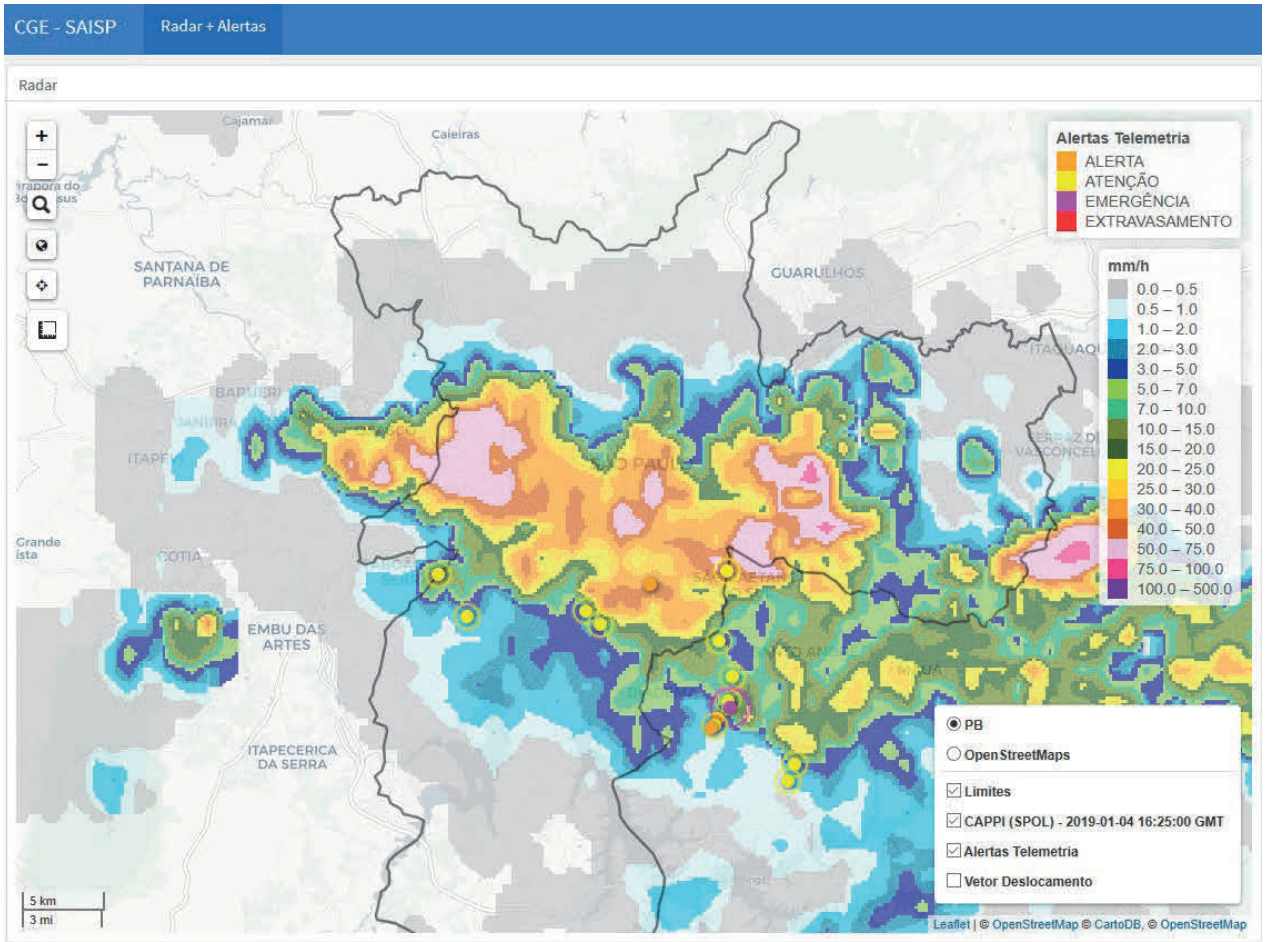


FIGURA 6.40 **Mapa de chuva observada e alertas da telemetria**

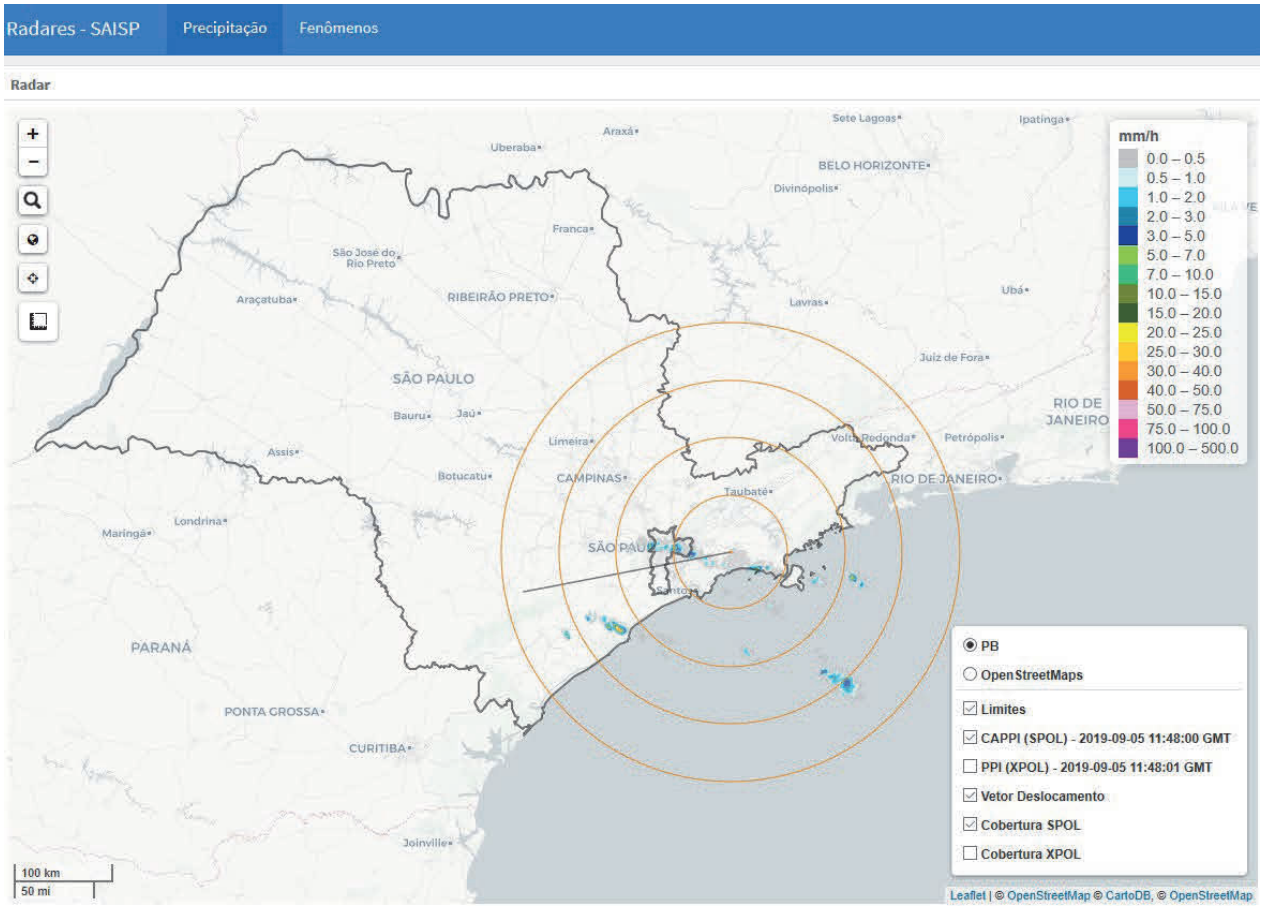


FIGURA 6.41 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

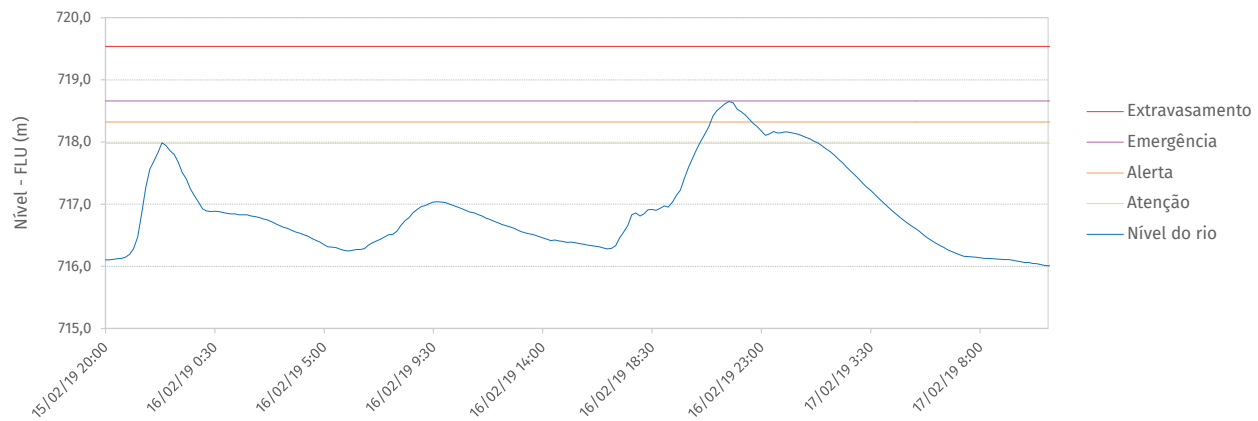


FIGURA 6.42 Fluviograma de cheia de 15 a 17 de fevereiro de 2019 do posto Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária

6.7 MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

Dentre as medidas de controle de cheias estruturais, estão incluídas as de controle na fonte, que são aquelas que apresentam a nova visão de convivência com as cheias urbanas, propondo a redução e o tratamento do escoamento superficial gerado pela urbanização.

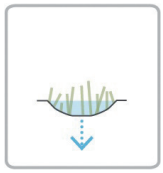
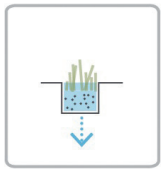
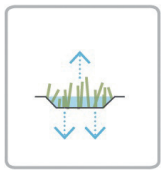
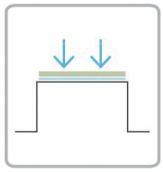
O papel das medidas de controle na fonte é o de atenuar os impactos da urbanização sobre a quantidade e a qualidade das águas urbanas.

Essas medidas contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e, também, tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoa para os canais.

O controle da quantidade se baseia na retenção/detenção, na infiltração, no transporte e na captação da água superficial. O controle da qualidade da água se dá a partir da sedimentação, adsorção, filtração e biodegradação. Fundamentalmente, os dispositivos propostos pelas medidas estruturais de controle na fonte reproduzem os processos hidrológicos naturais de infiltração, filtração, retenção e detenção do escoamento superficial.

Esses dispositivos podem ser implantados em lotes, praças, parques e ao longo de ruas e avenidas, podendo ser classificados conforme as tipologias apresentadas na **TABELA 6.3**.

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte (PMSP, 2012[23]; UACDC, 2010[24] e MPCA, 2019[25])

