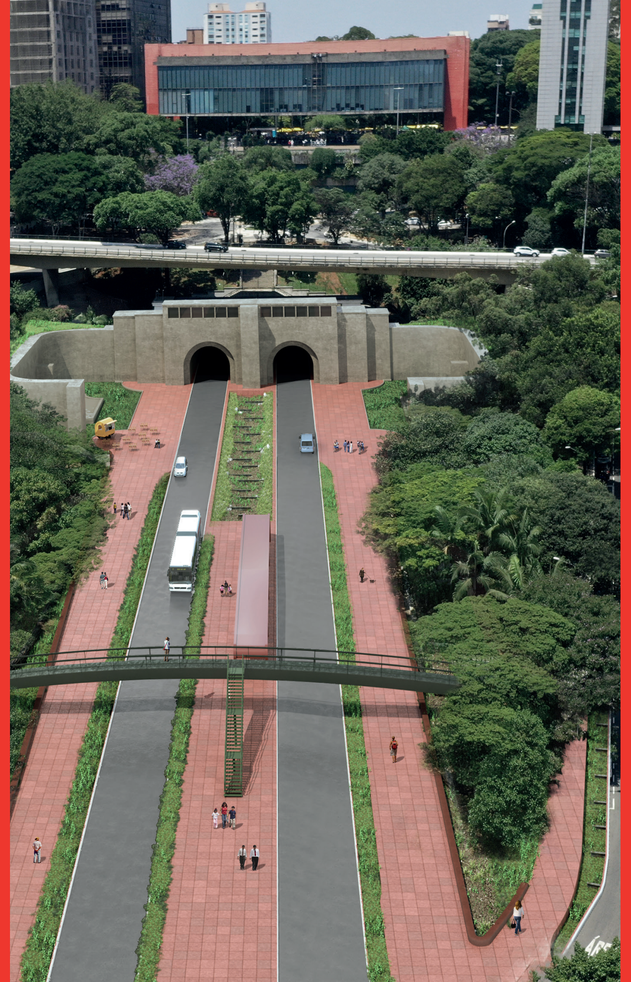


Imagens da praça de infiltração proposta na Av. Nove de Julho (capa e contracapa)

BACIA DO CÓRREGO ANHANGABAÚ

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO ANHANGABAÚ



BACIA DO CÓRREGO ANHANGABAÚ



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 ANHANGABAÚ

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
Foto de fundo da capa: Delfim Martins
Foto de fundo da contracapa: Fernando Kenzo Onuki

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Anhangabaú / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2021. 264 p.

ISBN 978-65-89429-01-2

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Anhangabaú (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 Sistema de drenagem 30

2.4 Monitoramento hidrológico 57

2.5 Relevo 65

2.6 Carta geotécnica 66

2.7 Uso do solo 72

2.8 Zoneamento urbano 78

2.9 População 90

2.10 Divisão administrativa municipal 91

2.11 Sistema de esgotamento sanitário 100

2.12 Sistema viário 100

3. Critérios para o estudo **107**

3.1 Chuva de projeto 108

3.2 Sub-bacias hidrográficas 113

3.3 Impermeabilização da bacia 116

4. Mapeamento de áreas críticas **123**

4.1 Áreas inundáveis 123

4.2 Áreas críticas 126

5. Estudos e projetos existentes para a bacia **133**

5.1 Projeto de reservatórios de amortecimento de cheias nas praças da Bandeira e Quatorze Bis 133

5.2 Projeto de túnel de derivação 137

5.3 Estudo de concepção para implantação de uma rede de galerias-reservatórios (FCTH) 138

5.4 Proposta de revitalização do córrego Itororó 140

6. Alternativas propostas **145**

6.1 Alternativa 1 147

6.2 Alternativa 2 156

6.3 Localização das obras na bacia 164

6.4 Vistas e perspectivas da praça de infiltração e da revitalização do córrego Augusta 177

6.5 Medidas emergenciais 218

6.6 Medidas não estruturais 218

6.7 Medidas de controle na fonte 231

7. Etapas de implantação das alternativas **239**

7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa 244

8. Custo estimado **249**

9. Considerações finais **259**

Glossário **261**

Lista de abreviaturas e siglas

ACD	Área de Contribuição Direta
CCOI	Centro de Controle Operacional Integrado
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergência
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
DPH	Departamento do Patrimônio Histórico
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
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
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
MPCA	Minnesota Pollution Control Agency
MDC	Mapa Digital da Cidade
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
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PlanMob	Plano de mobilidade
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
PV	Poço de Visita
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
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
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
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 075/SIURB/2016, 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 Anhangabaú, afluente da margem esquerda do Rio Tamanduateí e localizada na região central 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.

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 três etapas: a primeira é delineada para proteger as áreas críticas da bacia; a segunda protege a bacia para chuvas com Tr 25 anos; e a terceira etapa, por sua vez, protege a bacia para chuvas com Tr 100 anos. 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 essas medidas foram submetidas a uma chuva de 5 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.

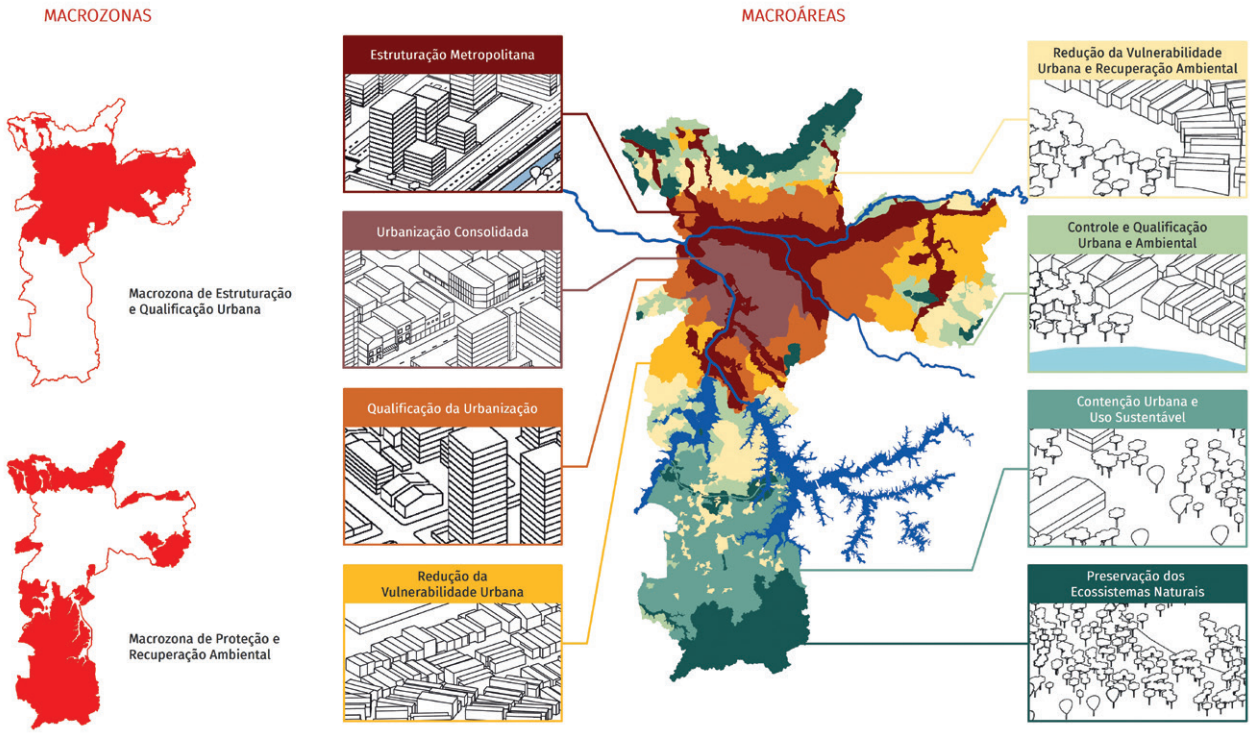
- Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana – caracteriza-se pela existência de elevados índices de vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano. É ocupada por uma população predominantemente de baixa renda que se instala em assentamentos precários e irregulares.

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 vale, 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

Afluente da margem esquerda do Rio Tamanduateí, a bacia hidrográfica do córrego Anhangabaú localiza-se na zona central do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 5,45 km², correspondente a 0,4 % da área total do Município. O Tamanduateí, por sua vez, é um importante afluente do Rio Tietê, e engloba porções do território de outros cinco municípios, a saber: Diadema, Mauá, Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul.

Neste estudo, foi considerada também a área de contribuição direta (ACD), com 0,7 km² e localizada entre a foz do córrego Anhangabaú e a Rua Tabatinguera, por conta de alagamentos que ocorrem nos arredores da Rua Vinte e Cinco de Março.

O mapa da **FIGURA 2.1** ilustra a localização da bacia do córrego Anhangabaú e da área de contribuição direta no Município de São Paulo.

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Área de drenagem:
Bacia do Anhangabaú – 5,45 km²
Área de contribuição direta – 0,70 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

0 125 250 500 m



FIGURA 2.1 Localização da bacia hidrográfica do córrego Anhangabaú

2.2 HISTÓRICO DA BACIA

A cidade de São Paulo surgiu entre o Rio Tamanduateí e o córrego Anhangabaú, no século XVI. O uso dessas águas já era essencial para o abastecimento, a alimentação e o transporte da população indígena originária, e isso não foi diferente com os colonizadores: além dos usos já citados, os cursos d'água também ofereciam segurança e levavam para longe o esgoto da nova vila[6].

Os primeiros condutos da cidade foram criados em meados do século XVIII, oferecendo água potável canalizada para o convento dos frades franciscanos, por exemplo. Enquanto isso, a maior parte dos moradores abastecia-se em pequenas bicas, ou então direto nas águas do Anhangabaú e do Tamanduateí. Com o tempo, espalharam-se mais chafarizes públicos, tanques e fontes potáveis, como a Bica do Moringuinho (no atual Largo da Pólvora, aproximadamente) e o Tanque do Reúno (na nascente do córrego Saracura), entre outros[7].

Apesar disso, já no século XVIII, a qualidade das águas já estava comprometida. Relatos da época citam que dejetos, rejeitos de lavagem de roupa[8] e até sangue dos abates do Matadouro Público misturavam-se na mesma água fornecida à população[9].

Os problemas nos cursos d'água tornaram-se ainda mais relevantes no século XIX, com o aumento da população paulistana. O fornecimento de água era escasso, a várzea era uma barreira para a expansão da cidade, e as frequentes inundações tornaram-se um desafio para o poder público, já que chuvas e inundações demandavam constante manutenção das obras de aterro nas várzeas do Tamanduateí e do Tietê. Porém, isso não impediu que a cidade se expandisse para além do Anhangabaú e do Tamanduateí no final do mesmo século.

---

6. MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas**: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. 363 f. Tese (doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
7. TOLEDO, B. L. **A São Paulo de Militão Augusto de Azevedo por Benedito Lima de Toledo**: visita guiada à sala dedicada ao fotógrafo na exposição *São Paulo, 450 anos – A imagem e a memória da cidade no acervo do IMS*. São Paulo: IMS, 2004.
8. BRUNO, E. S. Arraial de Sertanistas (1554-1828). **História e tradições da cidade de São Paulo**. v. 1. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1991.
9. FREITAS, A. A. **Tradições e reminiscências paulistanas**. v. 9. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1978. (Coleção Paulística).



Planta da capital do Estado de São Paulo (imagem disponível no GeoSampa)

A primeira chuva que teria causado danos à área urbana da cidade foi em janeiro de 1850, arrastando quinze casas de taipa e destruindo parcialmente outras doze. Foi a partir desse marco que o poder público começou a planejar a drenagem e a retificação do Rio Tamanduateí[10].

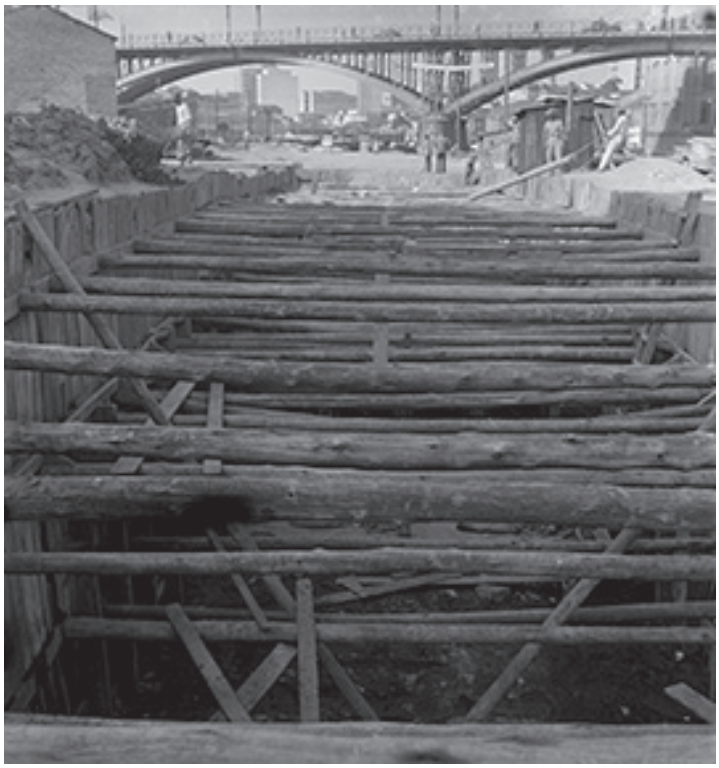
Em 1877, surge a Cia. Cantareira, aliviando a responsabilidade das nascentes do córrego Anhangabaú de abastecer a cidade. Já em 1893, começam as obras de retificação e canalização subterrânea (tamponamento) do Ribeirão Anhangabaú e de trechos dos córregos Saracura e Bexiga. A primeira parte canalizada foi o trecho inicial da Avenida Nove de Julho, na época chamado de Largo do Piques[11].

Entre as décadas de 1920 e 1930, entra em ação em São Paulo o Plano de Avenidas do engenheiro Prestes Maia, que optou pela urbanização rodoviarista da cidade[12]. O plano previa a implantação de três avenidas em cima das recentes canalizações dos córregos: Avenida Anhangabaú Inferior, atual Avenida Prestes Maia (córrego Anhangabaú); Avenida Nove de Julho (córrego Saracura); e Avenida Itororó, atual Avenida Vinte e Três de Maio (córrego Itororó). O Plano de Avenidas teve um impacto tão profundo na forma de São Paulo se expandir que se instaurou uma prática generalizada de tamponamento de cursos d'água para criação de avenidas, o que levou a um agravamento dos problemas de inundações da cidade.

As obras estruturais na região da bacia continuam em andamento. Uma obra importante foi a construção do Túnel do Moringuinho, uma galeria que desvia as águas do córrego Itororó, com o objetivo de diminuir as inundações do Vale do Anhangabaú, já que a região inundava até 1,5 m na época. A obra, correspondendo a um túnel passando pelas ruas Liberdade, dos Estudantes e Glicério, sofreu com inúmeras dificuldades: obras antigas bloqueando a passagem, proximidade com muitas casas, e, principalmente, um solo muito mais argiloso do que o previsto. Não sendo possível prosseguir as obras com tanta

---

10. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo) – Departamento do Patrimônio Histórico (DPH). **A enchente de 1º de janeiro de 1850**. São Paulo: DPH, 2009.
11. SANT'ANNA, D. B. **Cidade das águas**: usos de rios, córregos, bicas e chafarizes em São Paulo (1822-1901). São Paulo: Senac São Paulo, 2007.
12. QUEIROZ, M. H. L.; SOMEKH, N. A cidade comprometida: a questão ambiental e os planos de São Paulo. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 113-124, 2003.



1945-1950: pavimentação do Vale do Anhangabaú. Vê-se, em primeiro plano, uma vala aberta para saneamento (esgoto). Ao fundo, vê-se o Viaduto Santa Ifigênia (foto: Sebastião de Assis Ferreira. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo)



1950: vista panorâmica da cidade de São Paulo, com o Viaduto do Chá, o edifício Matarazzo, o edifício Alexandre Mackenzie – onde se instala a Light & Power Co. –, a sede da Prefeitura Municipal de São Paulo, o edifício da Casa Anglo Brasileira e um trecho da Av. Anhangabaú (foto: Sebastião de Assis Ferreira. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo)



1942: fotografia tirada da R. Pedroso, mostrando a vazante do Vale do Rio Anhangabaú, entre o prolongamento da R. Maestro Cardim e a R. Barão de Ijuí (foto: Benedito Junqueira Duarte e Antônio R. Muller. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo)



1952: fotografia tirada do Viaduto Santa Ifigênia. Em plano médio, ao centro, a passagem de nível sob a Av. São João; à direita, o edifício da Central dos Correios; ao fundo, o Viaduto do Chá; e, à esquerda, o edifício Matarazzo (foto: Sebastião de Assis Ferreira. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo)

umidade no terreno, os engenheiros buscaram soluções: desde rebaixar o lençol aquífero com poços filtrantes a cada 5 metros até consolidar o terreno com injeções de cimento. A solução deu-se no processo original de "quadros rígidos e móveis", em que quadros de madeira permitem o tapamento imediato da escavação, em conjunto com o uso de comportas pneumáticas. A obra conclui-se em abril de 1940, com um prazo de execução de dois anos.

As águas fazem parte do cotidiano do Centro até hoje, direta ou indiretamente. Por exemplo, a região comercial da Avenida Vinte e Cinco de Março surgiu por conta do antigo Porto Geral, que ficava na última volta no Rio Tamanduateí e era conhecido por ser um ponto de desembarque de mercadorias. Mesmo depois da retificação do rio, a área continuou com seu caráter comercial. Em dias de chuva forte, muitos produtos eram danificados e perdidos e, por conta disso, os comerciantes procuravam vender itens mais baratos e descartáveis, buscando, desse modo, diminuir seu eventual prejuízo. Foi assim, como uma forma de adaptação à urbanização da várzea, que se consolidou um dos mais icônicos polos comerciais, culturais e turísticos da cidade.

2.3 SISTEMA DE DRENAGEM

O sistema de drenagem principal da bacia em estudo é composto pelo córrego Anhangabaú e seus principais afluentes, os córregos Saracura, Bexiga, Augusta e Itororó. A extensão total de córregos nessa bacia é de 11.900 m, não apresentando nenhum trecho a céu aberto.

Os córregos Saracura-Mirim, Saracura e Anhangabaú, que formam o corpo hídrico principal dessa bacia, somam juntos 3.800 m. Com suas nascentes localizadas próximas ao Espigão da Paulista, os córregos Saracura-Mirim e Saracura-Açu, localizados sob a Avenida Nove de Julho e a Rua Cardeal Leme, encontram-se na região da Praça Quatorze Bis, formando o córrego Saracura, que desce sob a Avenida Nove de Julho até encontrar os córregos Bexiga e Itororó, no Vale do Anhangabaú. Desse ponto, o córrego Saracura segue sob o Túnel Papa João Paulo II (também conhecido como Túnel do Anhangabaú), a Avenida Prestes Maia e a Rua Carlos de Souza Nazaré, até desaguar no Rio Tamanduateí.

O mapa hidrográfico da bacia do córrego Anhangabaú é apresentado na **FIGURA 2.2**. O traçado apresentado nesse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos

dessa bacia, tendo sido elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo.

A **FIGURA 2.3** indica as dimensões das galerias principais da bacia do córrego Anhangabaú, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias. Os trechos apontados como galerias principais são os que foram incorporados no modelo matemático utilizado para a avaliação do sistema de drenagem dessa bacia. Foi também estudado o sistema de microdrenagem existente na área de contribuição direta para o Rio Tamanduateí, na região da Rua Vinte e Cinco de Março.

Atualmente, existe um sistema de bombeamento para controlar as inundações que ocorrem no Túnel do Anhangabaú. Esse sistema conta com grelhas no interior, nas entradas e nas saídas do túnel e com duas elevatórias, Elevatória I e II, cada uma com quatro bombas. A capacidade total de bombeamento da Elevatória I é de 640 L/s, já a Elevatória II conta com 520 L/s, totalizando 1.160 L/s. A localização desse sistema também está indicada na **FIGURA 2.3**.

Convenção

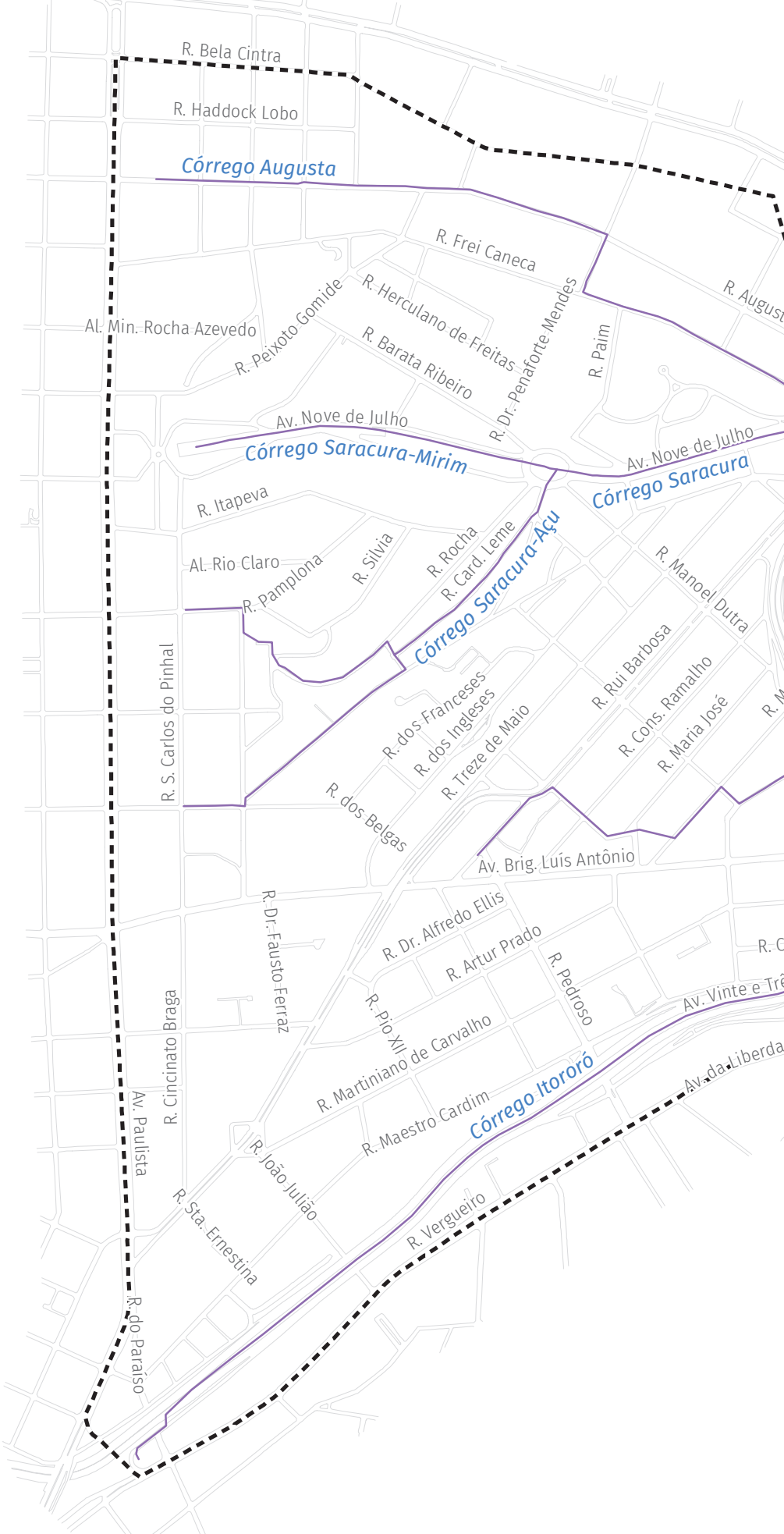
Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Rede hídrica

Rio e córrego a céu aberto

Rio e córrego fechado



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

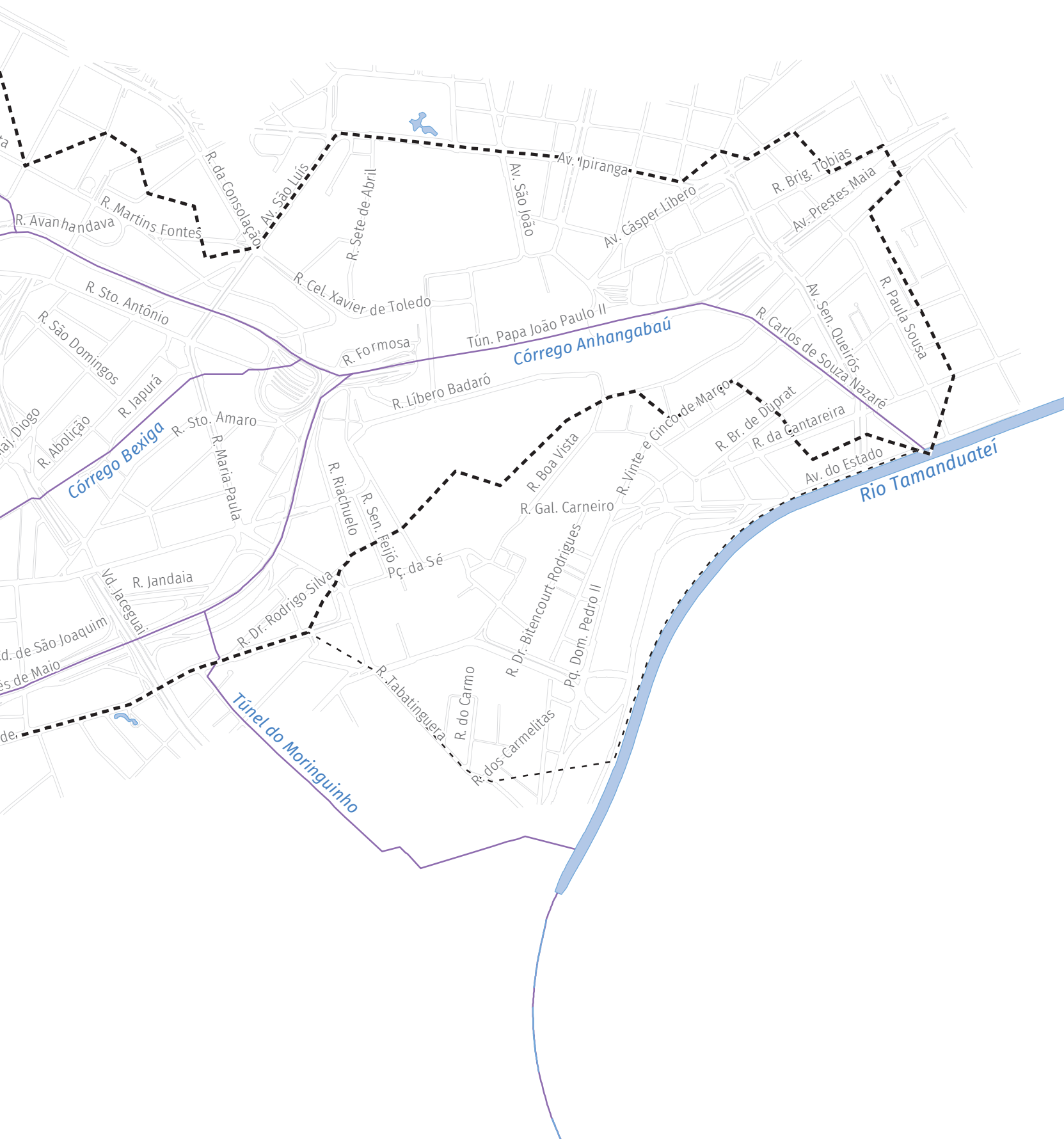
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020)
e Mapa Hidrográfico do Município (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.2 **Rede hídrica principal da bacia do córrego Anhangabaú**

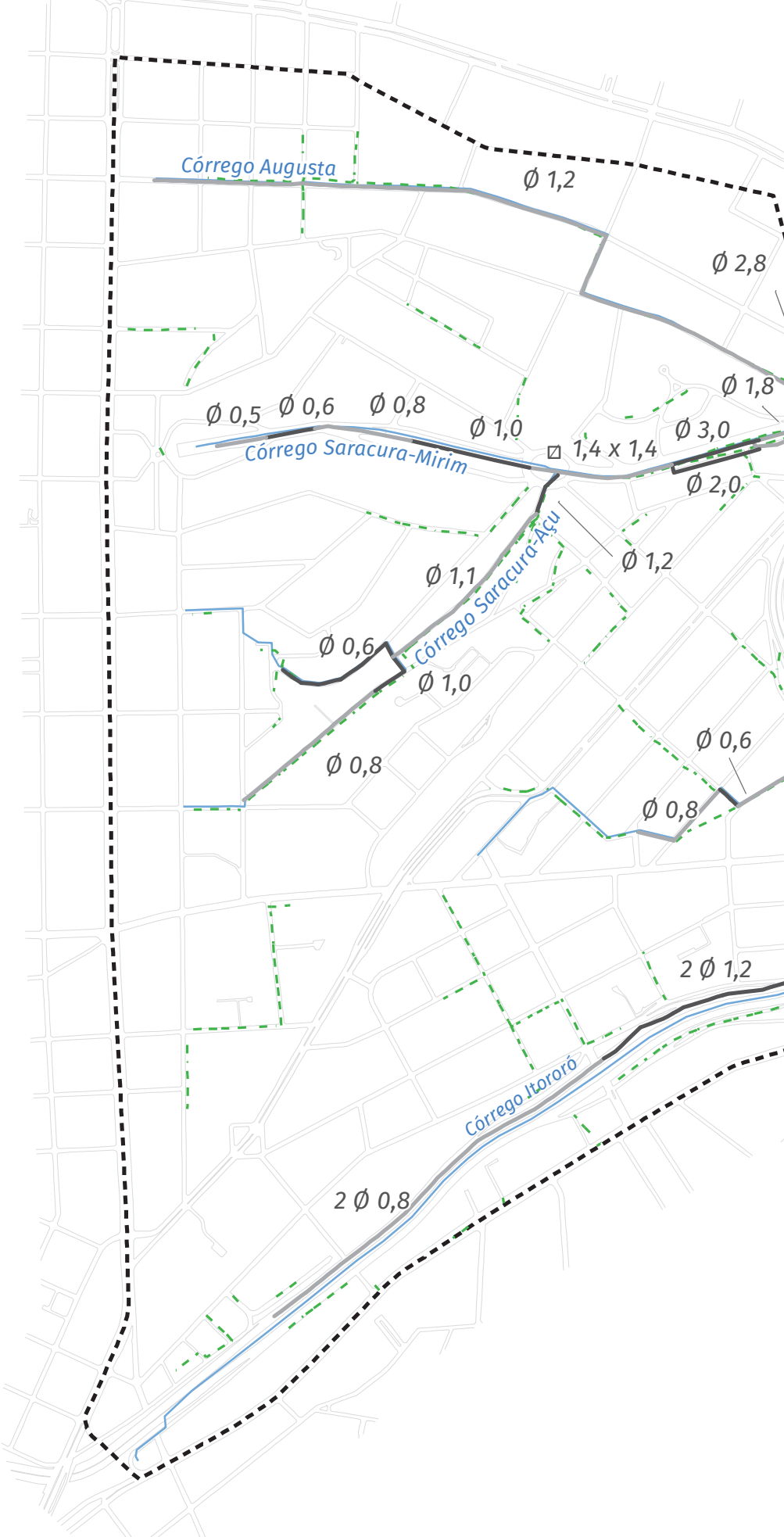


Convenção

- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária
- Rede hídrica
- Galeria principal
- Galeria secundária
- Sistema de bombeamento do Túnel do Anhangabaú

Dimensões em metros

- Ø Seção circular
- ⍁ Seção retangular
- ⌀ Seção semicircular



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) e FCTH (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.3 **Dimensões das principais galerias de drenagem da bacia do córrego Anhangabaú e ACD**

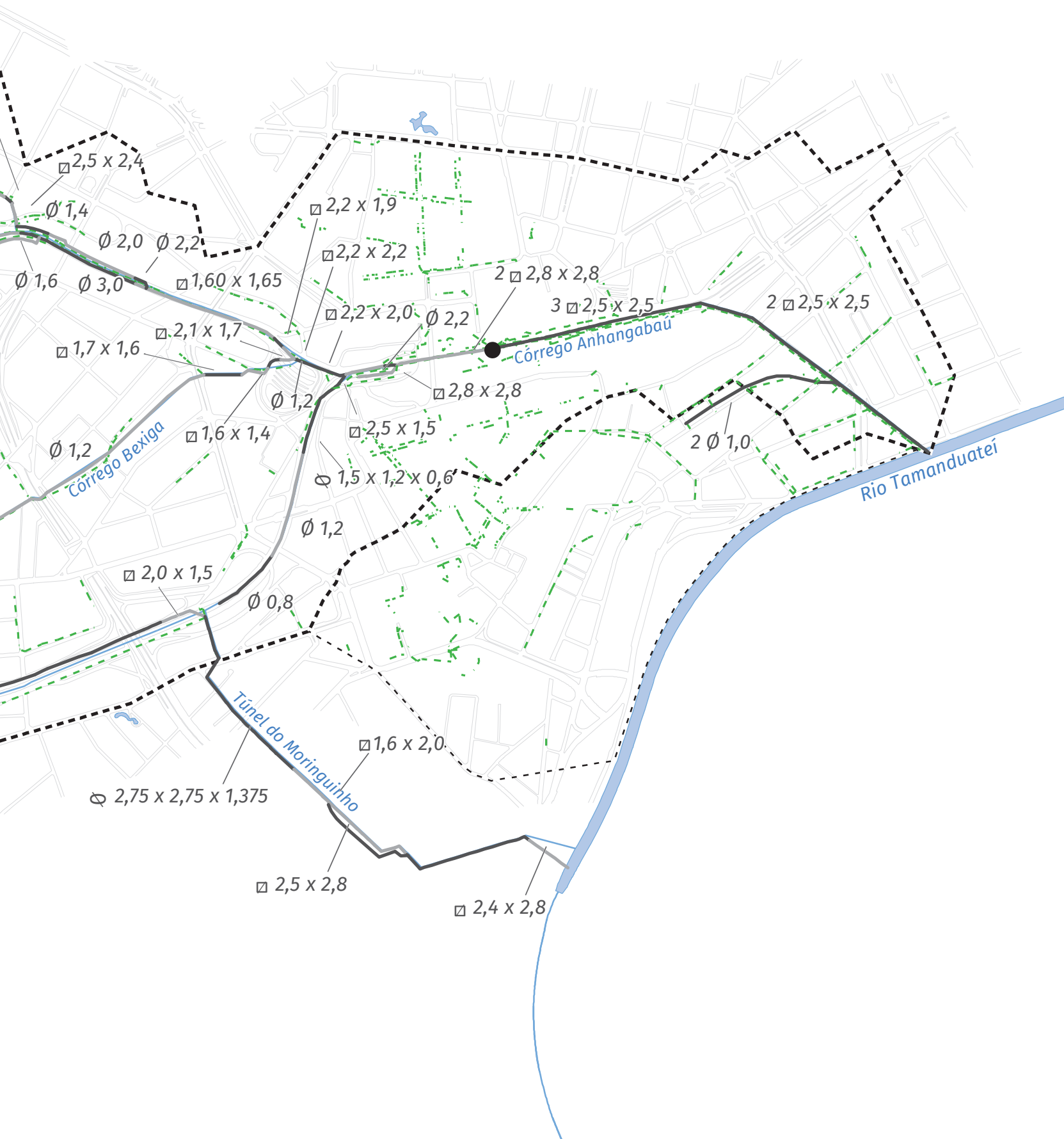
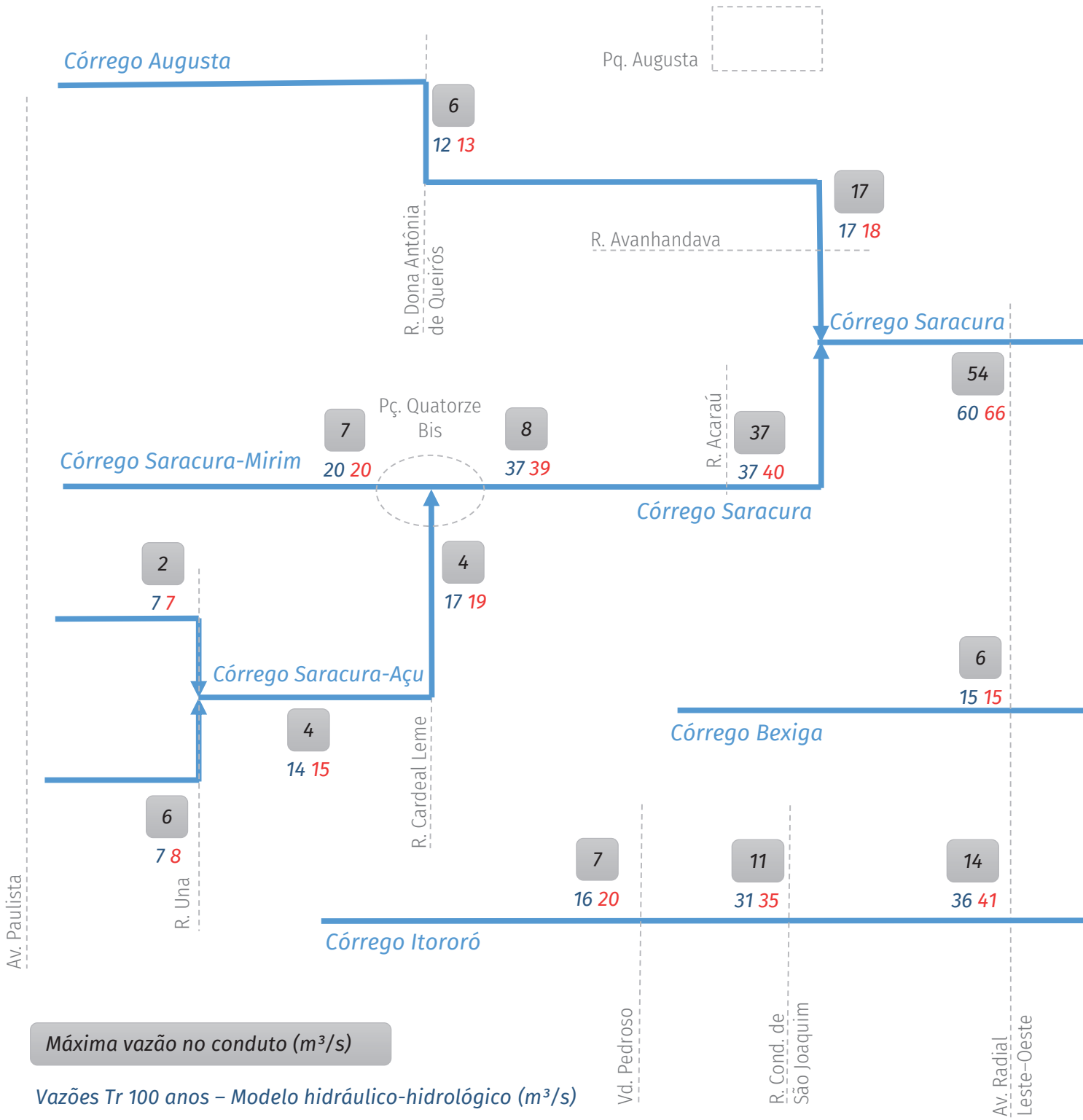
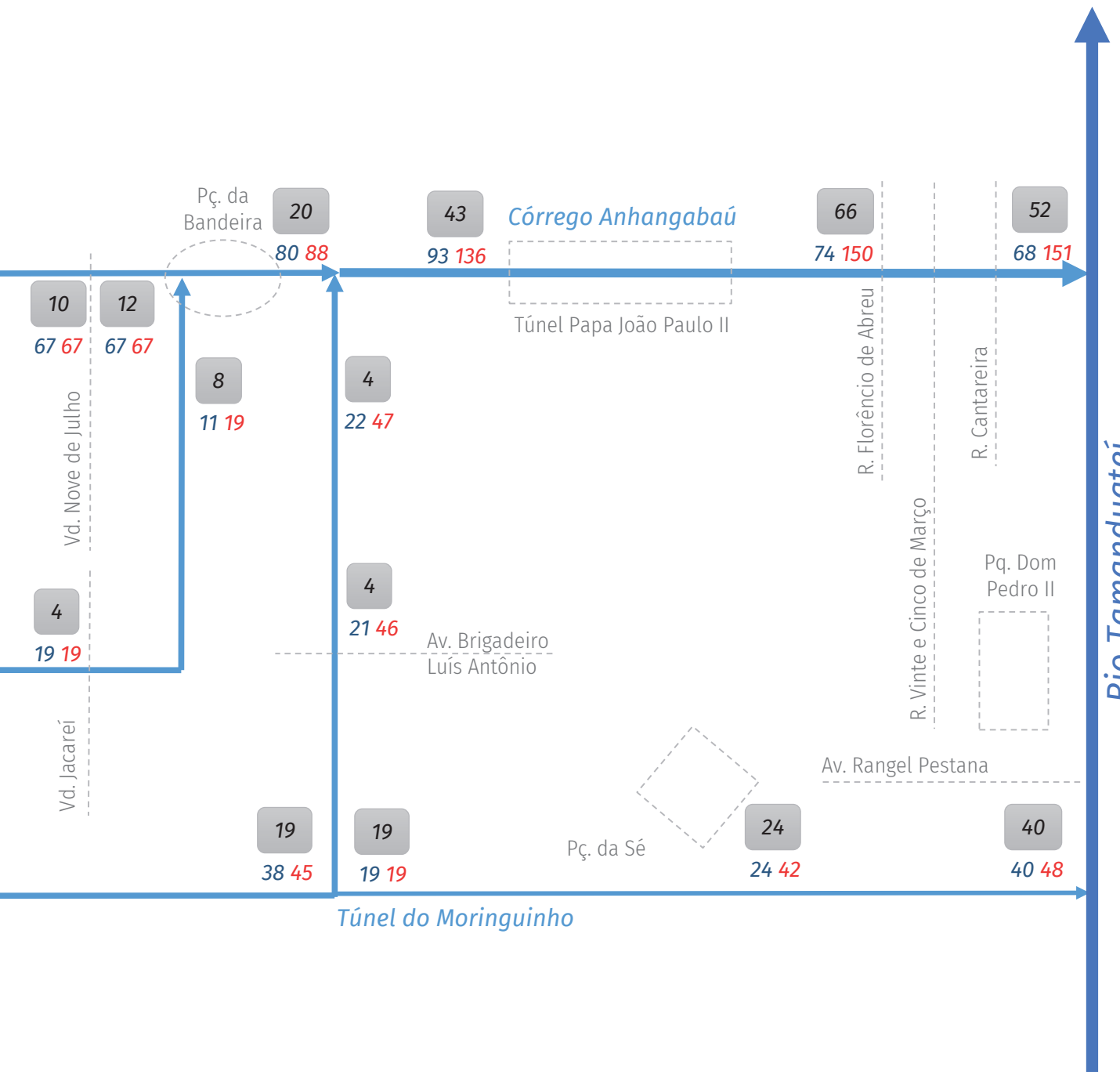


FIGURA 2.4 **Diagrama unifilar de vazões da bacia do córrego Anhangabaú (situação atual)**




Pç. da Bandeira
20
80 88
43
93 136
Córrego Anhangabaú
66
74 150
52
68 151
10
67 67
12
67 67
Túnel Papa João Paulo II
R. Florêncio de Abreu
R. Cantareira
8
11 19
4
22 47
Vd. Nove de Julho
4
19 19
4
21 46
Av. Brigadeiro Luís Antônio
R. Vinte e Cinco de Março
Pq. Dom Pedro II
Rio Tamanduateí
Vd. Jacareí
Av. Rangel Pestana
19
38 45
19
19 19
Pç. da Sé
24
24 42
40
40 48
Túnel do Moringuinho

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 Anhangabaú é exibido na **FIGURA 2.4**. 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 Anhangabaú, é possível notar que a maior parte dos trechos analisados apresenta insuficiência do sistema de drenagem existente. Destacam-se dois trechos na Avenida Nove de Julho, sendo o primeiro imediatamente após a formação do córrego Saracura, a jusante da Praça Quatorze Bis, e o segundo trecho a montante da Praça da Bandeira. No primeiro trecho, a vazão afluente é quatro vezes superior à capacidade da galeria, ao passo que, no segundo, é cinco vezes superior a essa mesma capacidade. Além disso, ressalta-se que os trechos de galerias existentes sob a Praça da Bandeira e suas imediações são insuficientes para drenar a bacia mesmo para chuvas de frequência anual, somando-se a esse fato o grau de comprometimento das estruturas das galerias dos córregos Bexiga e Itororó, as quais apresentam risco de ruína e de assoreamento, como mostram as fotografias da **FIGURA 2.5**.

2.3.2 INUNDAÇÕES NA BACIA DO CÓRREGO ANHANGABAÚ

Na bacia do córrego Anhangabaú, a exemplo de outras áreas densamente urbanizadas do Município de São Paulo, o sistema de



FIGURA 2.5 **Fotografias do interior das galerias dos córregos Bexiga e Itororó (fotos: Nilo Massone)**

drenagem, que começou a ser implantado na década de 1930, não acompanhou a evolução da urbanização e da impermeabilização do solo urbano, ocasionando as inundações frequentes observadas na região. Além das pequenas dimensões das galerias de águas pluviais, é sabido que existem inúmeras interferências e obstruções na rede existente.

Soma-se a isso o mau estado estrutural das galerias, que apresentam fissuras, solapamentos e armaduras expostas. Esses problemas configuram uma rede de drenagem hidraulicamente insuficiente e de difícil manutenção. Essas questões já causaram solapamentos e rupturas, atingindo, por exemplo, trechos da galeria na Avenida Nove

de Julho. Tais trechos foram recuperados pela Prefeitura em obras contratadas sob regime de emergência, mas essas obras não tiveram continuidade. Por isso, até hoje, são mantidas no local partes da antiga galeria, construída ainda na época da abertura da avenida e com trechos em alvenaria.

As inundações na bacia são documentadas desde antes da década de 1930 e seguem até os dias atuais. São diversos os pontos críticos de inundação na bacia hidrográfica, sendo a Avenida Nove de Julho a via mais impactada, tanto pela frequência em que as inundações ocorrem quanto pela magnitude dos eventos (**FIGURA 2.6**). Destacam-se como pontos de alagamento nessa via as imediações da Praça Quatorze Bis, na confluência dos córregos Saracura-Mirim e Saracura-Açu, e o trecho final de aproximadamente 350 m antes da confluência do córrego Saracura com o córrego Bexiga. Em ambos os trechos, as galerias existentes são incompatíveis às vazões afluentes, sendo toda a bacia do córrego Saracura – a maior dos três afluentes do Anhangabaú – restrita a um trecho de apenas 1,65 × 1,60 m, nas imediações da Praça da Bandeira.

Na Avenida Vinte e Três de Maio, destacam-se como pontos críticos de inundação o trecho sob o Viaduto Jaceguai, a montante da derivação do córrego Itororó para o Túnel do Moringuinho, e o trecho que se estende da Praça da Bandeira, onde a galeria do córrego Itororó é bastante antiga e já apresenta trechos solapados, ao Túnel do Anhangabaú.

No córrego Bexiga, destaca-se o trecho a jusante do Viaduto Jaceguai, a partir do qual as galerias se encontram predominantemente sob edificações, sendo inviável a realização de serviços de manutenção em função da dificuldade de acesso e das seções reduzidas nesse trecho, já bastante assoreadas.

Além disso, o córrego Anhangabaú apresenta como principal trecho atingido pelas inundações o trecho do Túnel João Paulo II (**FIGURA 2.7**), o qual precisa ser fechado para o tráfego de veículos com uma frequência anual. Constatou-se que a causa das frequentes inundações no túnel advém do escoamento superficial gerado na Avenida Nove de Julho e que adentra o sentido Santana-Aeroporto do túnel. Ademais, o sistema de bombeamento do túnel, que é composto por duas estações elevatórias de água, apresenta dificuldade de operar em plena capacidade em função do acúmulo de lixo nas grelhas do túnel no sentido Santana-Aeroporto, impossibilitando que o escoamento superficial adentre o poço de captação, para posterior bombeamento para as galerias do córrego Anhangabaú.



Posto córrego Anhangabaú – Av. Vinte e Três de Maio (foto: FCTH)



Inundação na Av. Nove de Julho, 1976
(foto: Kenji Honda/Estadão Conteúdo)



Inundação na Av. Nove de Julho, na Pç. da Bandeira e no Túnel do Anhangabaú, 2015 (foto: Tiago Queiroz/Estadão)



Extravasamento da galeria na Av. Nove de Julho, 2021 (foto: CET)

FIGURA 2.6 **Fotografias de inundações na Av. Nove de Julho**

Outra região frequentemente atingida por alagamentos é a área baixa onde está localizada a região comercial da Rua Vinte e Cinco de Março e do Mercado Municipal (ver **FIGURA 2.7**).

Conforme apresentado no mapa da **FIGURA 2.8**, é possível verificar que, ao longo dos principais córregos da bacia, existem áreas sujeitas a inundações.



Inundação no Vale do Anhangabaú, 1967
(foto: Arquivo/Estadão Conteúdo)



Inundação na região do Vale do Anhangabaú, 2018
(foto: Pedro Lima/Futura Press/Pagos)



Inundação no Túnel do Anhangabaú, 1963
(foto: Arquivo/Estadão Conteúdo)



Inundação no Túnel do Anhangabaú, 2021
(foto: Willian Moreira/Futura Press)



Alagamento na R. Cantareira, 1958
(foto: Arquivo/Estadão Conteúdo)



Alagamento na R. Vinte e Cinco de Março, 2020
(foto: Willian Moreira/Futura Press)

FIGURA 2.7 **Fotografias de inundações na região do Vale do Anhangabaú, R. Vinte e Cinco de Março e Mercado Municipal**


Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Levantamento de inundações/alagamentos
Levantamento FCTH
Histórico – SIURB
Pontos de alagamento CET/CGE (2018-2020)
Intransitável
Transitável
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
R. Augusta
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Peixoto Gomide
R. Herculano de Freitas
R. Barata Ribeiro
R. Paim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura-Mirim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura
R. Itapeva
Córrego Saracura-Açu
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
R. Manoel Dutra
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
R. dos Belgas
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Dr. Alfredo Ellis
R. Artur Prado
R. Pedroso
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
Av. Vinte e Três
Av. Paulista
R. Cincinato Braga
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
Av. da Liberdade
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
R. Vergueiro
R. do Paraíso
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020),
FCTH, CGE/CET e SIURB
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 2.8 **Diagnóstico das inundações na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD**



2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico da bacia do córrego Anhangabaú, iniciando de montante para jusante, conforme indicada a localização no mapa de referência ao lado das fotos. Nesse mapa, também é indicada a visada de cada uma das fotos. As imagens representam os pontos críticos da bacia em termos de inundação e alagamento, bem como os locais de interesse para a instalação de medidas de controle de cheias.