Medida	Descrição
Jardim de chuva (biorretenção) 	**Função:** filtração, infiltração e detenção São estruturas simples constituídas por depressão pouco profunda e revestidas com uma camada de substrato (solo preparado para plantio) e plantas. Possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano com o incremento de áreas verdes
Canteiro pluvial (biorretenção) 	**Função:** filtração, infiltração e detenção Estruturas de biorretenção semelhantes aos jardins de chuva. São geralmente mais profundas, e podem apresentar uma configuração linear, sendo possível a implantação ao longo de vias e passeios. Essas estruturas também possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano
Biovaleta 	**Função:** condução, filtração e detenção Esses dispositivos correspondem a estruturas simples, sendo necessárias apenas escavações, de maneira a conformar depressões com uma direção preponderante de escoamento. É também um dispositivo de biorretenção, pois, enquanto conduz o escoamento superficial, realiza o tratamento das águas pluviais
Telhado verde 	**Função:** filtração e detenção Esse é outro tipo de biorretenção composto por uma camada drenante (colchão drenante) sob uma camada de substrato vegetado. Além de reter e filtrar as águas das chuvas, poderá criar um espaço de lazer e contemplação. Essas estruturas também contribuem para a regulação das temperaturas internas do edifício

23. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.
24. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.
25. MPCA (Minnesota Pollution Control Agency). **Green Infrastructure for stormwater management – Minnesota Stormwater Manual**, 2019. Disponível em: https://stormwater.pca.state.mn.us. Acesso em: 2 set. 2019.

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte (PMSP, 2012[23]; UACDC, 2010[24] e MPCA, 2019[25])

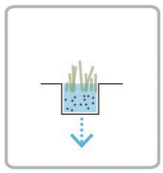
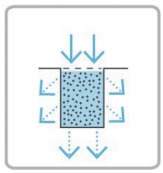
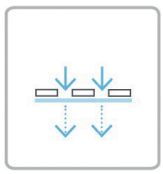
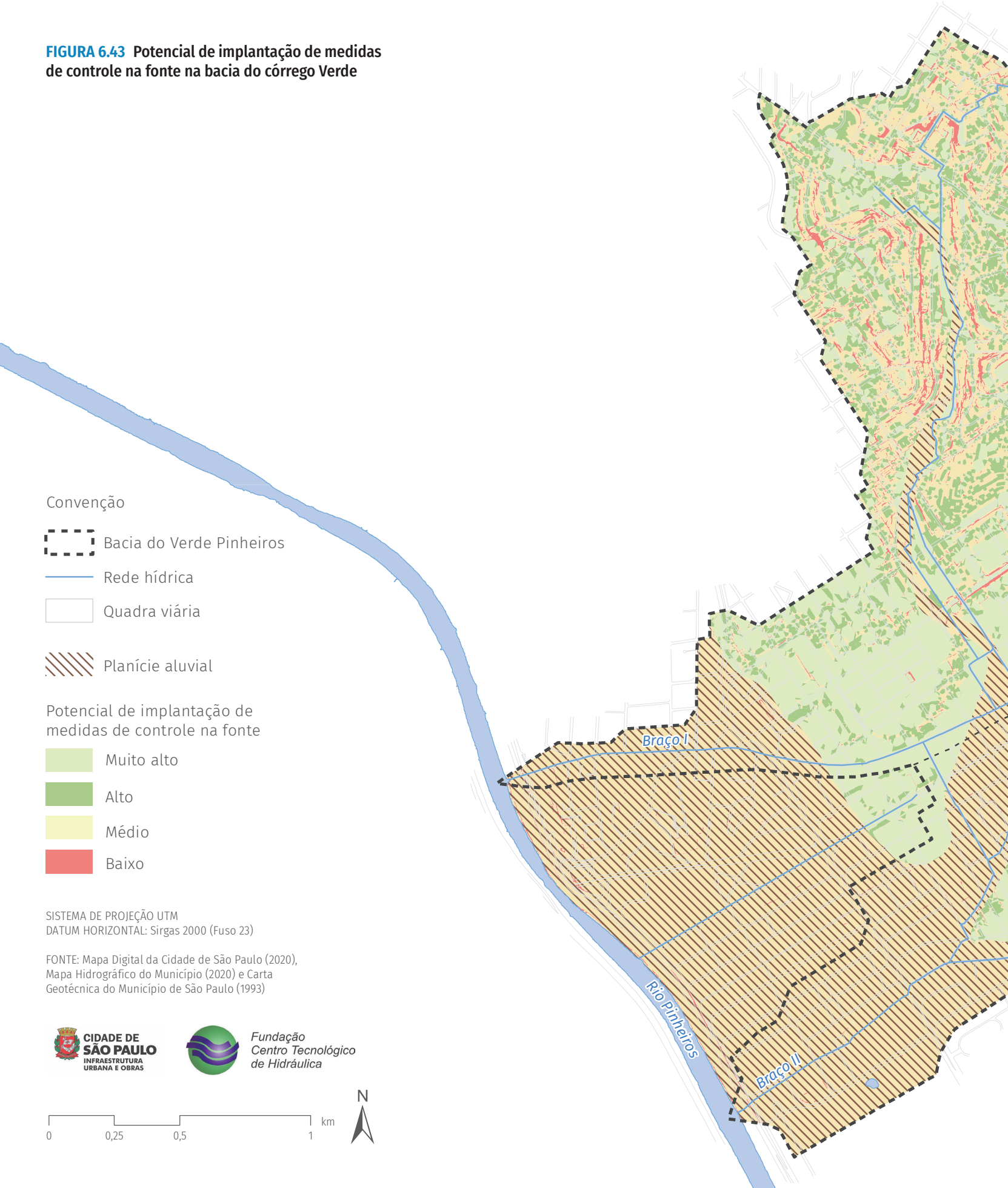
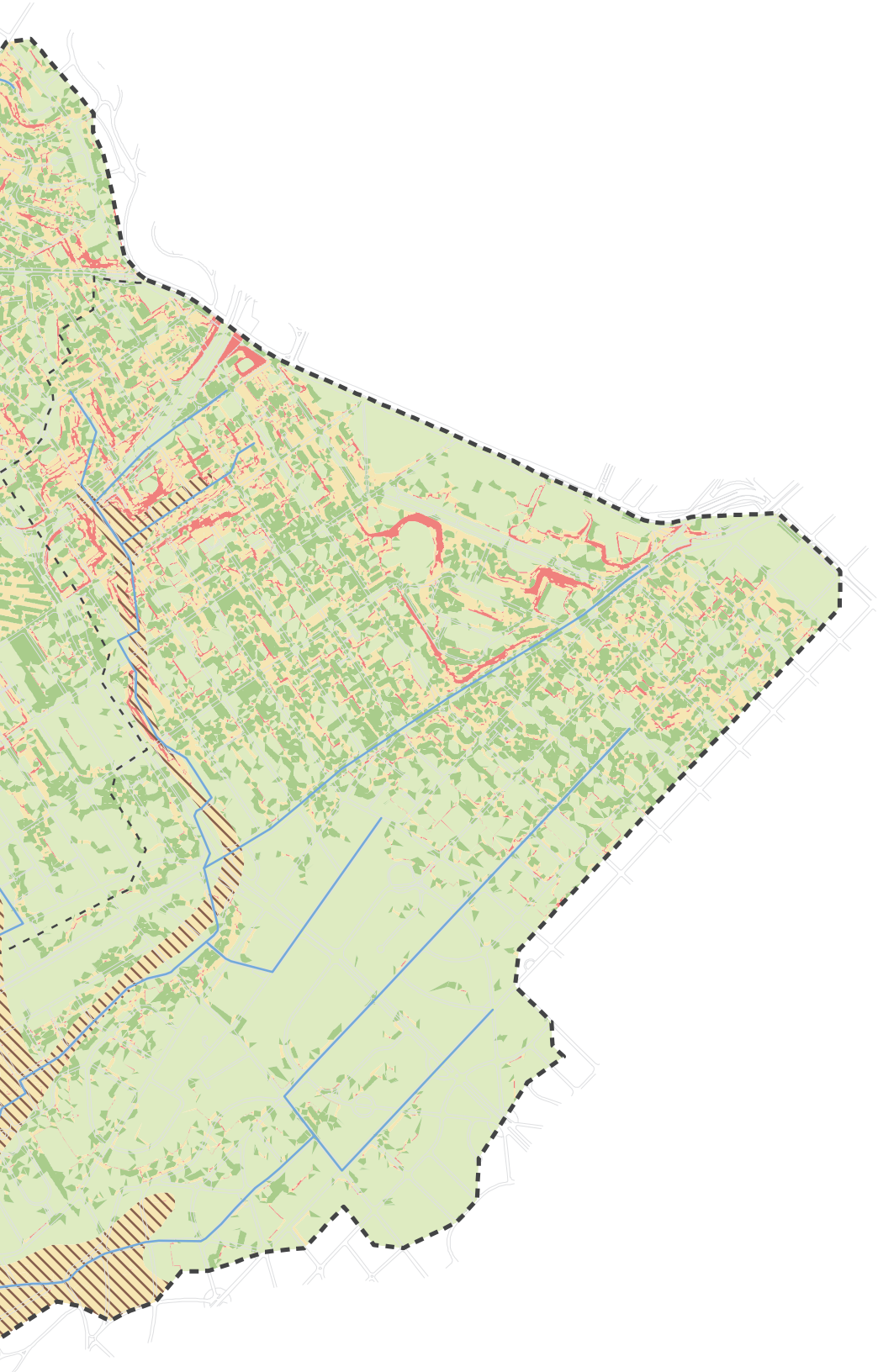
Medida	Descrição
Trincheiras de infiltração 	**Função:** filtração e infiltração Valas de infiltração com material poroso sobre solo permeável são implantadas na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento. Podem ser instaladas ao longo do sistema viário ou, ainda, junto a estacionamentos, praças e parques
Poço de infiltração 	**Função:** filtração e infiltração Dispositivo de infiltração das águas pluviais bastante semelhante às trincheiras de infiltração. Trata-se de um poço escavado no solo e preenchido com material poroso, como pedregulhos e cascalhos, e revestido com manta geotêxtil. É um sistema com estrutura pontual e vertical, sendo ideal para áreas urbanizadas, por ocupar pouco espaço
Pavimento permeável 	**Função:** filtração e infiltração Pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis ou semipermeáveis. Possibilitam a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária e a infiltração, quando possível, das águas pluviais. Esses dispositivos podem ser estanques e funcionar como reservatórios de amortecimento de águas pluviais
Cisterna 	**Função:** detenção/retenção Estruturas de armazenamento implantadas em lotes, conectadas aos telhados, que armazenam volumes de água da chuva. Esses volumes podem ser esvaziados ou utilizados no período sem chuvas. O uso concomitante dessas estruturas para fins de reúso e abatimento de cheias deve ser considerado durante seu dimensionamento
Microrreservatório 	**Função:** detenção/retenção Estruturas semelhantes às cisternas, conhecidas popularmente como “piscininhas”, propiciam o armazenamento das águas pluviais em lotes. A implantação desse sistema disseminou-se no município de São Paulo para atender à Lei nº 12.526/2007, que estabelece a obrigatoriedade de captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 500 m²