FIGURA 2.9 **Fotos das ruas Frei Caneca e Dona Antônia de Queirós, no córrego Augusta**











FIGURA 2.10 **Fotos das ruas Una e Cardeal Leme, no córrego Saracura-Açu**











FIGURA 2.11 **Fotos das imediações da Pç. Quatorze Bis, na confluência dos córregos Saracura-Mirim e Saracura-Açu**











FIGURA 2.12 **Fotos das imediações da R. Avanhandava, na confluência dos córregos Augusta e Saracura**











FIGURA 2.13 **Fotos das ruas Humaitá e Prof. Laerte Ramos de Carvalho, no córrego Bexiga**









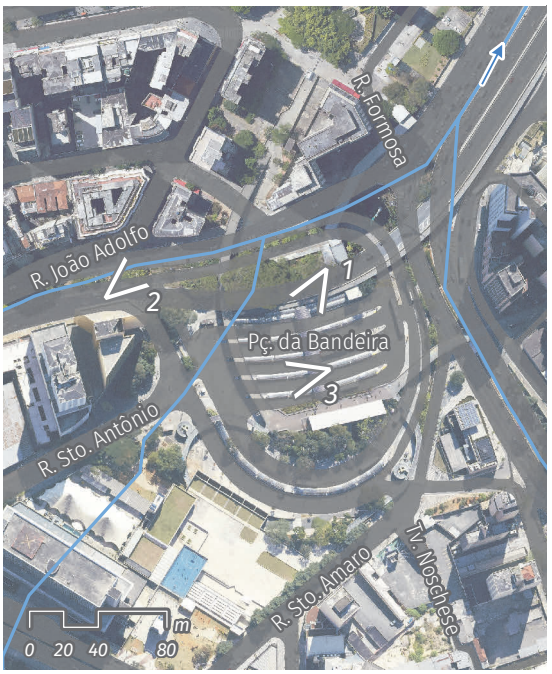


FIGURA 2.14 **Fotos das imediações da Pç. da Bandeira, na confluência dos córregos Saracura, Bexiga e Itororó**





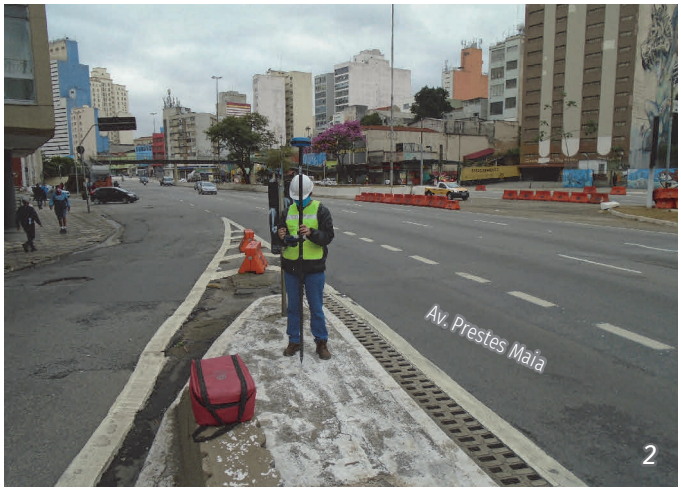






FIGURA 2.15 **Fotos da Av. Vinte e Três de Maio nas imediações do Vd. Jaceguai, no córrego Itororó**







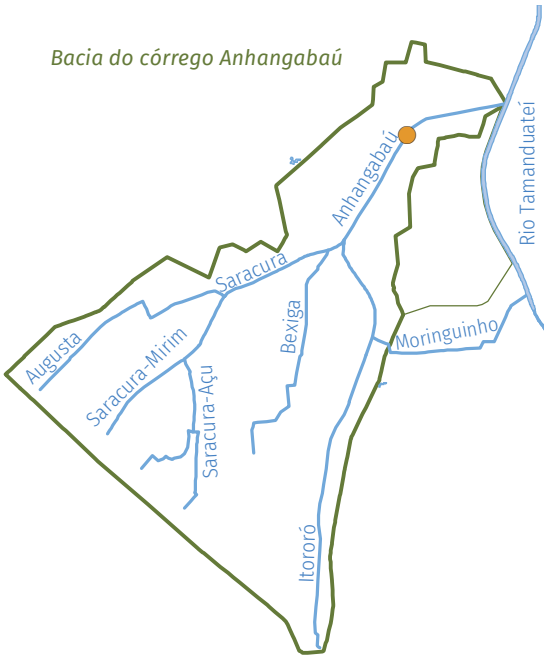




FIGURA 2.16 **Fotos da Av. Prestes Maia nas imediações do Vd. Santa Ifigênia, no córrego Anhangabaú**











FIGURA 2.17 **Fotos da R. Vinte e Cinco de Março, nas proximidades do córrego Anhangabaú**







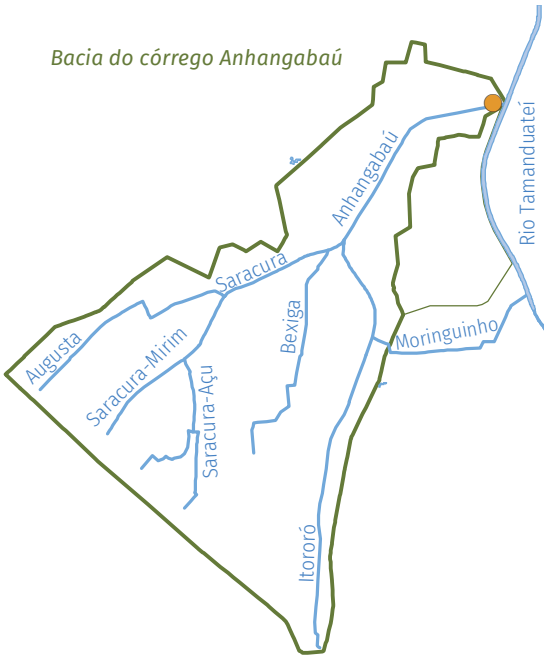




FIGURA 2.18 **Fotos da Av. Senador Queirós e da R. Cantareira, próximas à foz do córrego Anhangabaú**

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 Anhangabaú, existem três postos da rede telemétrica, conforme descrição a seguir:

- Posto 413 – Rio Tamanduateí – Mercado Municipal: operação do posto pluviométrico com início em novembro/2006 e do posto fluviométrico com início em julho/2010;
- Posto 1000837 – CGE – Rua Bela Cintra: operação com início em março/2010;
- Posto 1000868 – Vila Mariana – Rua Vergueiro: operação com início em abril/2012.

Já era tido como necessário monitorar os principais córregos dessa bacia, por conta das inundações recorrentes na região da Avenida Nove de Julho, da Praça da Bandeira e do Túnel do Anhangabaú. Nesse sentido, foram instalados dois postos telemétricos nessas áreas críticas da bacia, conforme segue:

- Posto 730 – Córrego Saracura – Avenida Nove de Julho: operação com início em agosto/2020;
- Posto 731 – Córrego Anhangabaú – Avenida Vinte e Três de Maio: operação com início em novembro/2020.

No posto do córrego Saracura, durante os meses de operação, foram medidos quatro eventos nos quais houve o extravasamento da galeria. Esses eventos ocorreram nos meses de outubro e dezembro de 2020, de acordo com os dados apresentados no gráfico da **FIGURA 2.19**. Dois eventos de extravasamento ocorreram no dia 25 de outubro de 2020.

Localizado no canteiro central da Avenida Nove de Julho, esse posto possui um sensor de ultrassom fixado próximo à tampa do poço de visita (PV), que está posicionado a alguns centímetros acima da cota da via, que é a cota de extravasamento (735,3 m) representada na **FIGURA 2.19**.

Ainda em fase de testes, o posto da Avenida Vinte e Três de Maio não possui dados medidos até o momento.

A **FIGURA 2.20** indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo, incluindo os dois postos recém-instalados.

Da **FIGURA 2.21** à **FIGURA 2.23**, são apresentadas as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos três postos preexistentes considerados neste estudo, cujas séries históricas são mais longas. Da **FIGURA 2.24** à **FIGURA 2.26**, estão indicadas as precipitações médias mensais desses três postos.

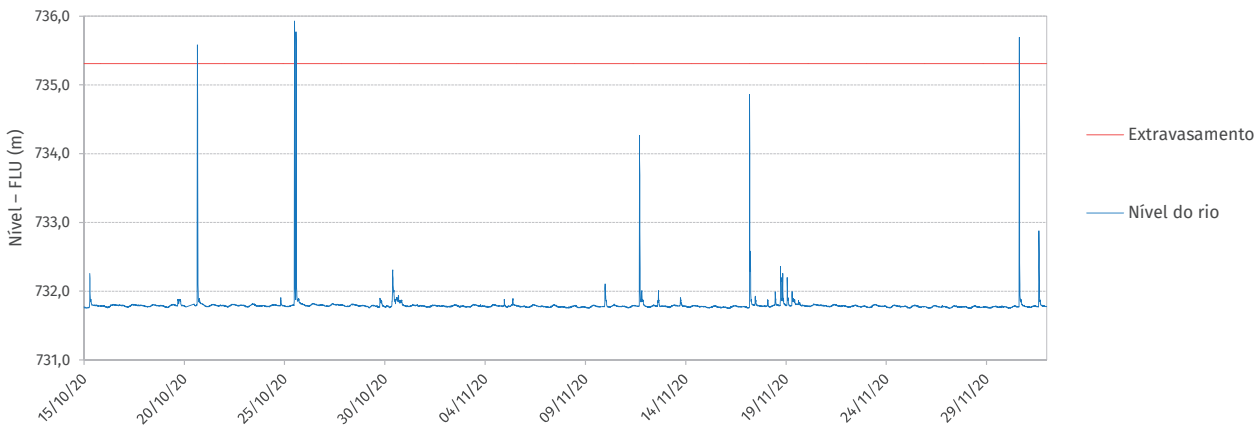


FIGURA 2.19 **Fluviograma observado no posto 730 – Córrego Saracura – Av. Nove de Julho**

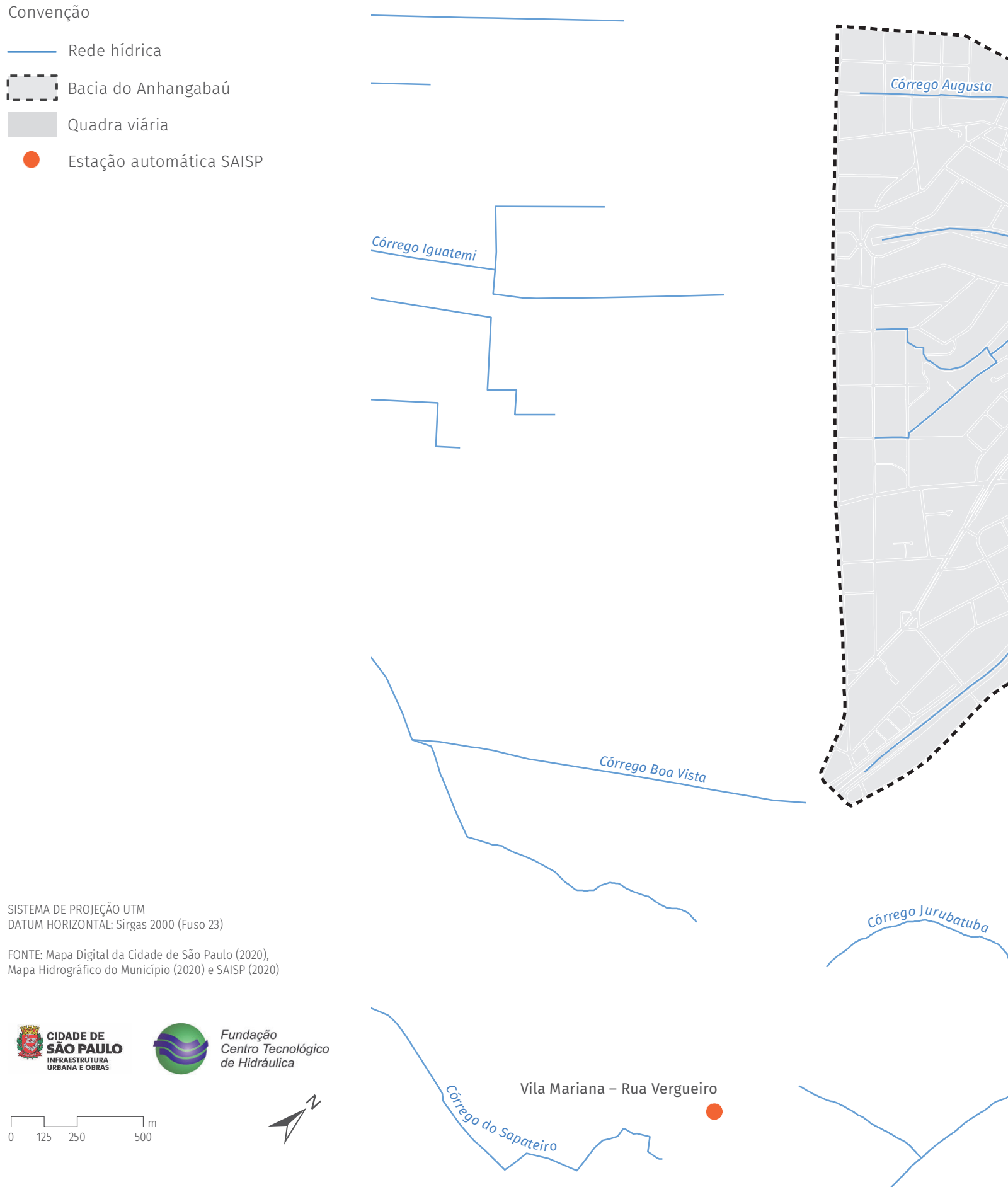

Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Estação automática SAISP
Córrego Augusta
Córrego Iguatemi
Córrego Boa Vista
Córrego Jurubatuba
Córrego do Sapateiro
Vila Mariana – Rua Vergueiro
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020) e SAISP (2020)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0 125 250 500 m

FIGURA 2.20 **Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações da bacia do córrego Anhangabaú**

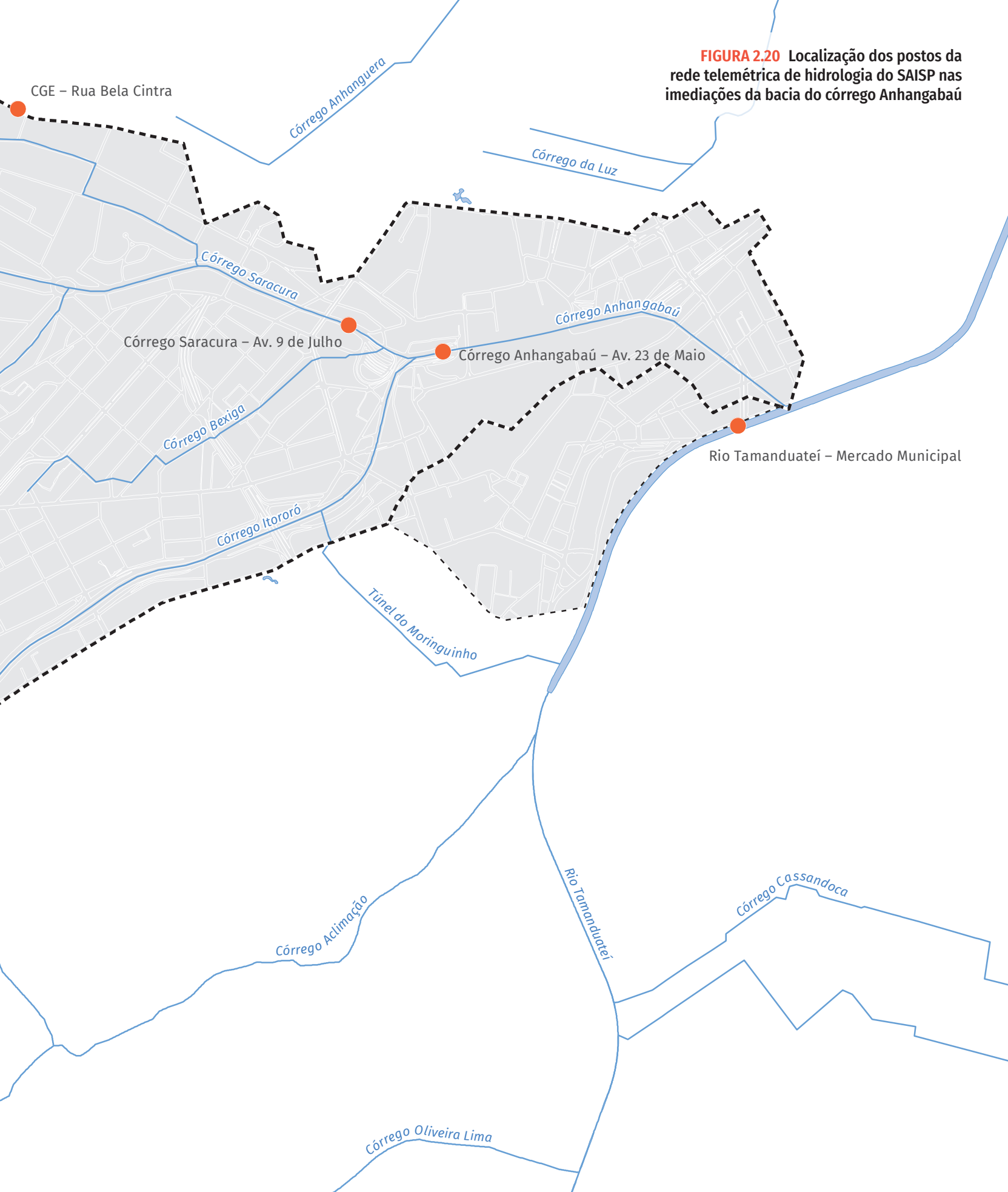


FIGURA 2.21 Fluviograma e pluviograma histórico do posto 413 – Rio Tamanduateí – Mercado Municipal

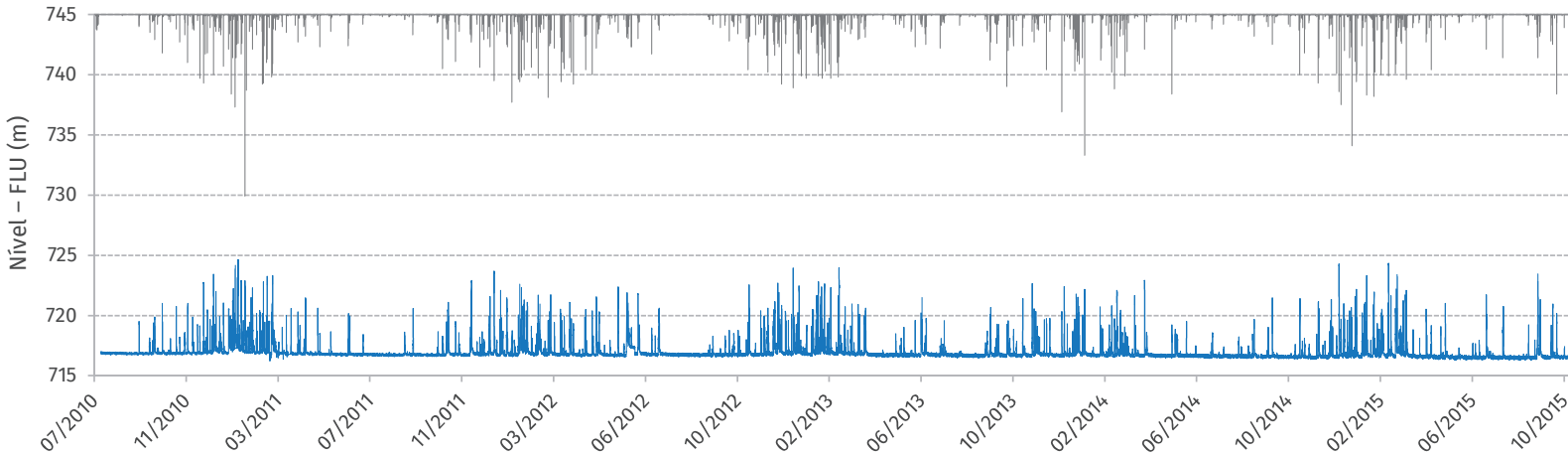


FIGURA 2.22 Pluviograma histórico do posto 1000837 – CGE – R. Bela Cintra

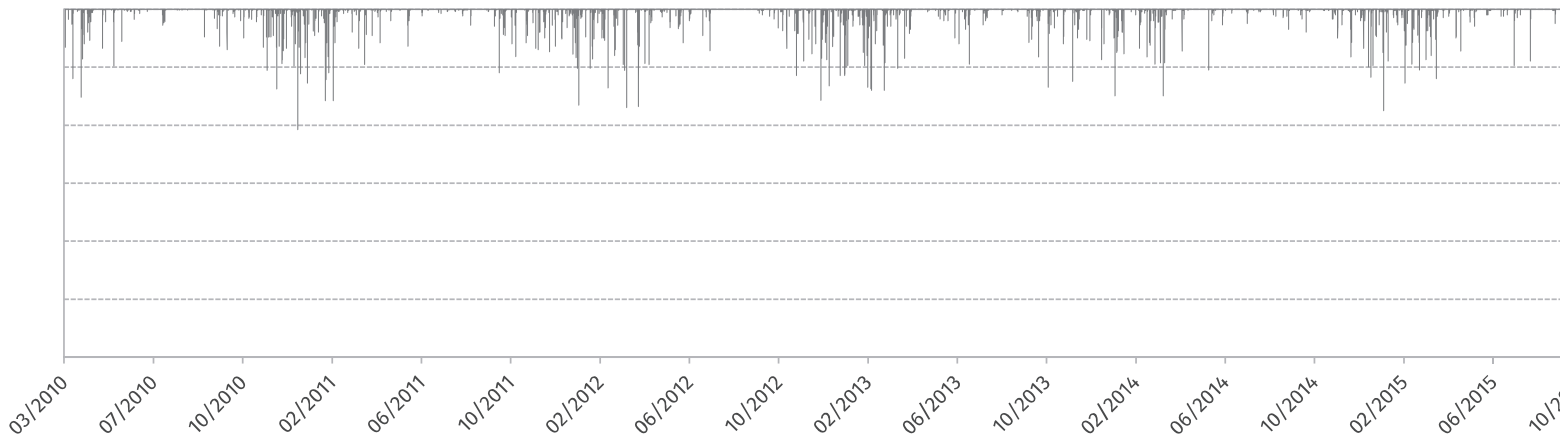
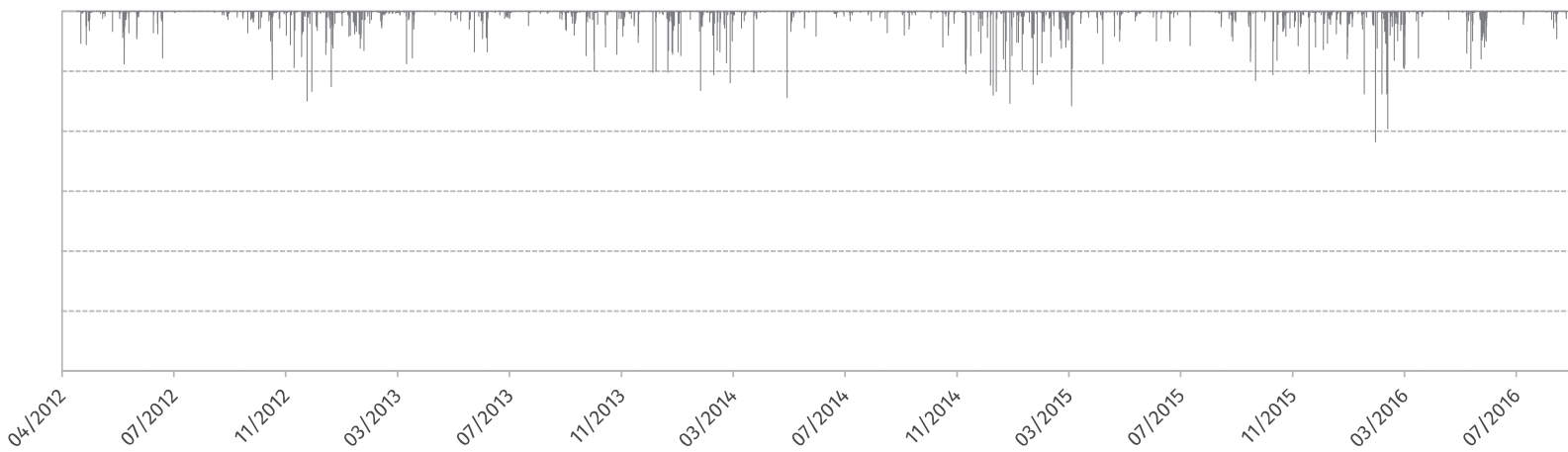
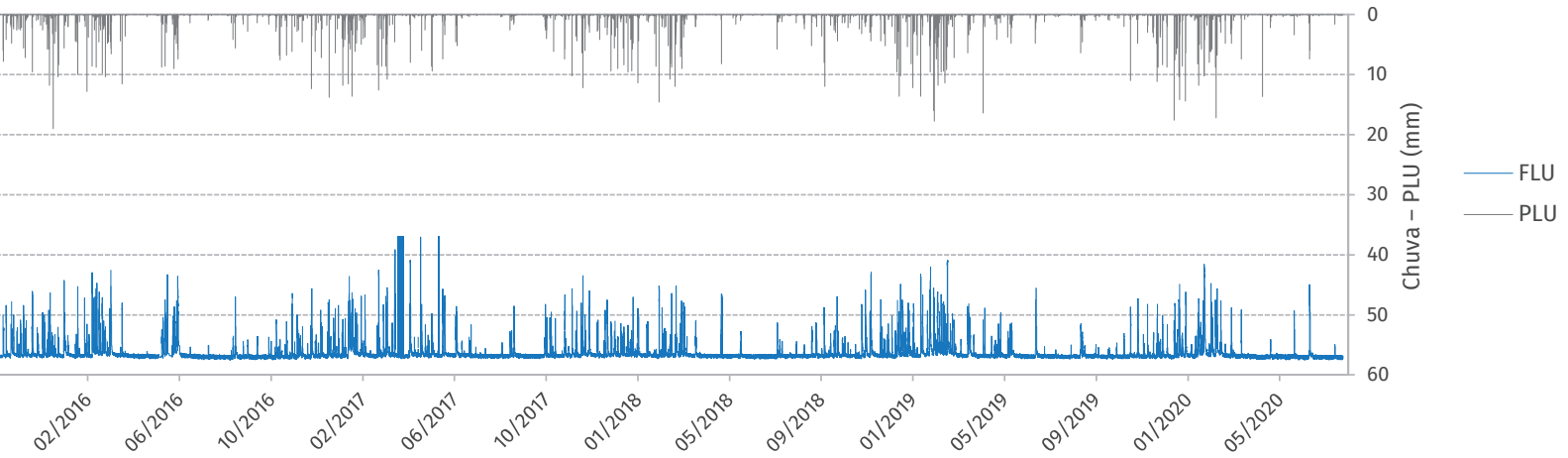
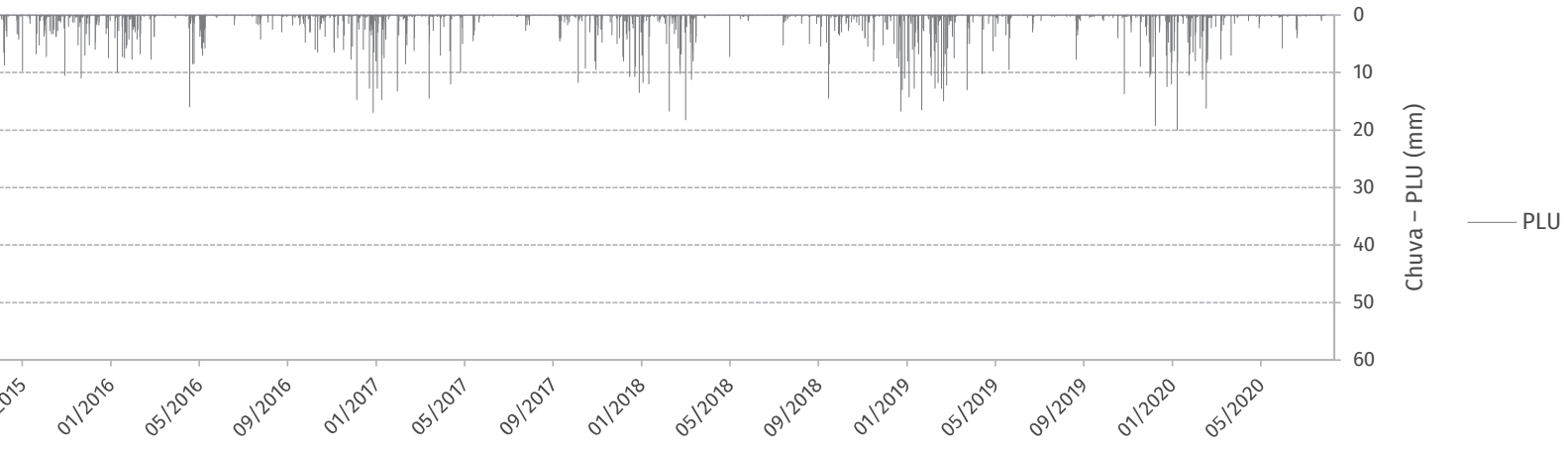


FIGURA 2.23 Pluviograma histórico do posto 1000868 – Vila Mariana – R. Vergueiro




0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
FLU
PLU
02/2016
06/2016
10/2016
02/2017
06/2017
10/2017
01/2018
05/2018
09/2018
01/2019
05/2019
09/2019
01/2020
05/2020


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

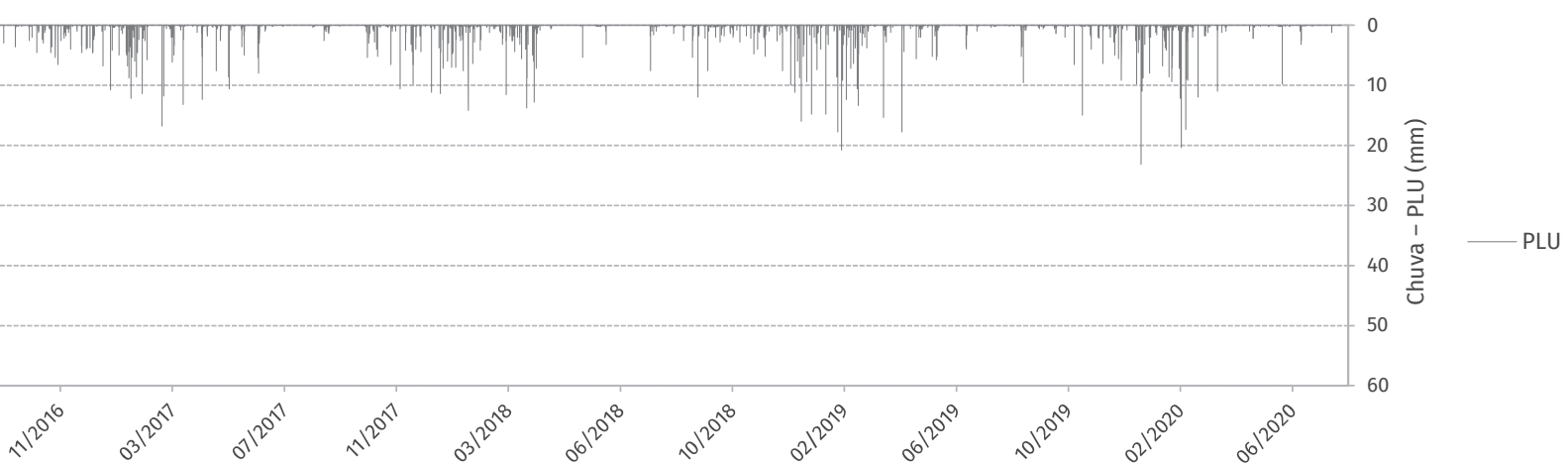

0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
PLU
11/2016
03/2017
07/2017
11/2017
03/2018
06/2018
10/2018
02/2019
06/2019
10/2019
02/2020
06/2020

FIGURA 2.24 **Precipitação média mensal no posto 413 – Rio Tamanduateí – Mercado Municipal**

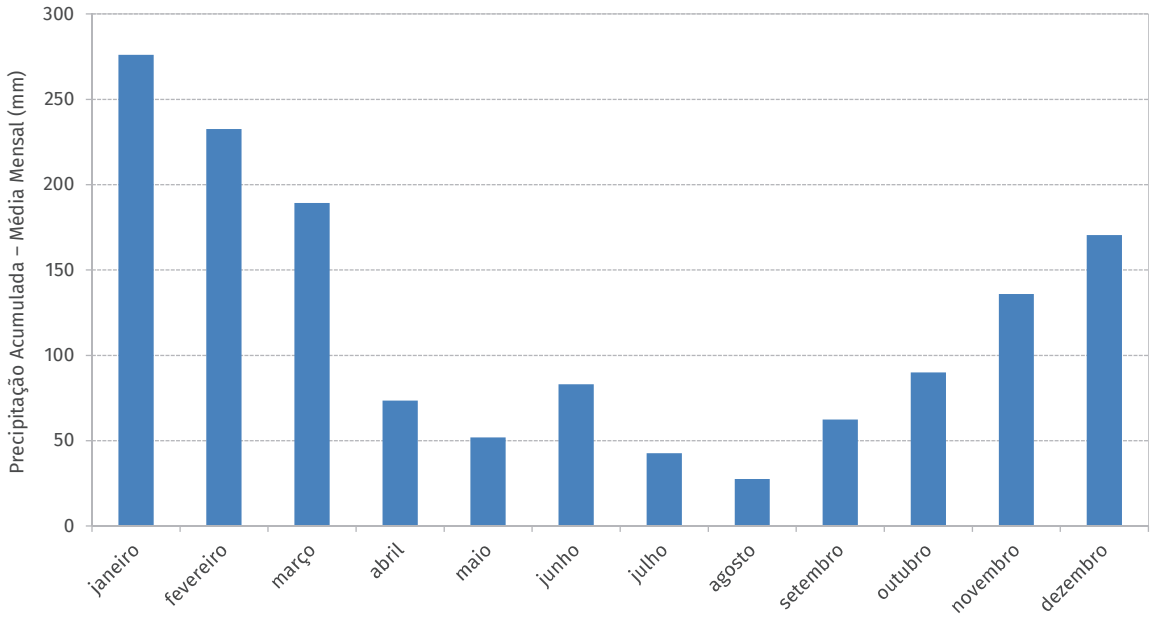


FIGURA 2.25 **Precipitação média mensal no posto 1000837 – CGE – R. Bela Cintra**

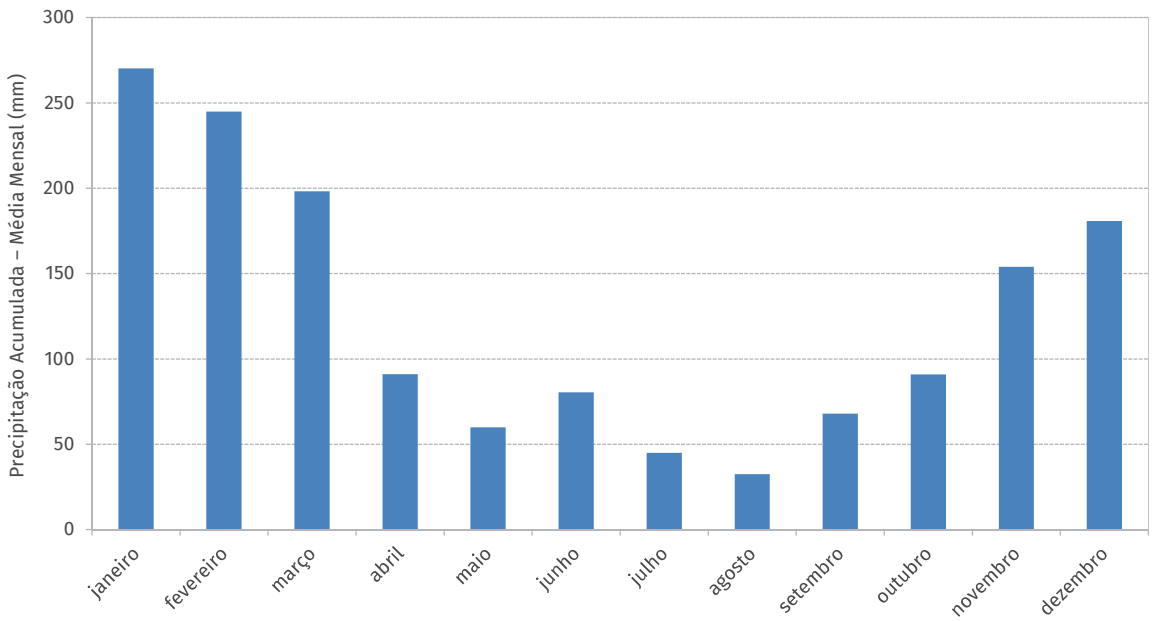
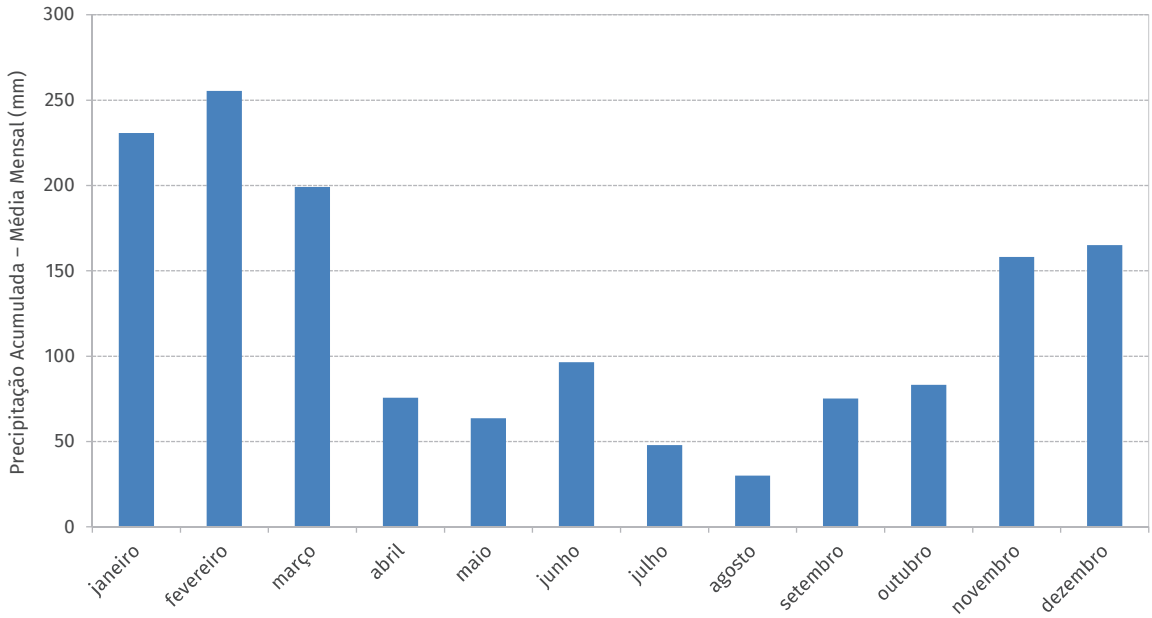


FIGURA 2.26 **Precipitação média mensal no posto 1000868 – Vila Mariana – R. Vergueiro**



2.5 RELEVO

A área em estudo pertence à Bacia Sedimentar de São Paulo, presente em toda a área central do município e intimamente ligada às planícies aluviais, uma vez que a maioria de seus sedimentos corresponde a depósitos de antigas planícies de rios entrelaçados.

Temos, em uma ponta da bacia, o espigão da Avenida Paulista e, do outro lado da bacia, a várzea do Rio Tamanduateí. Entre essas grandes diferenças de elevação, há uma camada superficial argilosa, que pode apresentar problemas para a ocupação e a escavação[13].

Na **FIGURA 2.27**, é apresentado o perfil longitudinal nos córregos Saracura e Anhangabaú. As declividades desses trechos são, respectivamente, 0,022 e 0,005 m/m.

13. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Características gerais do município**. Cap. 2. São Paulo: SMA, s.d. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/meio_ambiente/projetos_acoes/0004/capitulo2.pdf. Acesso em: 12 fev. 2021.

O mapa hipsométrico com as elevações da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD é apresentado na **FIGURA 2.28**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações na bacia do Anhangabaú variam de 820 m na cabeceira a até 725 m no exutório.

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.

Predominam na área da bacia os sedimentos terciários, formados 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.

A outra unidade geológica é a planície aluvial, presente nas margens dos corpos d'água da bacia, principalmente do Rio Tamanduateí. É caracterizada pela baixa declividade, com predominância de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso.

Segundo Ab'Saber (1957), os afluentes do Rio Tietê foram mais ativos no entalhamento vertical do que no lateral. O autor destaca também a capacidade de erosão regressiva de afluentes como o Anhangabaú e o Saracura, nos quais a velocidade das águas aumenta a profundidade dos vales, tendendo a um perfil de equilíbrio. Isso explica por que a faixa de planície aluvial é menor nesta bacia (e em todas as bacias de afluentes do Tietê) do que nas bacias do Rio Pinheiros[14].

A **FIGURA 2.29** apresenta a carta geotécnica na área da bacia do córrego Anhangabaú e na ACD, 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 também de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso, conforme já destacado.

---

14. AB'SABER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. 219 f. Tese (doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1957.

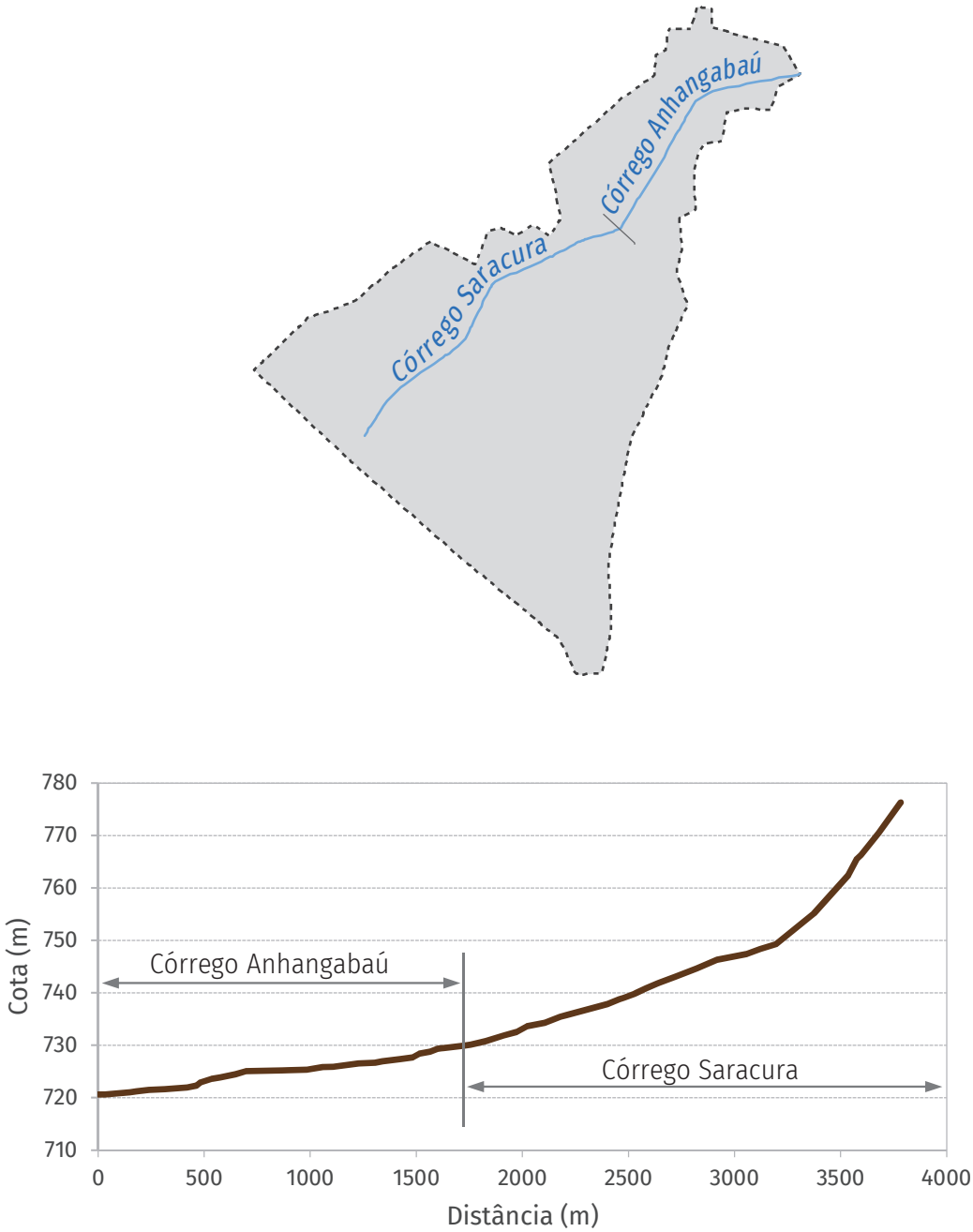


FIGURA 2.27 **Perfil longitudinal dos córregos Anhangabaú e Saracura**

Convenção

Rede hídrica

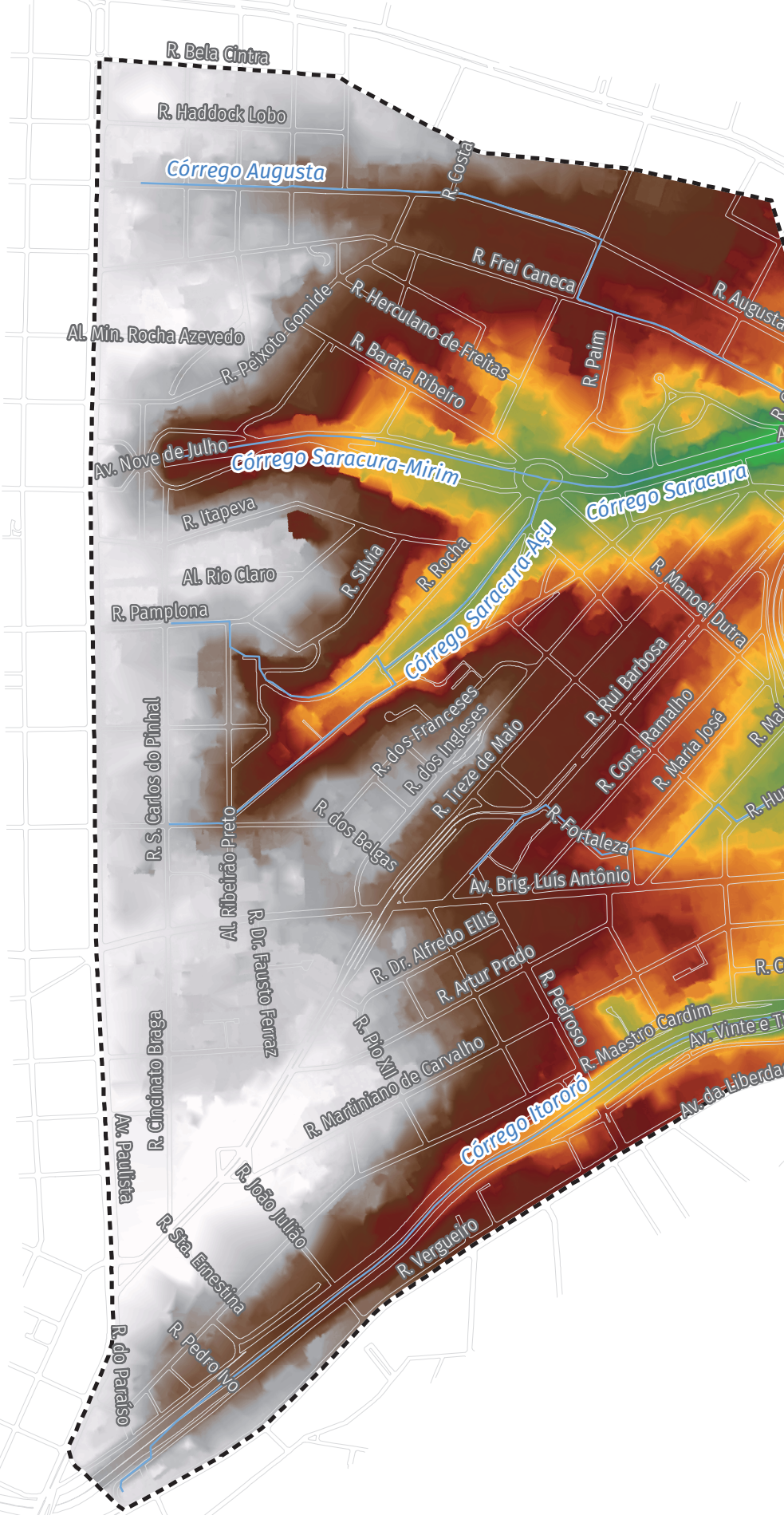
Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Elevação (m)

Máxima: 820

Mínima: 725



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

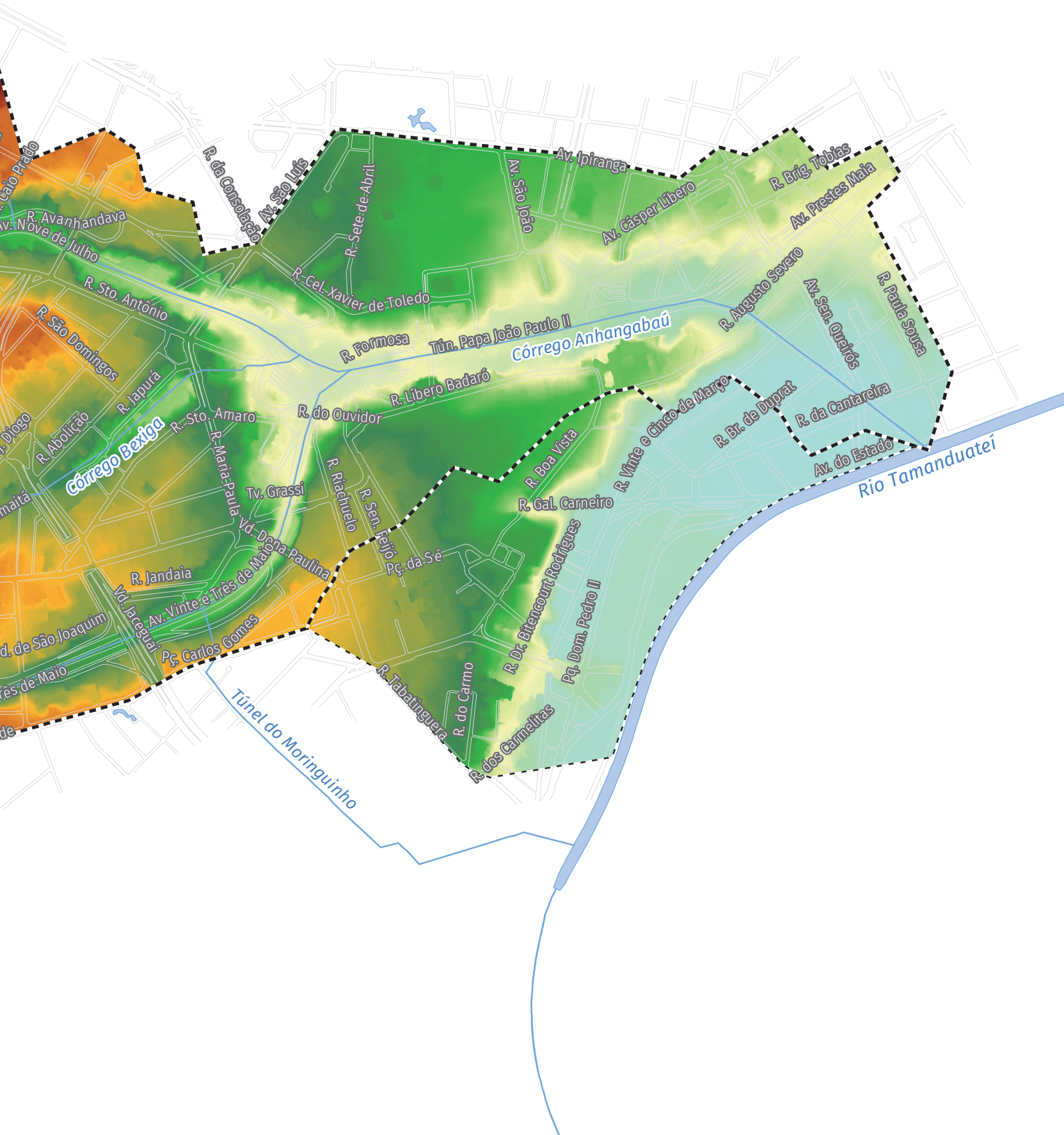
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020)
e Mapa Hidrográfico do Município (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

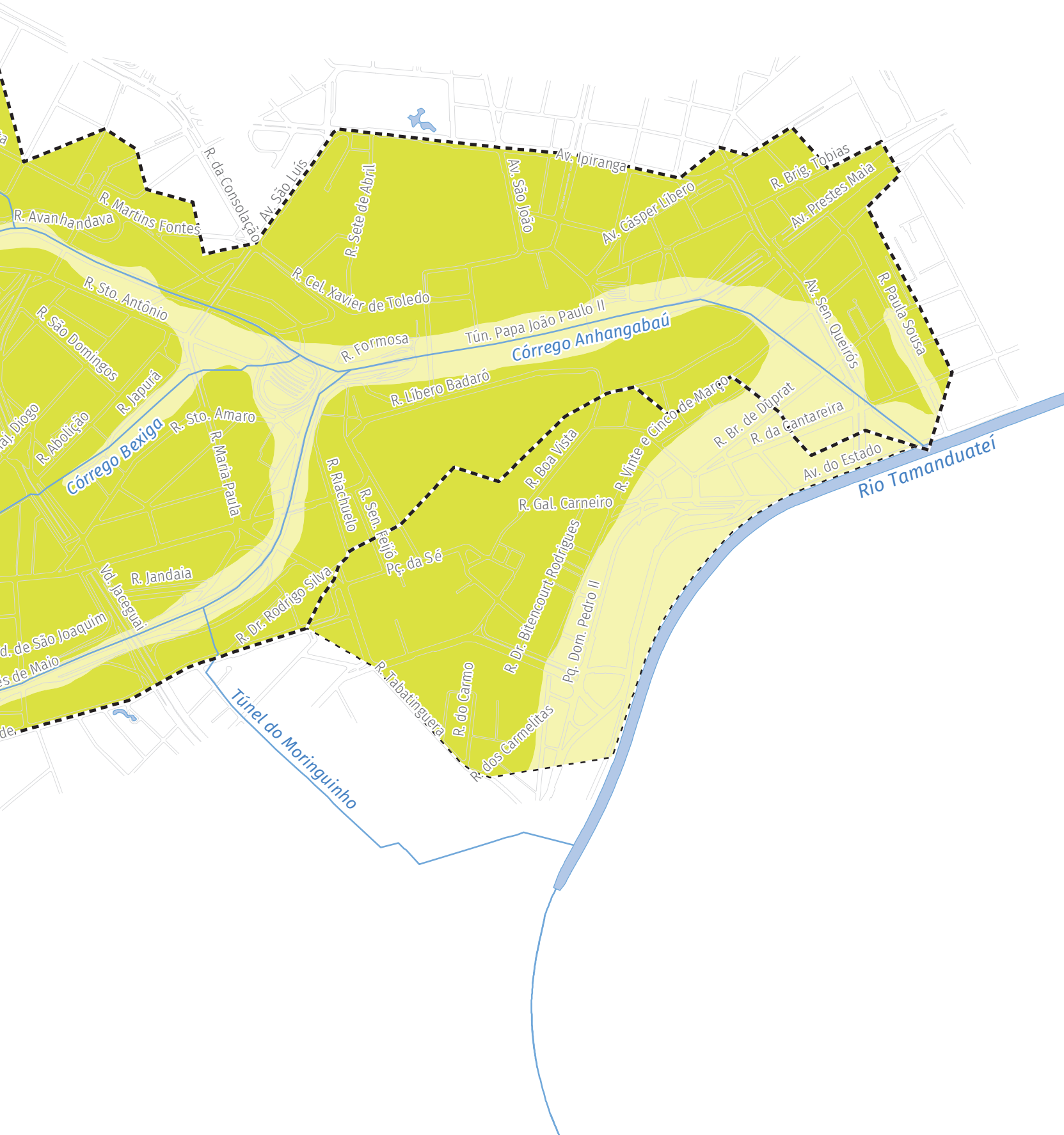
0 125 250 500 m

FIGURA 2.28 **Mapa hipsométrico da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**




Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Carta geotécnica
Planície aluvial
Sedimento terciário
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
R. Herculano de Freitas
R. Peixoto Gomide
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Barata Ribeiro
R. Dr. Penaforte Mendes
R. Paim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura-Mirim
Córrego Saracura
R. Itapeva
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
Córrego Saracura-Açu
R. Manoel Dutra
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
R. dos Belgas
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Dr. Alfredo Ellis
R. Artur Prado
R. Pedroso
R. Cincinato Braga
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
Av. Paulista
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
R. Vergueiro
R. do Paraíso
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
Carta Geotécnica do Munício de São Paulo (2015)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 2.29 **Carta geotécnica da área da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**



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 Anhangabaú e na ACD, com suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. O mapa contendo os usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.30**.

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 Anhangabaú e adjacências estão localizadas no mapa da **FIGURA 2.31**.

TABELA 2.1 Usos do solo registrados na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD

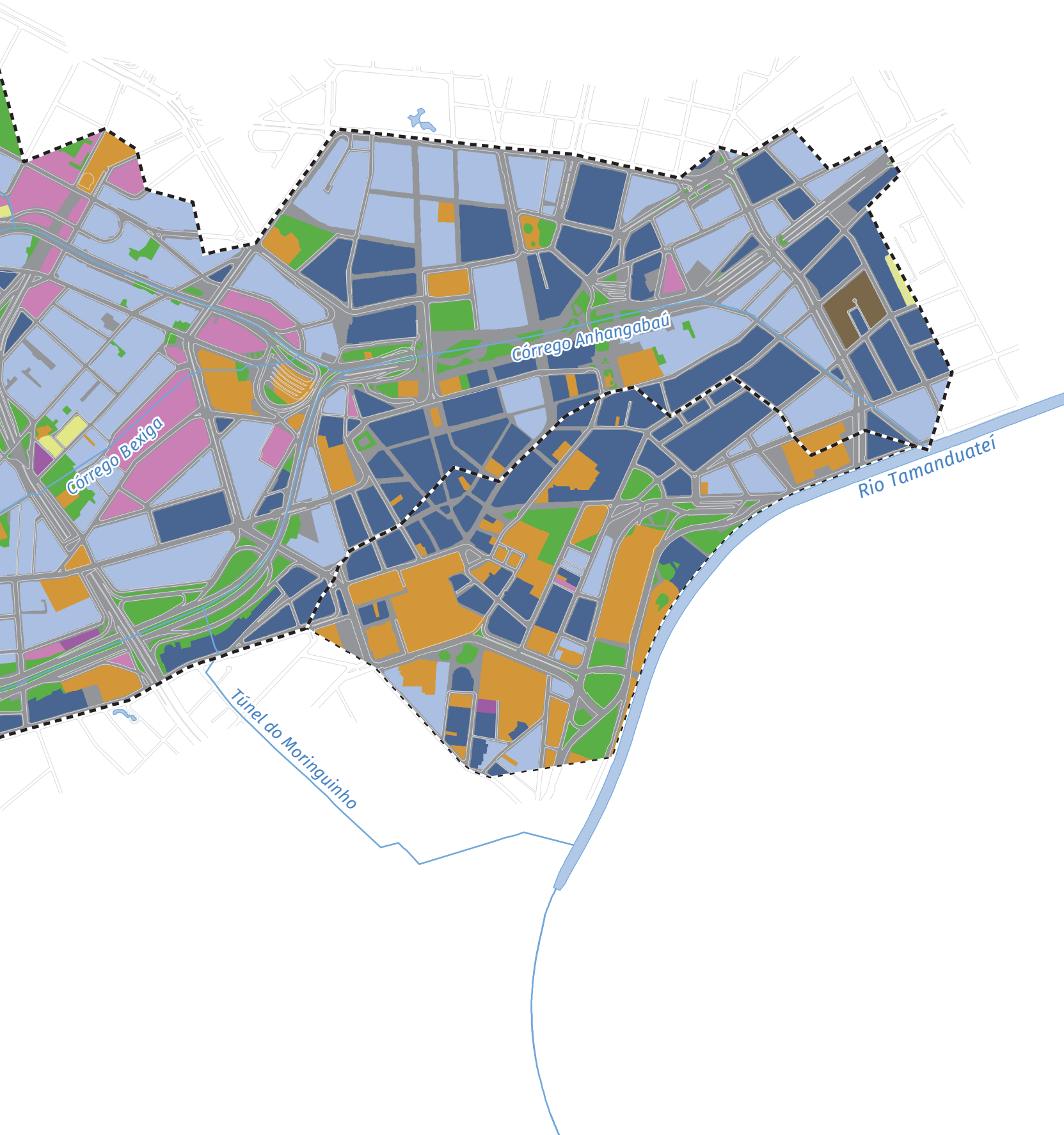
Usos do solo	Bacia do Anhangabaú		Área de contribuição direta	
	Área (km²)	% da área total	Área (km²)	% da área total
Comércio e serviços	0,656	12,0	0,188	26,7
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,020	0,4	–	–
Equipamento urbano	0,269	4,9	0,177	25,1
Espaço aberto	0,372	6,8	0,056	8,0
Pavimento	1,749	32,1	0,232	33,0
Residencial, comércio e serviços	1,767	32,4	0,048	6,8
Residencial horizontal médio alto padrão	0,119	2,2	–	–
Residencial vertical baixo padrão	0,004	0,1	0,002	0,3
Residencial vertical médio alto padrão	0,495	9,1	0,001	0,1
Total	**5,451**	**100,0**	**0,704**	**100,0**



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


Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Uso do solo
Comércio, serviços, indústria e armazém
Comércio e serviços
Equipamento urbano
Espaço aberto
Indústria e armazém
Residencial horizontal baixo padrão
Residencial horizontal médio alto padrão
Residencial vertical baixo padrão
Residencial vertical médio alto padrão
Residencial, comércio e serviços
Rua e área pavimentada
Córrego Augusta
Córrego Saracura-Mirim
Córrego Saracura
Córrego Saracura-Açu
Córrego Itororó
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 Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 2.30 Mapeamento do uso do solo na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD




Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Parques municipais e estaduais
Existente
Em planejamento
Praça/canteiro
Prefeito Mario Covas
Tenente Siqueira Campos
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
R. Herculano de Freitas
R. Peixoto Gomide
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Barata Ribeiro
R. Dr. Penaforte Mendes
R. Paim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura-Mirim
Córrego Saracura
R. Itapeva
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
Córrego Saracura-Açu
R. Manoel Dutra
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
R. dos Belgas
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Dr. Alfredo Ellis
R. Artur Prado
R. Pedroso
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
R. Cincinato Braga
Av. Paulista
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
R. Vergueiro
R. do Paraíso
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 Plano Diretor Estratégico (2014)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 2.31 **Parques e áreas verdes da bacia do córrego Anhangabaú e adjacências**



2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da bacia do córrego Anhangabaú se insere no contexto do Plano Regional da subprefeitura da Sé.

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 Anhangabaú está inserida nas macroáreas de urbanização consolidada e estruturação metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.32**. Além disso, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.33**.

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

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 Anhangabaú e na ACD

Zonas	Sigla	% da área da bacia do Anhangabaú	% da área de contribuição direta
Clubes Esportivos Sociais	AC-1	0,36	–
Praça e Canteiro	PracaCant	4,61	33,77
Zona Centralidade	ZC	26,6	53,25
Zona de Ocupação Especial	ZOE	0,32	–
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana	ZEU	42,43	–
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	0,01	–
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	4,53	10,39
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	1,73	2,6
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	0,25	–
Zona Mista	ZM	0,61	–

Convenção

Rede hídrica

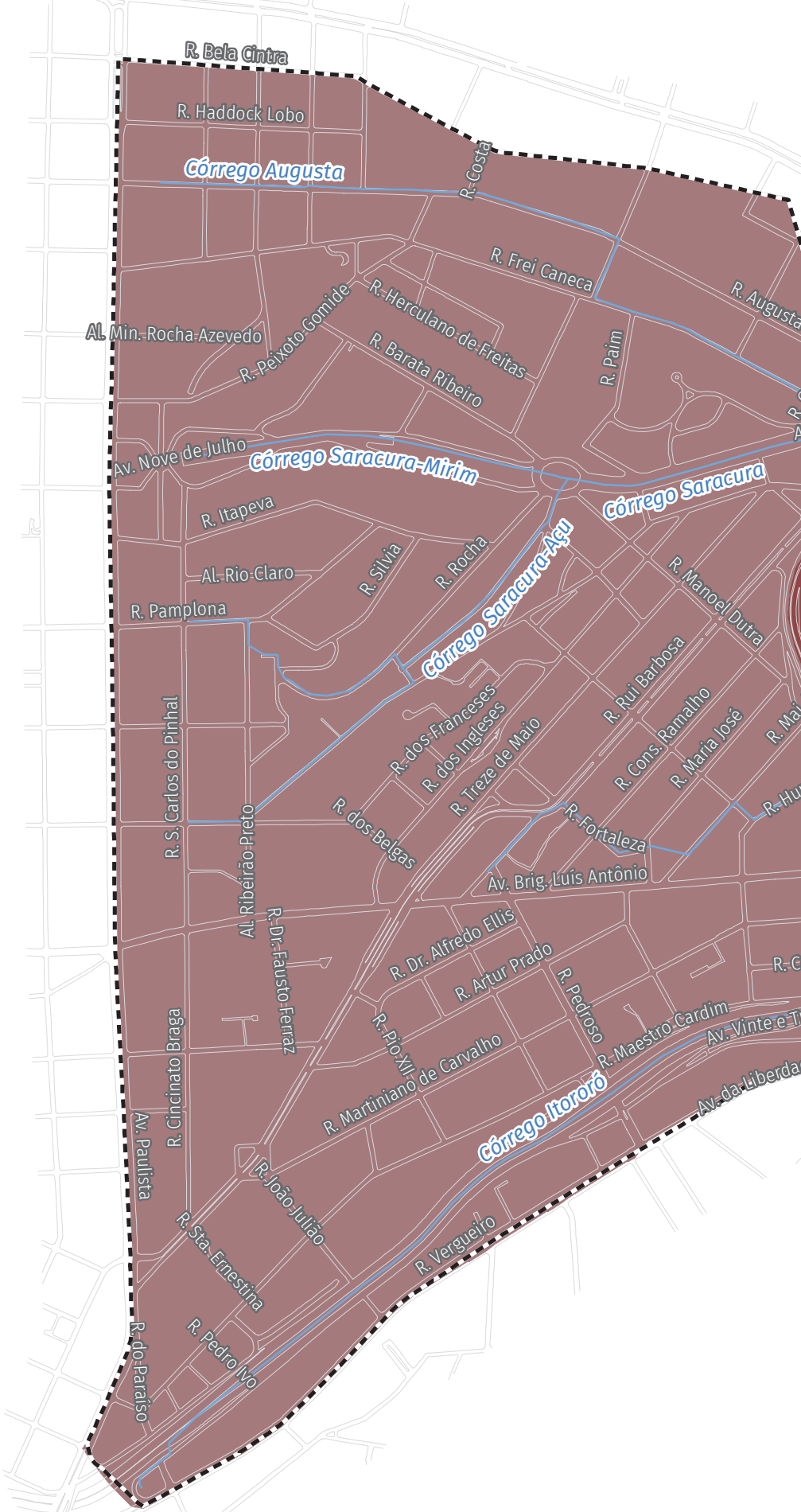
Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Macroárea

Macroárea de estruturação metropolitana

Macroárea de urbanização consolidada



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

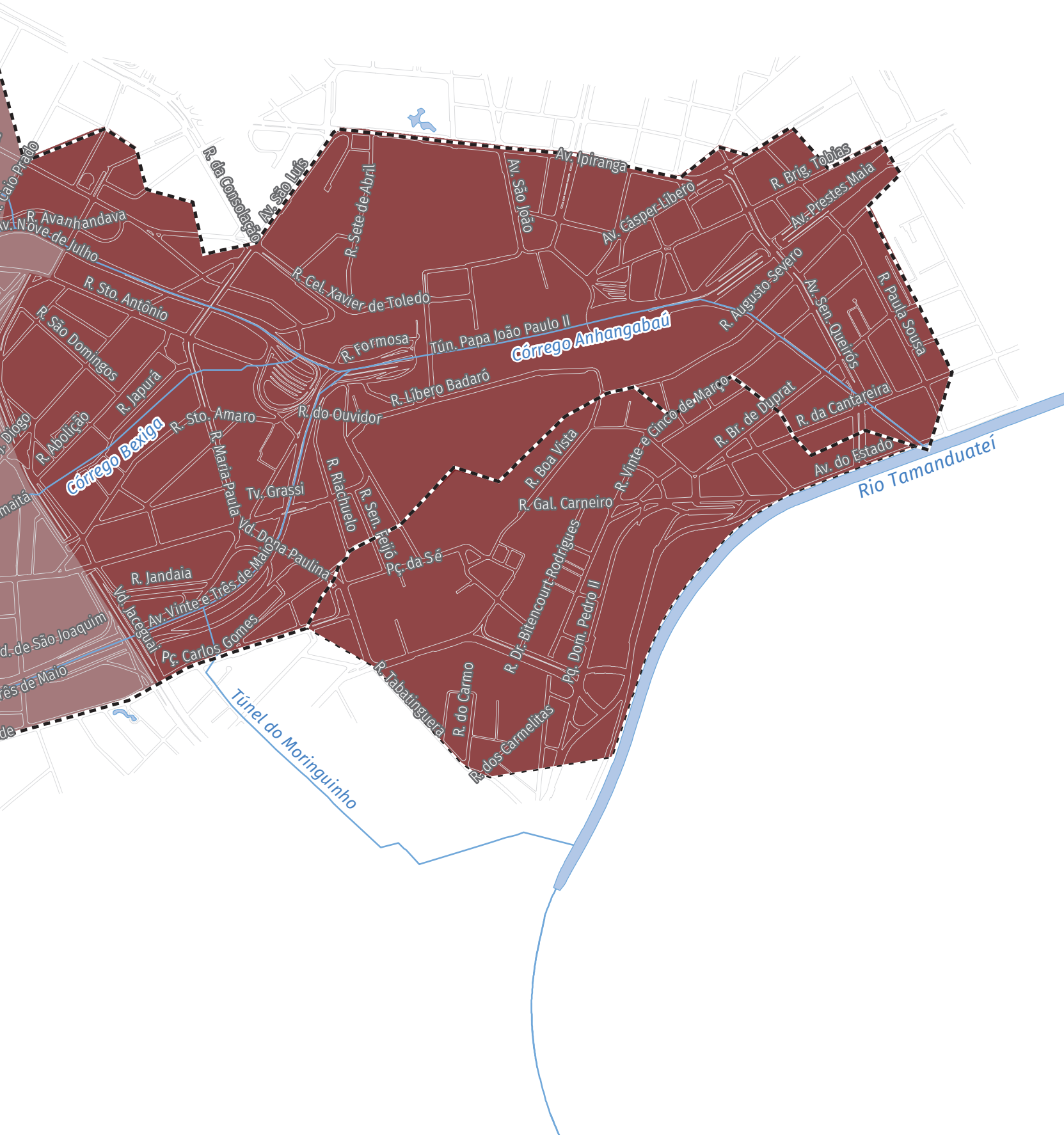
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Plano Diretor Estratégico (2014)

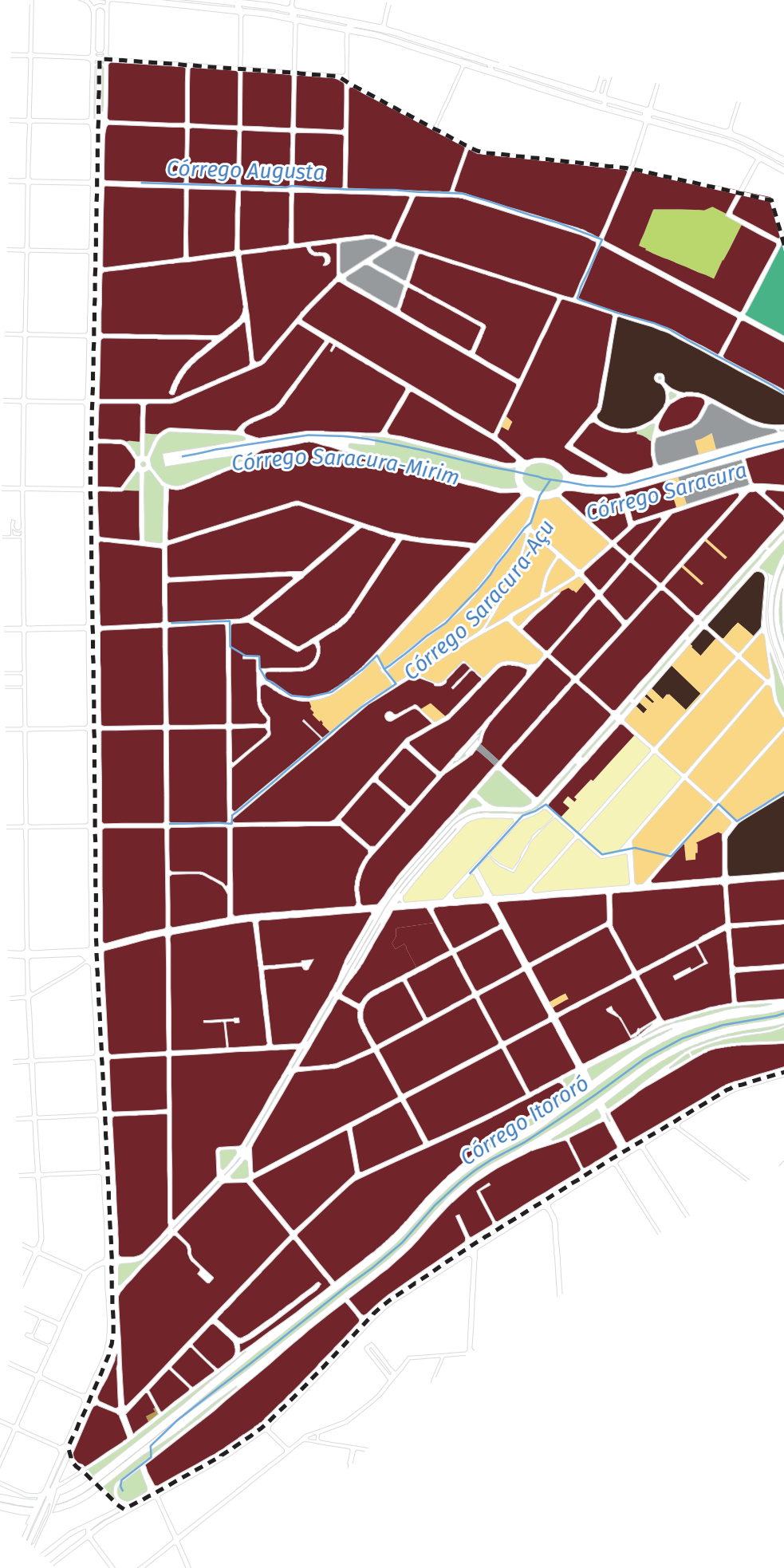
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.32 **Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD**





Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária

Zoneamento urbano

- AC-1
- Praça/canteiro
- ZC
- ZEIS-1
- ZEIS-3
- ZEIS-5
- ZEPAM
- ZEU
- ZM
- ZOE

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

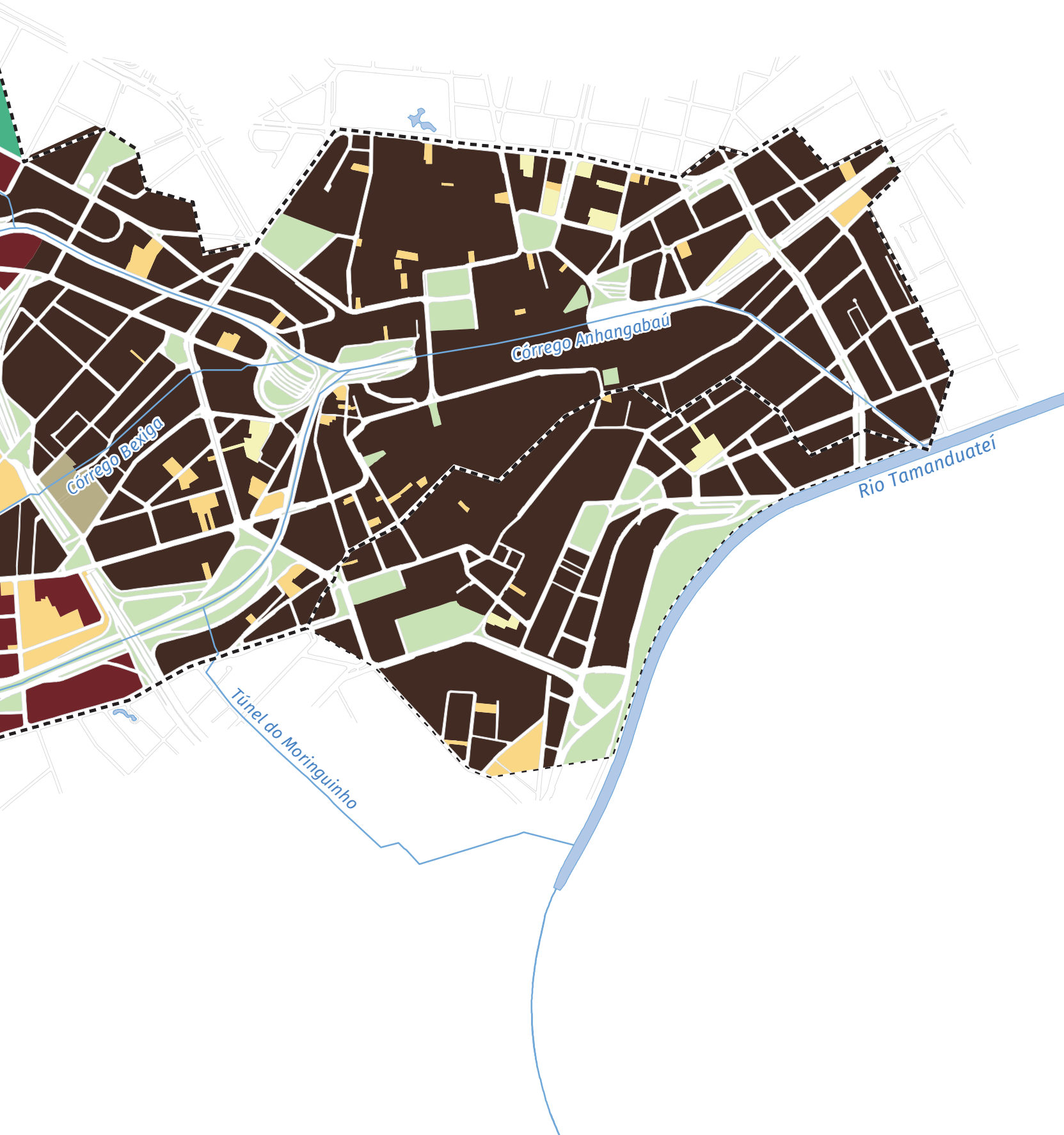
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.33 Zoneamento urbano na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD



O Art. 79 adverte que lotes com área total superior a 500 m², 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 (microclima/biodiversidade) 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[15].

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.

Na área da bacia do córrego Anhangabaú estão incluídos os PAs 1, 4 e 5. Foram atribuídas para essas áreas taxas de permeabilidade mínima em função do tamanho dos lotes, se menor ou igual a 500 m² ou

15. 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.

se maior que 500 m², conforme os valores da **TABELA 2.3**.

A **FIGURA 2.34** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na bacia do córrego Anhangabaú, e a **FIGURA 2.35** mostra a taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e por zonas específicas. O zoneamento urbano da bacia em estudo indica que a zona ZEPAM pertencente à bacia deve obedecer à taxa de permeabilidade mínima estabelecida para essa zona, e não pelo perímetro ambiental. Cabe ressaltar que o mapa de permeabilidade mínima foi utilizado para a obtenção das taxas de impermeabilização máxima permitida por lei, empregadas nos cenários propositivos deste estudo. Essa análise é apresentada mais adiante, no tópico 3.3, juntamente com a comparação da situação atual de impermeabilização da bacia.

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

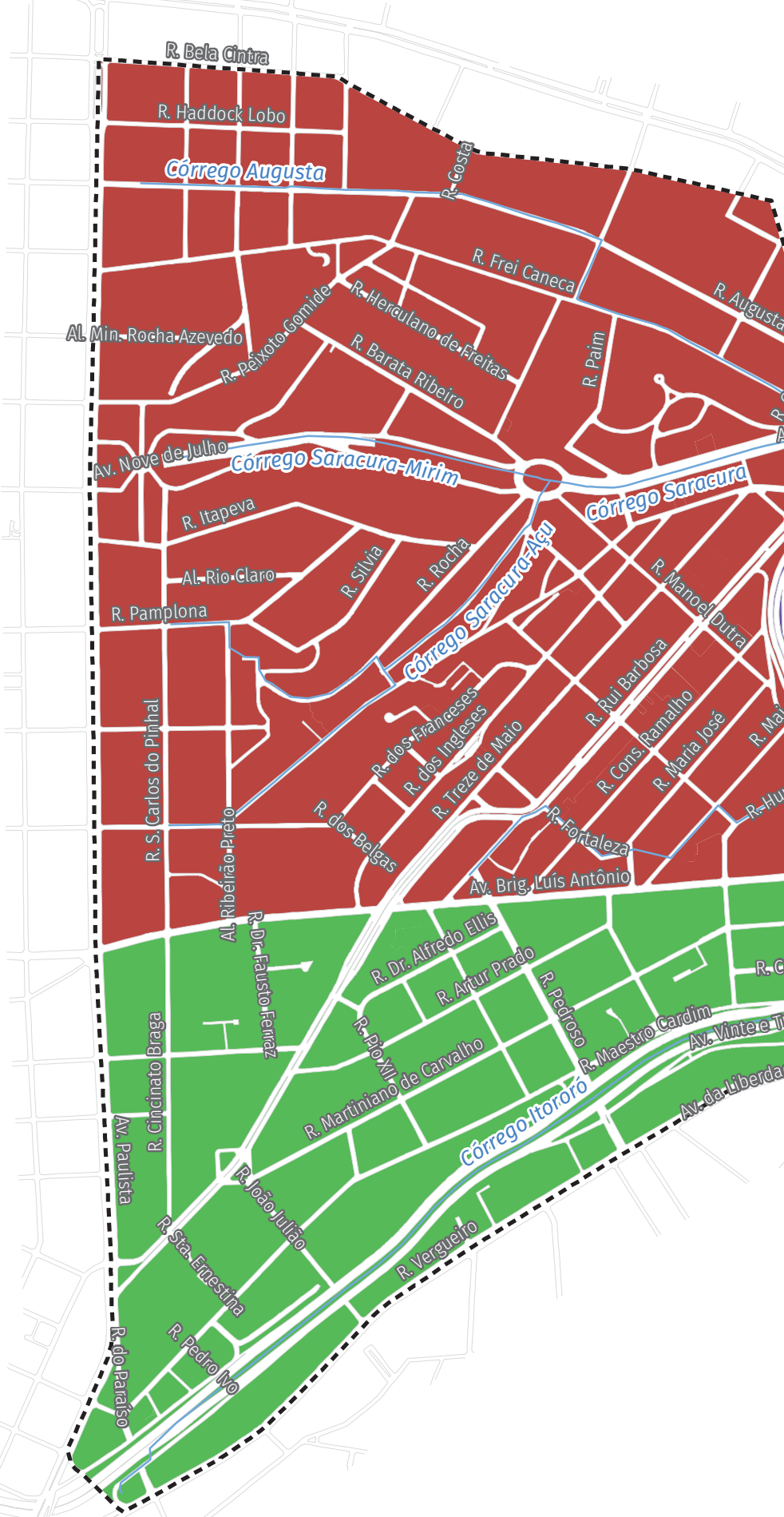
Quadra viária

Perímetro Ambiental

PA 1

PA 4

PA 5



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

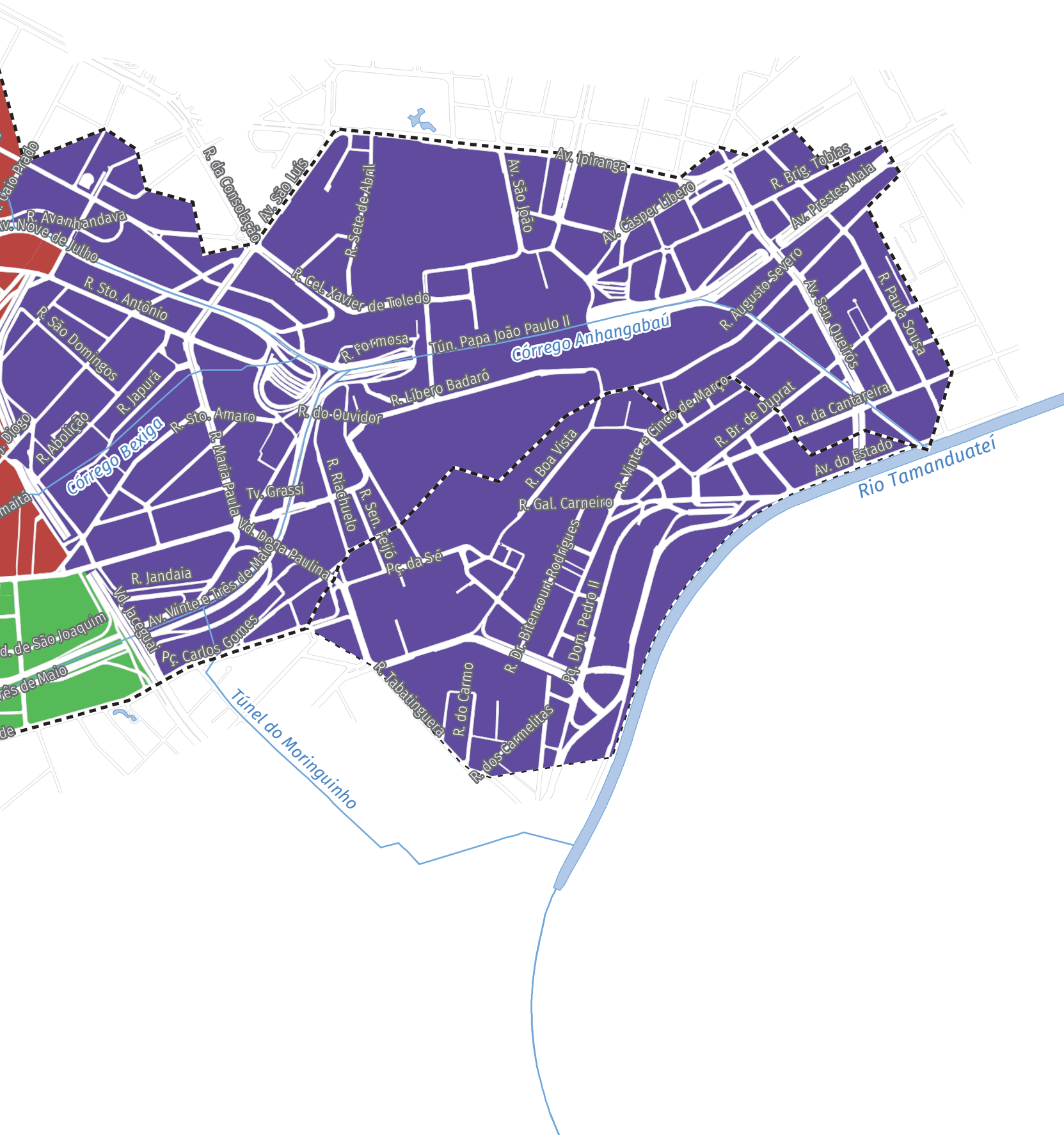
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

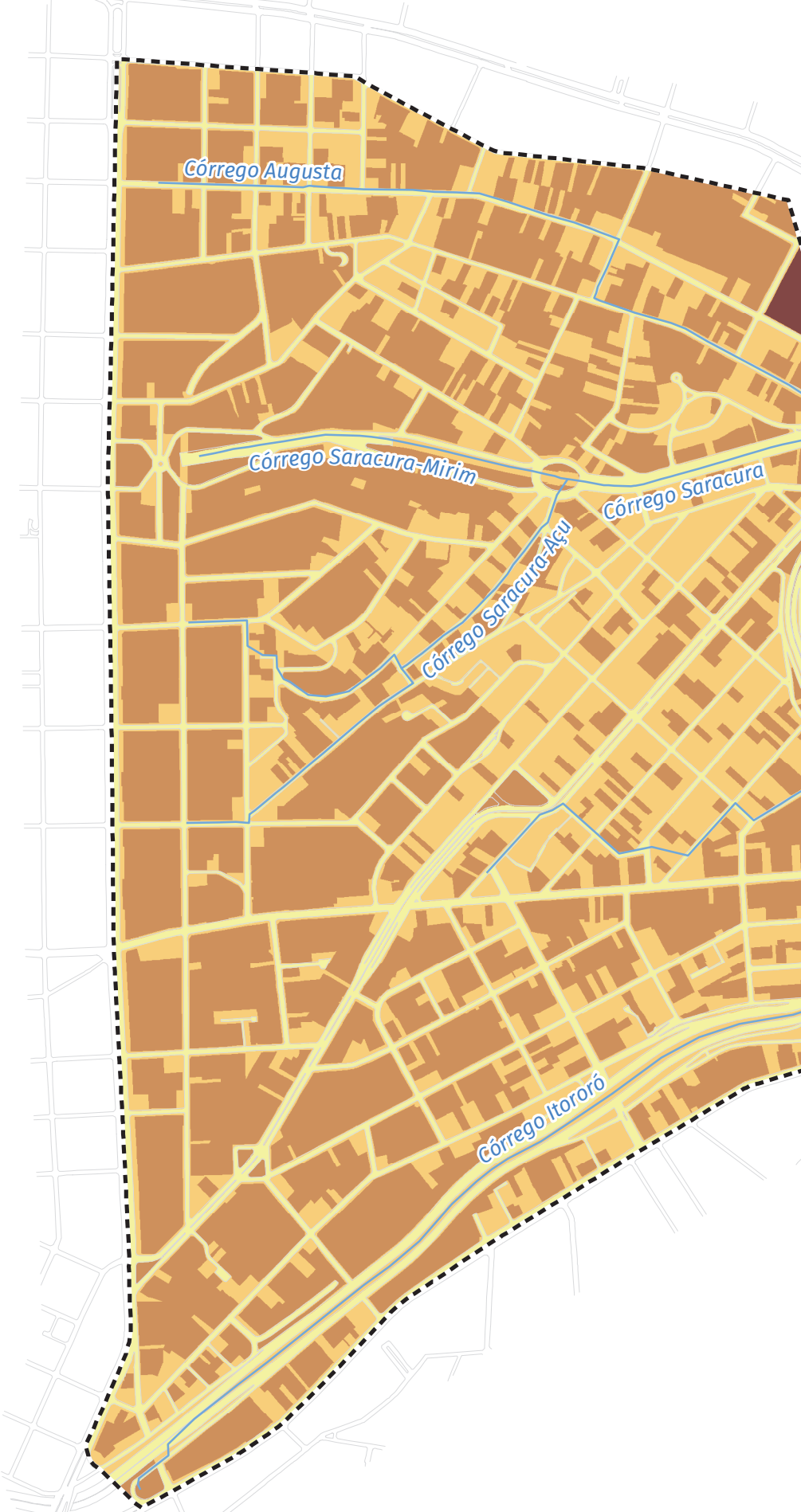
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.34 Perímetro de qualificação ambiental na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD





Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Permeabilidade mínima exigida por lei (%)

0 – 14

15 – 24

25 – 64

65 – 100

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

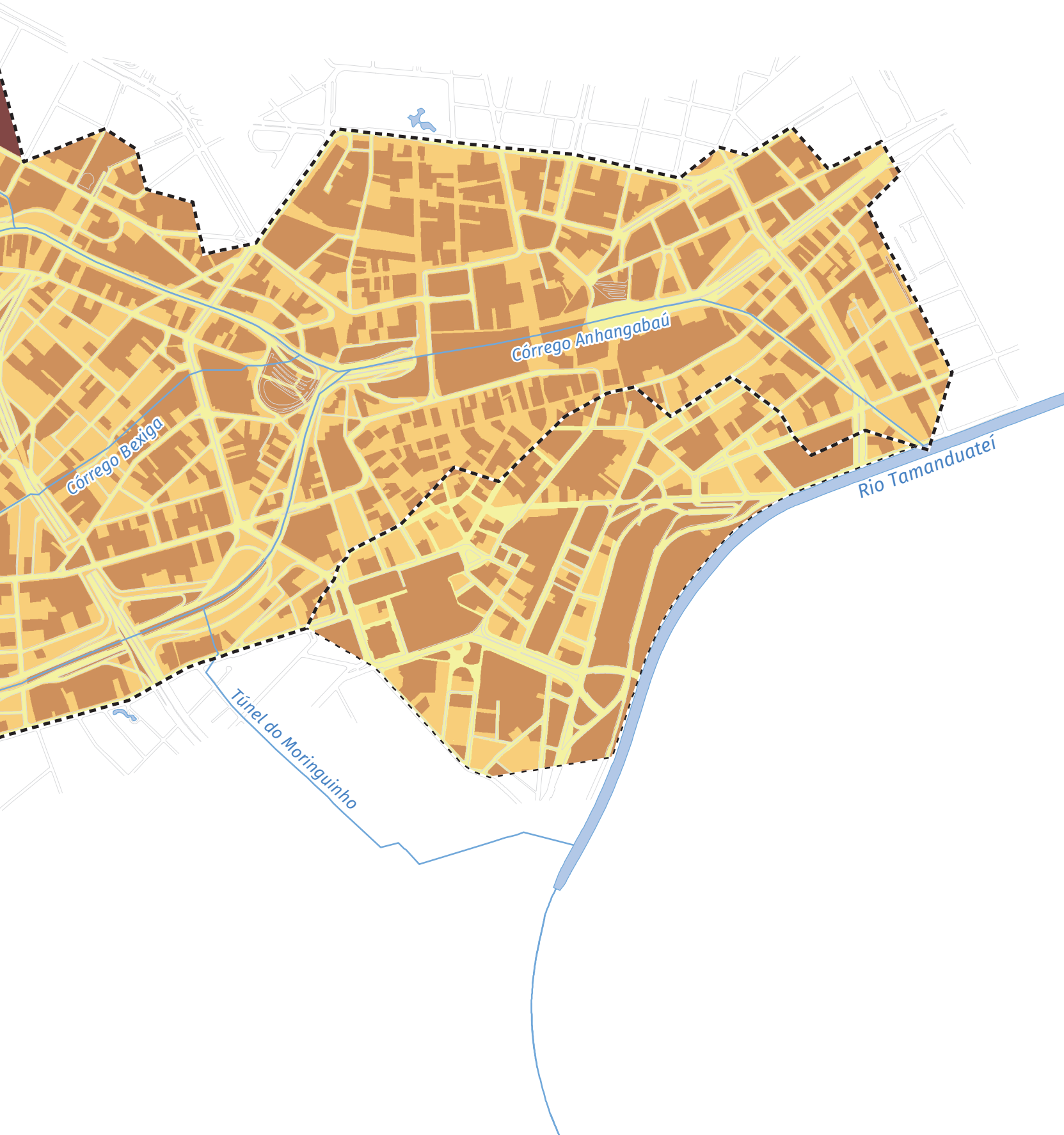
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.35 Taxa de permeabilidade mínima na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD



2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.36** apresenta a densidade populacional da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD, onde residem 118 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)[16].

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

16. 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.

(educação, saúde, 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.

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.

A **TABELA 2.4** indica a classificação dos grupos do IPVS 2010 para a bacia do córrego Anhangabaú e para a ACD. Na **FIGURA 2.37**, é apresentado o mapa desse índice na bacia.

2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD se dá pela subprefeitura da Sé.

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 2.38** indica a divisão territorial administrativa da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD

Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)	
					Bacia do Anhangabaú	ACD
0	Sem informação	-	-	-	4,8	2,1
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	52,1	4,8
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	18,7	38,3
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	22,6	40,7
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	-	-
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	1,7	14,0
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	-	-
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	-	-



Vale do Anhangabaú, vista para montante, Av. Vinte e Três de Maio (foto: FCTH)

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Densidade demográfica (hab/ha)

0 – 15

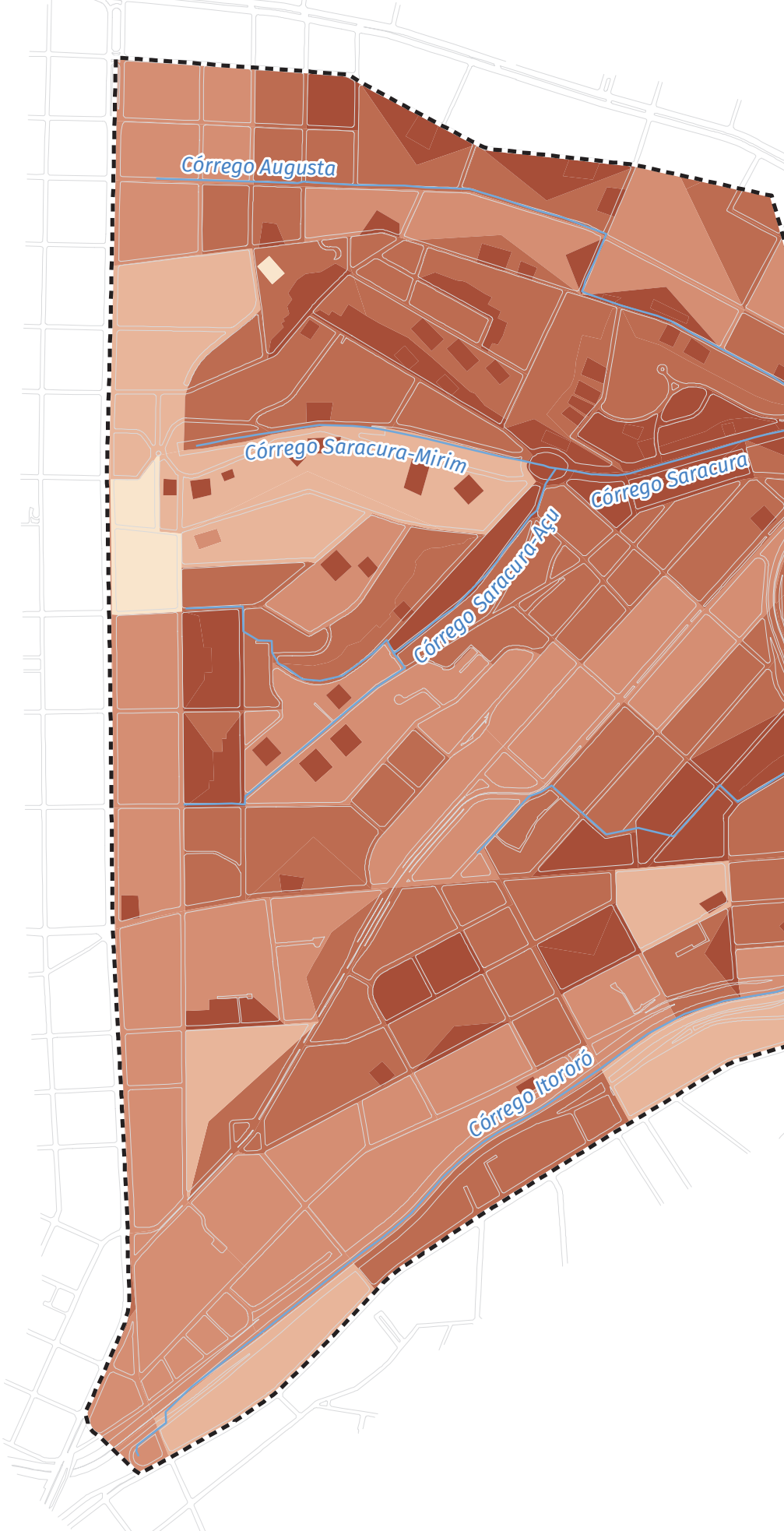
16 – 50

51 – 150

151 – 350

351 – 11.500

Nº de habitantes: 118 mil (IBGE, 2010)



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

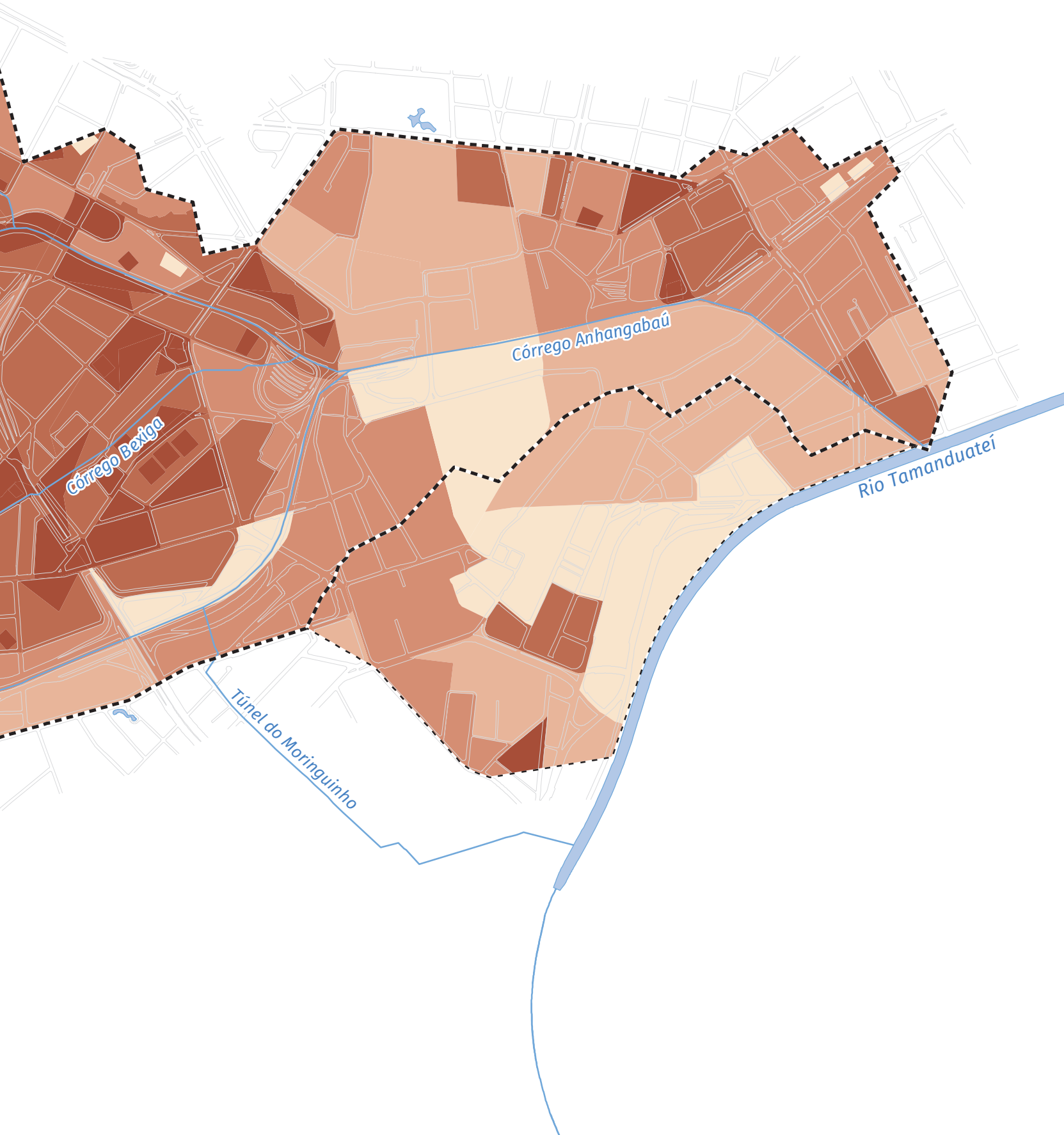
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020) e
Censo Demográfico – IBGE (2010)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.36 **Densidade demográfica da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**