FIGURA 6.43 **Potencial de implantação de medidas de controle na fonte na bacia do córrego Verde**





O *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais* (PMSP, 2012) apresenta os critérios de seleção das medidas de controle na fonte e dá diretrizes para o pré-dimensionamento das estruturas.

No que tange à aplicabilidade das medidas de infiltração, é apresentado na **FIGURA 6.43** um mapa que, em função da declividade e da geologia da bacia, indica o potencial de implantação dessas medidas na bacia. Salienta-se que, na região da planície aluvial, são indicadas medidas de controle do escoamento superficial sem infiltração, uma vez que esse tipo de terreno, geralmente, é pouco permeável e o nível do lençol freático é elevado.

Foram consideradas quatro classes potenciais de implantação de medidas de controle na bacia, de acordo com as seguintes características:

- Potencial muito alto: áreas com declividade entre 0% e 5% fora da planície aluvial;
- Alto potencial: áreas com declividade entre 5% e 10% fora da planície aluvial;
- Potencial médio: áreas com declividade entre 10% e 30% fora da planície aluvial e áreas com declividade entre 0% e 30% dentro da planície aluvial;
- Baixo potencial: áreas com declividade maior que 30%.

As classes potenciais levam em consideração dois importantes requisitos para a implantação de medidas de controle infiltrantes: declividades entre 0% e 5% e níveis baixos do lençol freático. Nos locais que não se enquadram nessas condições, a aplicabilidade dessas medidas de infiltração é reduzida, porém não inviável, sendo mais indicadas medidas de retenção, tais como as chamadas "piscininhas", de retenção linear, ou implantação de medidas escalonadas, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

A efetividade no uso dessas medidas depende da participação da população e da fiscalização constante do crescimento da cidade e da ocupação de áreas de forma irregular, bem como da aplicação das legislações e normas vigentes.

A aplicação das medidas aqui relacionadas, conjuntamente com os sistemas de drenagem tradicionais, conduz a uma gestão sustentável da drenagem urbana no município de São Paulo.

7

Etapas de implantação das alternativas

Este capítulo apresenta o efeito das obras propostas implantadas em etapas. Um método para mensurar o efeito das medidas de controle propostas são as manchas de inundação.

As medidas estudadas foram dimensionadas tendo em vista o controle do escoamento superficial e a redução das inundações. A 1ª etapa propõe um conjunto de ações que oferece proteção para as áreas críticas da bacia; a 2ª etapa protege a bacia para chuvas de Tr 10 anos; a 3ª etapa, para chuvas de Tr 25 anos; e a etapa final confere à bacia proteção a chuvas de Tr 100 anos.

A **TABELA 7.1** apresenta os efeitos das alternativas na área atingida pelas inundações e no número de lotes atingidos. Os dados referem-se à condição atual (sem intervenção) e à 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas de implantação de obras, quando submetidas à chuva de projeto de 100 anos.

A **FIGURA 7.1** ilustra a mancha de inundação originada de uma chuva com Tr 5 anos para a situação atual e após a implantação das obras prioritárias, consideradas na 1ª etapa para as duas alternativas. Vale ressaltar que foi utilizado o período de retorno de 5 anos por se tratar de uma

chuva de projeto adotada pela prefeitura para mapear as manchas de inundação do município.

A **FIGURA 7.2** apresenta as manchas de inundação resultantes de uma chuva Tr 100 anos para a condição sem intervenções e para as três etapas da Alternativa 1. A **FIGURA 7.3** apresenta as mesmas informações para a Alternativa 2.

As figuras ilustram o comportamento das manchas quando implantadas as obras previstas em cada etapa e quando submetidas a uma chuva com Tr 100 anos.

Destaca-se que, para eventos hidrológicos com períodos de retorno maiores que 100 anos, ocorrerão inundações.

TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre a bacia

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	0,70	1.719
1ª etapa (Tr 2 anos)	Alternativa 1	0,65	1.617
	Alternativa 2	0,65	1.617
2ª etapa (Tr 10 anos)	Alternativa 1	0,34	885
	Alternativa 2	0,31	879
3ª etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,09	282
	Alternativa 2	0,12	405
4ª etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0,00	0
	Alternativa 2	0,00	0

Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos



1ª etapa das alternativas – chuva de Tr 5 anos



FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos: cenário sem intervenção e com as obras da etapa inicial