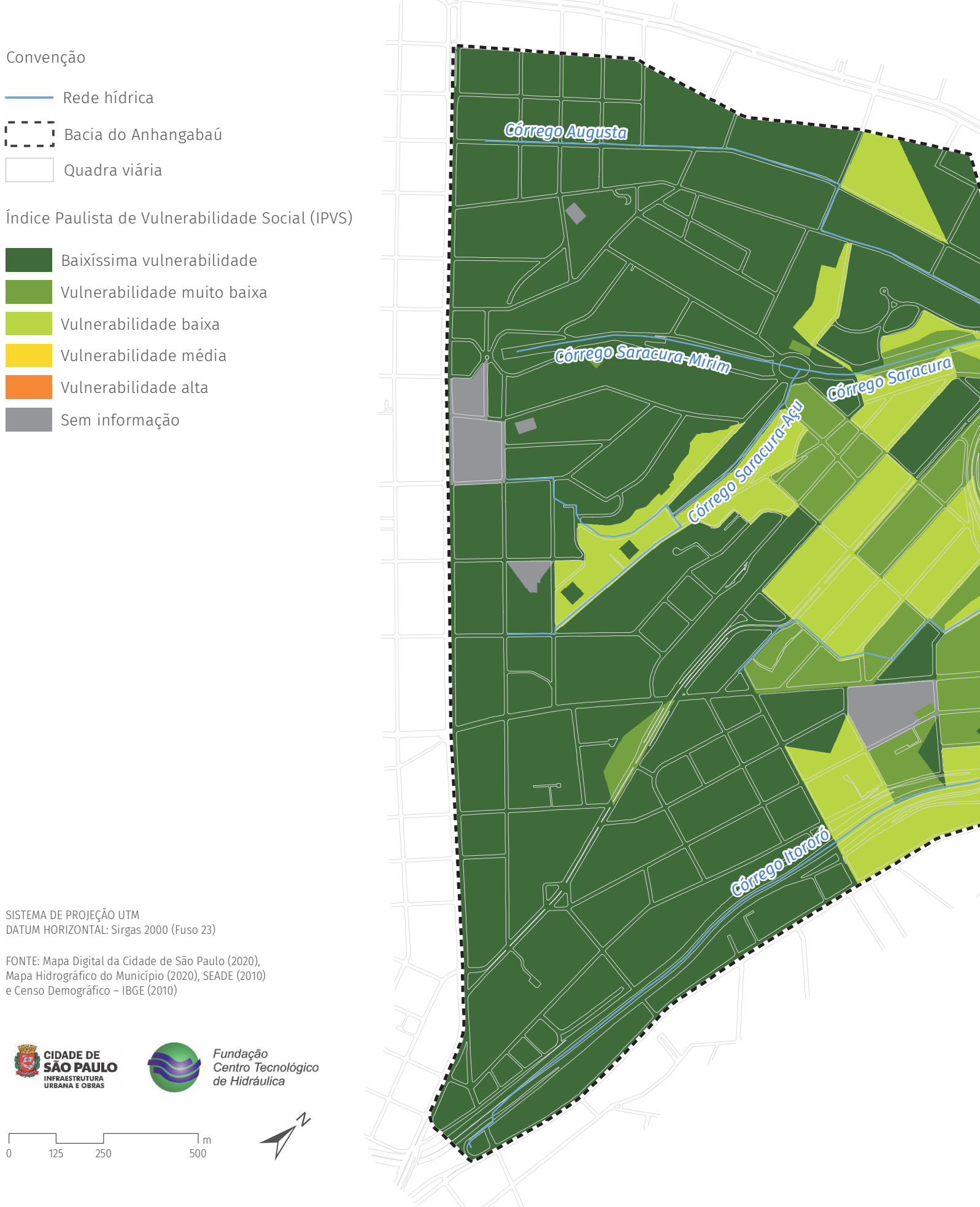
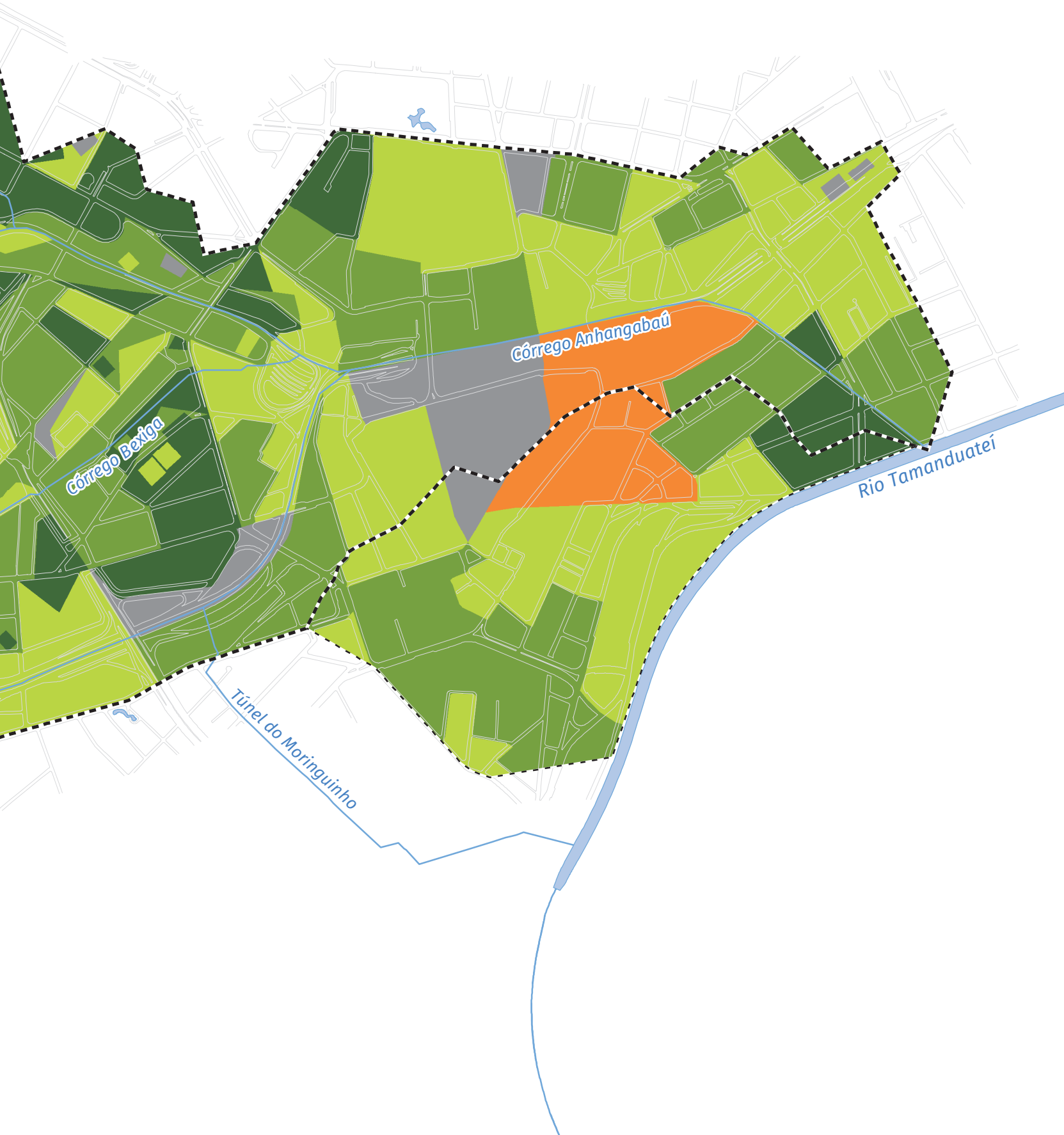
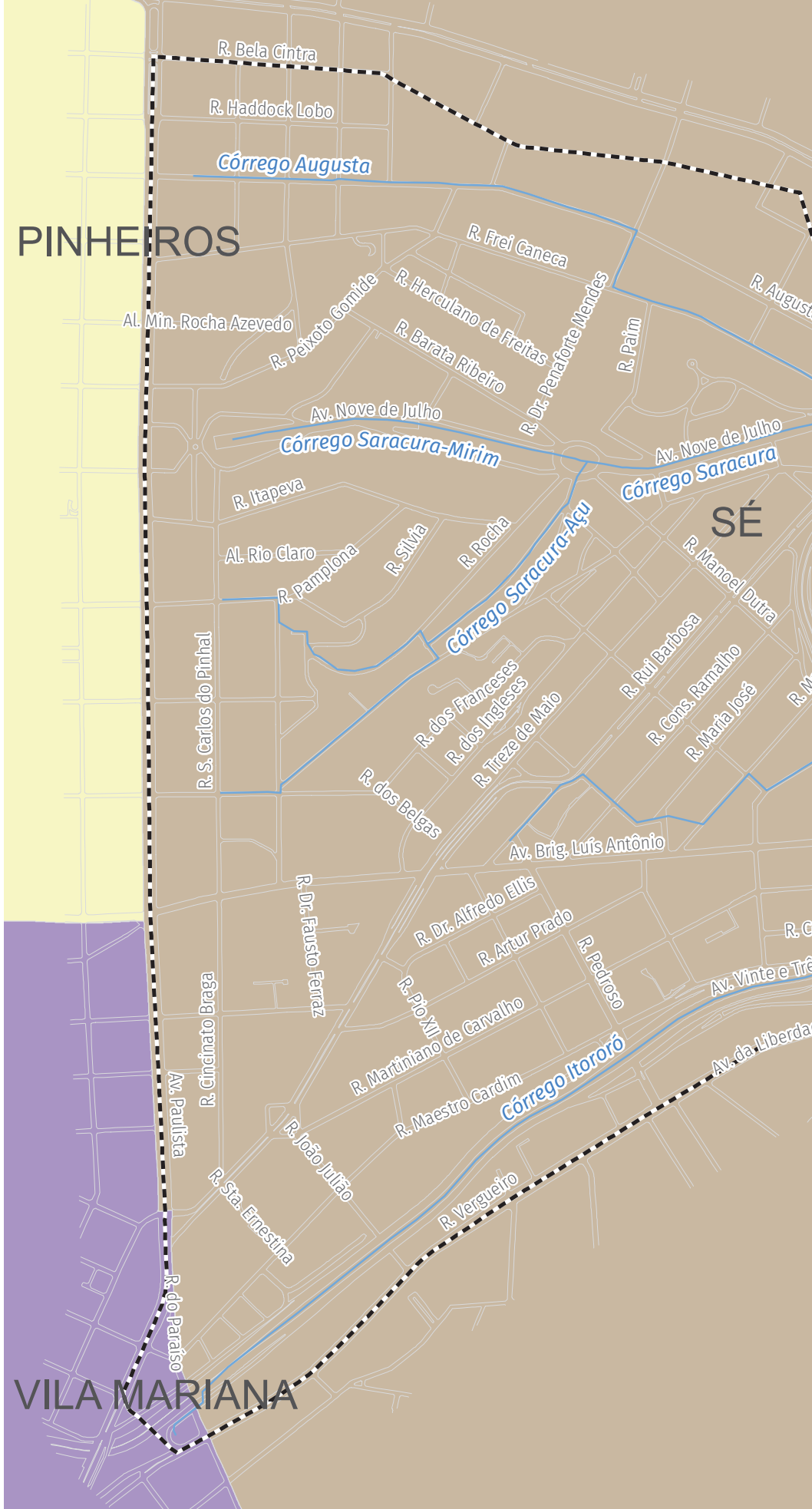

Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)
Baixíssima vulnerabilidade
Vulnerabilidade muito baixa
Vulnerabilidade baixa
Vulnerabilidade média
Vulnerabilidade alta
Sem informação
Córrego Augusta
Córrego Saracura-Mirim
Córrego Saracura
Córrego Saracura-Açu
Córrego Itororó
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020), SEADE (2010)
e Censo Demográfico – IBGE (2010)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 2.37 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD





Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Subprefeituras

Sé

Vila Mariana

Mooca

Pinheiros

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

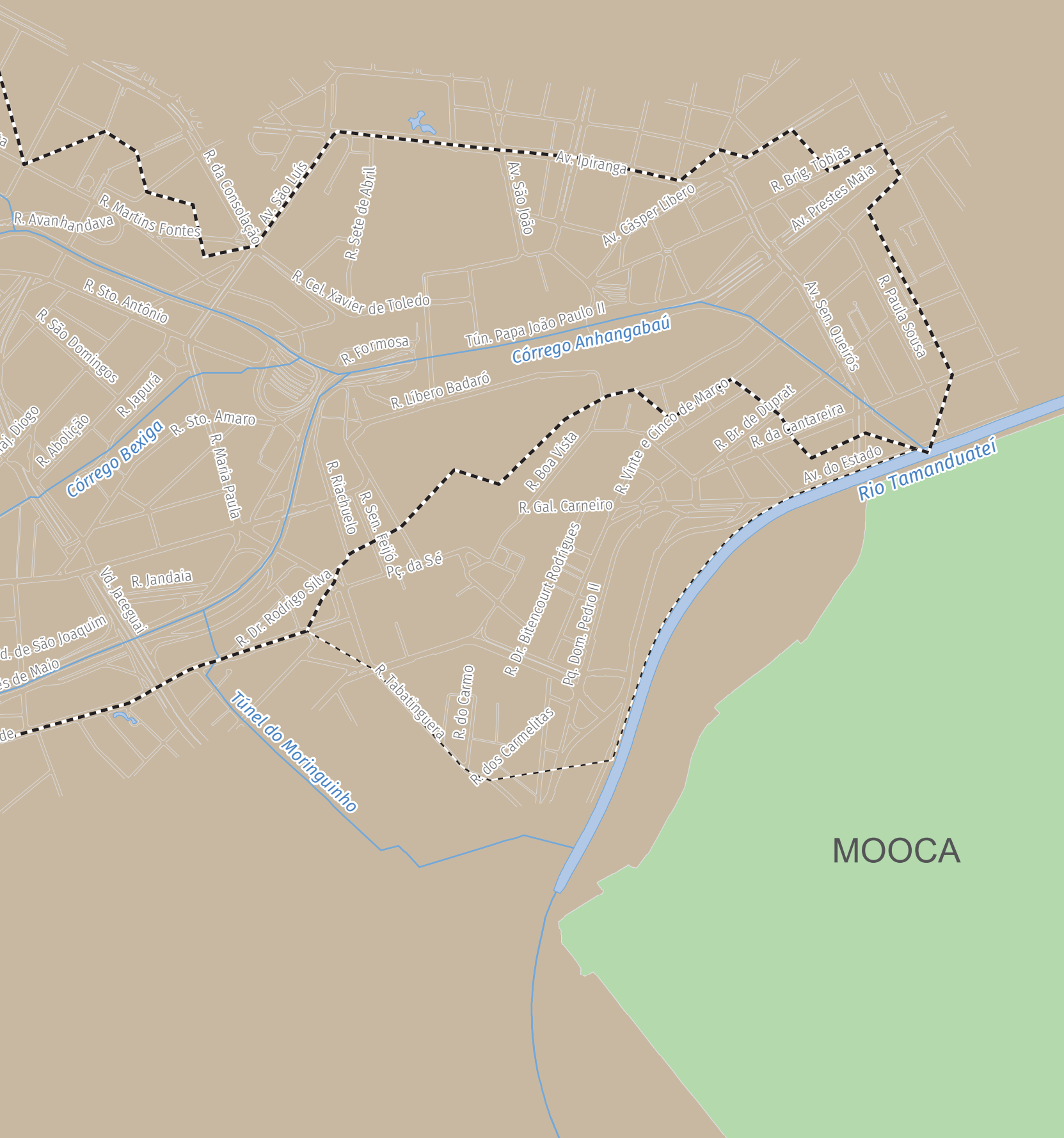
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020)
e Mapa Hidrográfico do Município (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.38 Divisão territorial administrativa da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD



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[17].

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.

A **FIGURA 2.39** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD.

Podemos constatar que a rede de coleta de esgotos ainda não foi completamente implantada, de forma que parte dos esgotos gerados na bacia é lançada nas galerias de águas pluviais.

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.

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

17. Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

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.

Localizada no centro da cidade de São Paulo, a maior e mais populosa cidade da América do Sul, a bacia do córrego Anhangabaú concentra as mais importantes vias estruturais do Município. Delimitada a sudoeste pela Avenida Paulista e a nordeste pela Avenida do Estado, convergem para o Vale do Anhangabaú as avenidas Nove de Julho e Vinte e Três de Maio, que se unem formando a Avenida Prestes Maia. Por fim, há a ligação Leste-Oeste, que corta o trecho médio dessa bacia, correspondendo a uma via expressa formada pelo Viaduto do Glicério, a Avenida Radial Leste e os viadutos Jaceguai e Júlio de Mesquita Filho.

A **FIGURA 2.40** apresenta o sistema viário estrutural da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD.

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Esgotamento sanitário

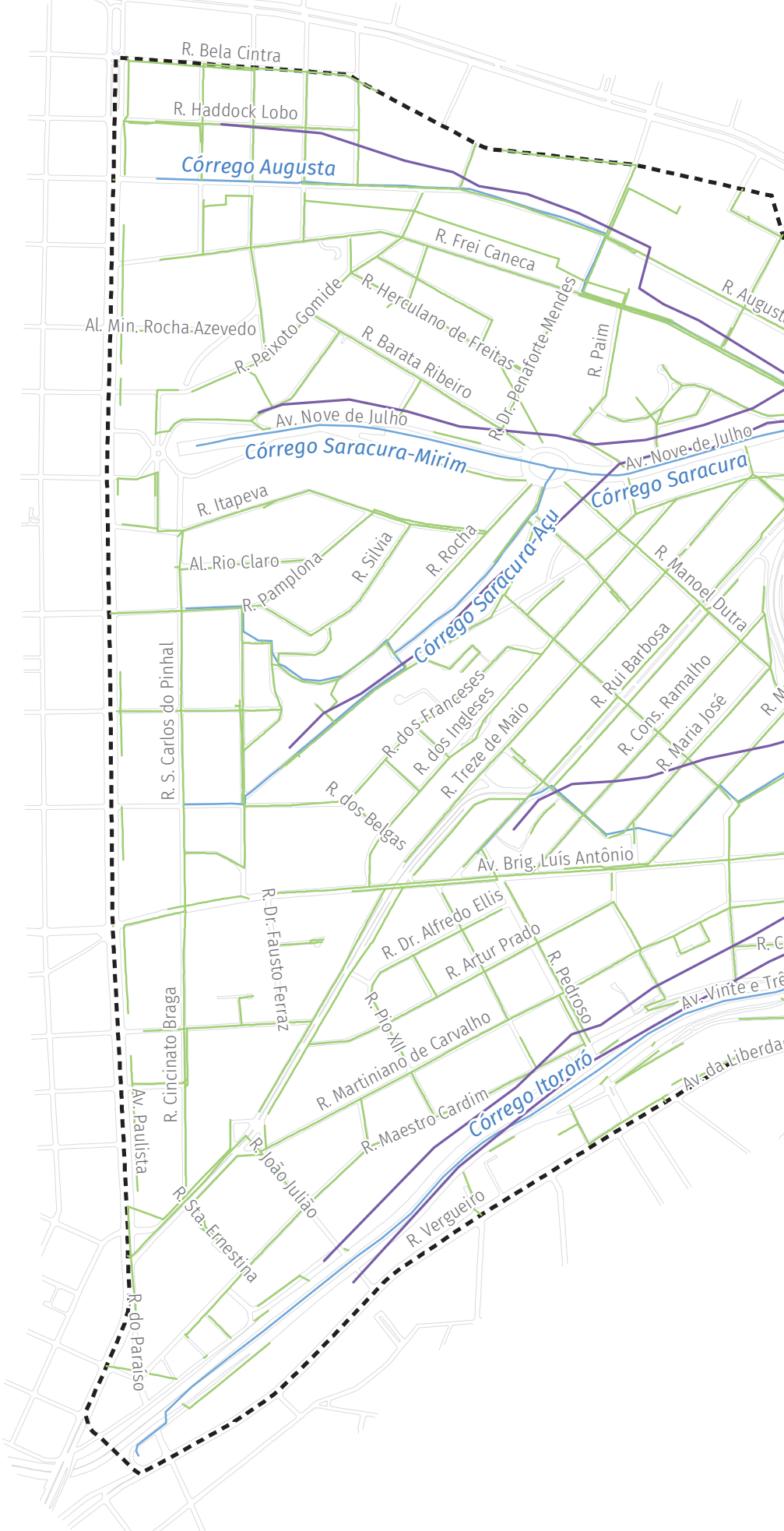
Interceptor existente

Interceptor planejado

Coletor tronco existente

Coletor tronco planejado

Rede de esgoto existente



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

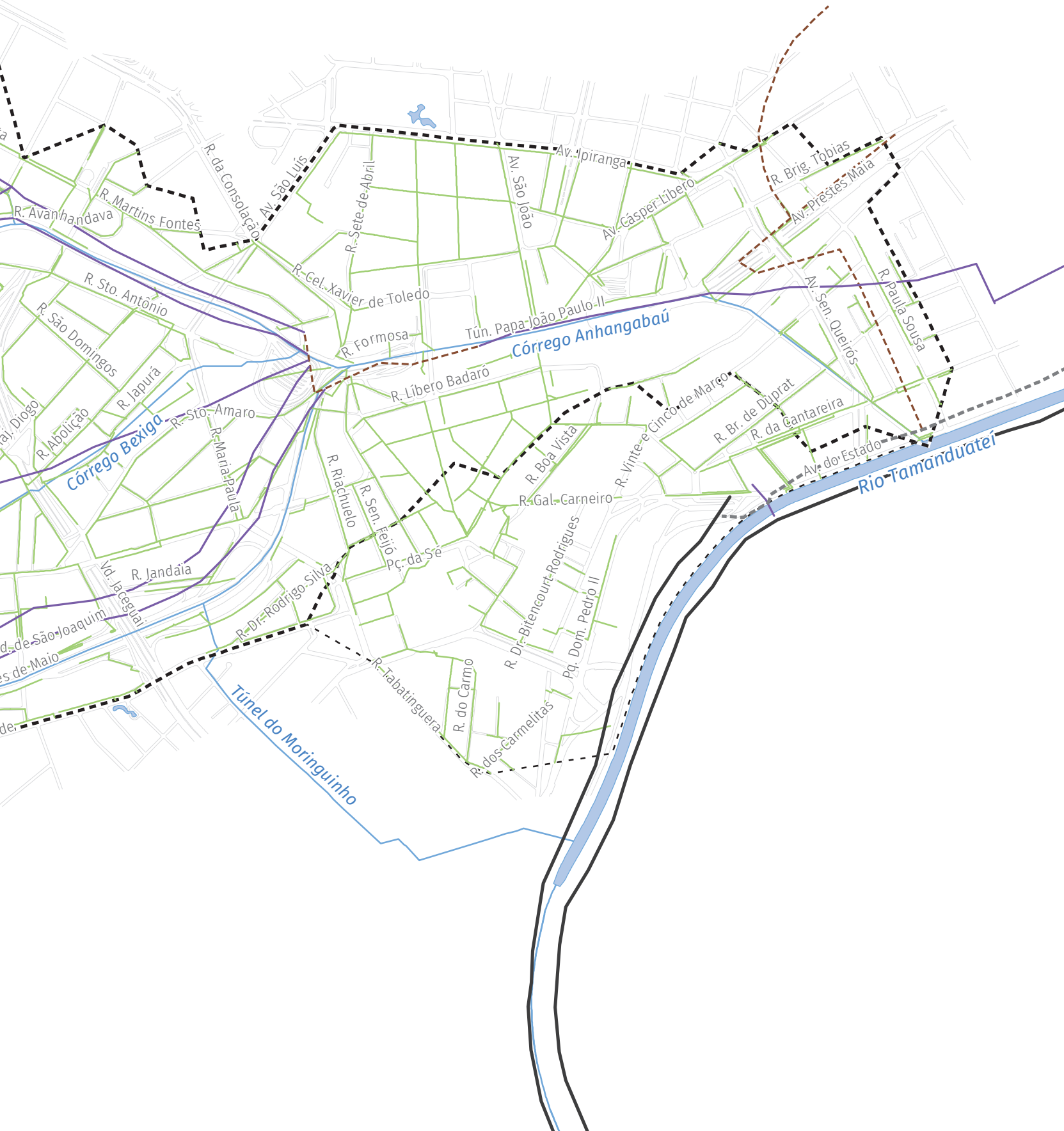
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020) e
Plano Diretor Estratégico (2014)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.39 **Sistema de esgotamento sanitário da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**





Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária

Sistema viário estrutural

- N1
- N3

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
Plano Diretor Estratégico (2014)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 2.40 Sistema viário estrutural da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD



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

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 Anhangabaú, 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 nos 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 Anhangabaú foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)[18].

18. 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 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 1 hora.

A precipitação total acumulada para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 1 hora 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
39,6	53,7	63,0	74,8	92,2

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)[19], 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; e

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

distribuição de Huff (HUFF, 1967)[20], 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.

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 Tietê-Centro, foram analisados 2.889 eventos com duração entre 0 e 1 hora.

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.

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

TABELA 3.2 Número de postos telemétricos analisados em cada setor hídrico

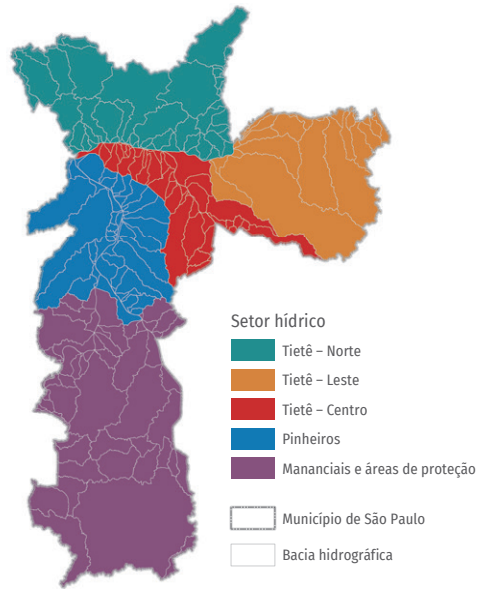
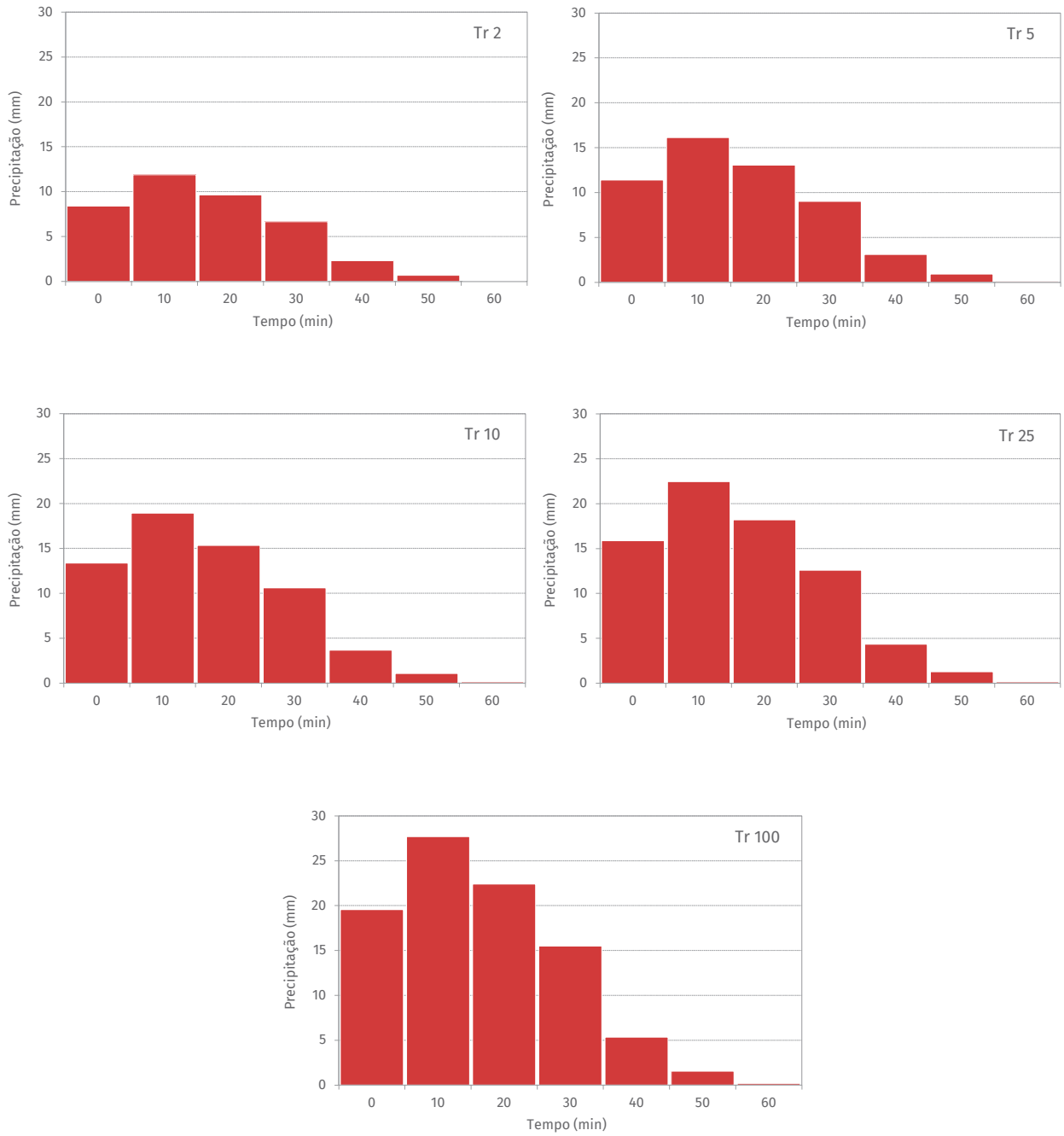
Setor	Número de postos	Mapa dos setores
Pinheiros	46	
Tietê – Centro	36	
Tietê – Leste	29	
Tietê – Norte	21	
Mananciais	11	

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



3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, a bacia do córrego Anhangabaú foi dividida em 44 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais. A **TABELA 3.3** indica a área e a declividade média de cada sub-bacia e da ACD.

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

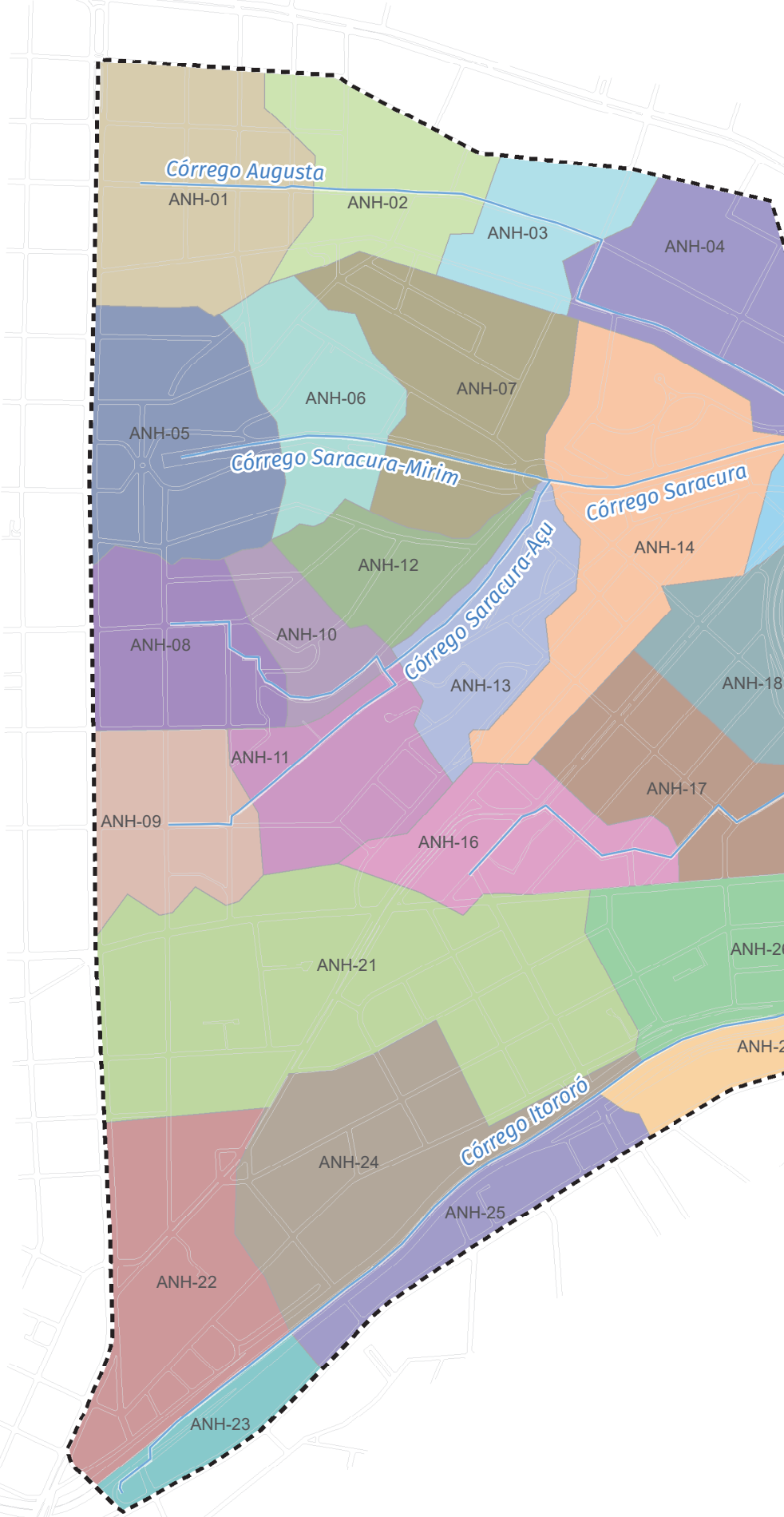
Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)
ANH-01	0,19	4,49	ANH-24	0,21	14,28
ANH-02	0,12	8,77	ANH-25	0,09	14,94
ANH-03	0,08	7,58	ANH-26	0,18	8,27
ANH-04	0,16	8,91	ANH-27	0,10	14,20
ANH-05	0,18	15,07	ANH-28	0,06	11,87
ANH-06	0,11	19,63	ANH-29	0,10	7,73
ANH-07	0,18	13,66	ANH-30	0,06	12,62
ANH-08	0,12	9,39	ANH-31	0,07	13,42
ANH-09	0,11	9,05	ANH-32	0,04	6,67
ANH-10	0,06	17,97	ANH-33	0,11	4,98
ANH-11	0,11	17,11	ANH-34	0,09	7,26
ANH-12	0,08	16,76	ANH-35	0,11	7,34
ANH-13	0,10	16,80	ANH-36	0,10	6,60
ANH-14	0,25	10,85	ANH-37	0,19	3,72
ANH-15	0,26	12,08	ANH-38	0,10	4,39
ANH-16	0,12	9,37	ANH-39	0,12	9,26
ANH-17	0,14	6,84	ANH-40	0,07	4,70
ANH-18	0,15	5,90	ANH-41	0,12	3,70
ANH-19	0,13	9,85	ANH-42	0,05	3,75
ANH-20	0,08	7,71	ANH-43	0,03	2,29
ANH-21	0,41	7,30	ANH-44	0,07	0,84
ANH-22	0,19	6,44	ACD	0,70	6,35
ANH-23	0,05	11,37			

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária



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

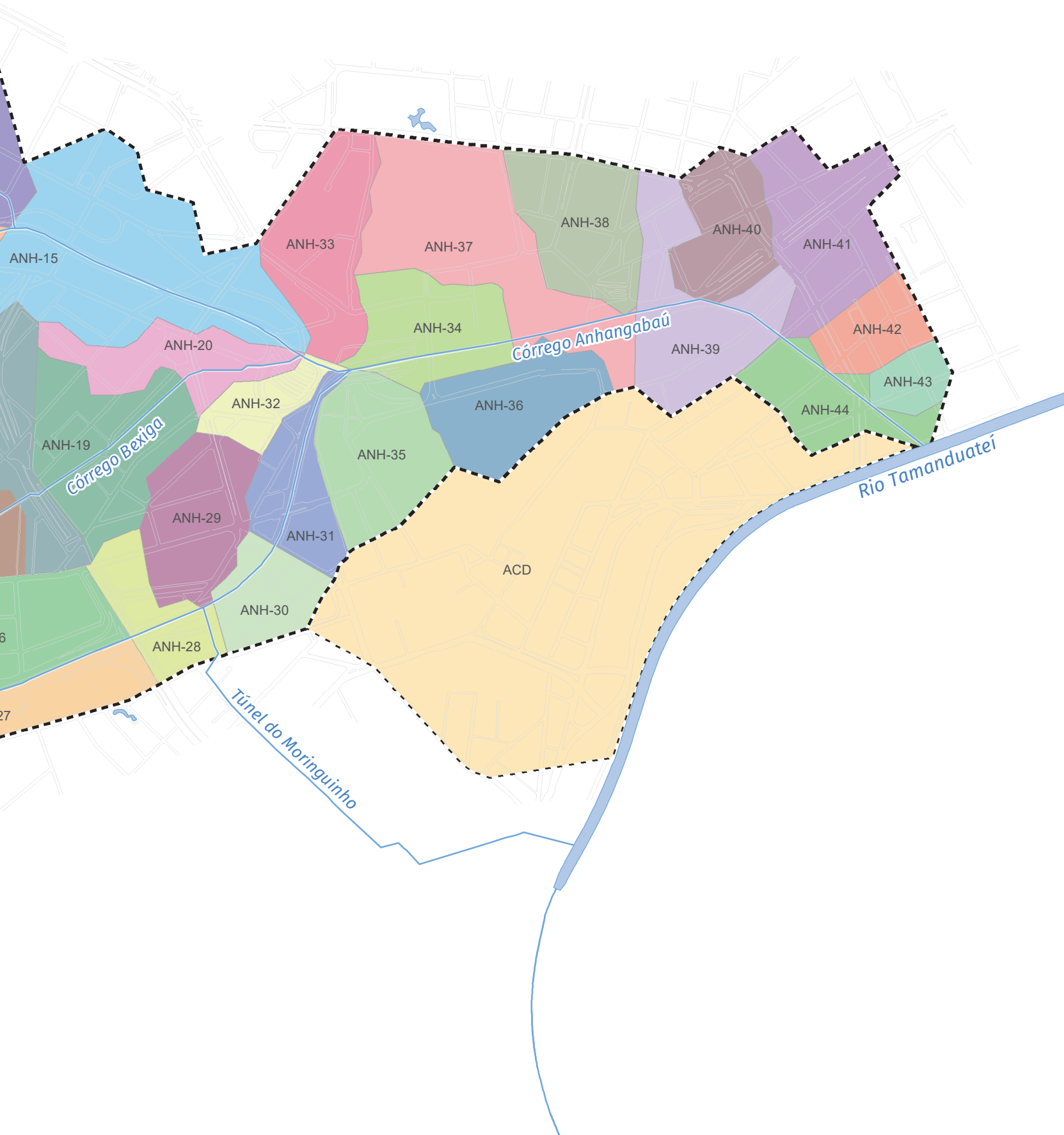
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020)
e Mapa Hidrográfico do Município (2020)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 3.2 **Divisão em sub-bacias do córrego Anhangabaú e da ACD para fins de modelação matemática**



3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo[21]. 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 Anhangabaú é apresentada na **TABELA 3.5**.

TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

Uso do solo	% Impermeável
Comércio e Serviços	83,8
Equipamento Urbano	79,2
Espaços Abertos	19,4
Indústria e Armazém	71,0
Residencial Horizontal Médio Alto Padrão	87,3
Residencial Vertical Baixo Padrão	87,5
Residencial Vertical Médio Alto Padrão	79,3

Assim, os valores de impermeabilização atual da bacia do córrego Anhangabaú foram obtidos considerando as tipologias de uso do solo e as respectivas porcentagens

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

de área impermeável. A **FIGURA 3.3** ilustra a impermeabilização atual da bacia e da ACD.

A metodologia adotada para a estimativa da impermeabilização máxima permitida para as bacias 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 os valores apresentados na **TABELA 3.6**, que indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia do córrego Anhangabaú, para a condição atual e máxima permitida por lei.

No total das 44 sub-bacias mais a ACD, 30 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. Nos cenários das alternativas, foram adotados os valores críticos de impermeabilização, ou seja, a maior taxa de impermeabilidade dentre a situação atual e a máxima permitida por lei.

Quando analisado o valor médio para a bacia, observa-se que não existe diferença entre a média dos valores atuais e dos permitidos. A impermeabilização atual é de 82% e a permitida também é de 82%. Analisando esse resultado hidrologicamente, tem-se que os valores estimados não produzem alterações significativas nos hidrogramas.

O mapa de impermeabilização máxima permitida é apresentado na **FIGURA 3.4**.



Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Área impermeável atual (%)

0 – 35

36 – 75

76 – 85

86 – 100

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

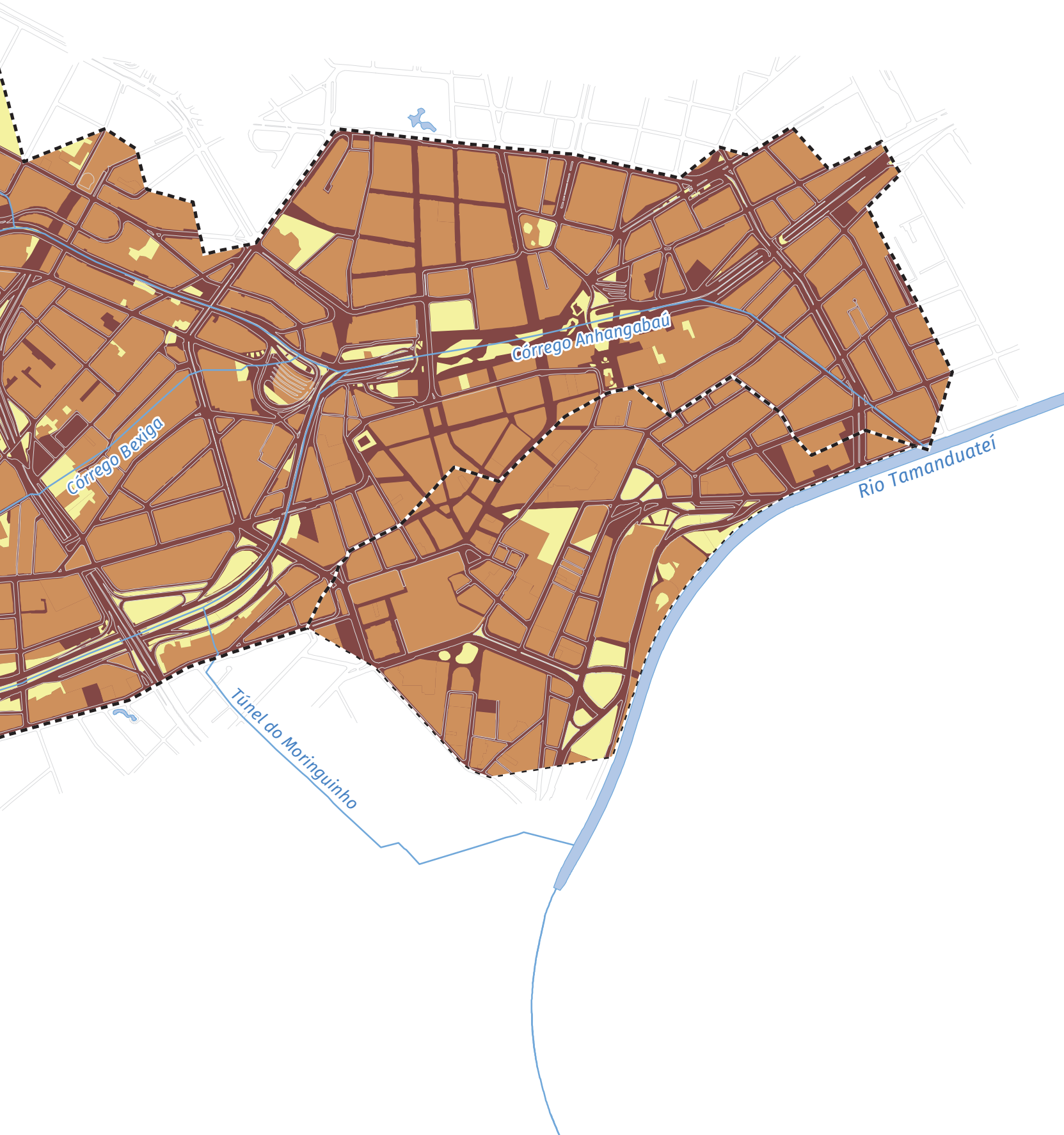
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020) e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)

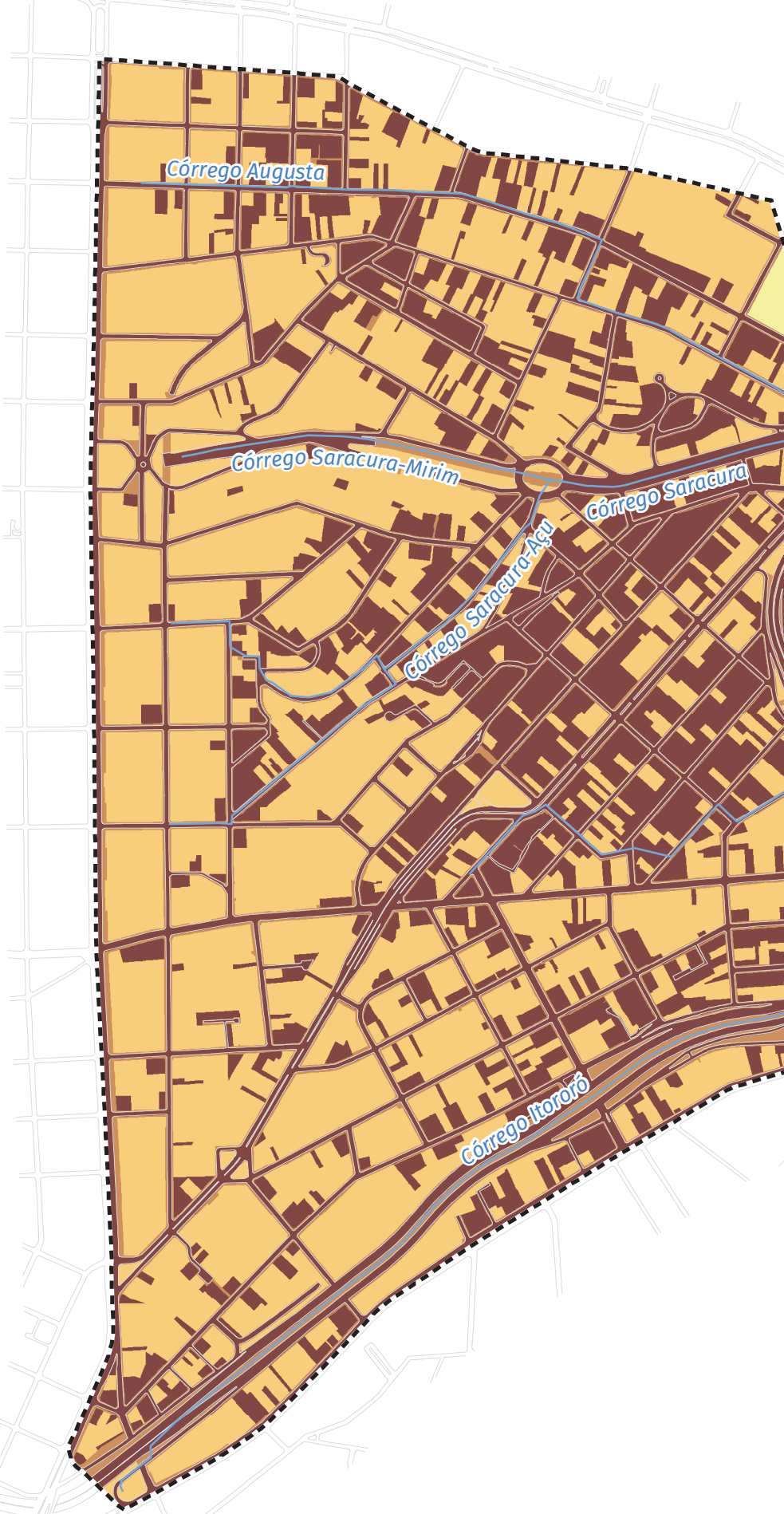
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 3.3 **Impermeabilização atual da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**





Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Área impermeável máxima permitida por lei (%)

0 – 35

36 – 75

76 – 85

86 – 100

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

0 125 250 500 m

FIGURA 3.4 **Impermeabilização máxima permitida da bacia do córrego Anhangabaú e da ACD**

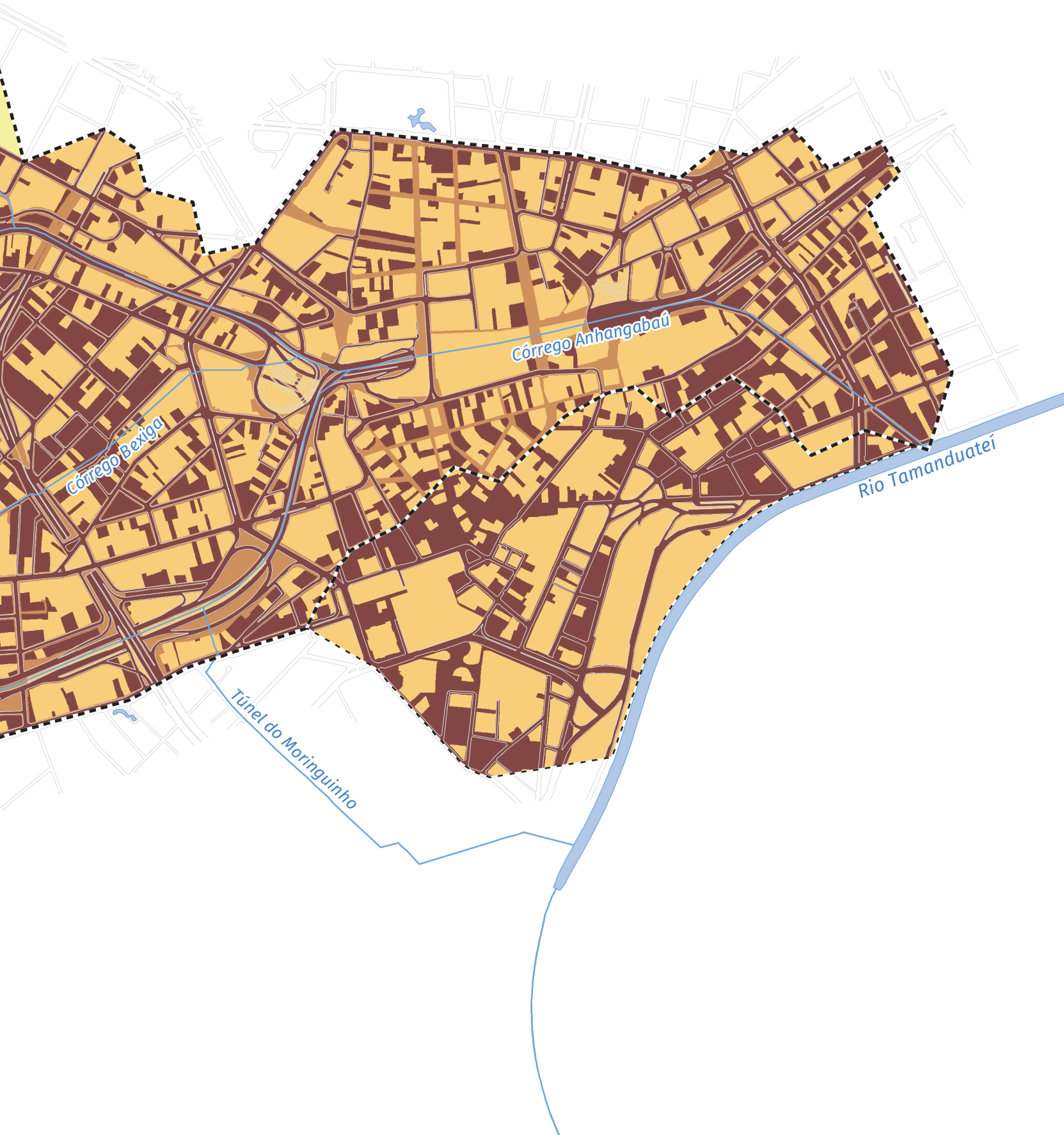


TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei

Sub-bacia	Área impermeável (%)		Sub-bacia	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
ANH-01	87	80	ANH-24	76	80
ANH-02	85	81	ANH-25	72	84
ANH-03	85	79	ANH-26	84	83
ANH-04	77	75	ANH-27	79	83
ANH-05	78	80	ANH-28	74	83
ANH-06	79	79	ANH-29	83	82
ANH-07	80	80	ANH-30	75	85
ANH-08	84	79	ANH-31	85	83
ANH-09	85	79	ANH-32	84	81
ANH-10	80	80	ANH-33	82	81
ANH-11	73	80	ANH-34	76	80
ANH-12	85	82	ANH-35	86	82
ANH-13	84	84	ANH-36	87	80
ANH-14	86	84	ANH-37	84	80
ANH-15	85	82	ANH-38	86	81
ANH-16	84	84	ANH-39	86	82
ANH-17	85	83	ANH-40	89	84
ANH-18	86	84	ANH-41	88	83
ANH-19	80	82	ANH-42	86	84
ANH-20	84	82	ANH-43	87	83
ANH-21	84	80	ANH-44	87	83
ANH-22	81	81	ACD	75	78
ANH-23	68	83	**Valor médio**	**82**	**82**

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


Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Período de retorno (anos)
2
5
10
25
100
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
R. Augusta
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Peixoto Gomide
R. Herculano de Freitas
R. Barata Ribeiro
R. Dr. Penaforte Mendes
R. Paim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura
Córrego Saracura-Mirim
R. Itapeva
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
Córrego Saracura-Açu
R. Manoel Dutra
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Dr. Alfredo Ellis
R. Artur Prado
R. Pedroso
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
R. Cincinato Braga
Av. Paulista
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
Av. da Liberdade
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
R. Vergueiro
R. do Paraíso
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 Plano Diretor Estratégico (2014)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

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



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, cortiços e favelas, o sistema viário estrutural (**FIGURA 2.40**) e as áreas de risco de inundação.

Em equipamentos urbanos vulneráveis, classificam-se as áreas destinadas às instituições de ensino, tais como escolas, creches e faculdades, e às instituições de serviços de saúde. 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[22]).

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 2).

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

(Equação 2)

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

22. 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 considerada 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	30
Médio	0,002 – 0,01	33
Alto	0,01 – 0,04	28
Muito alto	0,04 – 1	9

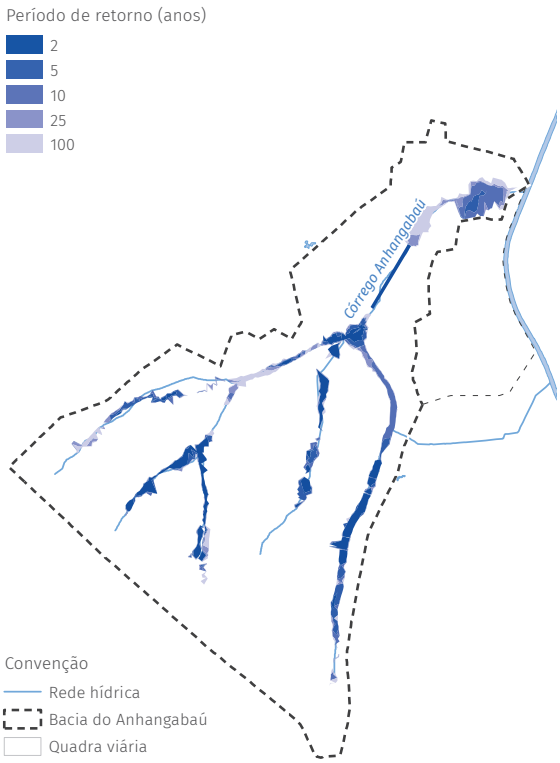
* Essa escala foi adotada em função da análise para o Município de São Paulo.

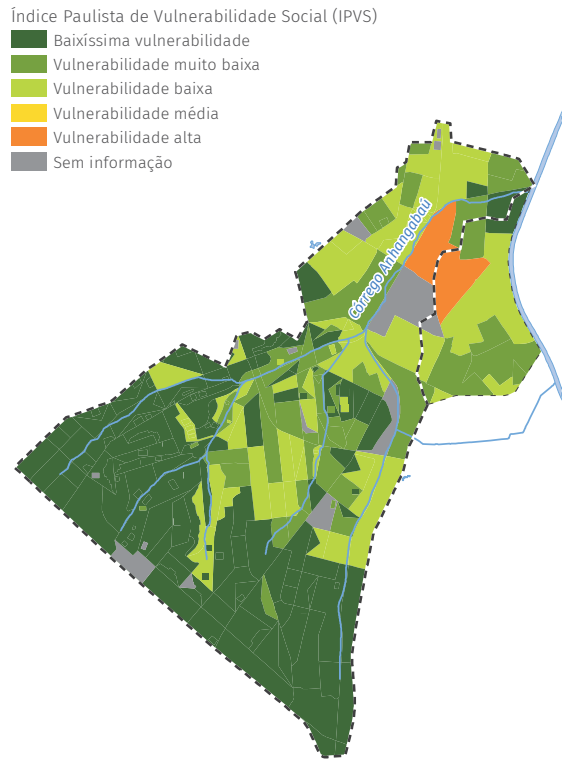
A **FIGURA 4.2** apresenta o infográfico com os dados utilizados na estimativa das áreas de risco de inundação.

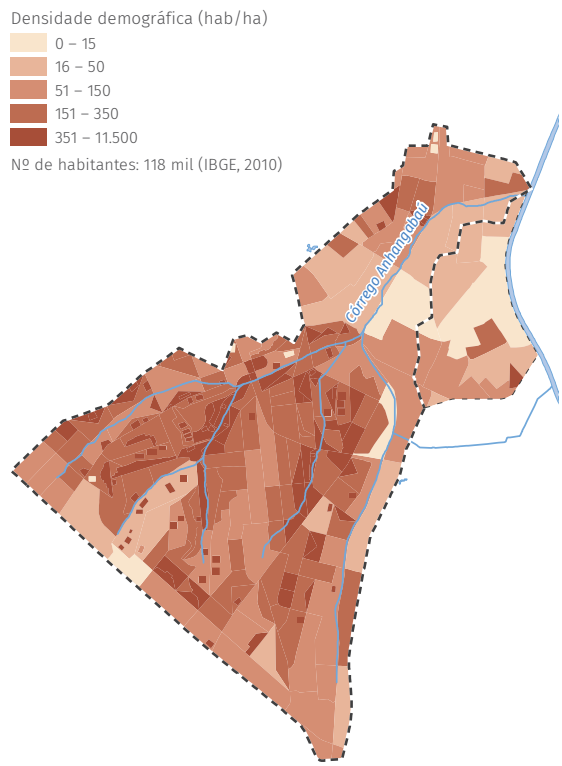
Em seguida, a **FIGURA 4.3** indica o infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas.

Concluindo, 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**







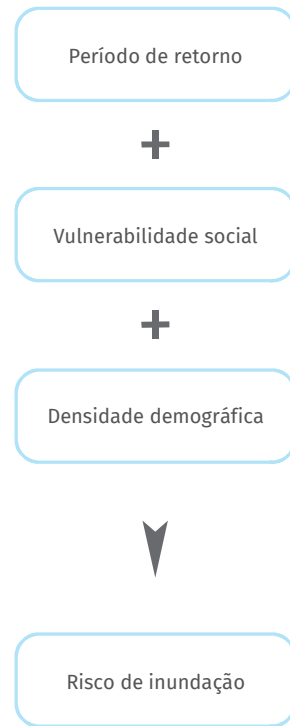
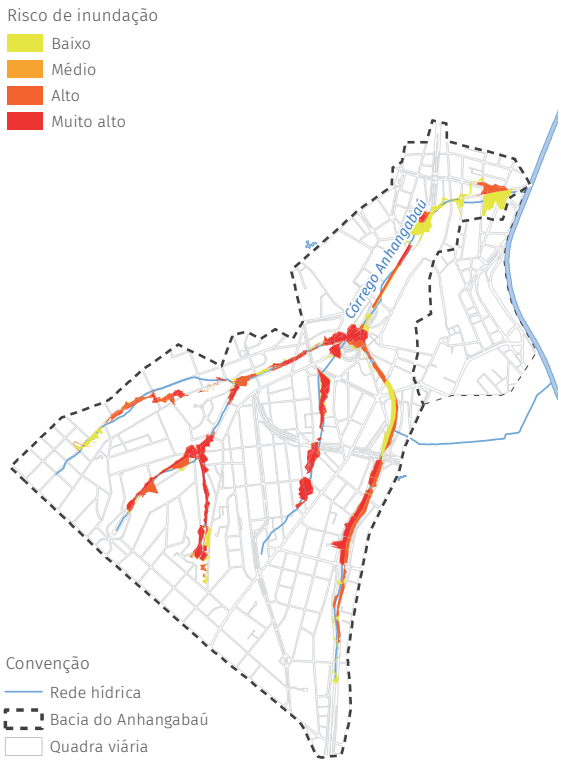
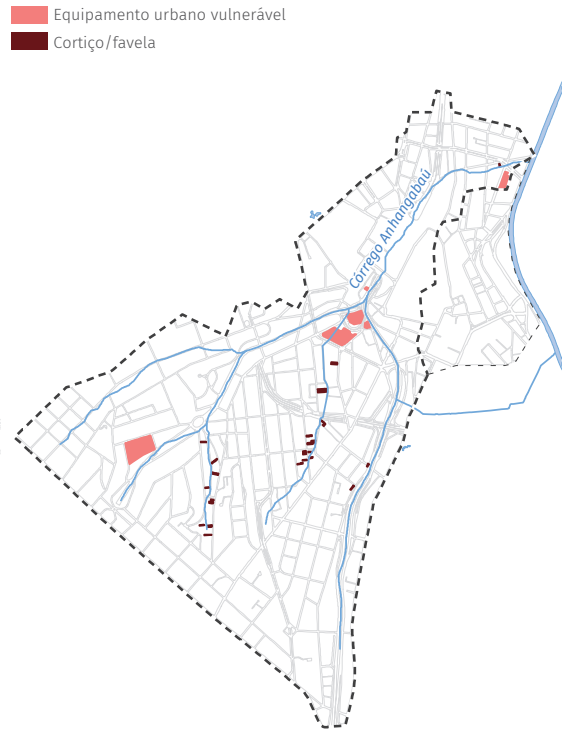
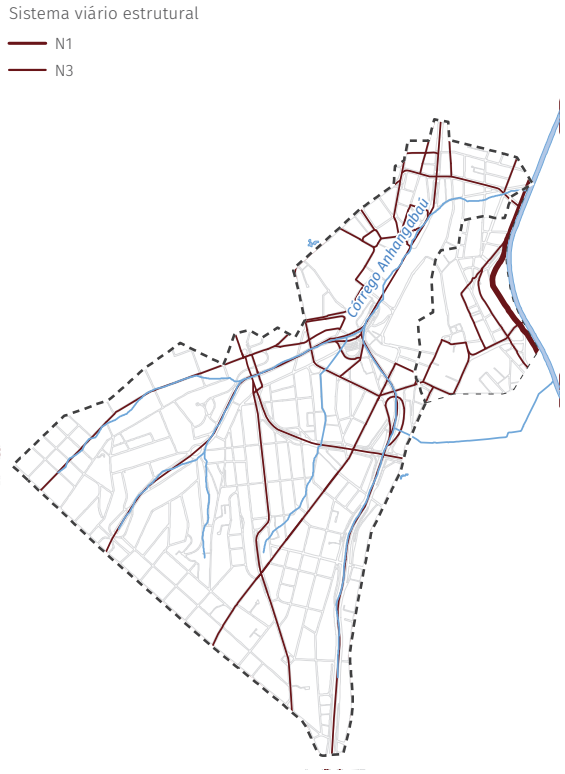


FIGURA 4.3 **Dados utilizados na obtenção das áreas críticas**







Risco de inundação

+

Equipamento urbano vulnerável
Cortiço/favela

+

Sistema viário estrutural

Áreas críticas

Convenção

Rede hídrica

Bacia do Anhangabaú

Quadra viária

Áreas críticas

Risco de inundação (classificação)

Baixo

Médio

Alto

Muito alto

Equipamento urbano vulnerável

Administração pública

Estação metroviária/rodoviária

Serviço de saúde

Unidade de ensino

Cortiço/favela

Sistema viário estrutural

N1

N3



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

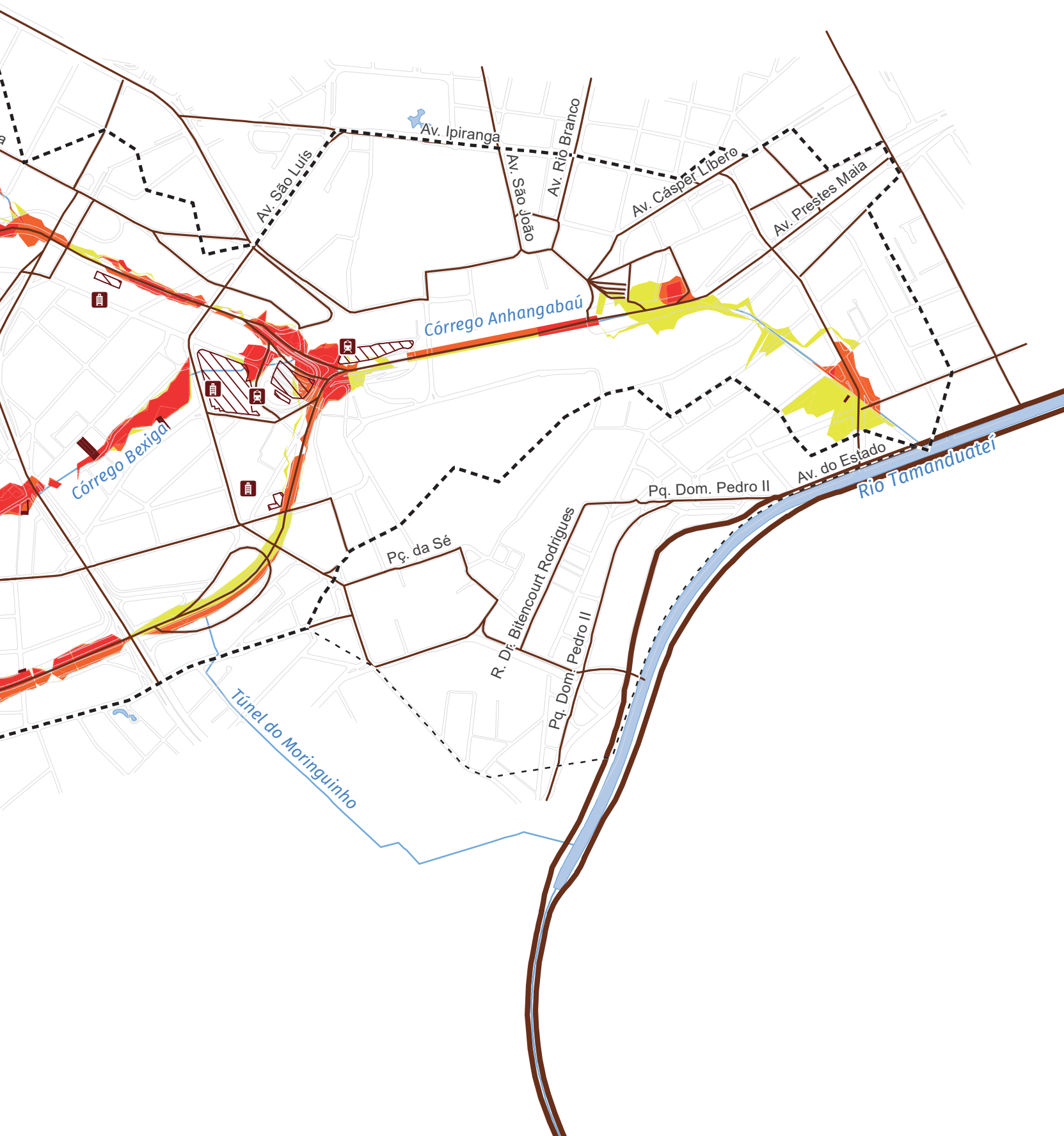
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020), FCTH (2019) e Plano Diretor Estratégico (2014)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 4.4 Mapa de áreas críticas na bacia do córrego Anhangabaú



5

Estudos e projetos existentes para a bacia

A bacia do córrego Anhangabaú já foi objeto de diversos estudos de medidas para o controle de cheias em decorrência dos problemas de inundações frequentes registrados. Pretende-se aqui fazer uma síntese desses estudos e projetos existentes.

Esse estudo investigou todas essas intervenções, e algumas delas foram selecionadas e são apresentadas no conjunto de medidas das alternativas deste caderno. Ocasionalmente, foram alterados os volumes de reservação e localização das intervenções, por conta de disponibilidade de área para a implantação da medida ou, até mesmo, por um menor impacto urbano e ambiental durante sua construção.

5.1 PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS NAS PRAÇAS DA BANDEIRA E QUATORZE BIS

Esse projeto consiste em um reservatório na Praça da Bandeira (46.000 m^3) com as respectivas galerias de interligação, um reservatório

na Praça Quatorze Bis (36.000 m³), captações superficiais e reforço parcial das galerias existentes na Avenida Nove de Julho (Hidrostudio/JMR, 2003[23]). De acordo com essa proposição, 600 m de galerias existentes na Avenida Nove de Julho são aproveitadas, com a recuperação de seus revestimentos em concreto.

Na Praça da Bandeira, foi proposto um reservatório com dois poços com formato circular e adjacentes (**FIGURA 5.1**). A câmara interna do reservatório foi prevista com capacidade de reservação total de 50.000 m³ (2 Φ de 45 m, profundidade = 16 m). De acordo com o projeto, concluídas apenas essas estruturas, os túneis (viários) do Anhangabaú já estarão protegidos contra chuvas de 5 anos de recorrência.

Nesse estudo, propõe-se que o reservatório da Praça Quatorze Bis seja constituído por dois poços poligonais adjacentes, situados fora da projeção do elevado da Avenida Nove de Julho (**FIGURA 5.2**). As câmaras internas do reservatório estão previstas para uma capacidade de reservação de 36.000 m³ (23 m de largura por 15 m de profundidade). Concluído o segundo poço da Praça da Bandeira mais o reservatório da Praça Quatorze Bis, os túneis estarão protegidos contra chuvas de recorrência de 25 anos (frequência média anual de 0,04).

Ao longo da Avenida Nove de Julho, propõe-se a substituição de 1.390 m de galerias de concreto existentes por *tunnel linner*, com diâmetros variando de 1,50 a 3,60 m. O processo construtivo a ser empregado consiste no avanço da frente de escavação e na fixação do revestimento metálico e de concreto, concomitantemente com a escavação e a demolição da estrutura da galeria de concreto existente.

O projeto inclui também algumas obras de melhoria do Túnel do Moringuinho, como ampliação de seção e de captações na Avenida Vinte Três de Maio – sendo que esta foi a única parte do projeto que foi efetivamente implantada até o momento.

O estudo em questão incorporou esses reservatórios, contudo propõe alterações na localização dessas estruturas. Na Praça da Bandeira há uma preocupação em interditar toda a área do terminal de ônibus para a construção do reservatório, gerando grande transtorno para os usuários. Já na Praça Quatorze Bis, a localização sugerida no projeto está comprometida por conta do projeto da linha do metrô, que pretende implantar ali a futura estação Quatorze Bis da Linha 6 – Laranja.

---

23. HIDROSTUDIO/JMR. **Projetos básicos e executivos da bacia do córrego Anhangabaú**. São Paulo, 2003.



FIGURA 5.1 **Planta de localização do reservatório da Pç. da Bandeira (modificado de Hidrostudio/JMR, 2003)**

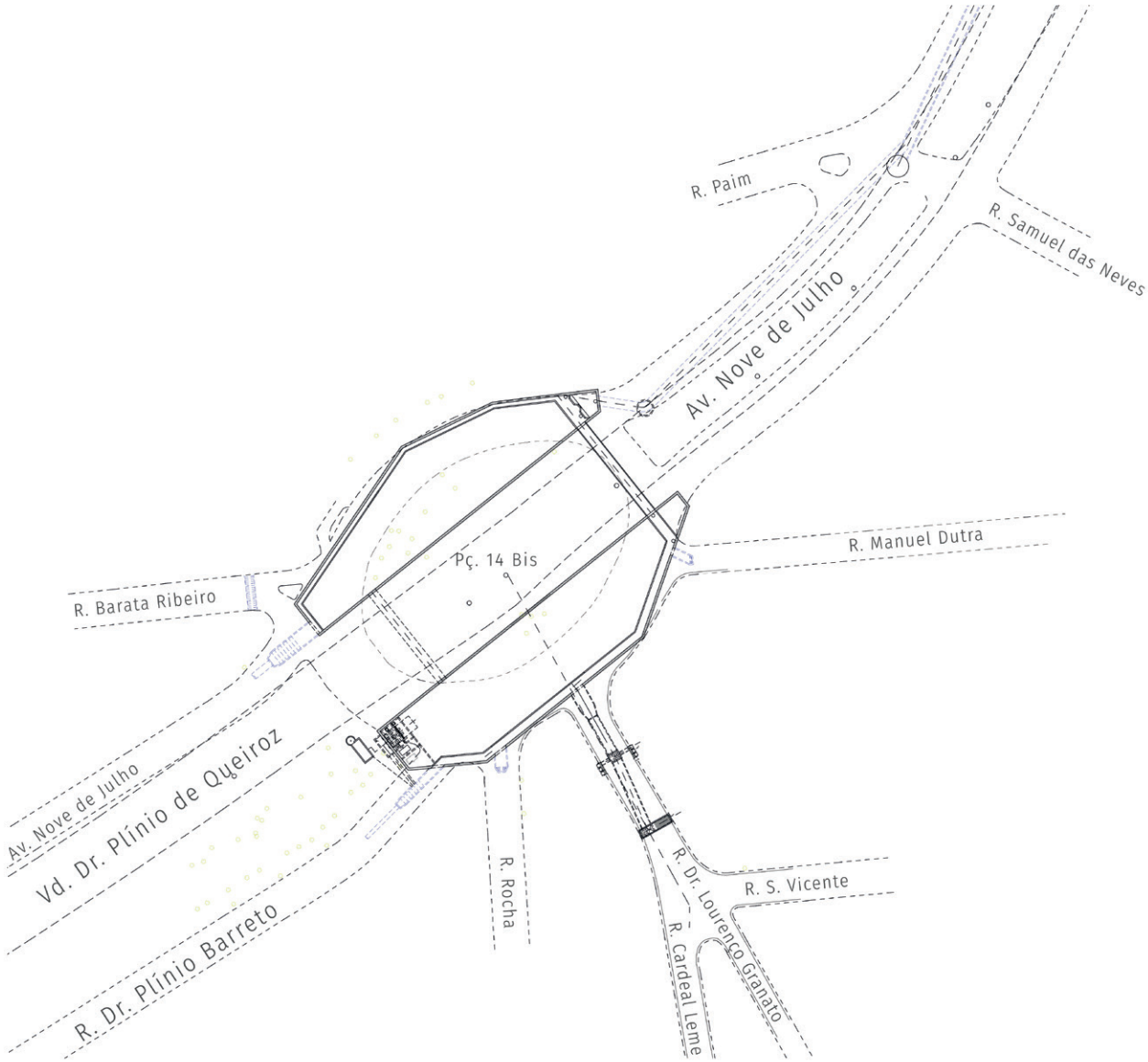


FIGURA 5.2 **Planta de localização do reservatório da Pç. Quatorze Bis (modificado de Hidrostudio/JMR, 2003)**

5.2 PROJETO DE TÚNEL DE DERIVAÇÃO

Há a proposição de um túnel de derivação, com cerca de 1.590 m, na seção a montante da Praça da Bandeira (**FIGURA 5.3**), o que representa a derivação da vazão integral da bacia a montante dessa praça (137,6 m³/s), considerando uma chuva de projeto com Tr 100 anos.

O sistema de galerias projetadas na Avenida Nove de Julho foi posicionado em cotas inferiores, permitindo a aplicação do método não destrutivo na referida avenida. Da mesma forma, considerando a posição da derivação do túnel a montante da Praça da Bandeira, não foi necessário o prolongamento das galerias ao longo da Avenida Nove de Julho até as galerias existentes no Vale do Anhangabaú.

Devido a exigências para a obtenção de outorga, deverá ser incluída a implantação de um reservatório a jusante, de 140.000 m³ de volume, ou, ainda, como alternativa, uma válvula de controle na saída, conforme parecer emitido em 22 de fevereiro de 2011 pelo DAEE[24]. Porém, tais complementos elevariam os custos dessa proposta.

Com base no diagnóstico das condições das estruturas da galeria (anomalia ou patologia) nos diversos trechos, são feitas recomendações de reparo, com o objetivo de restaurar ou prolongar a vida útil da estrutura.

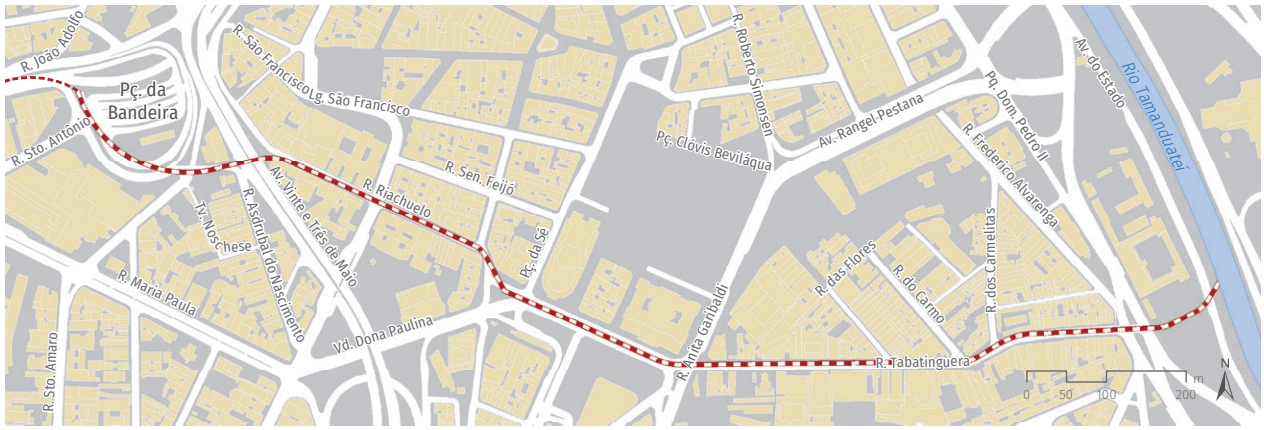


FIGURA 5.3 **Localização do túnel de derivação (projeto elaborado pela Figueiredo Ferraz)**

24. Conforme DAEE. **Ofício/SUP/0205/2011**, de 22 de fevereiro de 2011 – Autos 51.818/2011.

O túnel proposto possui 1.440 m de comprimento e, no trecho a jusante, 150 m de vala a céu aberto. O túnel deverá ter diâmetro de 6,2 m. A vala a céu aberto deverá ser constituída por galeria dupla com seção retangular de 5,0 m de largura por 3,5 m de altura, devido a interferências no local – coletores de esgoto Φ 1,2 m e Φ 2,0 m e linha de alta tensão 88 KV – que não permitem uma seção de escoamento com altura maior.

5.3 ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE DE GALERIAS-RESERVATÓRIOS (FCTH)

As intervenções propostas para a bacia nesse estudo consistem na substituição de trechos da rede de drenagem existente por tubulações de maior seção, formando uma rede de reservatórios lineares distribuídos, que, além de promoverem a descarga das águas pluviais para jusante, permitem também o amortecimento dos picos dessas descargas.

Quanto ao traçado e ao dimensionamento da rede de condutos, ou galerias-reservatórios, para a bacia, seguiram-se, especialmente, os seguintes critérios:

- Distribuição da rede pela bacia, descon-centrando-se os fundos de vale (Avenida Nove de Julho e Avenida Vinte e Três de Maio), seguindo o sistema viário e considerando-se o tamanho das micro-bacias afluentes, isto é, equilibrando a relação entre volume de retenção e área de contribuição;
- Adoção de seção hidráulica com dimensões que facilitem a execução, tanto em método não destrutivo como em sistema *cut and cover*;
- Previsão de associação das galerias, ou galerias-reservatórios, com outras medidas de controle de drenagem na fonte.

Há de se ressaltar que, teoricamente, haveria inúmeras possibilidades para a concepção de redes de condutos adequadas para a bacia, variando o comprimento total desde um comprimento mínimo, com grande seção transversal, até um comprimento máximo, com pequena seção transversal do conduto.

O controle do fluxo ao longo dos diversos segmentos de reservatórios lineares (trechos de galerias-reservatórios) deverá ser efetuado através de elementos de controle de descarga do segmento. Optou-se por controlar as descargas do segmento de galerias-reservatórios através de orifícios fixos, devendo todo excedente de volumes, após o enchimento do segmento, ser descarregado através de extravasores (**FIGURA 5.4**).

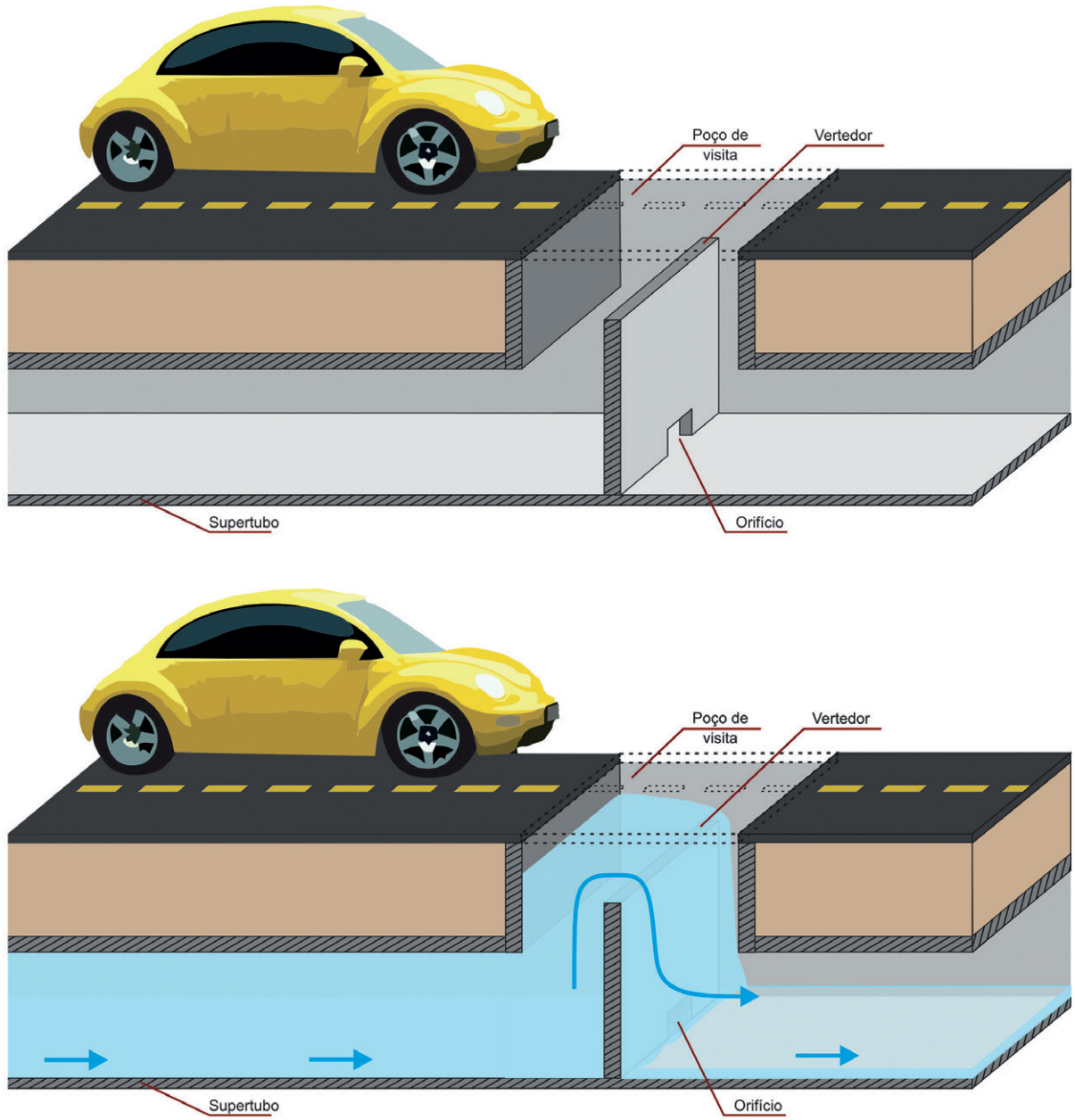


FIGURA 5.4 Corte de PV com orifício e extravasor

Entre as intervenções previstas, constam substituições e/ou reforços das galerias existentes na Avenida Nove de Julho, bem como no canteiro central da Avenida Vinte e Três de Maio.

A implantação desse sistema de drenagem deverá ser efetuado através dos seguintes métodos executivos:

- Método não destrutivo, ou seja, executada em túnel, com diâmetro de 3,6 m;
- Método *cut and cover* (escavação de vala a céu aberto, instalação do tubo, reaterro e depois pavimentação ou acabamento superficial do terreno), com seção de 3,2 × 3,2 m.

A implantação da rede na bacia do Anhangabaú deverá adotar os dois sistemas, dependendo de diversos fatores intervenientes no local, ressaltando-se que, do ponto de vista hidrológico, ambas apresentariam desempenhos equivalentes.

Inicialmente, o estudo realizado pela FCTH propunha a implantação extensiva dessas galerias-reservatórios na bacia, inclusive em vias de grande circulação, o que acarretaria um enorme transtorno para a população. Dessa forma, esse estudo propõe uma nova distribuição desses dispositivos em ruas de menor circulação, preservando as vias principais e garantindo maior viabilidade econômica.

5.4 PROPOSTA DE REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO ITORORÓ

Essa proposta faz parte de um conjunto de intervenções estudadas pela SVMA para revitalização de rios na cidade de São Paulo no ano de 2005[25]. Na bacia do córrego Anhangabaú, a proposta consistia na abertura do córrego Itororó no canteiro central da Avenida Vinte e Três de Maio, num trecho de 2,3 km entre os viadutos Paraíso e Dona Paulina (**FIGURA 5.5**). Nesse trecho, o córrego seguiria aberto sobre o canteiro central, ao longo do qual estavam previstos pequenos reservatórios formados por barramentos e quedas-d'água, com o intuito de armazenar parte do escoamento superficial e diminuir as vazões a jusante.

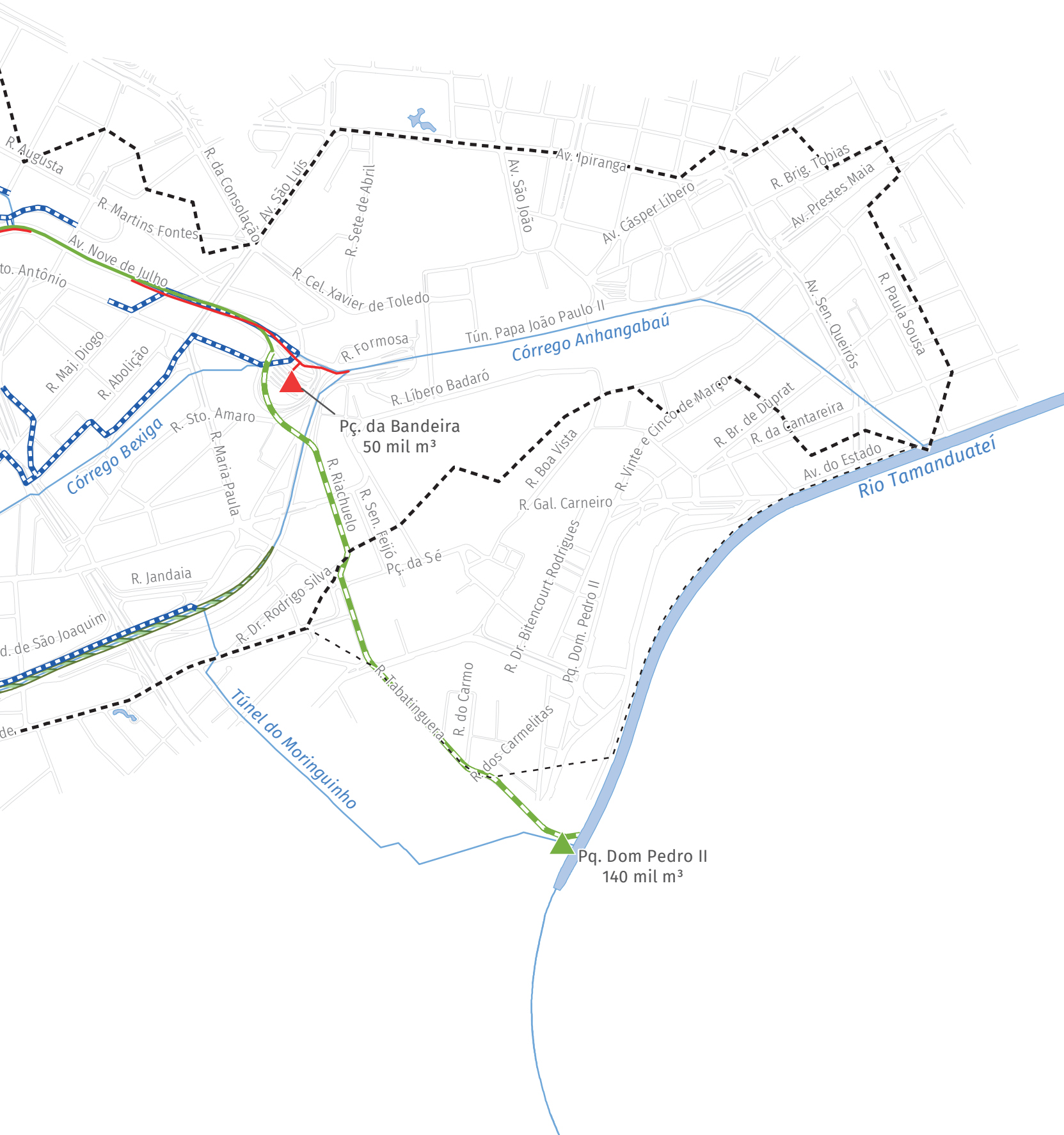
25. MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. *op. cit.*



FIGURA 5.5 **Localização do trecho de revitalização do córrego Itororó**


Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Projetos existentes
Hidrostudio
Reservatório
Reforço de galeria
Figueiredo Ferraz
Reservatório
Reforço de galeria
Túnel
FCTH
Galeria-reservatório
SVMA
Revitalização de córrego
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Peixoto Gomide
R. Paim
Córrego Saracura-Mirim
Córrego Saracura
R. Itapeva
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
Córrego Saracura-Açu
R. Manoel Dutra
Pç. Quatorze Bis
36 mil m³
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
R. dos Belgas
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Artur Prado
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
R. Cincinato Braga
Av. Paulista
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
Av. da Liberdade
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
Av. Vinte e Três de Maio
R. Vergueiro
R. do Paraíso
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 PMSP
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 5.6 **Localização das intervenções propostas nos projetos e estudos existentes na bacia**



6

Alternativas propostas

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

No intuito de conceder à bacia o grau de proteção de 100 anos, as intervenções foram dimensionadas para o cenário crítico de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, adotando-se para cada sub-bacia o maior valor de impermeabilização do terreno entre a situação atual de uso e o máximo permitido por lei.

Ressalta-se que nas simulações foi considerado o pleno funcionamento do sistema de captação de microdrenagem. Portanto, recomenda-se que seja verificada a capacidade de captação da rede de microdrenagem durante o desenvolvimento dos projetos das obras hidráulicas de macrodrenagem propostas neste trabalho.

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de medidas estruturais situadas nos córregos da bacia do Anhangabaú e em sua área de contribuição direta para o Rio Tamanduateí. Dentre as principais medidas de controle propostas, destacam-se:

- Praça de infiltração – região da bacia hidrográfica designada para receber dispositivos de infraestrutura verde com o objetivo de reter, armazenar, infiltrar, filtrar e retardar a velocidade das águas da chuva. No Anhangabaú, foram previstas as seguintes tecnologias para constituir a praça de infiltração: jardins de chuva, biovaletas, canteiros pluviais, poços de infiltração, terraceamento e reservatórios sob a calçada;
- Reservatório de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada;
- Pôlder – estrutura concebida para proteger uma porção baixa do terreno por meio de captação da água por galerias subterrâneas e bombeamento constante em caso de um evento de cheia no Rio Tamanduateí. Um pôlder é constituído por: **(a)** um dique, que evita que o transbordamento das águas do curso principal (no caso, o Tamanduateí) atinja a área a ser protegida; **(b)** um sistema de microdrenagem da área protegida; e **(c)** um reservatório com sistema de esgotamento por bombas;
- Galerias-reservatórios – 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";
- Canal-reservatório – funcionam de maneira similar aos 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;
- Substituição de galeria – implantação de nova galeria substituindo a atual;
- Galeria de reforço – implantação de nova galeria em traçado diferente da atual para complementar a capacidade de escoamento do sistema.

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 três 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 25 anos; e a terceira etapa engloba obras para proteção de 100 anos.

Foram também consideradas intervenções para a área de contribuição direta situada entre a bacia hidrográfica, o Rio Tamanduateí e a Rua Tabatinguera, já que esta constitui-se como um divisor de águas entre a área de contribuição direta do Anhangabaú para o Tamanduateí e a bacia hidrográfica do Túnel do Moringuinho. A área de contribuição direta apresenta, no cenário atual, uma série de pontos de alagamento, conforme apresentado no mapa do diagnóstico de inundações (**FIGURA 2.8**).

Para o Caderno de Bacia Hidrográfica do córrego Anhangabaú, adotou-se uma primeira etapa similar às duas alternativas, englobando obras prioritárias. Nessa etapa inicial, ressalta-se a importância de compatibilizar as seções das galerias existentes por meio da substituição de alguns trechos, em função de uma série de restrições e avarias existentes na rede atual, as quais estão sujeitas à ruína e ainda são a causa de inundações na bacia mesmo para chuvas de baixo período de retorno, como verificado na frequência com que se tem observado extravasamentos no posto 730, localizado próximo à foz do córrego Saracura (**FIGURA 2.19**).

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

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 extinguindo qualquer custo associado à desapropriação de lotes, custos esses comumente existentes em bacias densamente povoadas. Devido à ocupação consolidada da bacia estudada, a solução proposta priorizou a distribuição do volume total reservado em múltiplos reservatórios e, também, entre as três etapas de implantação.

Esta alternativa contempla a implantação de nove reservatórios de armazenamento (240 mil m³), praça de infiltração (4 mil m³),

um pôlder (2 mil m³), galerias de reforço (3.200 m) e substituição de galerias existentes (8.790 m), além da abertura do córrego Augusta no trecho de sua confluência ao córrego Saracura. Todos os reservatórios propostos serão construídos *off line*, com esgotamento por bombas e cobertos, para permitir a utilização da superfície para outros fins.

Cabe destacar que o bom desempenho de um pôlder depende do efetivo isolamento da área a ser protegida. Dessa forma, na região da Rua Vinte e Cinco de Março, propõe-se reconstruir as galerias, de modo a interromper o fluxo da rede de microdrenagem atual, que fora construída em direção às galerias do córrego Anhangabaú, para que o novo encaminhamento seja feito em direção ao pôlder, localizado no estacionamento do Mercado Municipal. Dessa forma, em eventos de precipitação extremos que provoquem uma elevação do Rio Tamanduateí na região da foz do Anhangabaú, a drenagem da Rua Vinte e Cinco de Março poderá ser feita de maneira forçada, por meio de bombeamento, para o Rio Tamanduateí. Igualmente importantes são as ações de manutenção das entradas e das redes da microdrenagem afluentes ao pôlder. Propõe-se ainda a implantação de galerias no Parque Dom Pedro II e na Avenida Rangel Pestana.

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 três etapas de implantação das ações.

Finalmente, 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 Anhangabaú a partir das intervenções propostas na Alternativa 1.



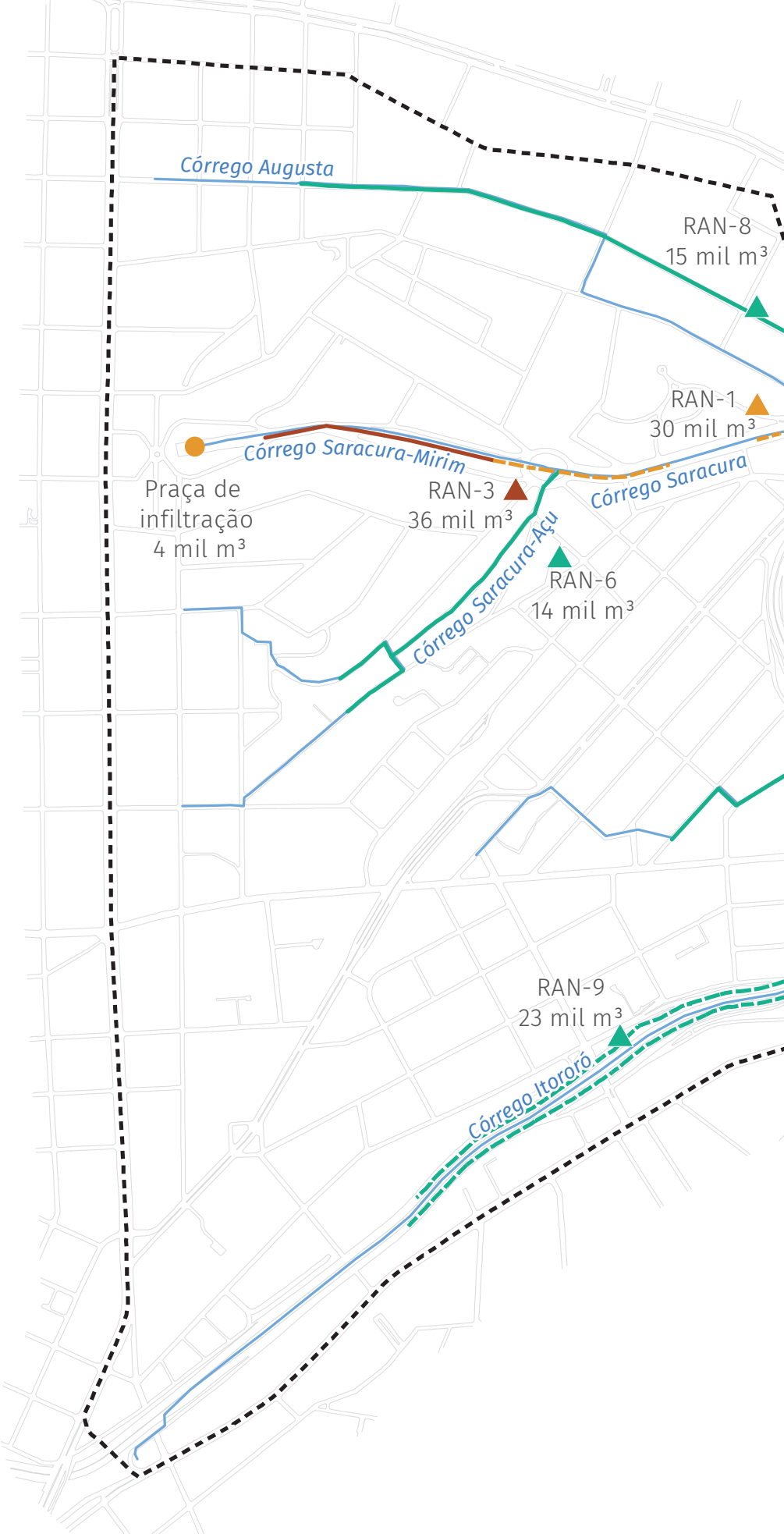
Derivação do córrego Itororó para o Túnel do Moringuinho (foto: Nilo Massone)

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Seção (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Saracura-Mirim	Substituição de galeria	Av. Nove de Julho, a montante do encontro com o Saracura-Açu	140	3,14	-
		Praça de infiltração	Av. Nove de Julho, próximo do acesso ao túnel	-	-	4.000
	Saracura	Reservatório RAN-1	R. Avanhandava	-	-	30.000
		Substituição de galeria	Na formação do Saracura a jusante da Pç. Quatorze Bis	240	7,07	-
		Substituição de galeria	Próximo ao RAN-1	110	7,07	-
		Substituição de galeria	Pç. da Bandeira	695	7,84	-
		Reservatório RAN-2	Nas imediações da Pç. da Bandeira	-	-	46.000
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Pôlder	Estacionamento do Mercado Municipal	-	-	2.000
		Substituição de galeria	Da R. Vinte e Cinco de Março ao pôlder	950	0,79	-
		Substituição de galeria	R. General Carneiro, entre R. Boa Vista e Pq. Dom Pedro	350	1,13	-
		Substituição de galeria	R. Cavalheiro Basílio Jafet, da Lad. Porto Geral ao Vd. Diário Popular	265	1,54	-
		Substituição de galeria	Do Pq. Dom Pedro ao Rio Tamanduateí	200	2,01	-
	Augusta	Substituição de galeria	Área verde da R. Avanhandava	90	6,25	-
	Bexiga	Substituição de galeria (desvio)	R. Abolição e R. Comend. José Xavier Gouveia	305	3,80	-
		Substituição de galeria (desvio)	R. Japurá e R. Santo Antônio	620	6,16	-
	Itororó	Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, próximo à Pç. da Bandeira	245	7,84	-
2ª Etapa	Saracura-Mirim	Reservatório RAN-3	Av. Nove de Julho a montante da Pç. Quatorze Bis	-	-	36.000

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Seção (m^2)	Volume (m^3)
2ª Etapa	Saracura--Mirim	Galeria de reforço	Av. Nove de Julho a montante do reservatório RAN-3	485	1,13	-
	Anhangabaú	Reservatório RAN-4	Av. Prestes Maia	-	-	33.000
		Galeria de reforço	Vd. Santa Ifigênia ao reservatório RAN-4	220	3,60	-
	Itororó	Reservatório RAN-5	Pç. dos Artesãos Calabreses	-	-	37.000
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, junto ao reservatório RAN-5	960	3,14	-
3ª Etapa	Saracura--Açu	Reservatório RAN-6	Entre R. Cardeal Leme e R. Dr. Lourenço Granato	-	-	14.000
		Galeria de reforço	R. Rocha, R. Una e R. Alm. Marquês de Leão	330	1,13	-
		Galeria de reforço	R. Cardeal Leme	530	2,01	-
	Augusta	Reservatório RAN-7	Estacionamento do Pq. Augusta	-	-	15.000
		Galeria de reforço	R. Augusta	1230	1,54	-
	Bexiga	Reservatório RAN-8	R. Jaceguai	-	-	12.000
		Galeria de reforço	R. Major Diogo/R.Humaitá	400	1,13	-
	Itororó	Reservatório RAN-9	Av. Vinte e Três de Maio, próximo ao Vd. Pedroso	-	-	25.000
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, junto ao RAN-9	1000	2,54	-
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, a montante do RAN-9	1020	1,54	-
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Substituição de galeria	R. Dr. Bittencourt Rodrigues, Pç. da Sé e Av. Rangel Pestana	755	0,79	-
		Substituição de galeria	R. Frederico Alvarenga, R. Alexandria e Pq. Dom Pedro II	240	1,13	-
		Substituição de galeria	R. Vinte e Cinco de Março	185	1,54	-
		Substituição de galeria	Pç. Fernando Costa ao Rio Tamanduateí e Vd. Antônio Nakashima ao Rio Tamanduateí	420	2,01	-



Convenção

- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária
- Rede hídrica

Alternativa 1

1ª etapa

- Reservatório
- Pôlder
- Praça de infiltração
- Substituição de galeria
- Abertura de córrego