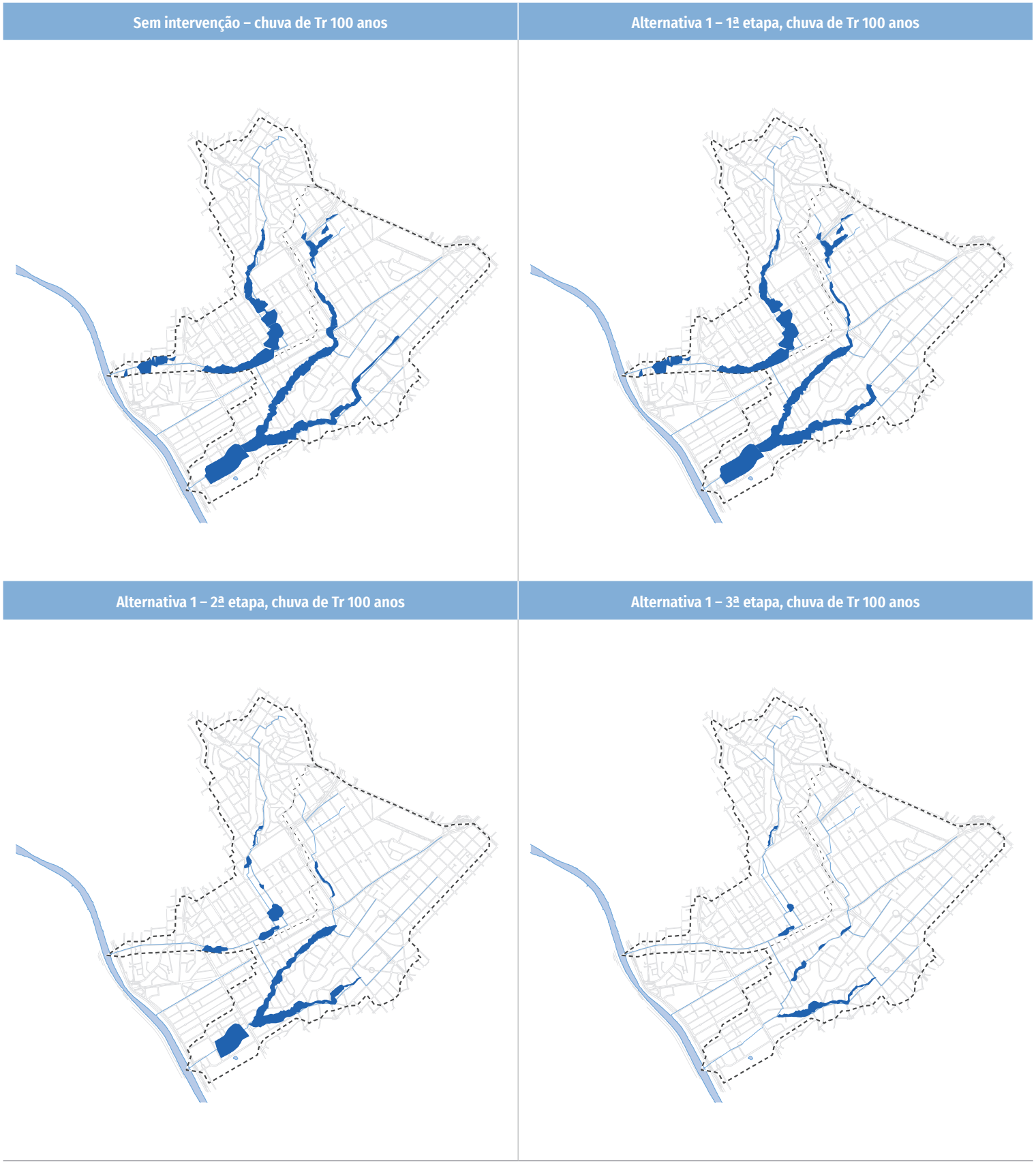


FIGURA 7.2 **Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1**

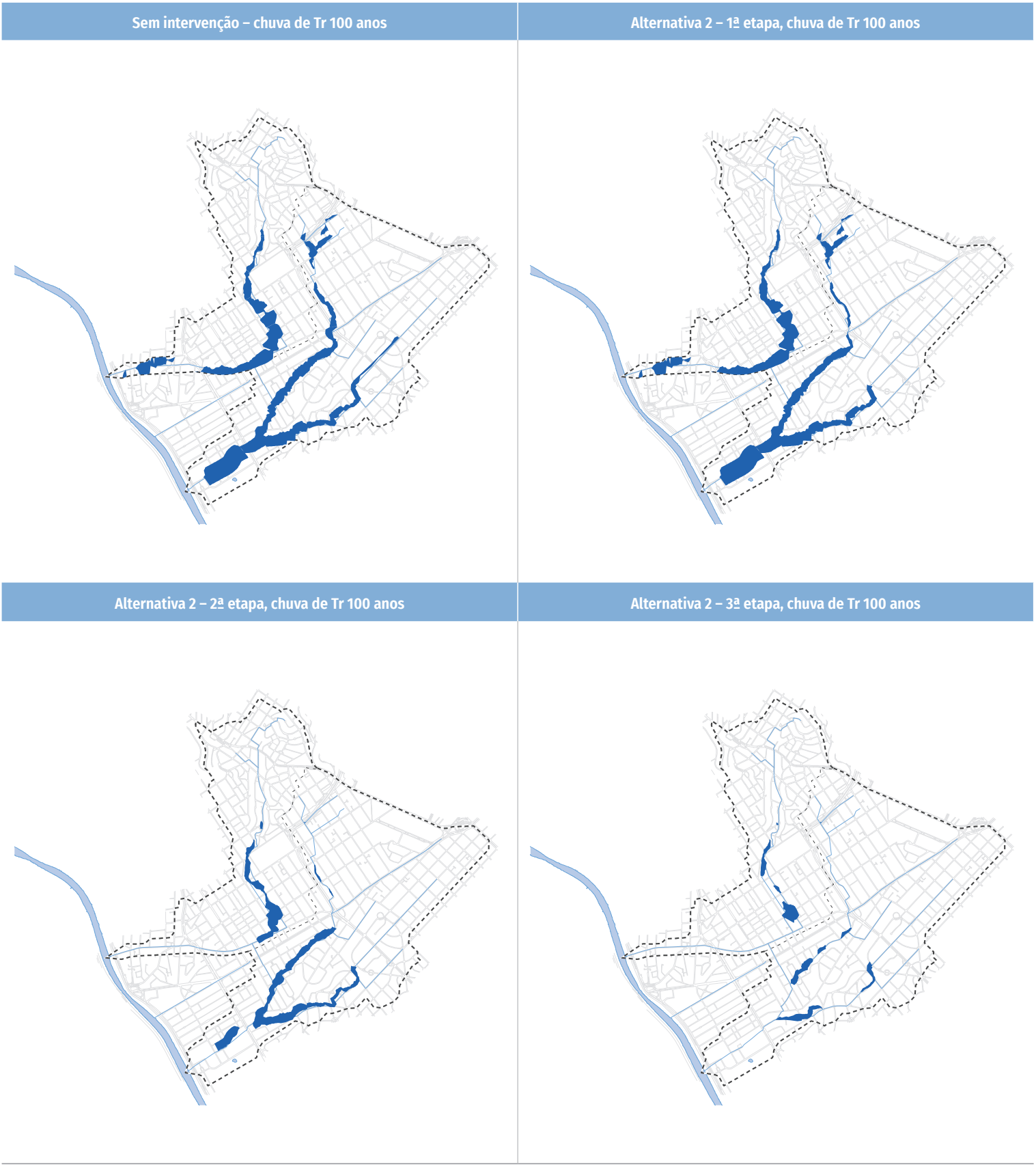


FIGURA 7.3 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

7.1 DESEMPENHO DAS INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA

O desempenho individual de cada medida de controle de cheias foi verificado considerando a redução da mancha de inundação quando a infraestrutura é submetida a uma chuva de 2 anos de recorrência.