2ª etapa (Tr 25 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

3ª etapa (Tr 100 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria

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

0 125 250 500 m

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

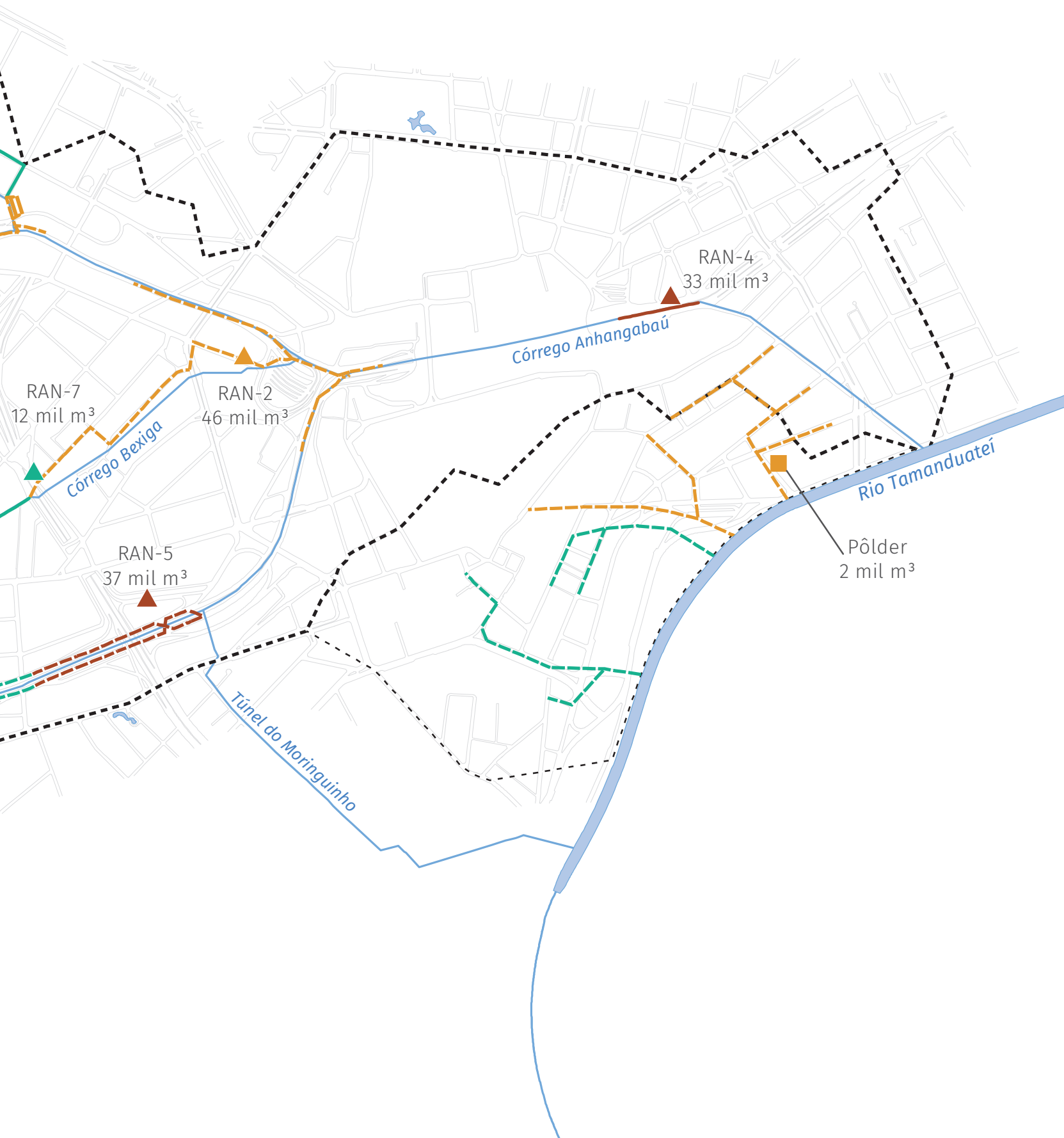
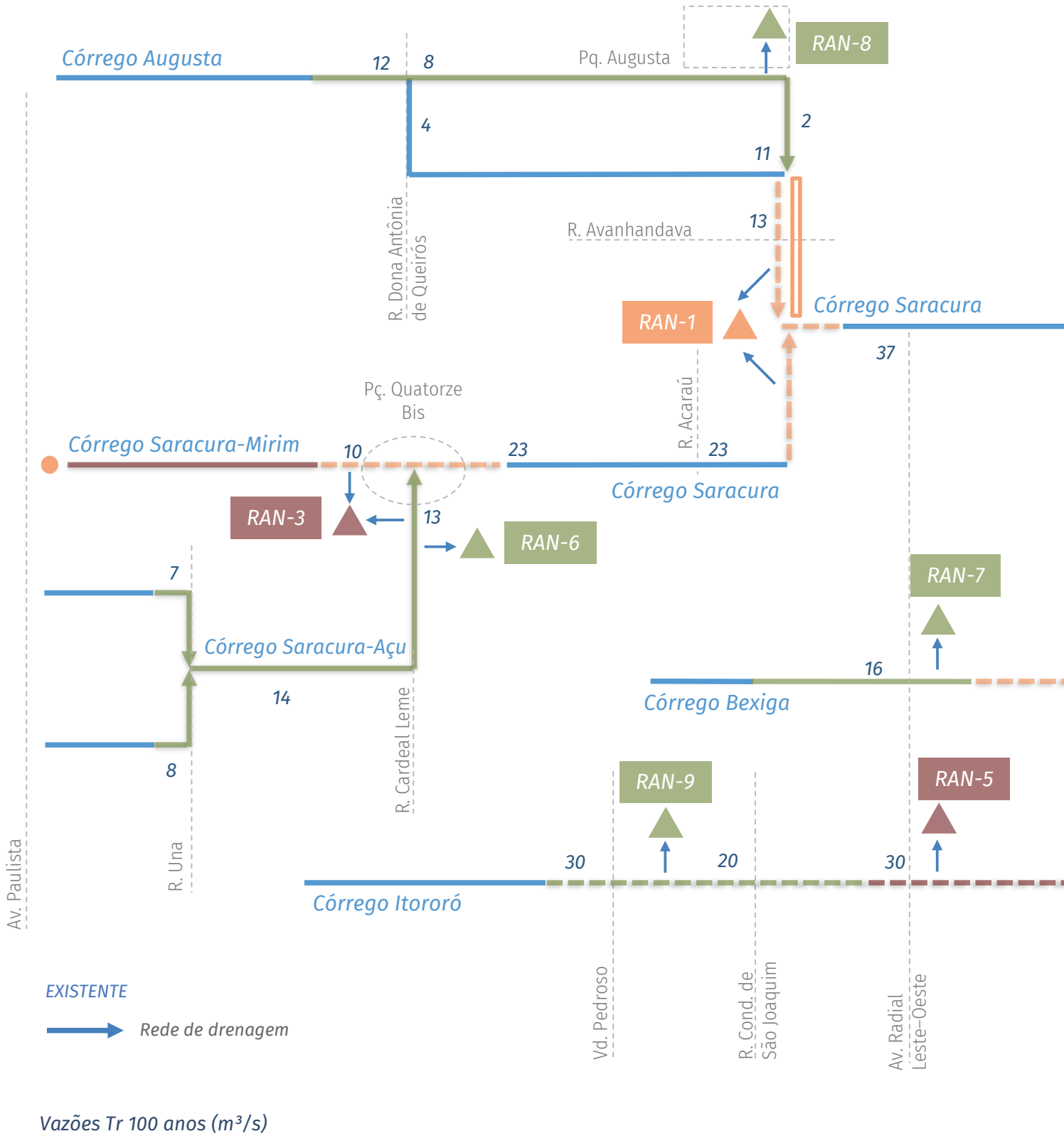
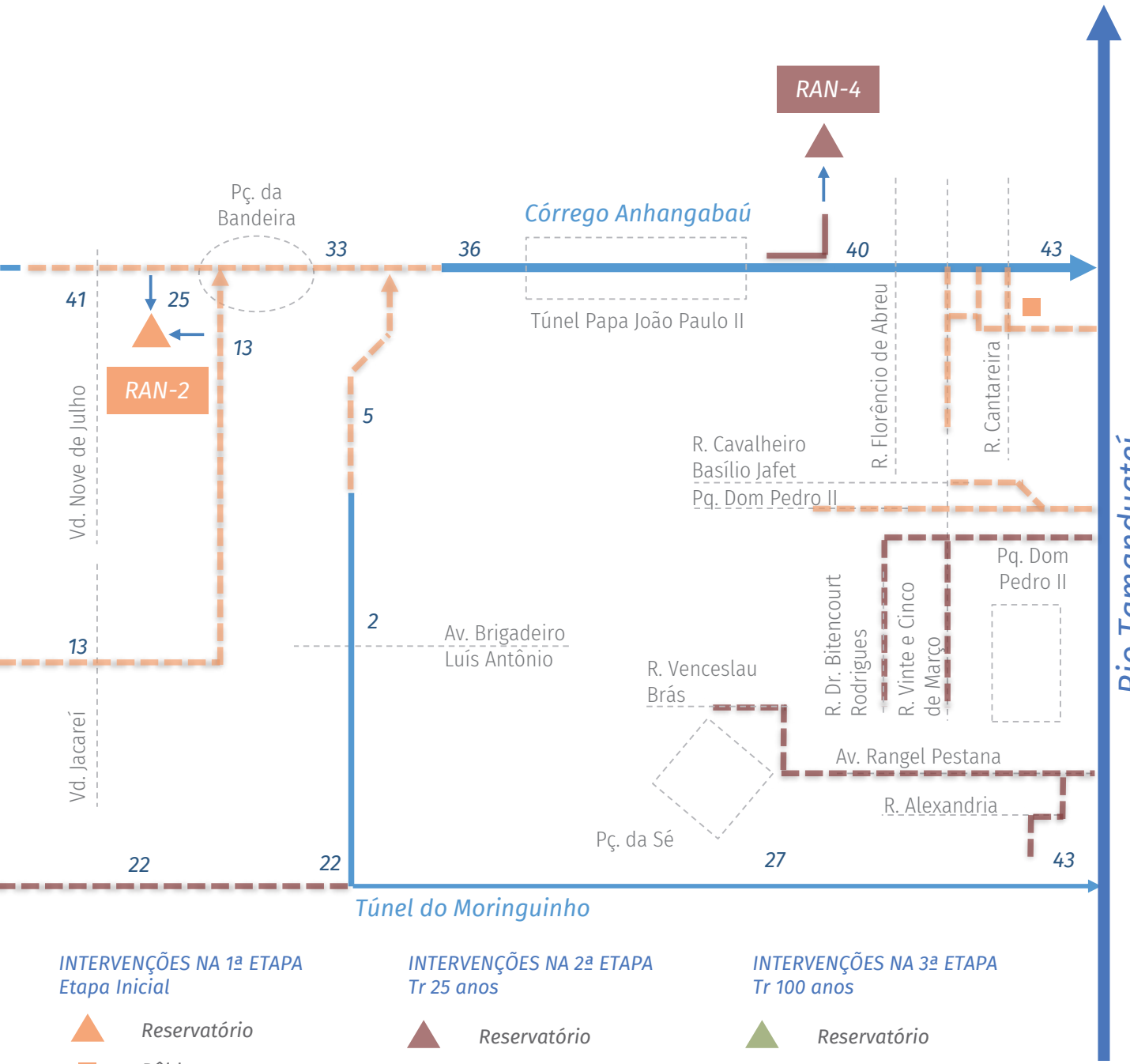


FIGURA 6.2 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas**



Vazões Tr 100 anos (m³/s)



INTERVENÇÕES NA 1ª ETAPA
Etapa Inicial

- *Reservatório*
- *Pôlder*
- *Praça de infiltração*
- *Substituição de galeria*
- *Abertura de córrego*

INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

- *Reservatório*
- *Reforço de galeria*
- *Substituição de galeria*

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

- *Reservatório*
- *Reforço de galeria*
- *Substituição de galeria*

6.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 deu prioridade à implantação de armazenamento em galerias-reservatórios, sendo o volume excedente armazenado em reservatórios localizados em áreas públicas, de forma a minimizar custos de desapropriação. A única intervenção prevista com custo de desapropriação se refere ao reservatório RAN-11, localizado atualmente no Teatro Oficina, por onde passa o córrego Bexiga. No entanto, esse reservatório só deverá ser construído no caso da construção do Parque do Bexiga, sendo o valor de desapropriação relacionado diretamente à viabilização do parque, e não à construção do reservatório.

A Alternativa 2 contempla a implantação de apenas cinco reservatórios de armazenamento (149 mil m³), galerias-reservatórios (35.000 m³), canal-reservatório (12.000 m³), praça de infiltração (4 mil m³) (conforme descrição apresentada na Alternativa 1), pôlder (2 mil m³), galerias de reforço (2.500 m) e substituição de galerias existentes (6.735 m), além da abertura dos córregos Augusta, Bexiga e Itororó, sendo este último em forma de canal-reservatório. Todos os reservatórios são *off line*, com esgotamento por bombas.

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.

Por fim, 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.



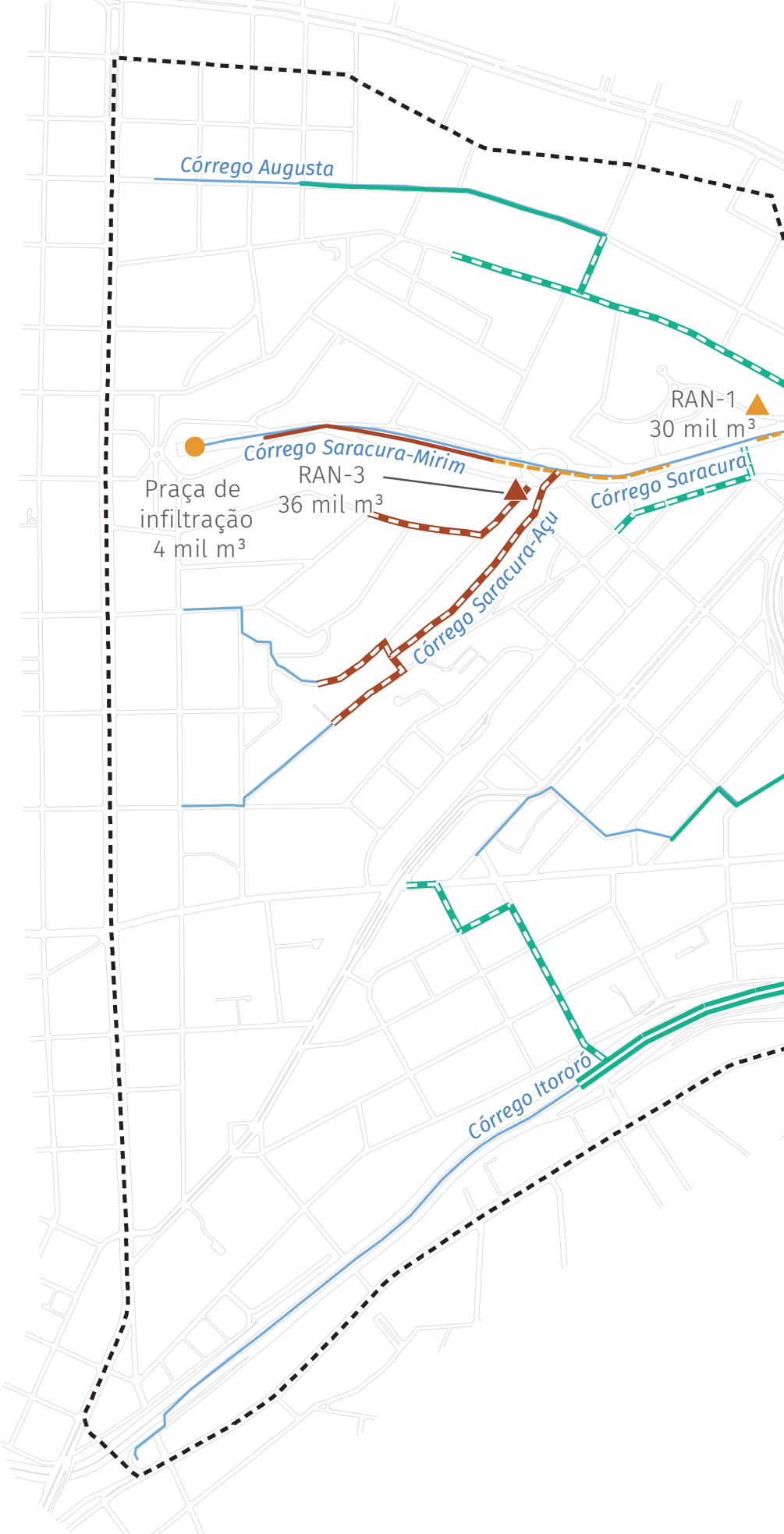
Foz do córrego Anhangabaú, Av. do Estado (foto: Nilo Massone)

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Seção (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Saracura--Mirim	Substituição de galeria	Av. Nove de Julho, a montante do encontro com o Saracura-Açu	140	3,14	-
		Praça de infiltração	Av. Nove de Julho, próximo do acesso ao túnel	-	-	4.000
	Saracura	Reservatório RAN-1	R. Avanhandava	-	-	30.000
		Substituição de galeria	Na formação do Saracura a jusante da Pç. Quatorze Bis	240	7,07	-
		Substituição de galeria	Próximo ao RAN-1	110	7,07	-
		Substituição de galeria	Pç. da Bandeira	695	7,84	-
		Reservatório RAN-10	R. Formosa, próximo à estação de metrô Anhangabaú	-	-	36.000
		Substituição de galeria	Pç. da Bandeira, da foz do córrego Bexiga ao reservatório RAN-10	270	4,00	-
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Pôlder	Estacionamento do Mercado Municipal	-	-	2.000
		Substituição de galeria	Da R. Vinte e Cinco de Março ao pôlder	950	0,79	-
		Substituição de galeria	R. General Carneiro, entre R. Boa Vista e Pq. Dom Pedro	350	1,13	-
		Substituição de galeria	R. Cavalheiro Basílio Jafet, da Lad. Porto Geral ao Vd. Diário Popular	265	1,54	-
		Substituição de galeria	Do Pq. Dom Pedro ao Rio Tamanduateí	200	2,01	-
	Augusta	Substituição de galeria	Área verde da R. Avanhandava	90	6,25	-
	Bexiga	Substituição de galeria (desvio)	R. Japurá e R. Santo Antônio	620	6,16	-
	Itororó	Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, próximo à Pç. da Bandeira	245	7,84	-
2ª Etapa	Anhangabaú	Reforço de galeria	Av. Prestes Maia, do Vd. Santa Ifigênia ao Rio Tamanduateí	900	6,25	-

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Dimensões		
				Extensão (m)	Seção (m²)	Volume (m³)
2ª Etapa	Saracura-Mirim	Reservatório RAN-3	Av. Nove de Julho a montante da Pç. Quatorze Bis	-	-	36.000
		Reforço de galeria	Av. Nove de Julho a montante do reservatório RAN-3	485	1,13	-
		Galeria-reservatório	R. Itapeva	210	-	840
		Galeria-reservatório	R. Rocha	140	-	1.260
	Saracura-Açu	Galeria-reservatório	R. Rocha, R. Una e R. Alm. Marquês de Leão	370	-	5.180
		Galeria-reservatório	R. Cardeal Leme	530	-	8.350
	Itororó	Reservatório RAN-5	Pç. dos Artesãos Calabreses	-	-	37.000
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, junto ao reservatório RAN-5	960	3,14	-
3ª Etapa	Bexiga	Reservatório RAN-11	Pq. do Bexiga	-	-	16.000
		Reforço de galeria	Rua Major Diogo/R. Humaitá	450	1,13	-
	Augusta	Galeria-reservatório	R. Frei Caneca	820	-	10.000
		Reforço de galeria	R. Augusta	660	1,54	-
	Saracura	Galeria-reservatório	R. Santo Antônio	350	-	3.150
	Itororó	Abertura de córrego	Av. Vinte e Três de Maio	845	-	11.000
		Galeria-reservatório	Av. Brigadeiro Luís Antônio ao córrego Itororó	590	-	6.200
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Substituição de galeria	R. Dr. Bittencourt Rodrigues, Pç. da Sé e Av. Rangel Pestana	755	0,79	-
		Substituição de galeria	R. Frederico Alvarenga, R. Alexandria e Pq. Dom Pedro II	240	1,13	-
		Substituição de galeria	R. Vinte e Cinco de Março	185	1,54	-
		Substituição de galeria	Pç. Fernando Costa ao Rio Tamanduateí e Vd. Antônio Nakashima ao Rio Tamanduateí	420	2,01	-



Convenção

- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária
- Rede hídrica

Alternativa 2

1ª etapa

- Reservatório
- Pôlder
- Praça de infiltração
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria
- Abertura de córrego

2ª etapa (Tr 25 anos)

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

3ª etapa (Tr 100 anos)

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Galeria-reservatório
- Abertura de córrego

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

0 125 250 500 m

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

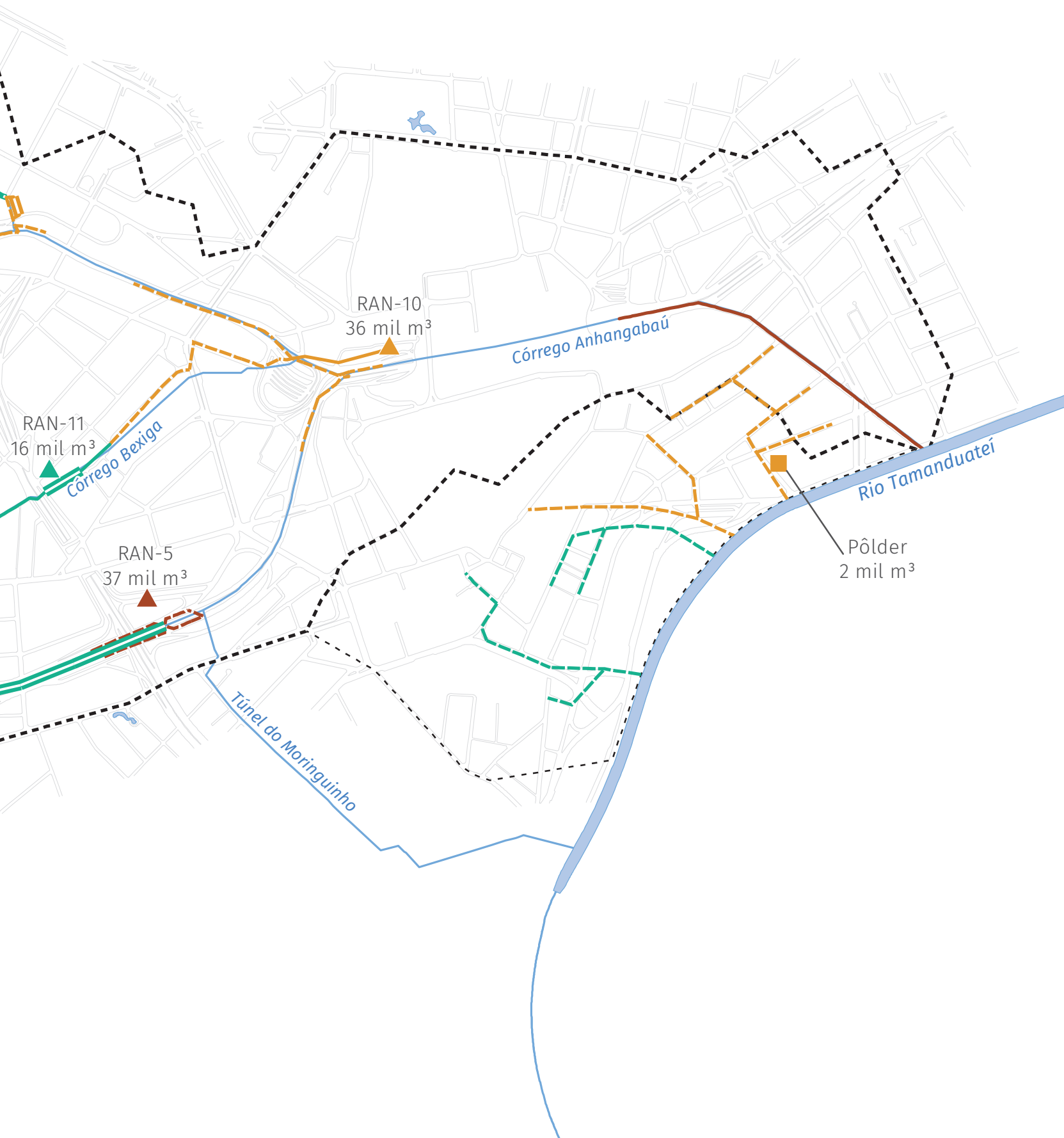
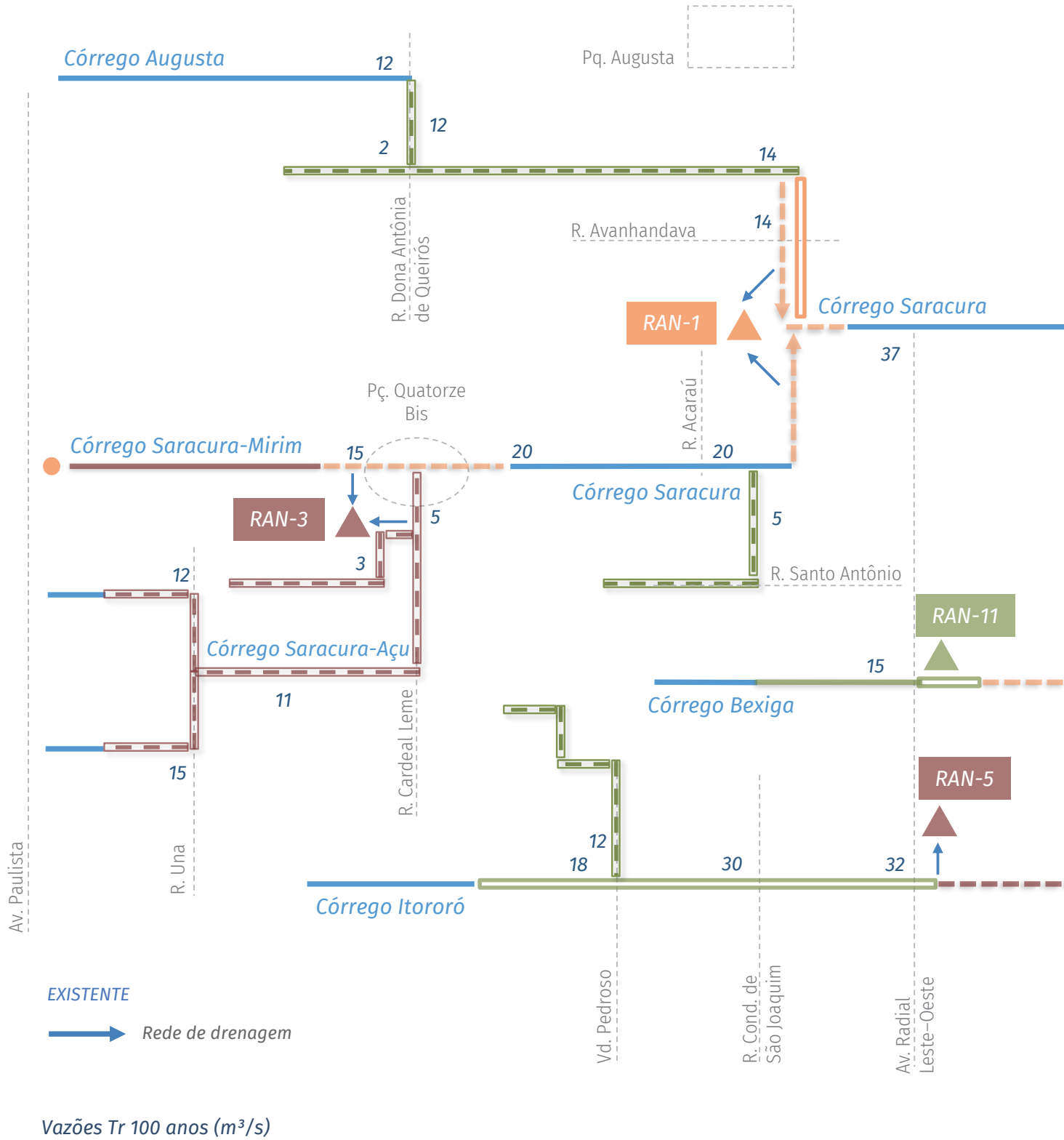
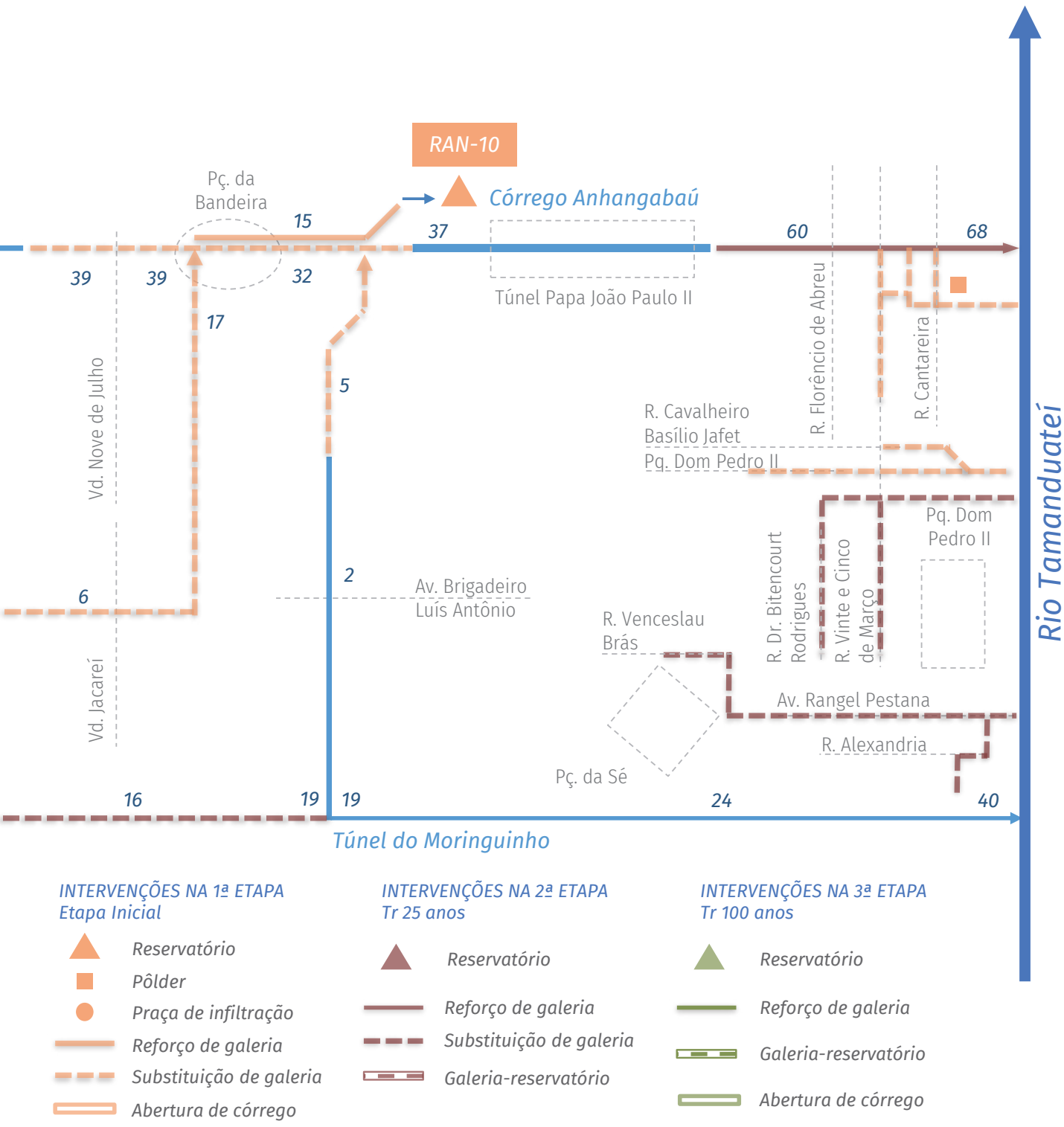


FIGURA 6.4 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 2 com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas**



Vazões Tr 100 anos (m³/s)



INTERVENÇÕES NA 1ª ETAPA
Etapa Inicial

- Reservatório
- Pôlder
- Praça de infiltração
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria
- Abertura de córrego

INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

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

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

- Reservatório
- Reforço de galeria
- Galeria-reservatório
- Abertura de córrego

6.3 LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS NA BACIA

Este item indica as localizações das áreas dos onze reservatórios e do pôlder a serem implementados na bacia, conforme segue:

- RAN-1, com 28.000 m³ (**FIGURA 6.5**): compõe as alternativas 1 e 2 e está localizado entre os córregos Augusta e Saracura, na Rua Avanhandava;
- RAN-2, de 45.000 m³ (**FIGURA 6.6**): consta na alternativa 1 e está localizado entre os córregos Saracura e Bexiga, ao lado da Praça da Bandeira, na Rua Santo Antônio;
- RAN-3, de 33.000 m³ (**FIGURA 6.7**): integrante das alternativas 1 e 2, está situado entre os córregos Saracura-Mirim e Saracura-Açu, na Rua Doutor Plínio Barreto, logo a montante da Praça Quatorze Bis;
- RAN-4, com 33.000 m³ (**FIGURA 6.8**): compõe a alternativa 1 e está posicionado no córrego Anhangabaú, entre a Rua Dom Francisco de Souza e a Avenida Prestes Maia;
- RAN-5, de 37.000 m³ (**FIGURA 6.9**): no córrego Itororó e integrante das alternativas 1 e 2, está localizado logo a montante da derivação para o Túnel do Moringuinho, na alça de acesso do Viaduto Jaceguai para a Avenida Vinte e Três de Maio;
- RAN-6, de 14.000 m³ (**FIGURA 6.10**): no córrego Saracura-Açu, compõe a Alternativa 1 e está localizado entre as ruas Doutor Lourenço Granato e Cardeal Leme;
- RAN-7, com 12.000 m³ (**FIGURA 6.11**): integra a alternativa 1 e está situado no córrego Bexiga, na Rua Jaceguai, sob o viário;
- RAN-8, de 15.000 m³ (**FIGURA 6.12**): no córrego Augusta, compõe a Alternativa 1 e está posicionado na Rua Augusta, na área do futuro parque;
- RAN-9, com 23.000 m³ (**FIGURA 6.13**): integra a alternativa 1 e está situado no córrego Itororó, na Avenida Vinte e Três de Maio, na altura da Rua Monsenhor Passaláqua;
- RAN-10, de 35.000 m³ (**FIGURA 6.14**): no córrego Anhangabaú, esse reservatório faz parte da Alternativa 2 e está localizado na Rua Formosa, ao lado do Viaduto do Chá;
- RAN-11, de 16.000 m³ (**FIGURA 6.15**): compõe a Alternativa 2 e está localizado no córrego Bexiga, onde hoje está localizado o Teatro Oficina;
- Pôlder, com 2.000 m³ (**FIGURA 6.16**): compõe as Alternativas 1 e 2, e está situado no estacionamento do Mercado Municipal, no cruzamento das ruas Cantareira e Comendador Assad Abdalla, na área de contribuição direta do Rio Tamanduateí.



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



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



FIGURA 6.7 **Localização do reservatório RAN-3 – Alternativas 1 e 2**



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



FIGURA 6.9 **Localização do reservatório RAN-5 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.10 **Localização do reservatório RAN-6 – Alternativa 1**



FIGURA 6.11 **Localização do reservatório RAN-7 – Alternativa 1**



FIGURA 6.12 **Localização do reservatório RAN-8 – Alternativa 1**



FIGURA 6.13 **Localização do reservatório RAN-9 – Alternativa 1**



FIGURA 6.14 **Localização do reservatório RAN-10 – Alternativa 2**



FIGURA 6.15 **Localização do reservatório RAN-11 – Alternativa 2**



FIGURA 6.16 **Localização do pôlder – Alternativas 1 e 2**

6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DA PRAÇA DE INFILTRAÇÃO E DA REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO AUGUSTA

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte da praça de infiltração na Avenida Nove de Julho, no córrego Saracura-Mirim, e da revitalização do córrego Augusta, em função da implantação do reservatório na Rua Avanhandava (RAN-1).

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.

PRAÇA DE INFILTRAÇÃO – AVENIDA NOVE DE JULHO

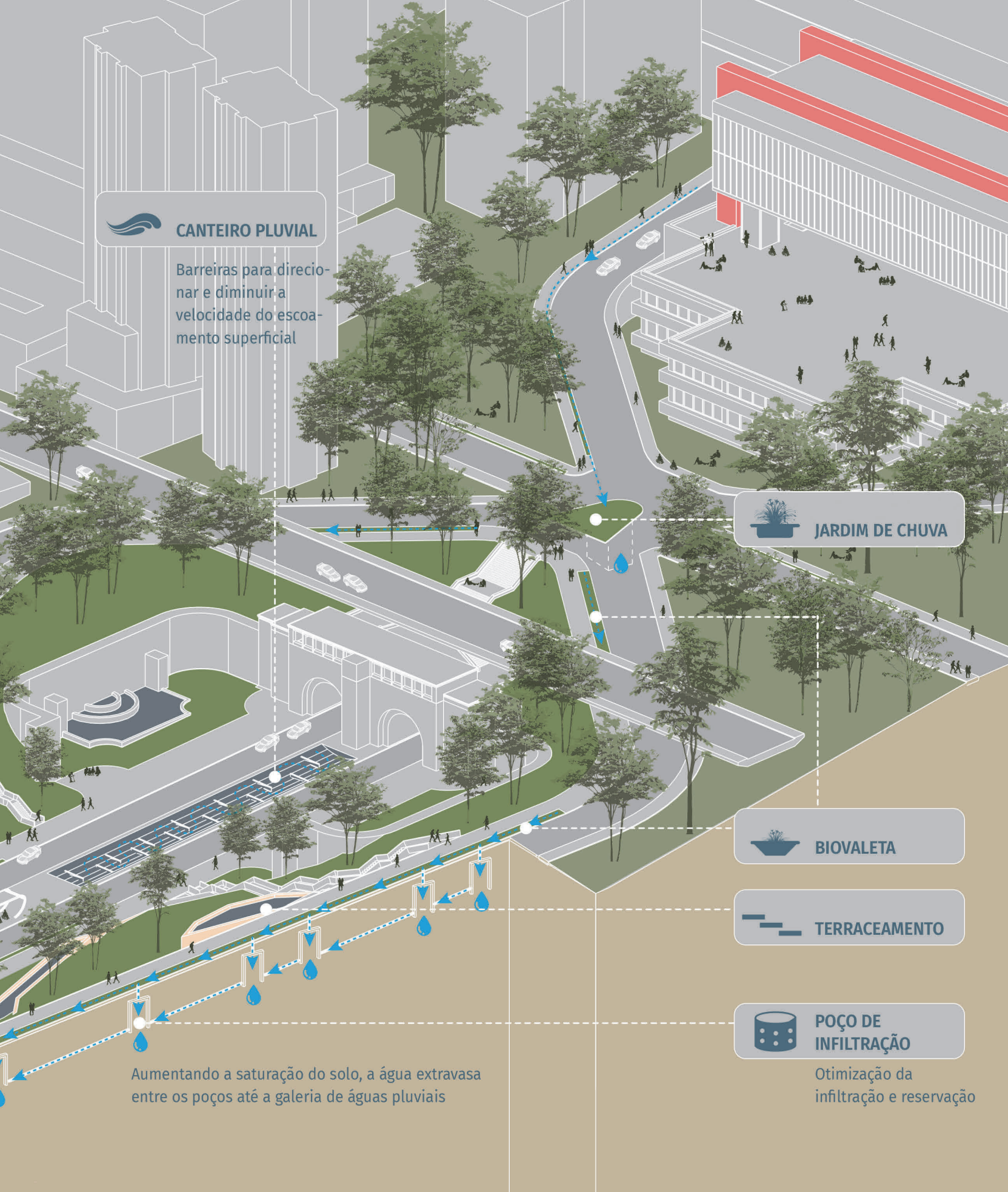
A praça de infiltração localizada nos arredores da Avenida Nove de Julho foi concebida como um modelo de retardamento e diminuição do escoamento de águas pluviais, contribuindo para minimizar inundações a jusante. Primou-se por selecionar o dispositivo ideal a cada trecho do projeto, considerando sua adequação frente à declividade da rua e do talude, bem como ao tipo de solo e à permeabilidade. Esses dispositivos associam medidas de retenção e de infiltração, devidamente dimensionadas de forma a proporcionar o abatimento das cheias.

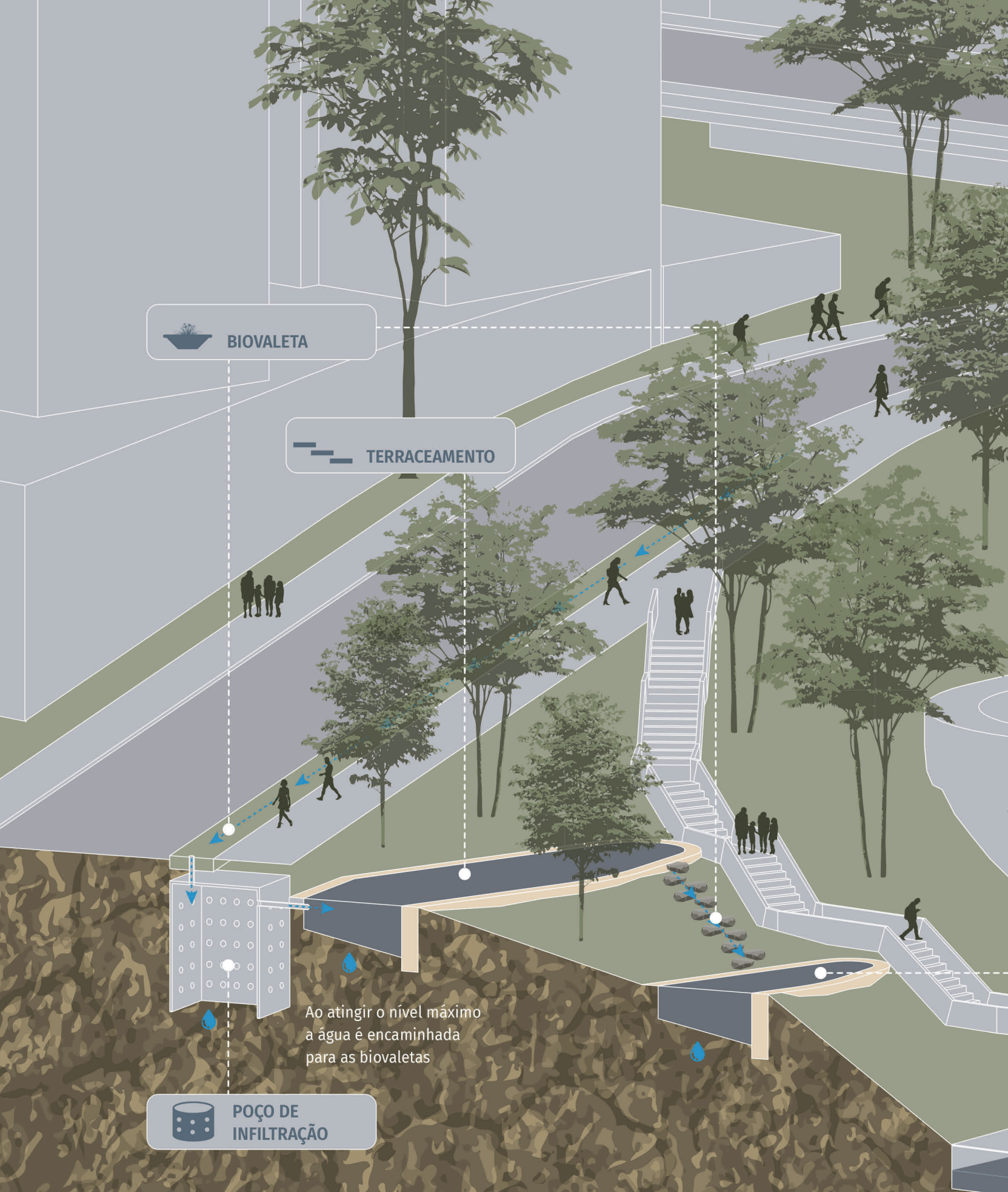
Iniciado um evento de chuva, as águas pluviais percorrerão as biovaletas, localizadas nas ruas Eng. Monlevade e Prof. Picarolo, tendo a velocidade reduzida por meio de pequenas barreiras inseridas nesse dispositivo. O escoamento superficial das biovaletas, por sua vez, será direcionado a poços de infiltração localizados sob as calçadas e, também, para as biovaletas, posicionadas nos taludes, que irão conduzir parte desse escoamento para os terraços de chuva.

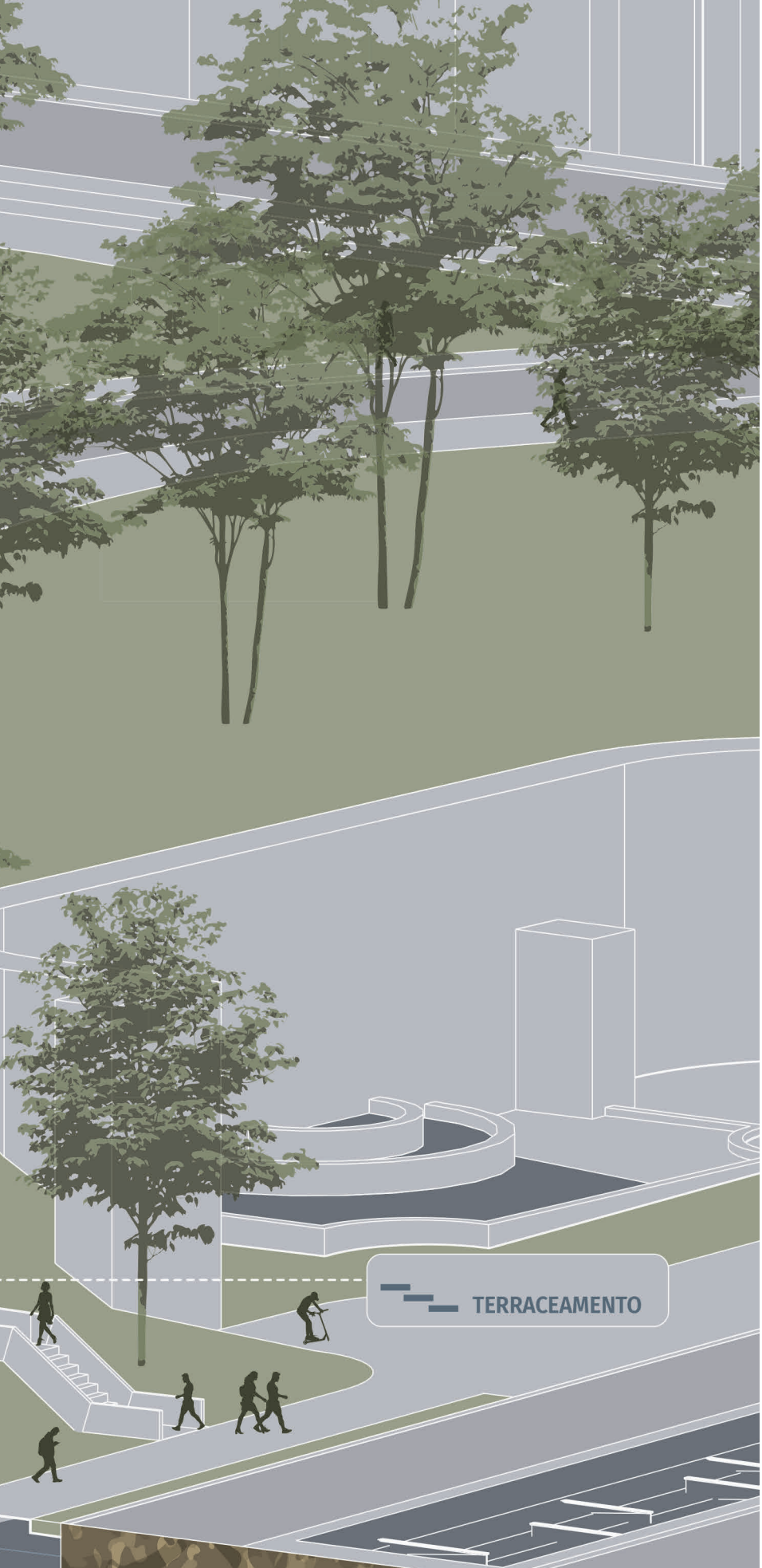
Para permitir que a água infiltre no solo, os poços de infiltração são perfurados em suas paredes laterais e abertos no fundo. Ainda são previstas pedras no entorno das paredes, para potencializar a infiltração da água. Um extravasor permitirá escoar a água por entre os poços para a galeria de águas pluviais da Avenida Nove de Julho e, também, para o terraceamento nos taludes.

Os terraços de chuva, dispositivo de infraestrutura verde localizado em ambos




CANTEIRO PLUVIAL
Barreiras para direcionar e diminuir a velocidade do escoamento superficial
JARDIM DE CHUVA
BIOVALETA
TERRACEAMENTO
POÇO DE INFILTRAÇÃO
Aumentando a saturação do solo, a água extravasa entre os poços até a galeria de águas pluviais
Otimização da infiltração e reservação


BIOVALETA
TERRACEAMENTO
Ao atingir o nível máximo
a água é encaminhada
para as biovaletas
POÇO DE
INFILTRAÇÃO



os taludes da Avenida Nove de Julho, foram projetados de forma a retardar o escoamento superficial. Para conter a água, aproveita-se a declividade do terreno junto a uma contenção de pedras que acompanha as curvas de nível, delineando os terraços de chuva. Quando a água atinge o nível máximo de um terraço, ela é encaminhada para biovaletas que a levam para o terraço de chuva seguinte.

Uma vez na Avenida Nove de Julho, as águas pluviais encaminham-se para um reservatório estanque sob as calçadas de ambos os lados da avenida. Depois disso, passam por um filtro de areia grossa e brita e são direcionadas ao sistema de águas pluviais. Destaca-se que tal reservatório é impermeável, pois o solo do fundo de vale não é ideal para infiltração das águas pluviais. Por fim, ao centro da Avenida Nove de Julho, é inserido um canteiro pluvial com barreiras para direcionar e diminuir a velocidade do escoamento superficial.

De forma a promover uma dimensão didática para o projeto, foram inseridos caminhos no talude para que a população possa visualizar seu funcionamento. Ainda, esse local é um importante marco turístico de São Paulo, abrangendo em suas imediações o Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand (MASP), o Mirante Nove de Julho e as fontes históricas, que foram recentemente revitalizadas pela Prefeitura. É importante ressaltar que essa proposta prevê alterações apenas nos espaços livres adjacentes às estruturas existentes e tombadas, preservando inclusive a vegetação de grande porte existente na área.