A redução da área de inundação é um dos indicadores empregados no planejamento das ações da Prefeitura de São Paulo. Os indicadores são índices que traduzem de modo sintético a evolução do desempenho do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais e, desse modo, são capazes de auxiliar o processo de gestão através de sua aplicabilidade na avaliação e no acompanhamento dos planos, programas, projetos e de outras medidas de controle da drenagem.

A área da mancha de inundação na configuração da rede atual para uma chuva de Tr 2 anos na bacia é de 0,14 km².

Para essa verificação, foi realizada a simulação no modelo PCSWMM das seguintes intervenções:

- Reservatório na Praça General Oliveira Álvares e Praça Jacques Bellange – RVI-1 (25.000 m³);
- Reativação da galeria de ligação entre os dois braços do córrego Verde (500 m);
- Substituição de galeria na Rua Abegoaria e na Rua Medeiros de Albuquerque (1.250 m);
- Reservatório na Praça Portugal – RVII-3 (33.000 m³) – e galeria de apoio na Avenida Rebouças e na Rua Lisboa (1.080 m);
- Reservatório na Alameda Tietê – RVII-7 (10.000 m³).

O objetivo dessa análise é confrontar a redução da área da mancha de inundação resultante da implantação de cada intervenção a partir da mancha atual.

A seguir, é indicado o impacto isolado de cada obra da 1ª etapa para uma chuva de Tr 2 anos (**FIGURA 7.4**).

O pré-dimensionamento das intervenções, tais como os volumes dos reservatórios, dos parques lineares e das seções de galerias, foi efetuado considerando a implantação de todas as obras para uma proteção de 100 anos, ou seja, as obras operam em conjunto, e não de forma isolada. De tal modo, a redução da mancha proporcionada por combinações dessas medidas não será necessariamente igual à soma das reduções proporcionadas por cada medida de forma individual.

Mancha de inundação para a configuração da rede atual – Tr 2 anos



Área da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,135 km²

Reservatório na R. Abegoaria – RVI-1



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 25.000 m³

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,022 km²

Custo estimado da medida

R$ 26.700.000,00

FIGURA 7.4 Características das intervenções

Reservatório na Pç. Portugal – RVII-3 e galerias de acesso e captação



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 33.000 m³ e galerias de acesso a esse reservatório (1.080 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,062 km²

Custo estimado da medida

R$ 46.800.000,00

Reativação de galeria existente – R. Capitão Prudente



Descrição

Reativação de galeria de águas pluviais, interligando os braços I e II da rede (500 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,013 km²

Custo estimado da medida

R$ 500.000,00

FIGURA 7.4 Características das intervenções

Substituição de galeria nas ruas Abegoaria e Medeiros de Albuquerque



Descrição

Substituição de galeria retangular de 1,5 m × 1,5 m por seção circular de diâmetro 1,5 m, devido ao atual estado de deterioração das galerias nesse trecho (1.250 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,005 km²

Custo estimado da medida

R$ 10.400.000,00

Reservatório sob a Al. Tietê – RVII-7



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 10.000 m³

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 2 anos

0,024 km²

Custo estimado da medida

R$ 10.000.000,00

FIGURA 7.4 Características das intervenções

8

Custo estimado

Uma estimativa de custo foi realizada no intuito de analisar a viabilidade de implantação das alternativas propostas.

Os valores foram estimados com base em uma relação de obras implantadas e em implantação pela PMSP. Os valores de desapropriação foram estimados pelo Núcleo de Desapropriações e Áreas Públicas da SIURB.

Para a composição de custos, foram considerados os seguintes tipos de intervenções:

- Reservatório fechado: custo médio de reservatório em concreto por m³ de reservação e paredes diafragma atirantadas com bombeamento;
- Galerias de apoio, substituição de galerias e/ou galerias-reservatórios: custo médio por m³ de galeria em concreto armado moldado *in loco* e método de construção a céu aberto. Conforme localização da intervenção, foi considerado custo de *tunnel liner* e NATM;
- Reservatório aberto: custo médio de reservatório sem bombas por m³ de reservação, somado ao custo médio por m² de área com equipamentos de lazer e infraestrutura verde;

- Abertura de canal: custo médio por m³, considerando canal com revestimento em gabião.

A **TABELA 8.1** e a **TABELA 8.2** apresentam os custos estimados das Alternativas 1 e 2. Foram indicadas todas as ações previstas nas etapas de cada alternativa, distinguindo os valores estimados em desapropriações, quando existente.

A **TABELA 8.3** mostra o resumo dos custos totais estimados e em cada etapa das alternativas estudadas.

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de setembro/2020)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-1	R. Abegoaria	26.700.000,00	-	26.700.000,00
		Substituição de galeria	R. Abegoaria e R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Heitor Penteado e a R. Belmiro Braga	10.400.000,00	-	10.400.000,00
		Reativação de galeria existente	R. Capitão Prudente	500.000,00	-	500.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-3	Pç. Portugal	33.000.000,00	-	33.000.000,00
		Reservatório RVII-7	Al. Tietê	10.000.000,00	-	10.000.000,00
		Galeria de apoio	R. Lisboa e Av. Rebouças	10.100.000,00	-	10.100.000,00
		Galeria de apoio	Av. Rebouças	3.700.000,00	-	3.700.000,00
2ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-2	R. Medeiros de Albuquerque	40.000.000,00	13.600.000,00	53.600.000,00
		Galeria-reservatório	R. Dr. Virgílio de Carvalho Pinto e R. dos Pinheiros	17.800.000,00	-	17.800.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-1	R. Galeno de Almeida	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-6	Pç. Antônio Duarte do Amaral	35.000.000,00	-	35.000.000,00
		Reservatório RVII-9	R. Guadelupe	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-10	Pç. dos Incas	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-12	R. Grécia	25.000.000,00	-	25.000.000,00
		Galeria de apoio	R. João Moura (a jusante do RVII-1)	300.000,00	-	300.000,00
	Sub-bacia Rebouças	Substituição de galeria	Av. Rebouças	18.500.000,00	-	18.500.000,00

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de setembro/2020)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
3ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-4	R. Girassol	25.000.000,00	13.200.000,00	38.200.000,00
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Cipriano Jucá e a R. Aspicuelta	800.000,00	-	800.000,00
		Galeria de apoio	Desvio para o reservatório RVI-4	1.100.000,00	-	1.100.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-4	R. Henrique Schaumann e Av. Rebouças	40.000.000,00	38.900.000,00	78.900.000,00
		Reservatório RVII-6 (expansão)	Pç. Antônio Duarte do Amaral	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-10 (expansão)	Pç. dos Incas	15.000.000,00	-	15.000.000,00
4ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-2 (expansão)	R. Medeiros de Albuquerque	15.000.000,00	5.100.000,00	20.100.000,00
		Reservatório RVI-4 (expansão)	R. Girassol	10.000.000,00	5.300.000,00	15.300.000,00
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Aspicuelta e a R. Girassol	1.800.000,00	-	1.800.000,00
		Reservatório RVI-6	R. Auriflama	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVI-7	R. Teçaindá	10.000.000,00	-	10.000.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-5	R. Groenlândia	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-13	R. Grécia	20.000.000,00	-	20.000.000,00
TOTAL				**489.700.000,00**	**76.100.000,00**	**565.800.000,00**

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de setembro/2020)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-1	R. Abegoaria	26.700.000,00	-	26.700.000,00
		Substituição de galeria	R. Abegoaria e R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Heitor Penteado e a R. Belmiro Braga	10.400.000,00	-	10.400.000,00
		Reativação de galeria existente	R. Capitão Prudente	500.000,00	-	500.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-3	Pç. Portugal	33.000.000,00	-	33.000.000,00
		Reservatório RVII-7	Al. Tietê	10.000.000,00	-	10.000.000,00
		Galeria de apoio	R. Lisboa e Av. Rebouças	10.100.000,00	-	10.100.000,00
		Galeria de apoio	Av. Rebouças	3.700.000,00	-	3.700.000,00
2ª Etapa	Braço I	Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Cipriano Jucá e a R. Aspicuelta	800.000,00	-	800.000,00
		Galeria de apoio	R. Medeiros de Albuquerque, entre a R. Aspicuelta e a R. Harmonia	2.200.000,00	-	2.200.000,00
		Galeria de apoio	R. Luís Murat, entre a R. Harmonia e a R. Girassol	600.000,00	-	600.000,00
		Galeria-reservatório	R. Cônego Eugênio de Lima e R. Artur de Azevedo	24.500.000,00	-	24.500.000,00
		Galeria-reservatório	R. Patápio Silva	6.800.000,00	-	6.800.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-1	R. Galeno de Almeida	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Reservatório RVII-6	Pç. Antônio Duarte do Amaral	40.000.000,00	-	40.000.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de setembro/2020)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
2ª Etapa	Braço II	Reservatório RVII-9	Pç. Guadelupe	25.000.000,00	-	25.000.000,00
		Reservatório RVII-11	R. Alemanha	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Galeria de apoio	R. João Moura	300.000,00	-	300.000,00
		Abertura de córrego	Pç. Gastão Vidigal	1.300.000,00	-	1.300.000,00
	Sub-bacia Rebouças	Substituição de galeria	Av. Rebouças	18.500.000,00	-	18.500.000,00
3ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-3	R. Inácio Pereira da Rocha	35.000.000,00	11.600.000,00	46.600.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-2	Pç. Benedito Calixto	35.000.000,00	-	35.000.000,00
		Reservatório RVII-6 (expansão)	Pç. Antônio Duarte do Amaral	15.000.000,00	-	15.000.000,00
		Reservatório RVII-8	R. Uruguai	15.000.000,00	17.500.000,00	32.500.000,00
4ª Etapa	Braço I	Reservatório RVI-5	R. Artur de Azevedo	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Galeria-reservatório	R. Simpatia e R. Harmonia	1.700.000,00	-	1.700.000,00
	Braço II	Reservatório RVII-8 (expansão)	R. Uruguai	10.000.000,00	11.600.000,00	21.600.000,00
		Reservatório RVII-13	R. Grécia	20.000.000,00	-	20.000.000,00
		Galeria-reservatório	R. Sampaio Vidal	19.100.000,00	-	19.100.000,00
TOTAL				**425.200.000,00**	**40.700.000,00**	**465.900.000,00**

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa				TOTAL (milhões R$)
	1ª (milhões R$)	2ª (milhões R$)	3ª (milhões R$)	4ª (milhões R$)	
Alternativa 1	94,4	210,2	154,0	107,2	565,8
Alternativa 2	94,4	160,0	129,1	82,4	465,9

É importante ressaltar que as estimativas apresentadas são avaliações preliminares de custos, que devem ser detalhados durante a elaboração dos projetos quando estes forem contratados. Apesar de as estimativas apontarem custos menores para a Alternativa 2, eles devem ser observados com cautela, uma vez que não se consideraram os impactos e custos associados às interferências com o sistema viário na possibilidade de execução de reservatórios lineares sob ele.

Foram analisadas as curvas de investimento e da redução da mancha de inundação ao longo do horizonte de planejamento de 40 anos, conforme os gráficos apresentados na **FIGURA 8.1**.

O investimento estimado para a primeira etapa proporcionaria uma redução de 7% da área de inundação de recorrência de 100 anos, e seria equivalente a 17% e 20% dos custos totais, respectivamente para as alternativas 1 e 2 no prazo de cinco anos.

Em ambas as alternativas, a maior demanda por recursos se observa para a implantação da segunda e terceira etapas, equivalentes a aproximadamente 80% do montante total no prazo de até 25 anos.

Estima-se que o custo marginal para que se cumpra a quarta etapa (proteção de Tr 100 anos em toda a bacia, concluídas as três primeiras etapas) seja de aproximadamente 18% do total a ser investido, para as alternativas 1 e 2.

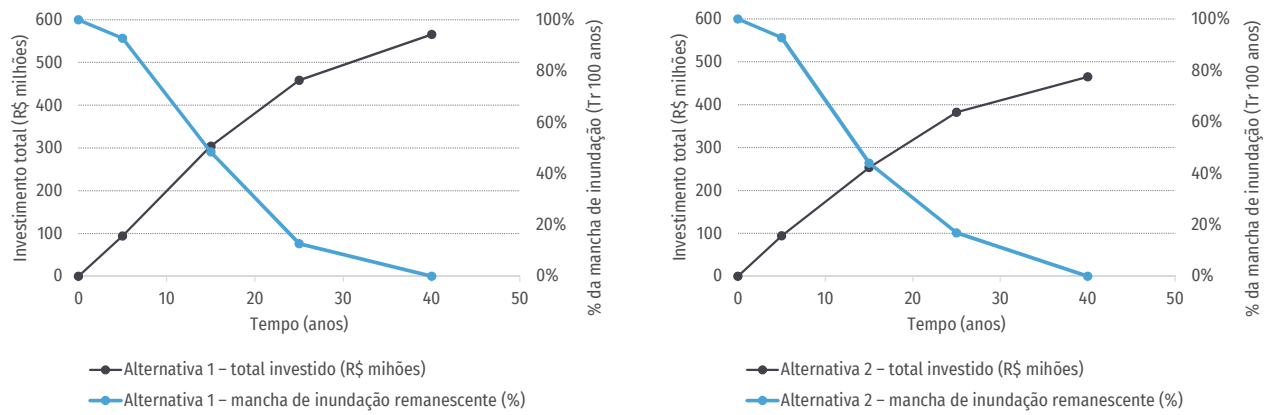


FIGURA 8.1 **Curvas de investimento e da redução da mancha de inundação ao longo do tempo**

9

Considerações finais

O Caderno de Bacia Hidrográfica tem como objetivo formular uma série de alternativas para o controle de cheias, tendo em vista fornecer subsídios para futuras discussões que venham a ocorrer quanto ao planejamento, à contratação de novos estudos e à gestão das bacias do Município.