FIGURA 6.17 Vista aérea do local proposto para a implantação da praça de infiltração na Av. Nove de Julho, córrego Saracura-Mirim – ANTES (foto de drone: Delfim Martins)


ÔNIBUS ÔNIBUS
ÔNIBUS ÔNIBUS



FIGURA 6.18 Vista aérea do local proposto para a implantação da praça de infiltração – DEPOIS (foto de drone: Delfim Martins)





FIGURA 6.19 Perspectiva da implantação da praça de infiltração, vista aérea das medidas de controle na fonte sob a copa das árvores (foto de drone: Delfim Martins)



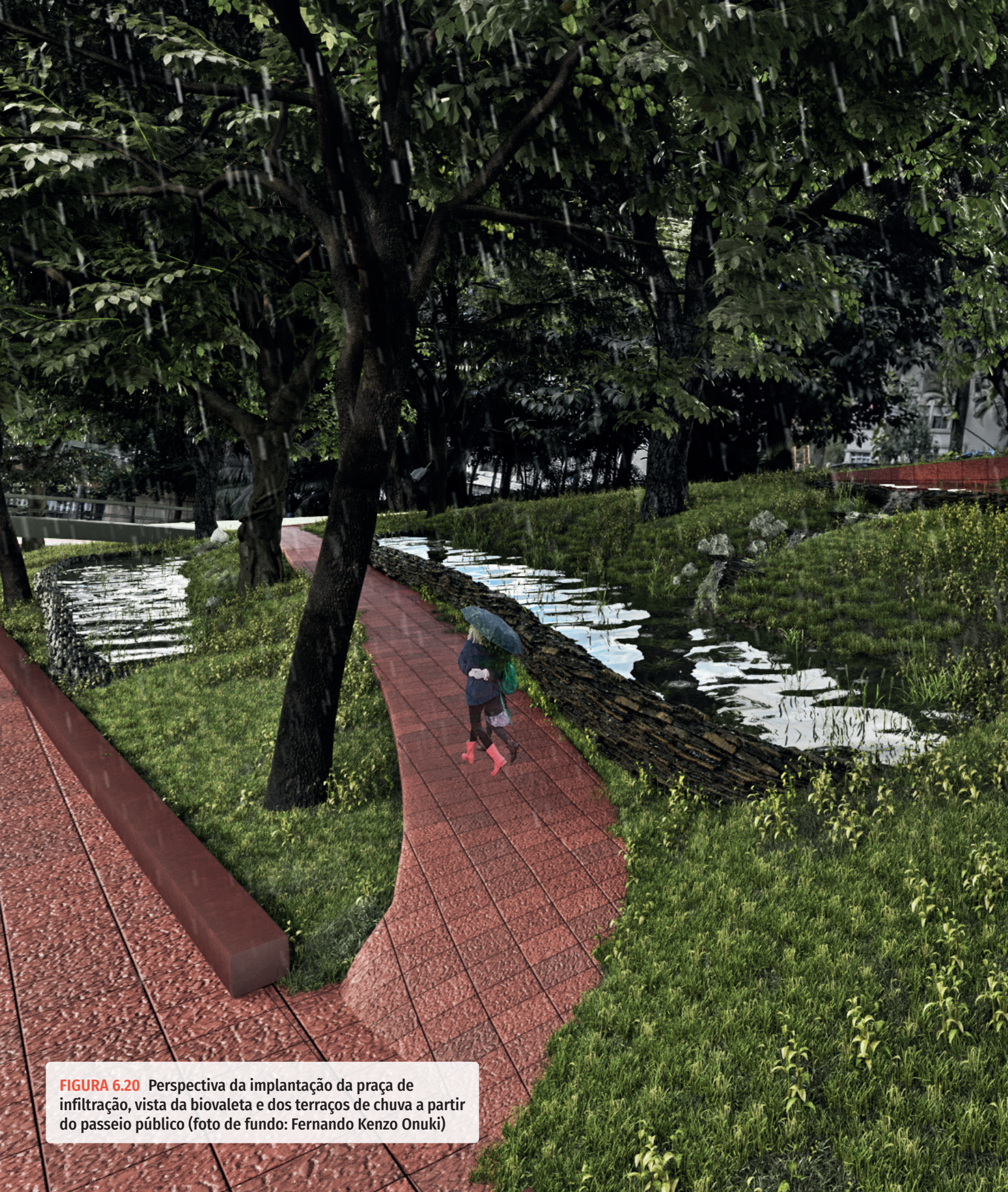


FIGURA 6.20 Perspectiva da implantação da praça de infiltração, vista da biovaleta e dos terraços de chuva a partir do passeio público (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)





FIGURA 6.21 Perspectiva da implantação da praça de infiltração, vista do canteiro pluvial no centro da avenida (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)





FIGURA 6.22 Vista aérea com corte da praça de infiltração (foto de drone: Delfim Martins)

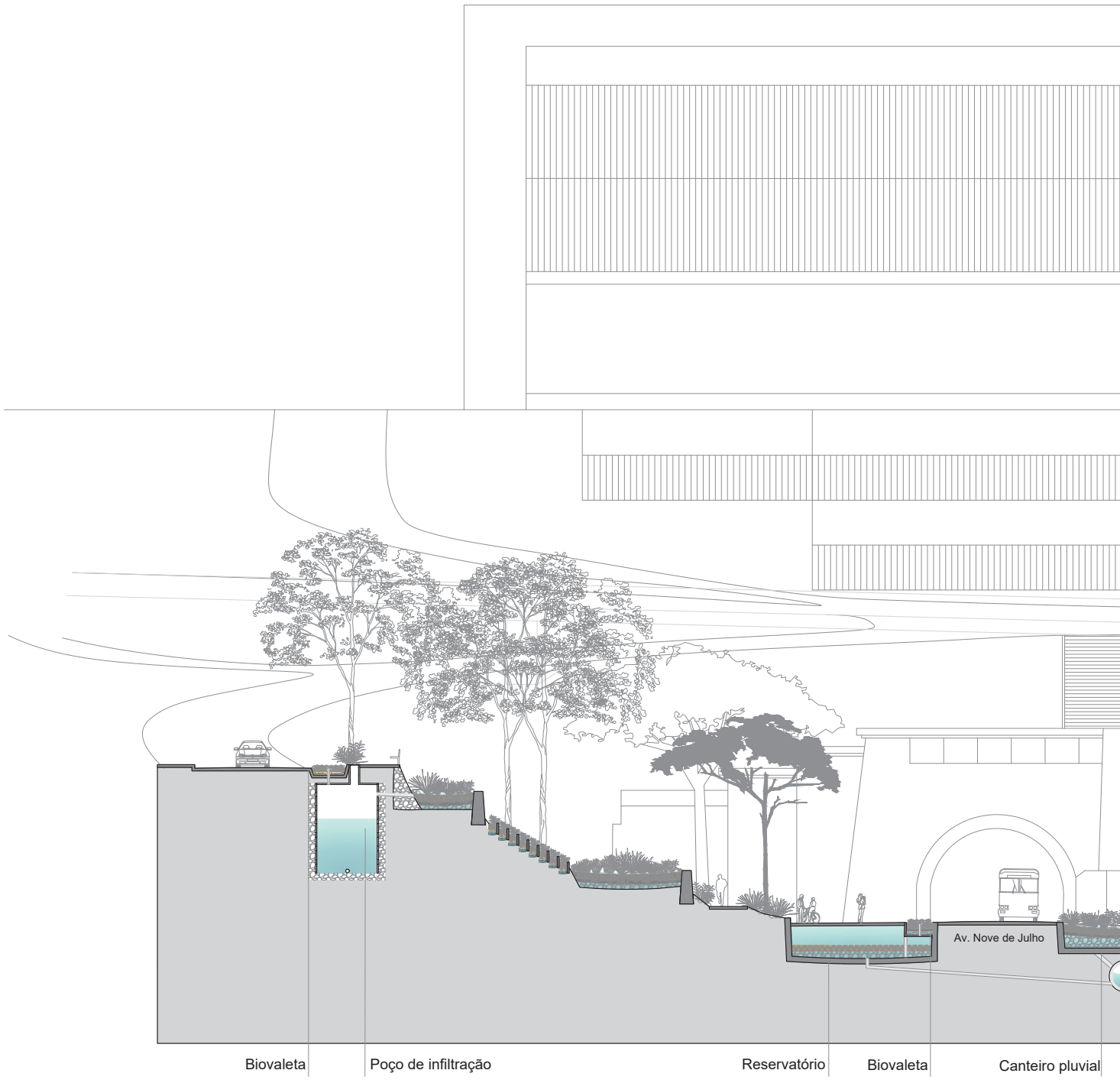




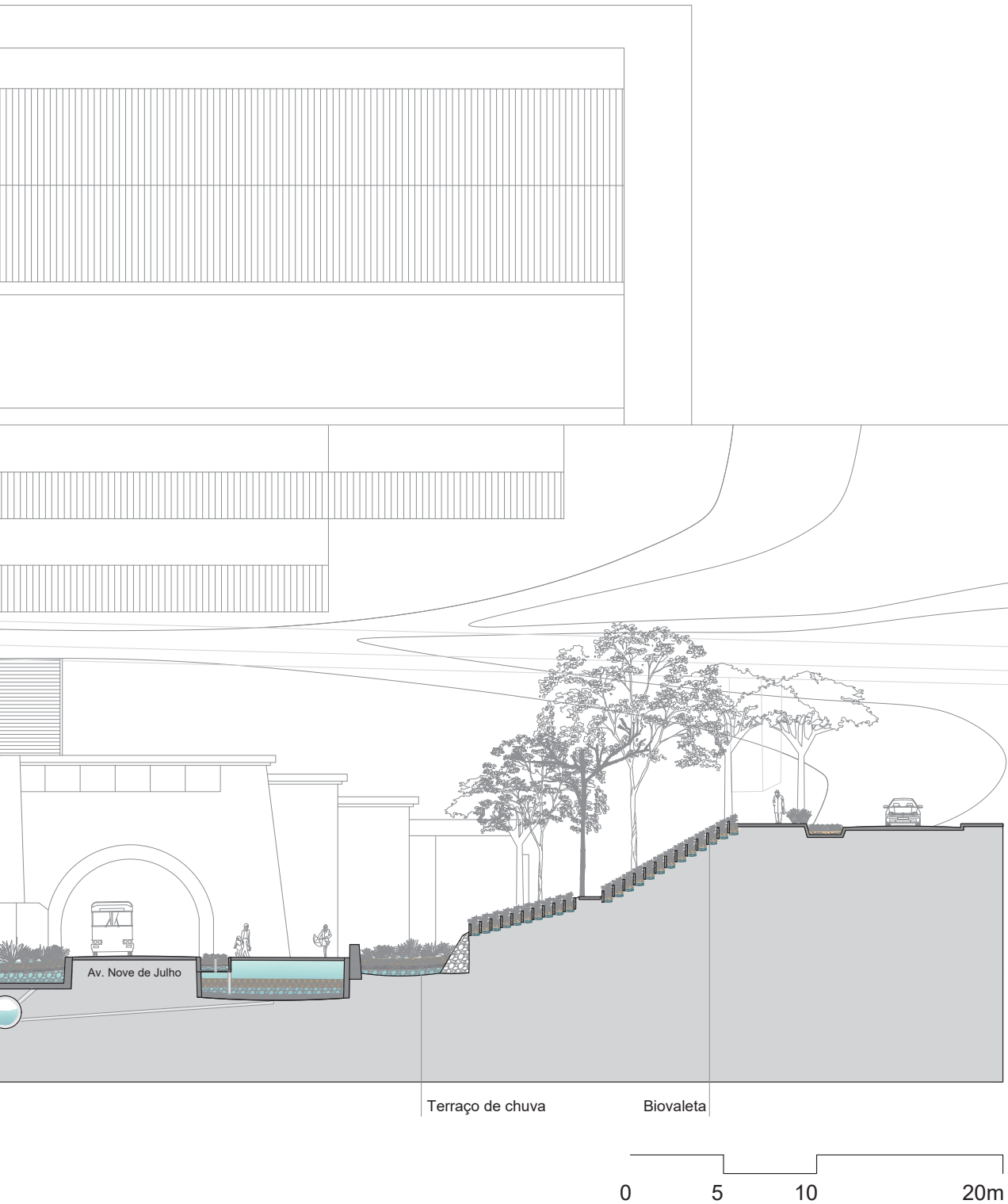
FIGURA 6.23 Planta da praça de infiltração na Av. Nove de Julho


R. Dona Adma Jafet
R. Eng. Monlevade
A
777
V1/V2
V4
Av. Nove de Julho
780
V3
R. Prof. Picarolo
A
0
25
50m
N

FIGURA 6.24 Corte da praça de infiltração na Av. Nove de Julho



CORTE A-A

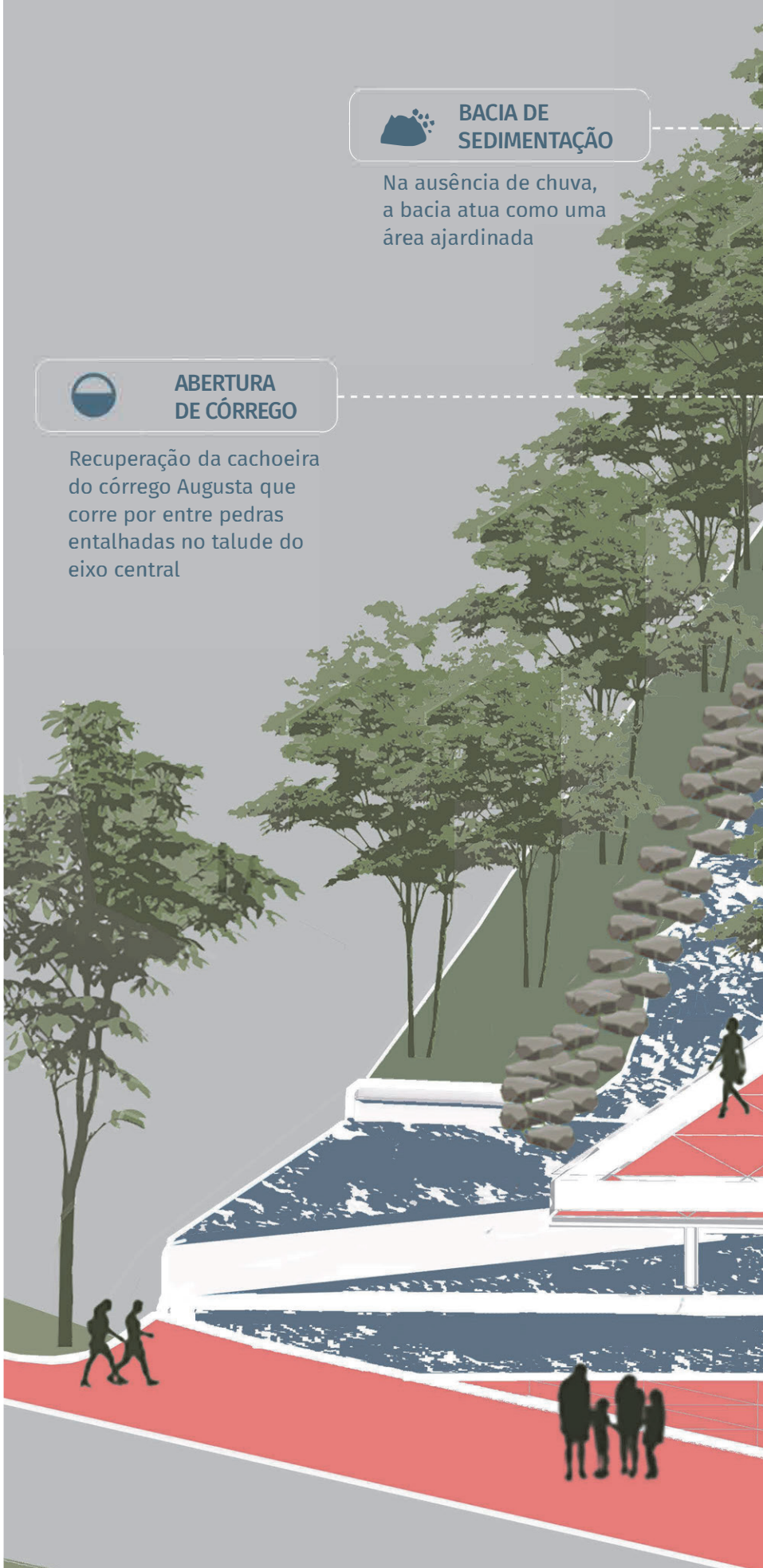

Av. Nove de Julho
Terraço de chuva
Biovaleta
0
5
10
20m

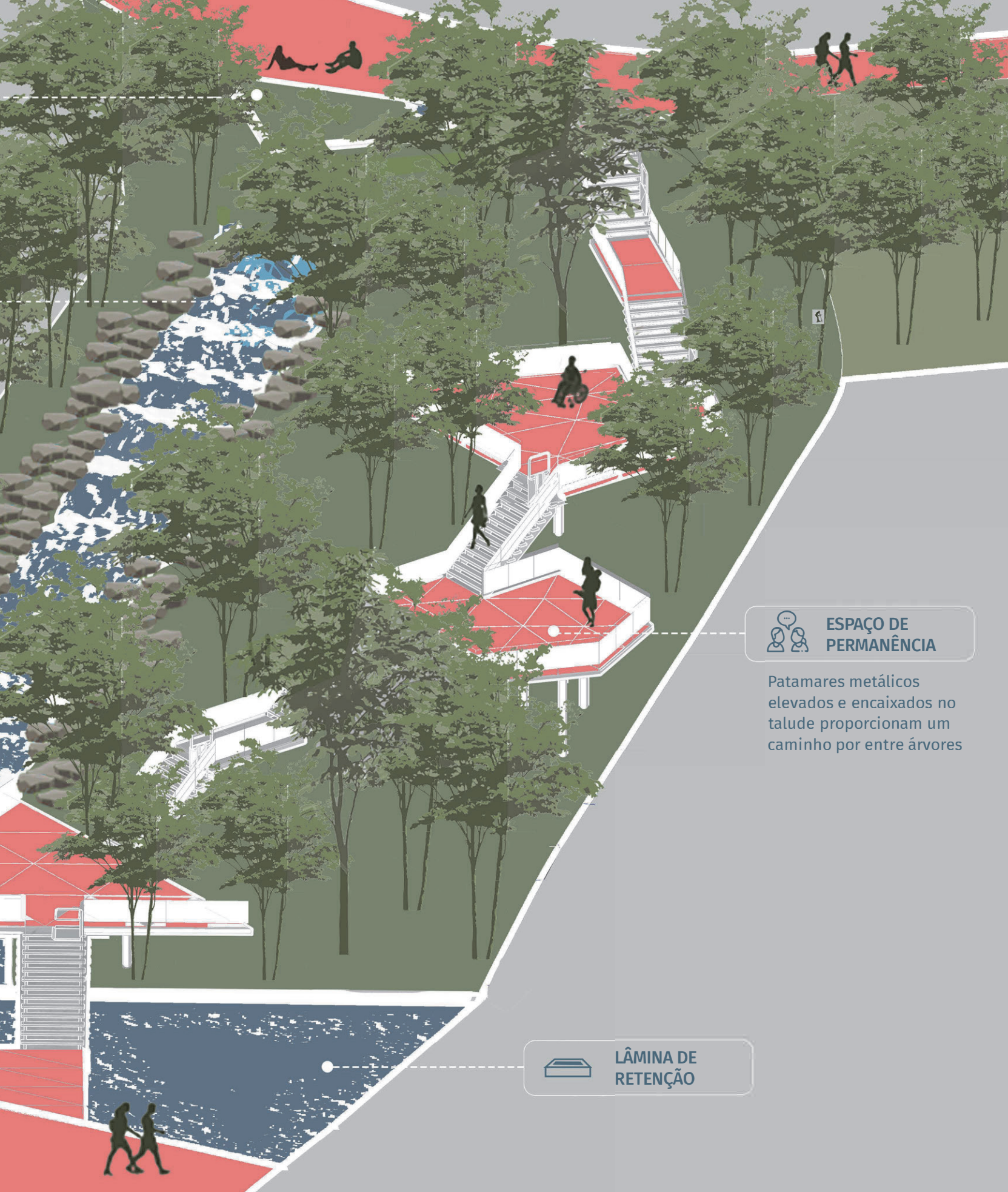
REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO AUGUSTA – AVANHANDAVA

O projeto propõe a abertura do córrego Augusta e o descortina em uma cachoeira urbana que corre por entre pedras entalhadas no talude do Belvedere da Avanhandava. Essa proposta está vinculada à construção do reservatório logo abaixo do talude, na Rua Avanhandava.

A transposição de pedestres entre as ruas Frei Caneca e Avanhandava se dá por escadas e patamares elevados, pensados para reduzir possíveis cortes do terreno e manter as árvores que hoje lá vivem. A estrutura metálica, em aço corten, permite vencer grandes vãos, bem como criar uma permeabilidade visual do terreno e da forração local.

Dos patamares, o pedestre é convidado a contemplar o córrego Augusta e, por um instante, parar e ouvir o som das águas fluviais paulistanas. Trata-se de uma forma simbólica de retomar a importância e o protagonismo das águas na cidade associada a um passeio por entre o dossel arbóreo. Ainda, em vazão de seca, mantém-se uma lâmina de água constante percorrendo as pedras da cachoeira urbana, que logo deságua em espelhos d'água, palco do suporte à vida de diversos animais e plantas. Neles, promove-se o plantio de espécies tolerantes a alagamentos intermitentes, de fácil manutenção e fitorremediadoras de possíveis poluentes diluídos na água. Ao final, as águas são direcionadas para a galeria de águas pluviais localizada na Avenida Nove de Julho. Cabe destacar que o sistema, pensado para manter a água

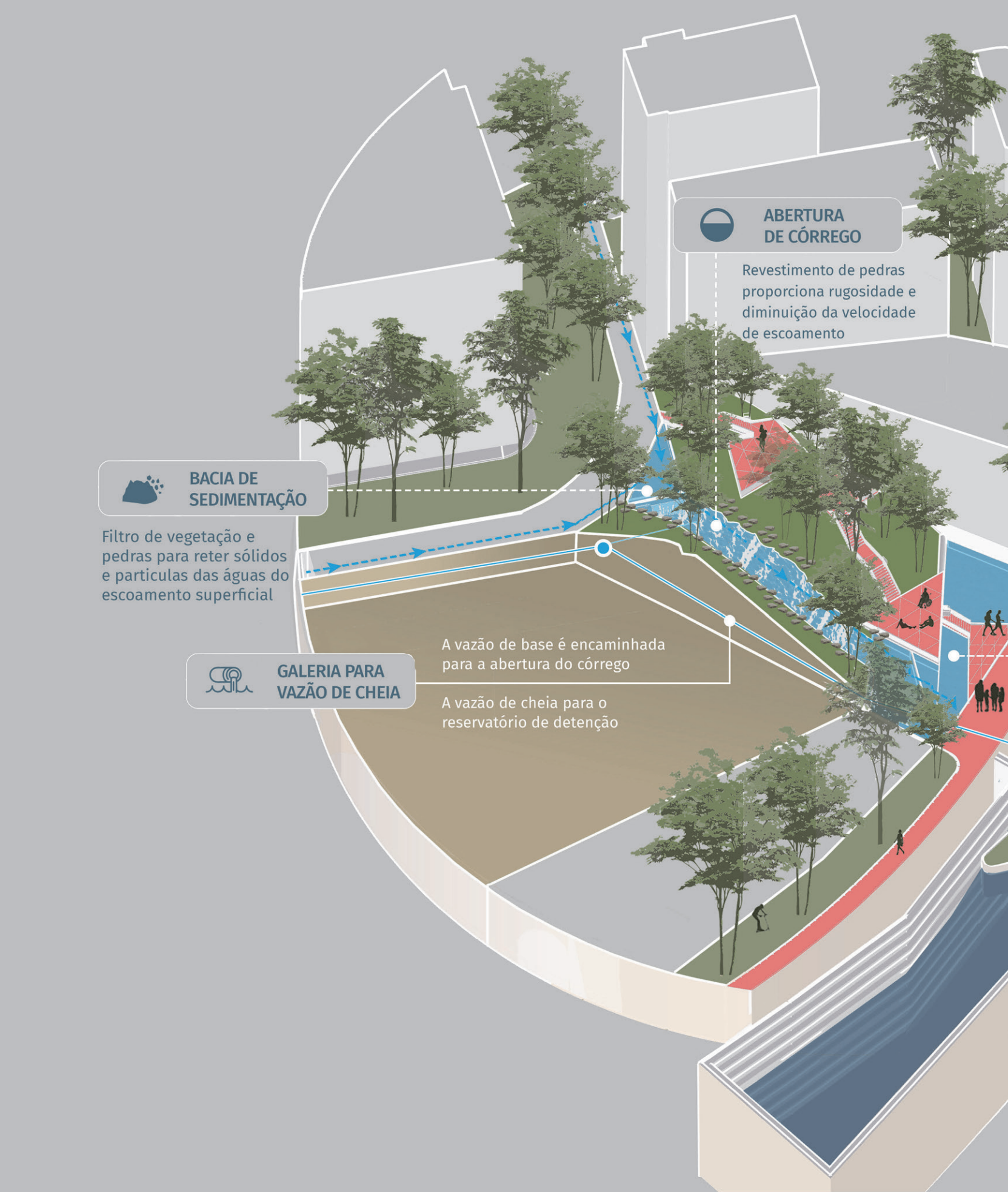


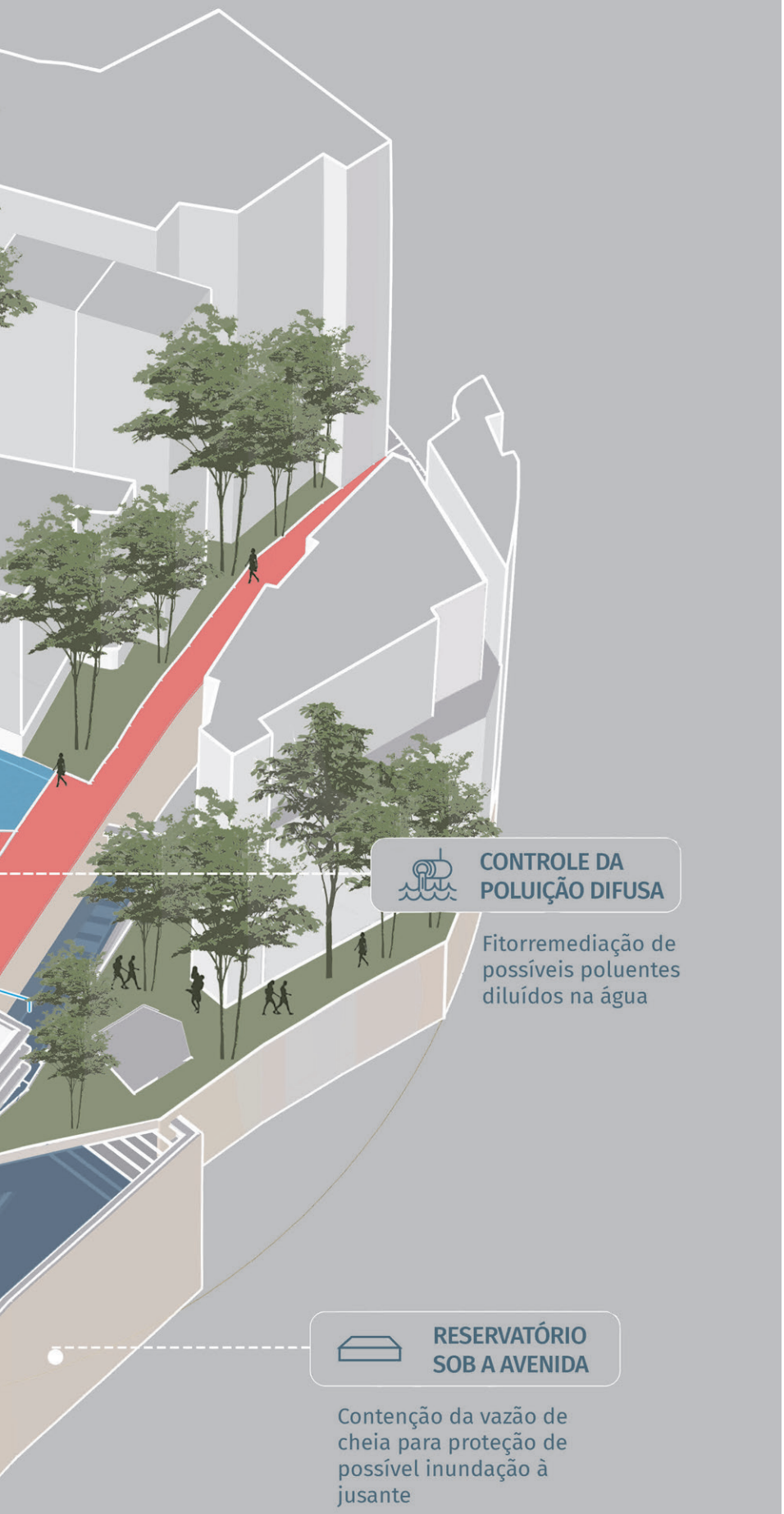


ESPAÇO DE PERMANÊNCIA

Patamares metálicos elevados e encaixados no talude proporcionam um caminho por entre árvores

LÂMINA DE RETENÇÃO


ABERTURA
DE CÓRREGO
Revestimento de pedras
proporciona rugosidade e
diminuição da velocidade
de escoamento
BACIA DE
SEDIMENTAÇÃO
Filtro de vegetação e
pedras para reter sólidos
e particulas das águas do
escoamento superficial
GALERIA PARA
VAZÃO DE CHEIA
A vazão de base é encaminhada
para a abertura do córrego
A vazão de cheia para o
reservatório de detenção



corrente, protege eventuais propagações de pernilongos, ao não permitir completar o ciclo da larva à pupa.

Neste trecho, próximo à Rua Avanhandava, propõe-se um patamar que acolhe áreas para sentar e contemplar a cachoeira, bem como fazer um piquenique, incentivando a continuidade do ponto turístico gastronômico a jusante.

Por fim, o declive acentuado do terreno sustenta um projeto de uma cachoeira paulista em pleno centro da cidade, reconectando pessoas aos cursos d'água. Assim, associa-se no imaginário da população a água enquanto espaço livre de lazer e contemplação.

O trecho que será aberto do córrego Augusta não possui função de reservação, mas, devido ao revestimento das pedras e das margens dos espelhos d'água, proporciona um aumento da rugosidade e uma consequente diminuição da velocidade de escoamento. Ainda, nas proximidades da Avenida Nove de Julho, na confluência entre o córrego Augusta e o córrego Saracura, é previsto um reservatório de detenção para conter volumes de água significativos em eventos de chuva extremos. Esse reservatório é essencial para minimizar as inundações a jusante, na Avenida Nove de Julho e no Vale do Anhangabaú.

O projeto está inserido em uma proposta sistêmica e multifuncional para a bacia do Anhangabaú que objetiva conduzir as águas pluviais e fluviais com segurança, além de abarcar as demais funções essenciais dos espaços livres e das demais infraestruturas urbanas.

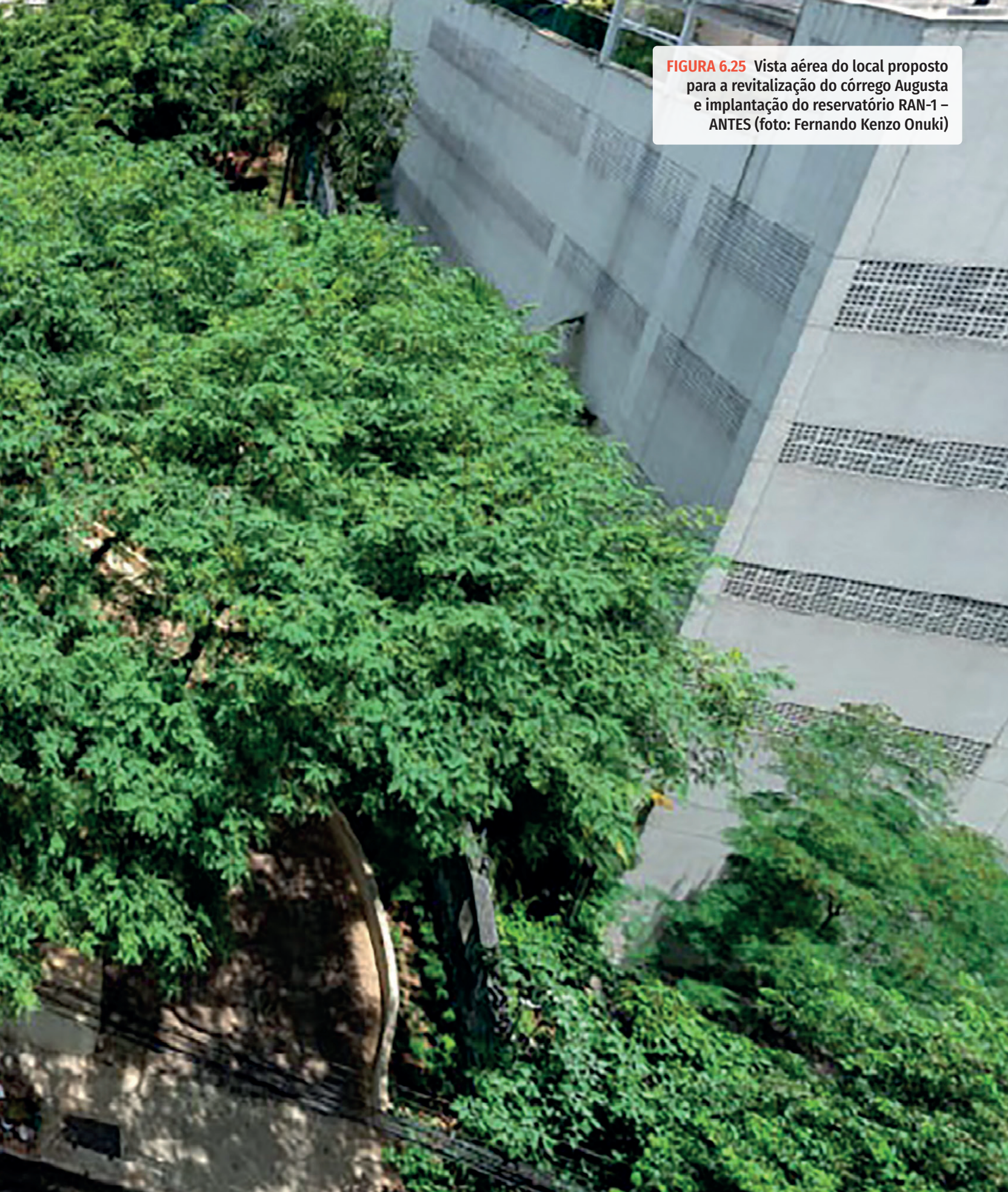


FIGURA 6.25 Vista aérea do local proposto para a revitalização do córrego Augusta e implantação do reservatório RAN-1 – ANTES (foto: Fernando Kenzo Onuki)



FIGURA 6.26 Vista aérea do local proposto para a revitalização do córrego Augusta e implantação do reservatório RAN-1 – DEPOIS (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)



FIGURA 6.27 Vista aérea do local proposto para a revitalização do córrego Augusta e implantação do reservatório RAN-1, detalhe dos patamares (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)



FIGURA 6.28 Vista aérea do trecho de revitalização do córrego Augusta, com perspectiva do reservatório subterrâneo (foto de drone: Delfim Martins)





FIGURA 6.29 Perspectiva do trecho de revitalização do córrego Augusta (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)



FIGURA 6.30 Perspectiva do trecho de revitalização do córrego Augusta, em dia de chuva (foto de fundo: Fernando Kenzo Onuki)



FIGURA 6.31 Planta do trecho de revitalização do córrego Augusta e do reservatório na Rua Avanhandava



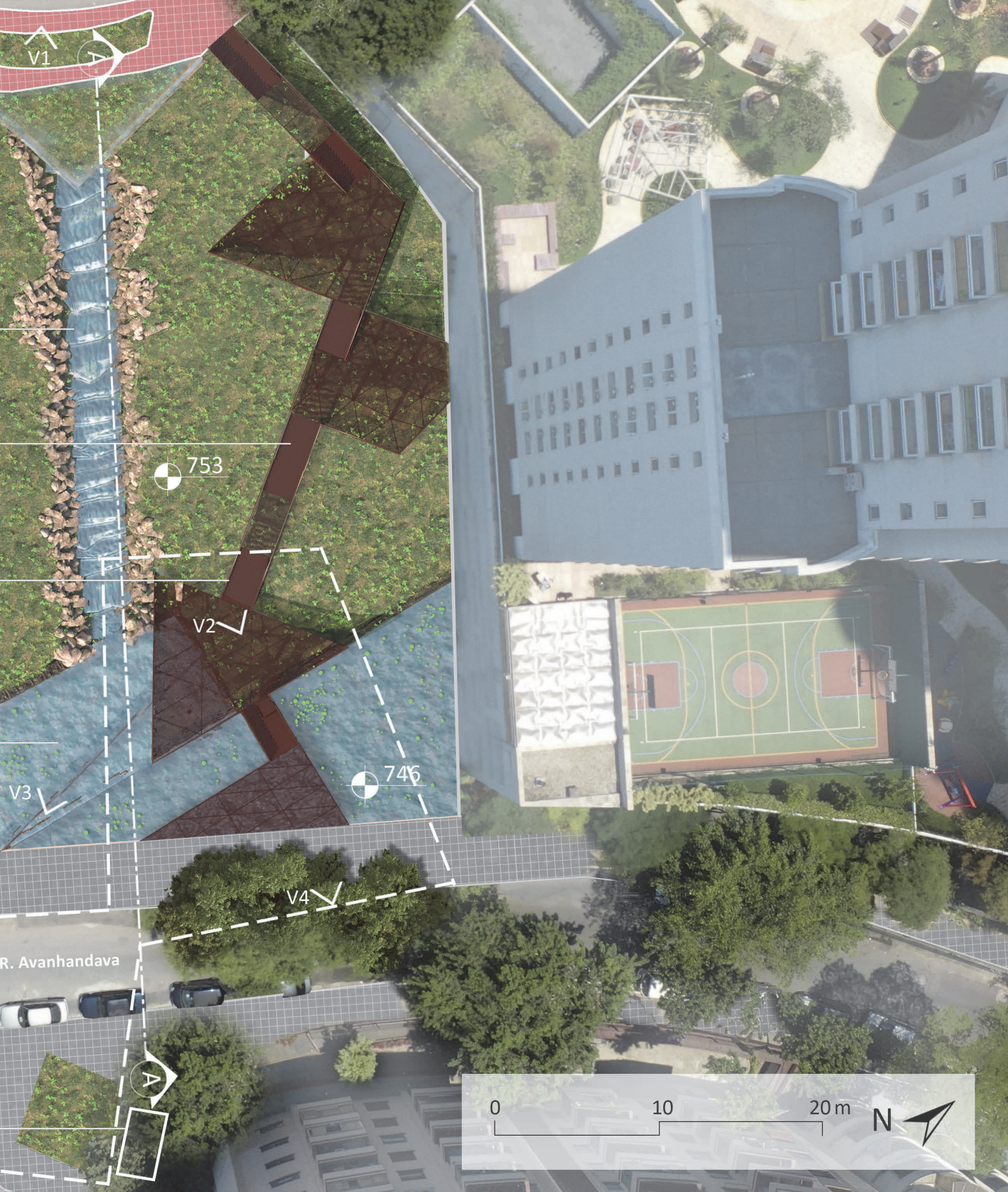
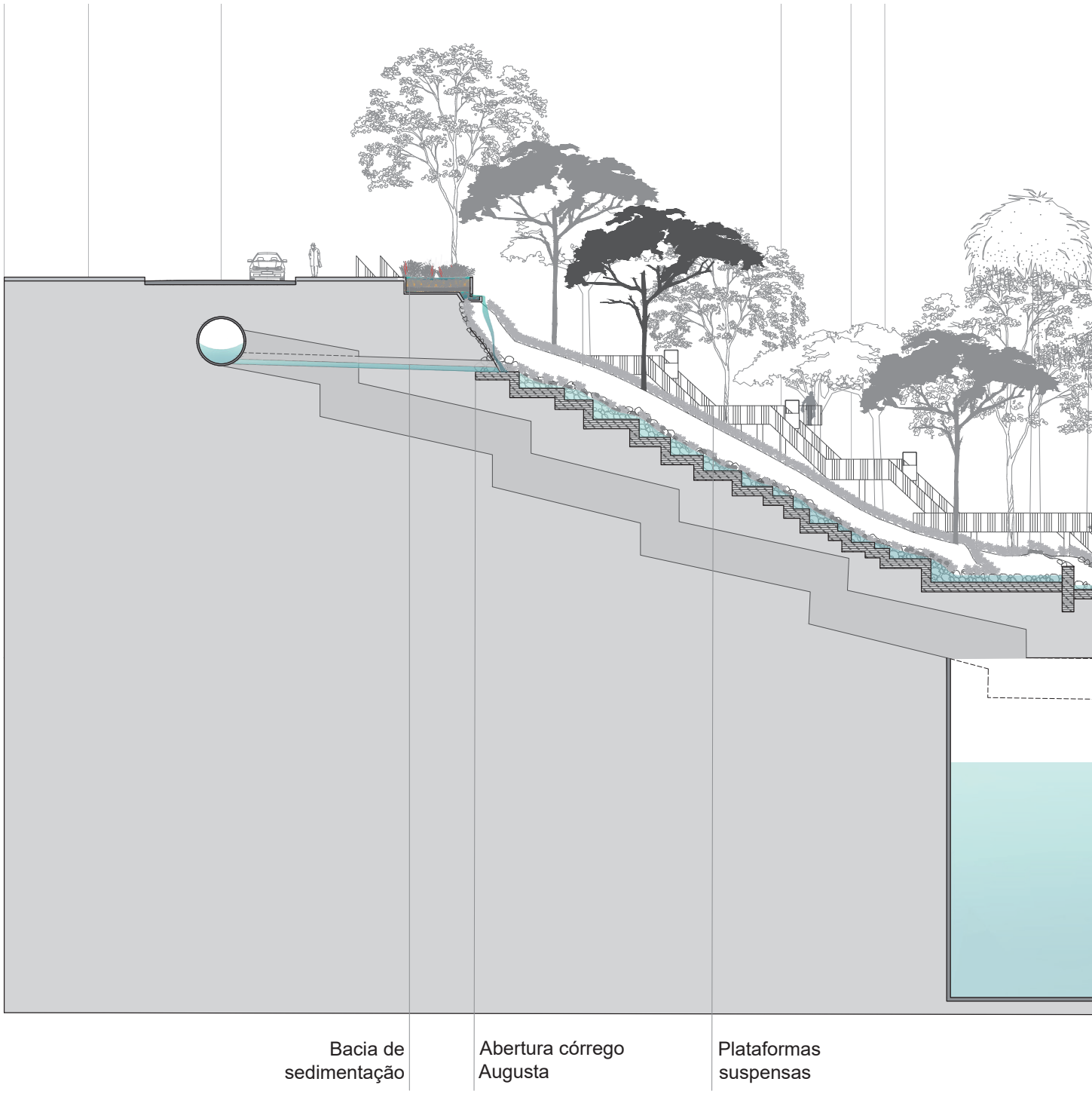
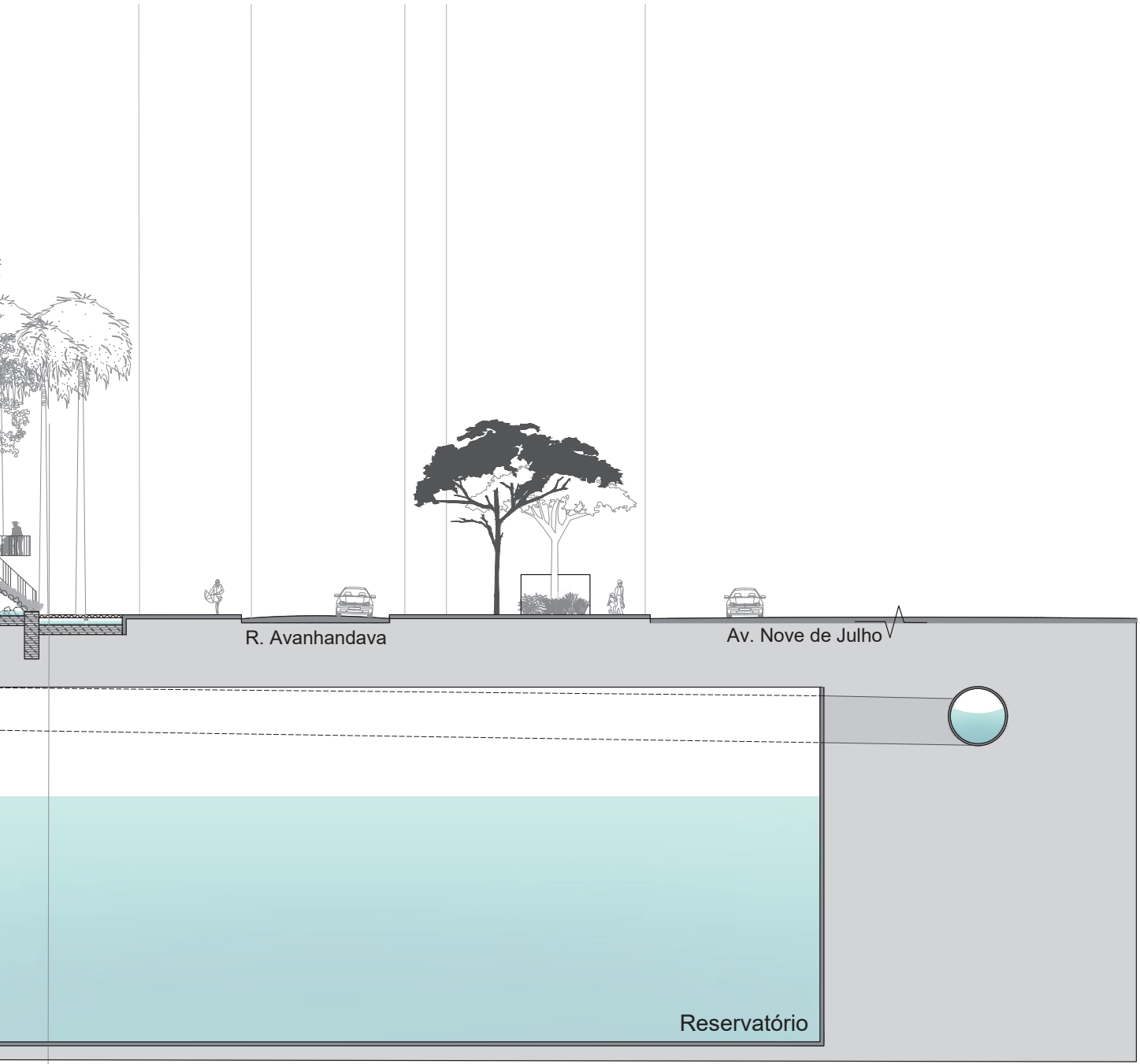

V1
753
V2
V3
746
V4
R. Avanhandava
0
10
20 m
N

FIGURA 6.32 **Corte do trecho de revitalização do córrego Augusta e do reservatório na R. Avanhandava**



CORTE A-A


R. Avanhandava
Av. Nove de Julho
Reservatório
Lâmina
de detenção
0
5
10
20m

6.5 MEDIDAS EMERGENCIAIS

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.

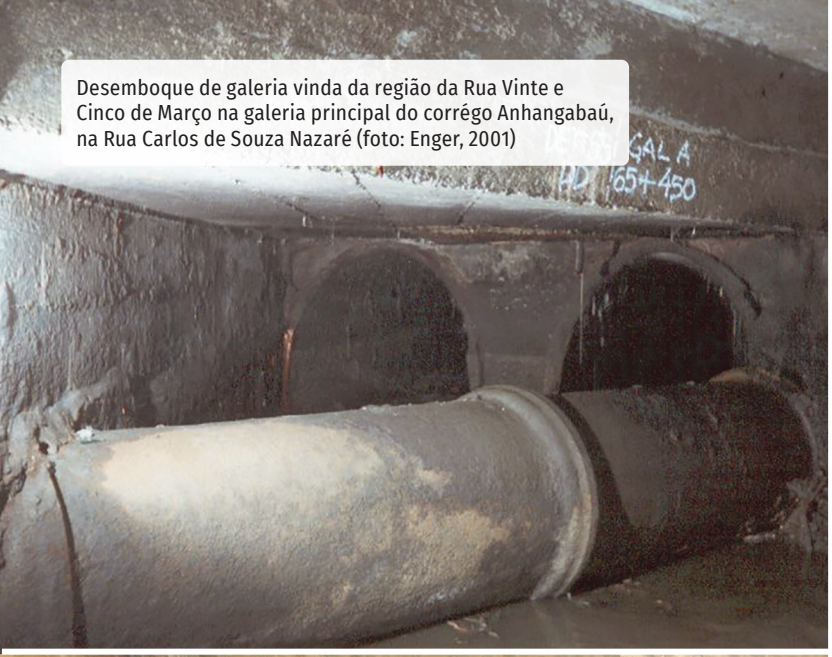
Tais problemas devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, condição necessária para um bom desempenho das outras medidas propostas.

Nesse sentido, uma das regiões do estudo que poderia ter um ganho de eficiência na drenagem de águas pluviais, em função dessas medidas complementares, é a área localizada próxima à foz do córrego Anhangabaú, entre a Rua Vinte e Cinco de Março e o Rio Tamanduateí. No decorrer deste trabalho, foram realizadas inspeções de galerias nesse trecho da foz, limitadas às ruas Cavalheiro Basílio Jafet e Carlos de Sousa Nazaré, onde foram cadastradas 157 singularidades, sendo 78 bocas-de-leão, 48 poços de visita, 30 bocas-de-lobo e uma caixa de passagem. Desse total de 157 singularidades identificadas, um terço delas foi identificado como assoreado, entulhado ou com poço de visita encoberto. Para mitigar esses problemas de microdrenagem em uma etapa inicial, é recomendado realizar o desassoreamento e a manutenção constante da rede, com serviços de limpeza para a remoção de resíduos sólidos que são jogados indevidamente e em grandes quantidades nas vias.

Ademais, a principal rede de contribuição dessa área para a macrodrenagem do Anhangabaú são duas galerias que possuem baixa declividade, ambas com um metro de diâmetro, e que desembocam nas proximidades do cruzamento entre a Rua Carlos de Sousa Nazaré e a Avenida Senador Queirós, onde há uma tubulação de 0,80 metro que obstrui o fluxo das águas pluviais de escoarem das imediações da Rua Vinte e Cinco de Março em direção ao exutório.

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



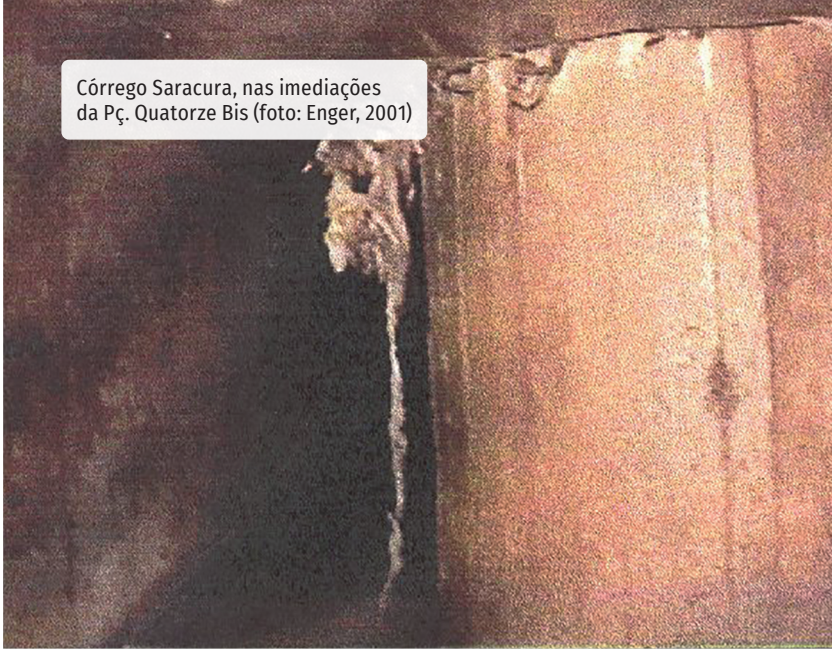






FIGURA 6.33 **Fotografias do interior das principais galerias**

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.

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[26]:

- Estabelecimento de um piso com nível superior à linha-d'água estimada;
- Prever o transporte de material de valor para pisos superiores;
- Vedação, temporária ou permanente, de aberturas como portas, janelas e dispositivos de ventilação;

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

- 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 6.34** 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.


Convenção
Rede hídrica
Bacia do Anhangabaú
Quadra viária
Zoneamento urbano
Praça/canteiro
ZC
ZEIS-3
ZEIS-5
ZEU
ZM
ZOE
R. Bela Cintra
R. Haddock Lobo
Córrego Augusta
R. Frei Caneca
R. Augusta
Al. Min. Rocha Azevedo
R. Peixoto Gomide
R. Herculano de Freitas
R. Barata Ribeiro
R. Dr. Penaforte Mendes
R. Paim
Av. Nove de Julho
Córrego Saracura
Córrego Saracura-Mirim
R. Itapeva
Al. Rio Claro
R. Pamplona
R. Silvia
R. Rocha
Córrego Saracura-Açu
R. Manoel Dutra
R. S. Carlos do Pinhal
R. dos Franceses
R. dos Ingleses
R. Treze de Maio
R. Rui Barbosa
R. Cons. Ramalho
R. Maria José
Av. Brig. Luís Antônio
R. Dr. Alfredo Ellis
R. Artur Prado
R. Pedroso
R. Dr. Fausto Ferraz
R. Pio XII
R. Martiniano de Carvalho
R. Cincinato Braga
Av. Paulista
R. Maestro Cardim
Córrego Itororó
Av. da Liberdade
R. João Julião
R. Sta. Ernestina
R. Vergueiro
R. do Paraíso
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020), Mapa Hidrográfico do Município (2020), Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016) e FCTH (2020)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
0
125
250
500
m

FIGURA 6.34 **Zonas de inundação passíveis de regulamentação na bacia do córrego Anhangabaú**



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 6.35**.