As propostas de controle de cheias partem de um diagnóstico detalhado da bacia e de estudos específicos, como o mapa de inundações, o risco de inundação e as áreas críticas.

As alternativas propostas foram desenvolvidas em nível de viabilidade, e, desse modo, constituem propostas a serem discutidas em nível de projeto básico e/ou executivo.

As medidas de controle estudadas abordaram soluções estruturais, como reservatórios, canalizações, parques lineares e túneis. São citadas medidas não estruturais, como o zoneamento das áreas inundáveis no processo de controle de cheias no Município de São Paulo, onde estudos específicos devem ser desenvolvidos. O mapa do potencial de implantação de sistemas infiltrantes foi produzido tendo em vista o incentivo à adoção das medidas sustentáveis de controle de cheias na fonte.

Uma análise de custo preliminar foi realizada no intuito de fornecer elementos para o planejamento das ações.

Foram avaliadas duas alternativas de controle de cheias para a bacia do córrego Verde. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento de pequenas dimensões localizados em praças e áreas públicas, minimizando interferências com o tráfego de veículos e custos associados à desapropriação de lotes. A Alternativa 2 priorizou a implantação de reservatórios de armazenamento lineares, sob o viário, sendo o volume excedente armazenado em galerias-reservatórios, de forma a preservar as praças e minimizar custos de desapropriação.

As duas alternativas protegem a bacia para chuvas de Tr 100 anos. Isso indica que, para eventos hidrológicos superiores a 100 anos poderão ocorrer inundações. Ou seja, a bacia não está protegida para eventos de tamanha magnitude.

A implantação das alternativas deverá ser feita em etapas. A primeira etapa de obras priorizou a redução das inundações mais frequentes em áreas críticas, apontadas pelo estudo com risco muito alto de inundação. A segunda etapa foi composta por obras que protegem a bacia para chuvas de 25 anos, e a terceira etapa, com obras para proteção de 100 anos.

O desenvolvimento deste Caderno foi coordenado tecnicamente pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras (SIURB), a qual propiciou a articulação institucional das seguintes secretarias: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB), Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL) e subprefeituras de Pinheiros, Lapa e Sé.

Glossário

Alagamento

Acúmulo de água nas vias da cidade decorrente da deficiência ou inexistência do sistema de microdrenagem.

Chuva de projeto

Determinação do volume de chuva e de sua distribuição temporal e espacial, sobre uma bacia hidrográfica, necessária para desenvolvimento de um projeto de drenagem. A essa chuva associa-se um determinado risco hidrológico, comumente chamado de período de retorno.

Dano

Definição da severidade ou intensidade da lesão resultante de um acidente ou evento adverso. Os danos causados por desastres classificam-se em: danos humanos, materiais, econômicos e ambientais[26].

Dique

Estrutura de contenção em margens de rios e de lagos, com a finalidade de evitar o extravasamento da água.

Escoamento superficial direto

Parcela da água precipitada que não infiltra no solo e que escoa superficialmente até alcançar os corpos de água. O mesmo que *runoff* em inglês.

Inundação

Transbordamento de água da calha de rios, lagos e reservatórios, provocado por chuva intensa, em áreas não habitualmente submersas.

Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem é formado por um conjunto de obras hidráulicas necessárias para escoar e controlar as cheias. Em áreas urbanas, é um sistema fundamental para a mobilidade, preservação da integridade do patrimônio, proteção da saúde e defesa da vida da população. O sistema de macrodrenagem é interligado ao sistema de microdrenagem, por isso os dois sistemas devem ser projetados em conjunto. Dentre as obras hidráulicas da macrodrenagem, destacam-se: canais, reservatórios, diques, bombeamento de áreas baixas etc.

Microdrenagem

O sistema de microdrenagem consiste num conjunto de obras hidráulicas necessário para escoar o excesso de chuva nas calçadas e ruas. Dentre essas obras, destacam-se: guias e sarjetas, captações (bocas-de-lobo e de leão) etc., e a rede de galerias de águas pluviais. A principal função da microdrenagem é manter o sistema viário livre do escoamento superficial e evitar alagamentos que possam atingir imóveis e equipamentos urbanos.

---

26. BRASIL. **Glossário de Defesa Civil – Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: Ministérios do Planejamento e Orçamento, 1998.

Parque linear (com função de reservação)

São áreas verdes implantadas nas marginais de córregos e rios projetadas para recompor o leito maior de cheias. Em geral, possuem outras funções urbanas, como recuperação de cobertura vegetal, áreas de lazer com usos múltiplos e retardamento de cheias.

Período de retorno

É o período médio (em anos) em que um evento natural pode ocorrer. Seu inverso corresponde à probabilidade de o evento ocorrer a cada ano. Por exemplo, uma chuva de 100 anos ocorre em média uma vez a cada 100 anos. A cada ano a probabilidade de o evento ocorrer é 1/100.

Pôlder

Obra hidráulica empregada para proteger áreas baixas marginais de canais, em geral composto por dique, reservatório de armazenamento, rede de dutos e bombas.

Reservatório de armazenamento

Estrutura que acumula temporariamente parte da cheia com a função de amortecer as vazões e reduzir os riscos de inundações a jusante. Os reservatórios podem ser *in line* (em linha) ou *off line* (em paralelo) de acordo com seu posicionamento em relação ao canal que contribui para o reservatório.

O reservatório *in line* é posicionado ao longo do canal. Possui, em geral, uma estrutura de barramento dotada de um descarregador de fundo e extravasor. A capacidade do descarregador é limitada à capacidade do trecho de canal a jusante. O extravasor funciona como um dispositivo de segurança para vazões superiores à vazão de projeto.

O reservatório *off line* é implantado paralelamente ao canal e recebe a vazão excedente por um vertedor lateral. O nível da soleira do vertedor é definido em função do nível máximo admitido no canal, e as suas dimensões são determinadas em função da vazão excedente a ser lançada no reservatório. A descarga do reservatório lateral pode ser feita por gravidade, através de válvulas de retenção que se abrem quando o nível do canal diminui. Pode também ser esvaziado por bombeamento.

Quando permanece seco na estiagem, o reservatório é chamado de reservatório (ou bacia) de detenção. Quando mantém um volume permanente de água (lago), é chamado de reservatório (ou bacia) de retenção.

Risco

É a probabilidade de ocorrer um dano. Essa probabilidade é estimada em função dos fatores que interferem na ocorrência do dano. No caso de chuvas intensas, por exemplo, ele pode ser estimado em função do risco hidrológico (não controlável) e pela exposição ao risco (controlável).

Zoneamento de inundação

Medida não estrutural de controle de cheias que mapeia as áreas inundáveis em função do risco. Essas áreas podem ter o seu uso e a sua ocupação disciplinados pelo Plano Diretor Estratégico da cidade.