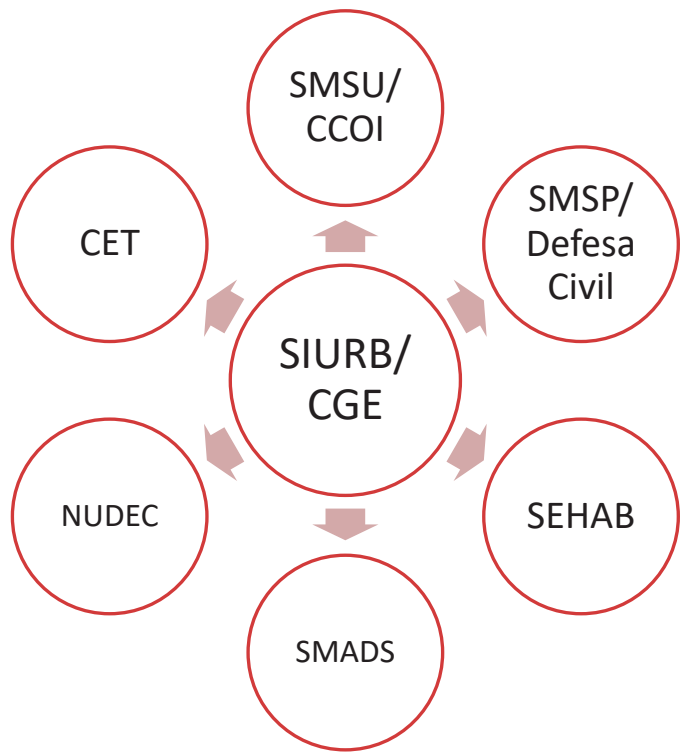


FIGURA 6.35 **Articulação institucional em situações de emergência**

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.

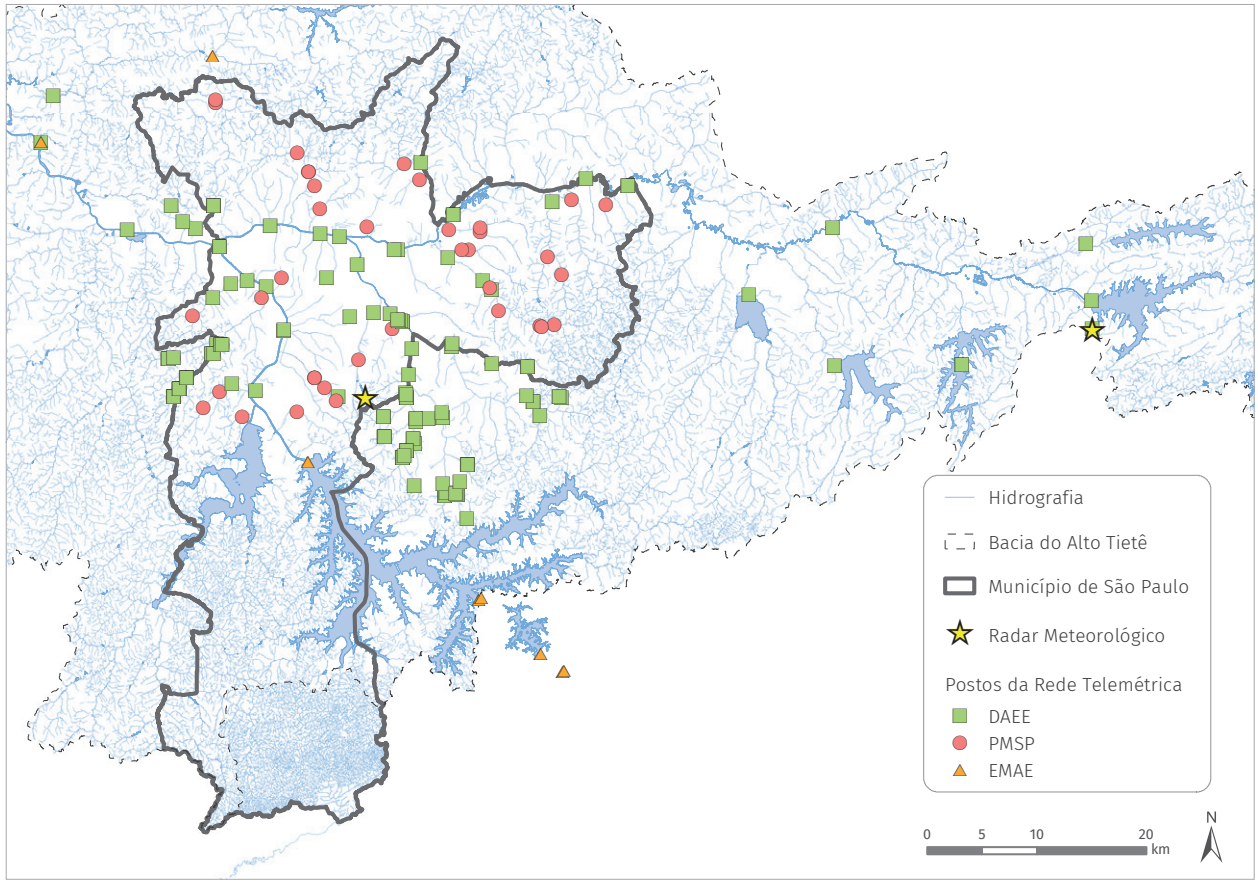


FIGURA 6.36 **Postos da rede telemétrica do SAISP**

O mapa da **FIGURA 6.37** 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, 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 gráfico apresentado na **FIGURA 6.39** indica o nível do Rio Tamanduateí durante a passagem da onda de cheia nos eventos de 10 e 11 de março de 2019 e seus níveis de criticidade no posto Rio Tamanduateí – Mercado Municipal. Nesse evento, a cota do Rio Tamanduateí ficou acima do nível de alerta por aproximadamente 12 horas.

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.

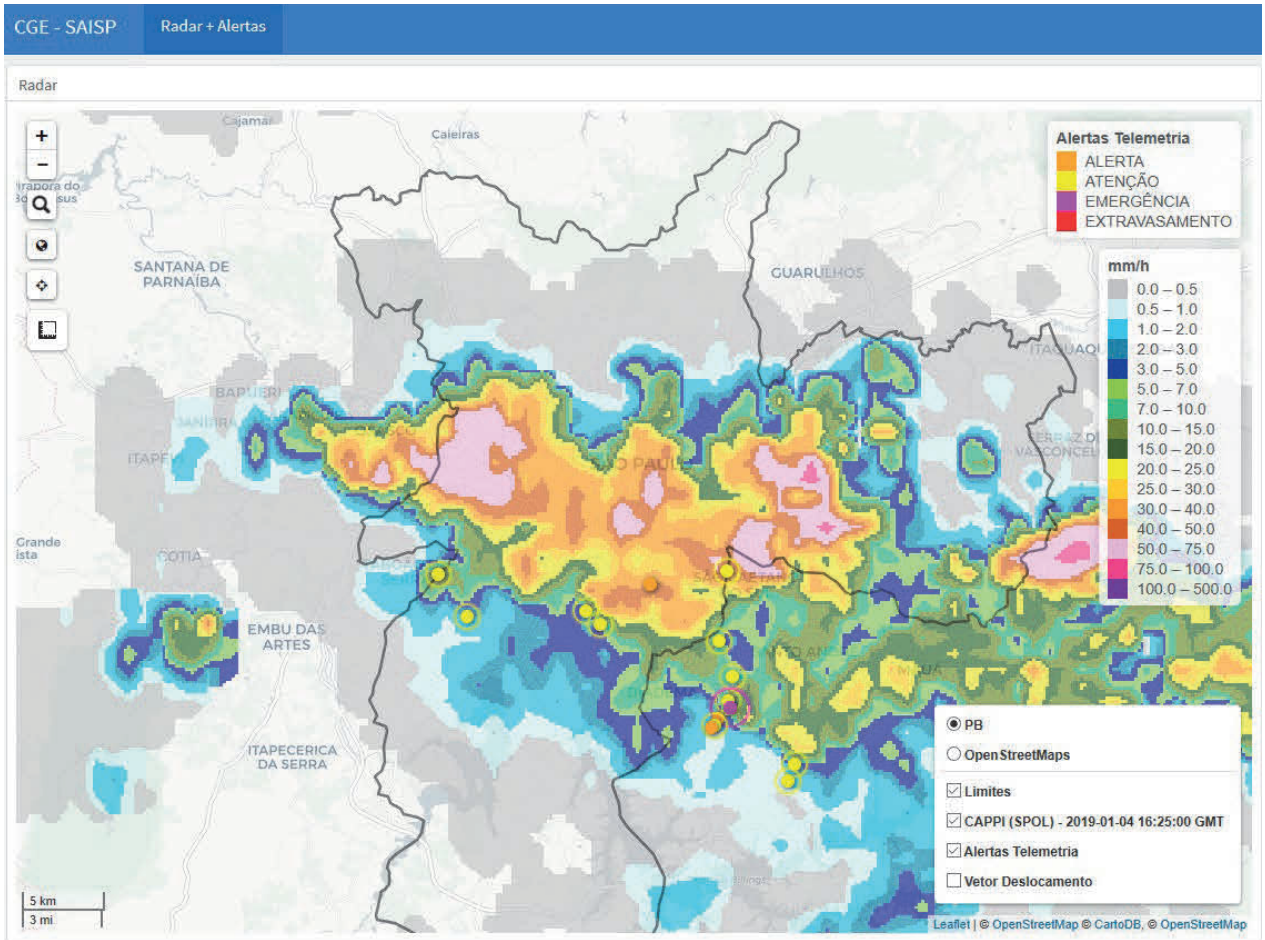


FIGURA 6.37 **Mapa de chuva observada e alertas da telemetria**

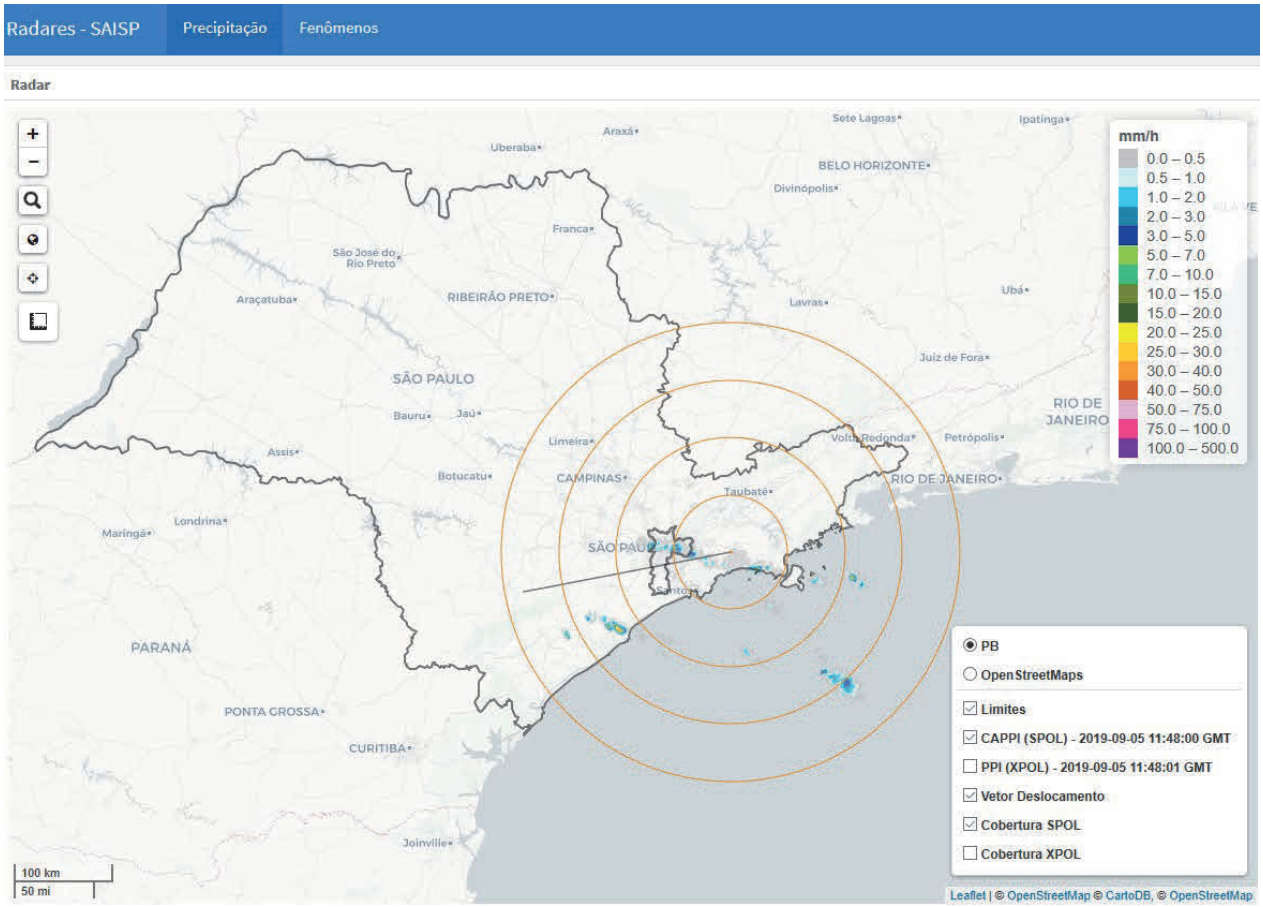


FIGURA 6.38 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

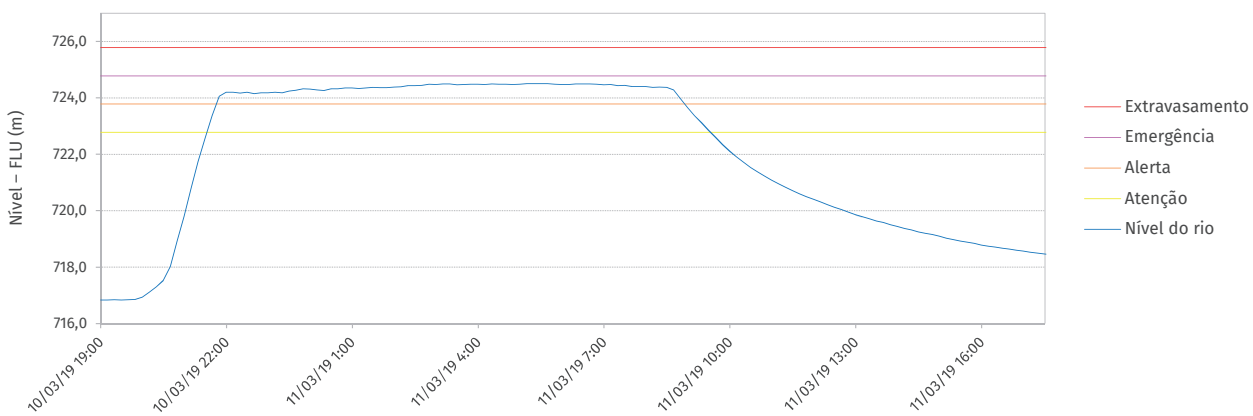


FIGURA 6.39 Fluviograma da cheia de 10 e 11 de março de 2019, posto Rio Tamanduateí – Mercado Municipal

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**.

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 6.40** 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%.

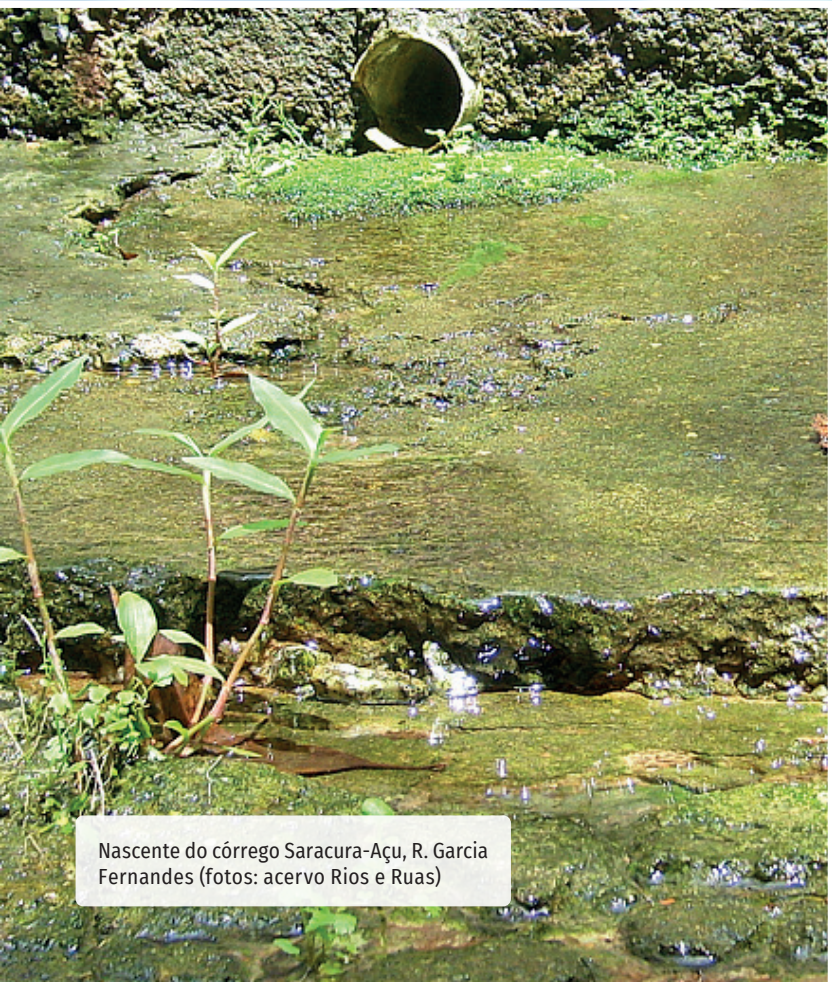
As classes potenciais levam em consideração dois importantes requisitos para a implantação de medidas de controle infiltrantes: declividades entre 0% e 5% e níveis baixos do lençol freático. Nos locais que não se enquadram nessas condições, a aplicabilidade dessas medidas de infiltração é reduzida, porém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

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.

Outra ação que deve ser considerada é a recuperação das nascentes da bacia, em especial a nascente do córrego Saracura-Açu (ver imagem na página seguinte), que é objeto de várias iniciativas voltadas para a recuperação de córregos no município de São Paulo, por parte da sociedade civil. Essa ação vai ao encontro da política municipal de revitalização e proteção de nascentes, córregos, rios e demais corpos d'água existentes no território municipal, que por sua vez é uma das ações governamentais integradas que consta na Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas.

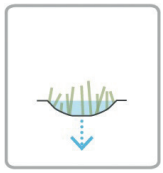
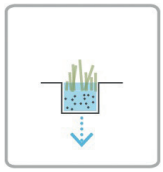
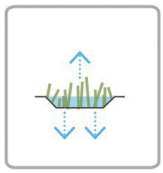
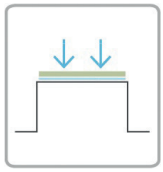




Nascente do córrego Saracura-Açu, R. Garcia Fernandes (fotos: acervo Rios e Ruas)

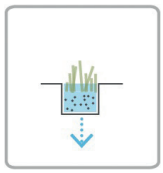
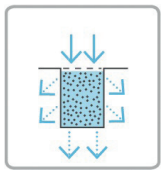
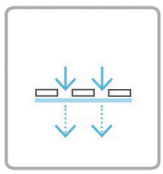
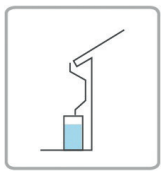
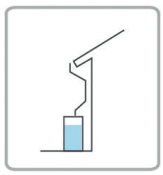


TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte (PMSP, 2012[27]; UACDC, 2010[28] e MPCA, 2019[29])

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

27. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.
28. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.
29. 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[27]; UACDC, 2010[28] e MPCA, 2019[29])

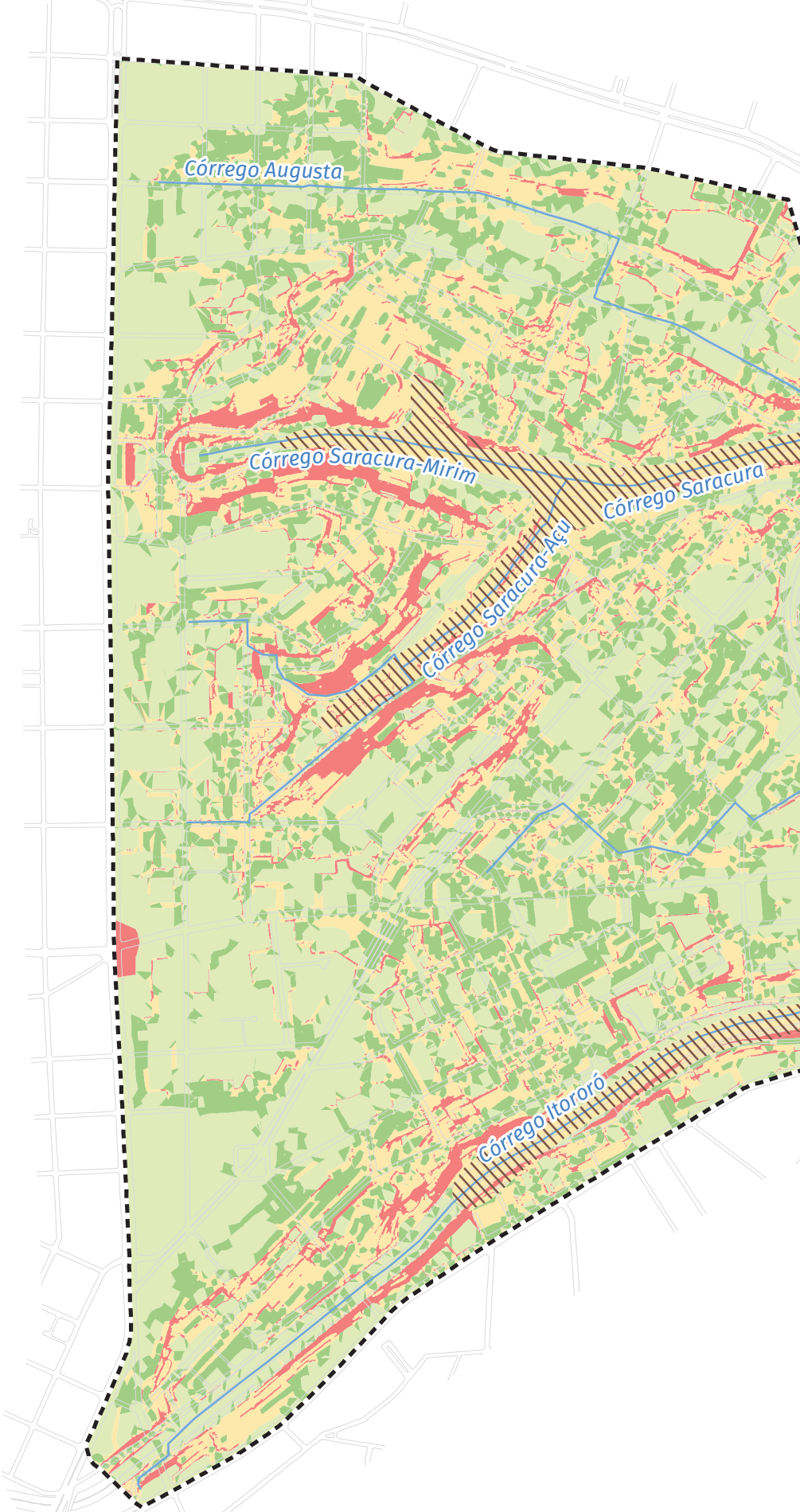
Medida	Descrição
Trincheiras de infiltração 	**Função:** filtração e infiltração Valas de infiltração com material poroso sobre solo permeável são implantadas na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento. Podem 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 Estrutura semelhante às cisternas, 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 e com área impermeabilizada superior a 500 m²

Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Anhangabaú
- Quadra viária
- Planície Aluvial

Potencial de implantação de medidas de controle na fonte

- Muito alto
- Alto
- Médio
- Baixo



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

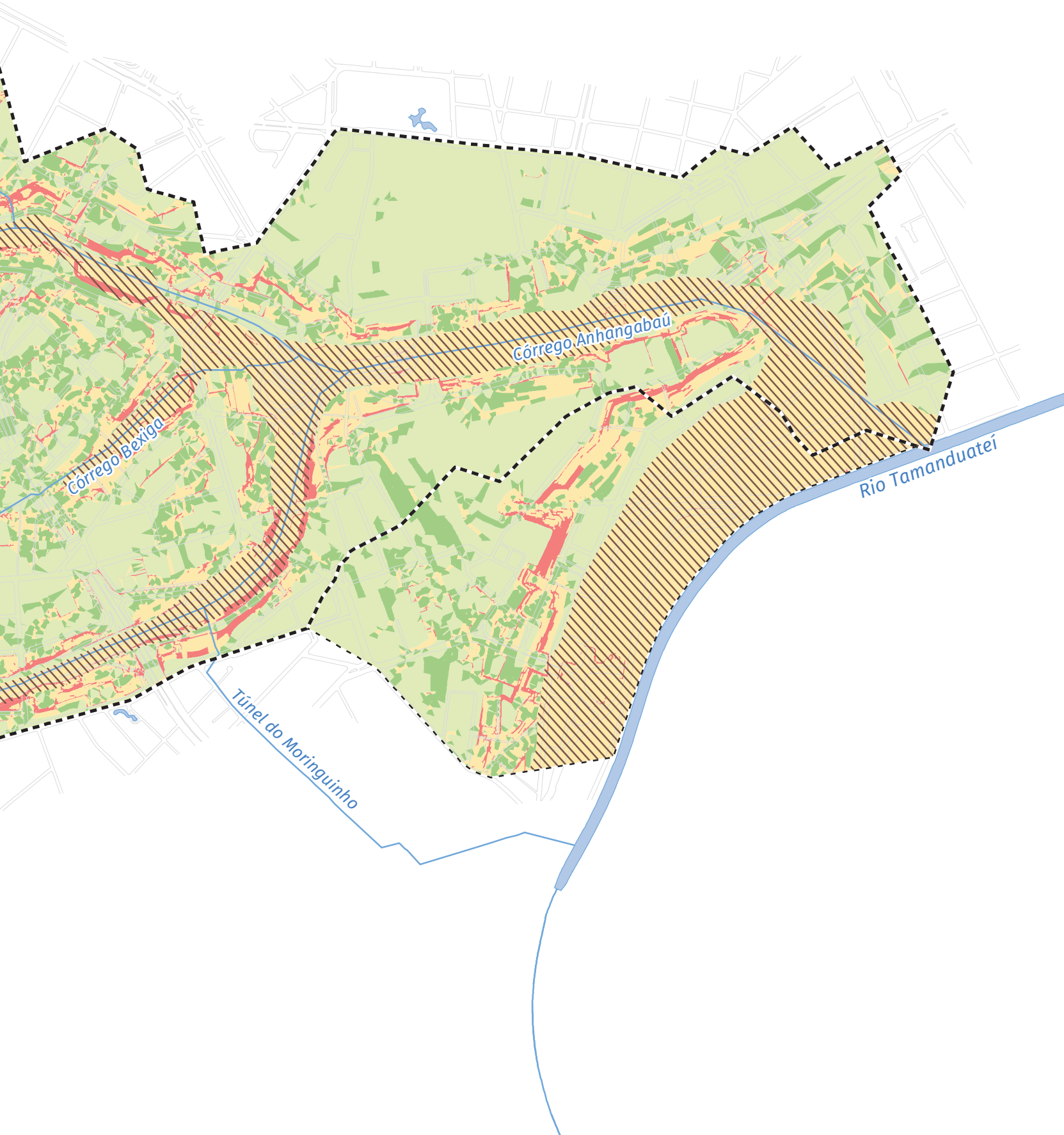
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2020),
Mapa Hidrográfico do Município (2020) e
Carta Geotécnica do Munício de São Paulo (2015)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

0 125 250 500 m

FIGURA 6.40 Potencial de implantação de medidas de controle na fonte na bacia do córrego Anhangabaú e na ACD



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 para um período de retorno de Tr 5 anos; a 2ª etapa protege a bacia para chuvas de Tr 25 anos; e a terceira e última etapa confere à bacia proteção a chuvas de Tr 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 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.

Esses resultados mostram que as obras de 1ª etapa, de ambas as alternativas, protegem as áreas críticas de inundação da bacia,

com destaque para a região da Praça da Bandeira e do Túnel Papa João Paulo II, no Vale do Anhangabaú. O mesmo resultado foi verificado para as chuvas ordinárias, que ocorrem anualmente.

Em seguida, 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.

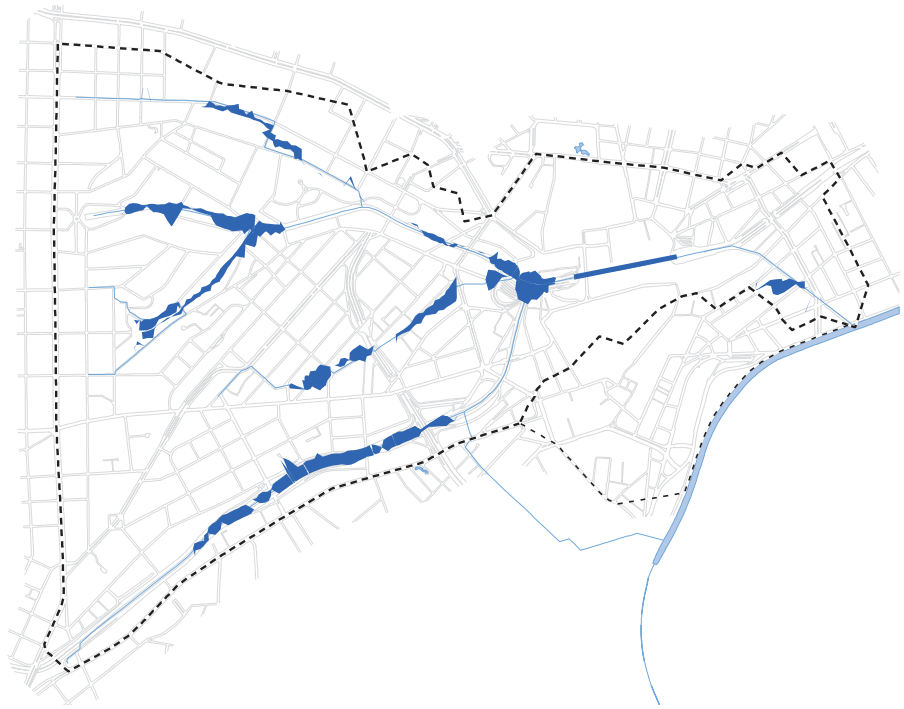
As figuras ilustram o comportamento das manchas quando implantadas as obras previstas em cada etapa e quando submetidas a uma chuva com Tr 100 anos.

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

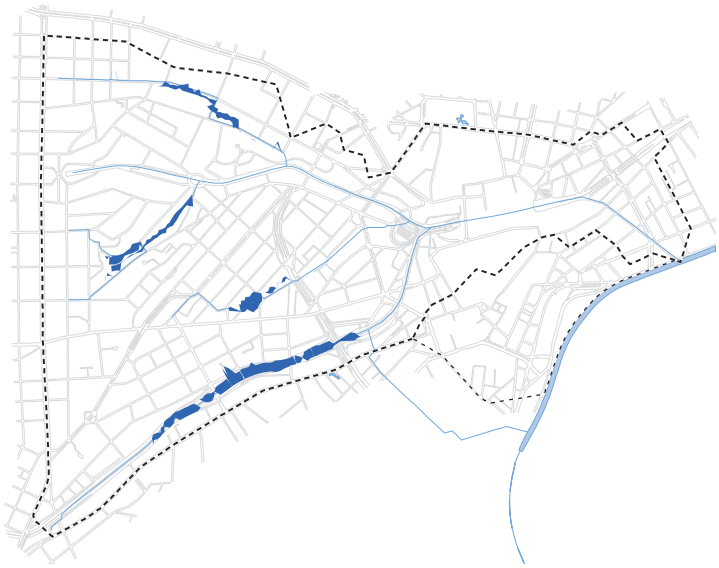
TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre a bacia

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	0,49	836
1ª Etapa	Alternativa 1	0,29	669
	Alternativa 2	0,31	691
2ª Etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,15	554
	Alternativa 2	0,14	469
3ª Etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0,00	0
	Alternativa 2	0,00	0

Sem intervenção



Alternativa 1 – 1ª etapa



Alternativa 2 – 1ª etapa

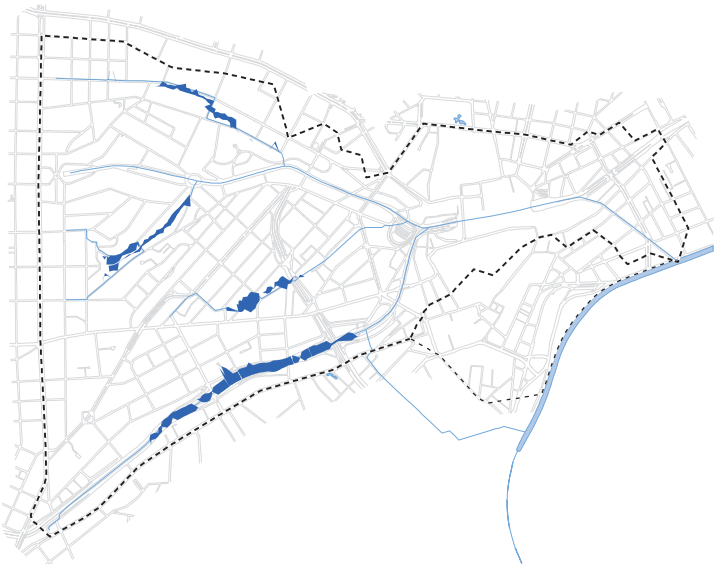
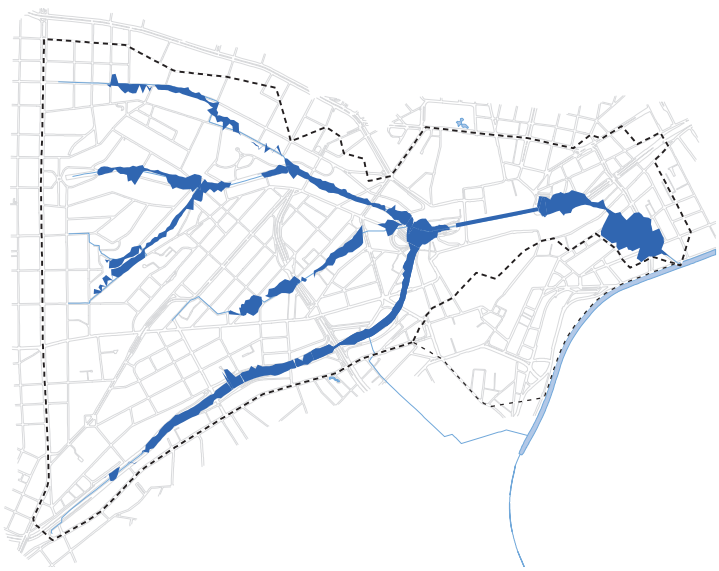
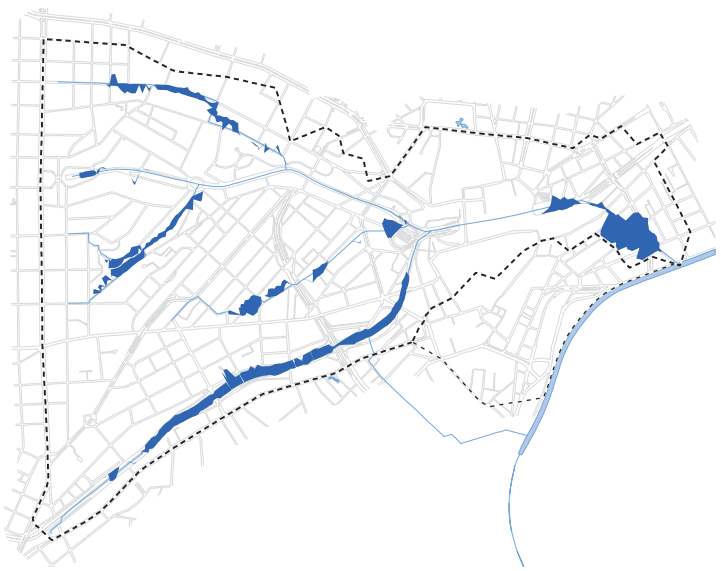


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos: cenário sem intervenção e com as obras da etapa inicial

Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



Alternativa 1 – 1ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 1 – 2ª etapa, chuva de Tr 100 anos

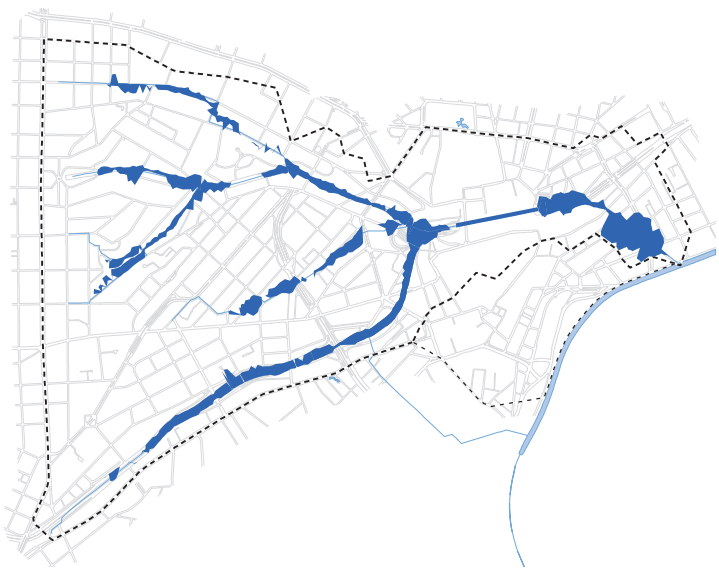


Alternativa 1 – 3ª etapa, chuva de Tr 100 anos

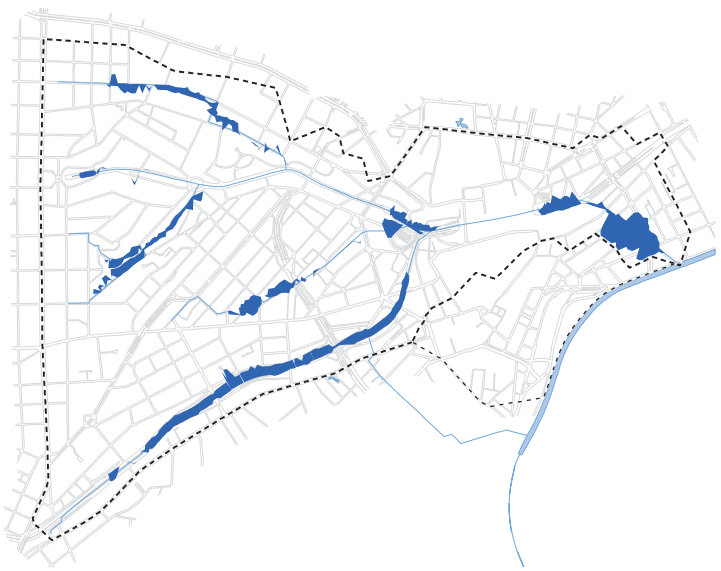


FIGURA 7.2 **Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1**

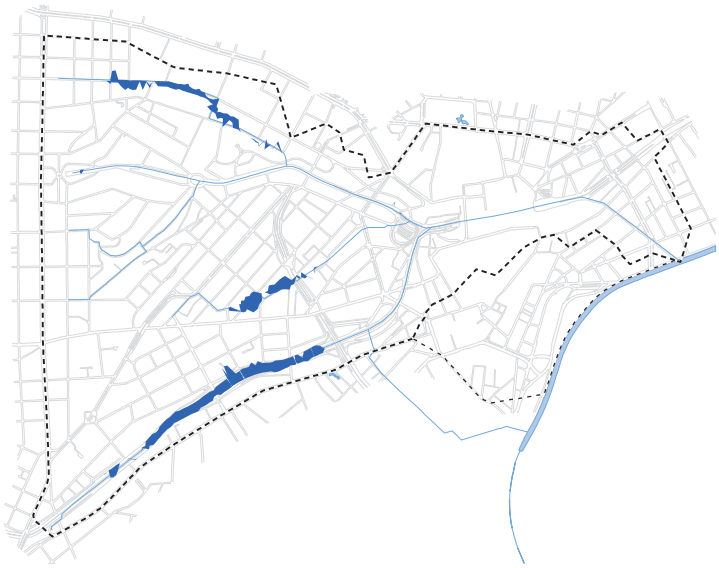
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 1ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 2ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 3ª etapa, chuva de Tr 100 anos



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 5 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 5 anos na bacia é de 0,235 km².

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

- Reservatório na Rua Avanhandava RAN-1 (30.000 m³);
- Reservatório na Praça da Bandeira RAN-2 (46.000 m³);
- Reservatório na Rua Formosa RAN-10 (36.000 m³);
- Substituição de galeria no córrego Saracura, na Avenida Nove de Julho (1.185 m);
- Substituição de galeria no córrego Bexiga, nas ruas Abolição, Comend. José Xavier Gouveia, Japurá e Santo Antônio (925 m);
- Praça de infiltração (4.000 m³);

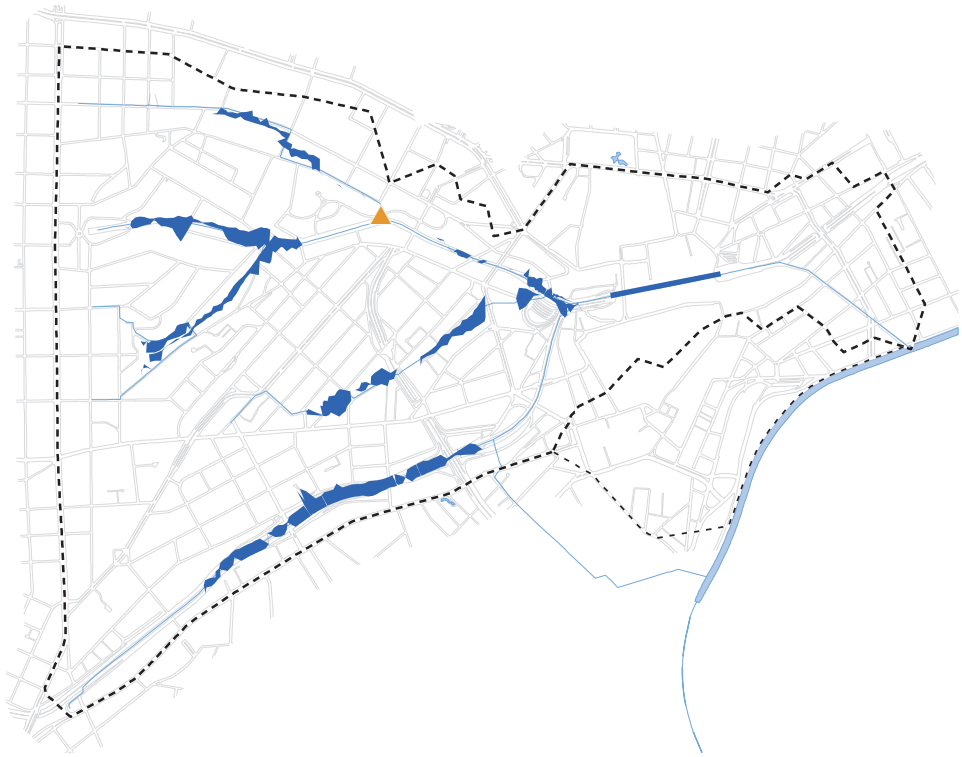
Cabe destacar que as substituições de galerias devem ser executadas junto ou depois da implantação dos reservatórios RAN-2, na Alternativa 1, ou RAN-10, na Alternativa 2.

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 localizada na bacia do Anhangabaú para a chuva de Tr 5 anos (**FIGURA 7.4**).

O pré-dimensionamento das intervenções, tais como os volumes dos reservatórios, da praça de infiltração 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.

Reservatório RAN-1



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias com capacidade de reservação de 30.000 m³, além de projeto urbanístico que prevê reabertura do córrego Augusta

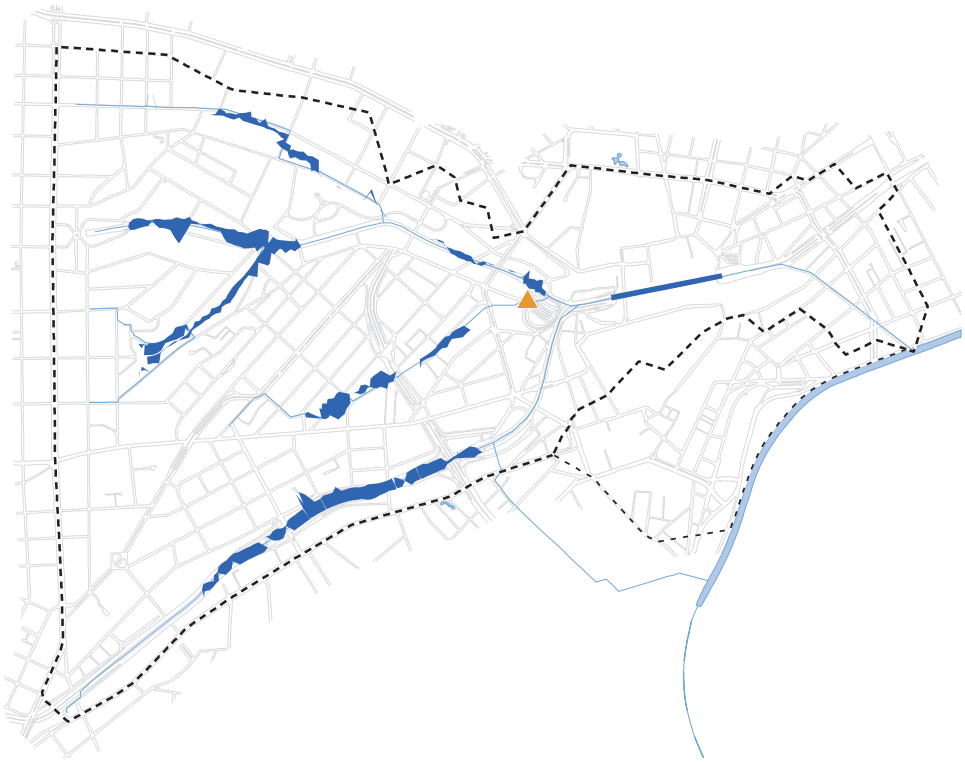
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,023 km²

Custo estimado da medida

R$ 31.000.000,00

Reservatório RAN-2



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 46.000 m³

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

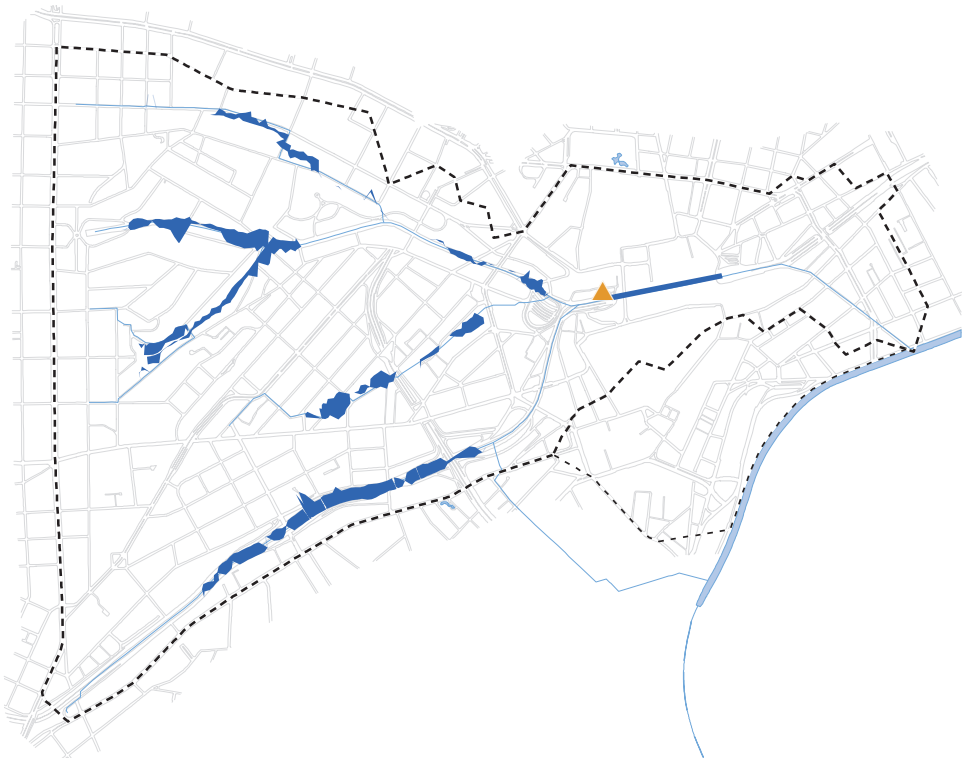
0,029 km²

Custo estimado da medida

R$ 46.000.000,00

FIGURA 7.4 Características das intervenções

Reservatório RAN-10



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 36.000 m³ e galerias de acesso a esse reservatório (265 m)

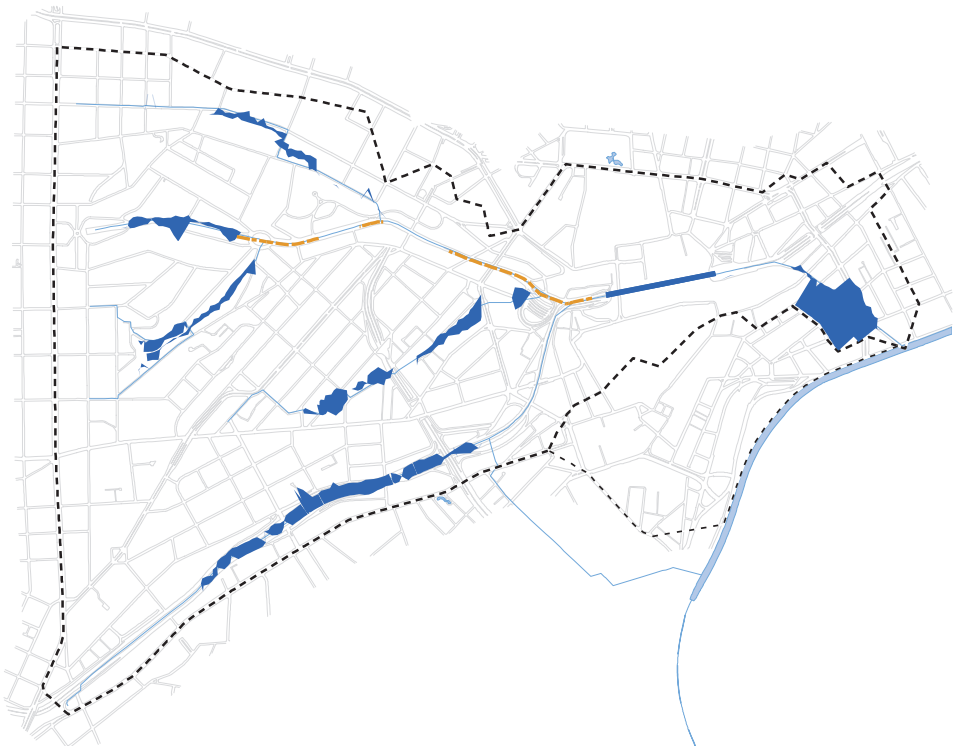
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,025 km²

Custo estimado da medida

R$ 36.000.000,00

Substituição de galerias nos córregos Saracura e Saracura-Mirim



Descrição

Substituição de galerias nos córregos Saracura-Mirim (140 m) e Saracura (1.045 m), totalizando 1.185 m

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,006 km²

Custo estimado da medida

R$ 39.500.000,00

FIGURA 7.4 Características das intervenções

Substituição de galerias no córrego Bexiga

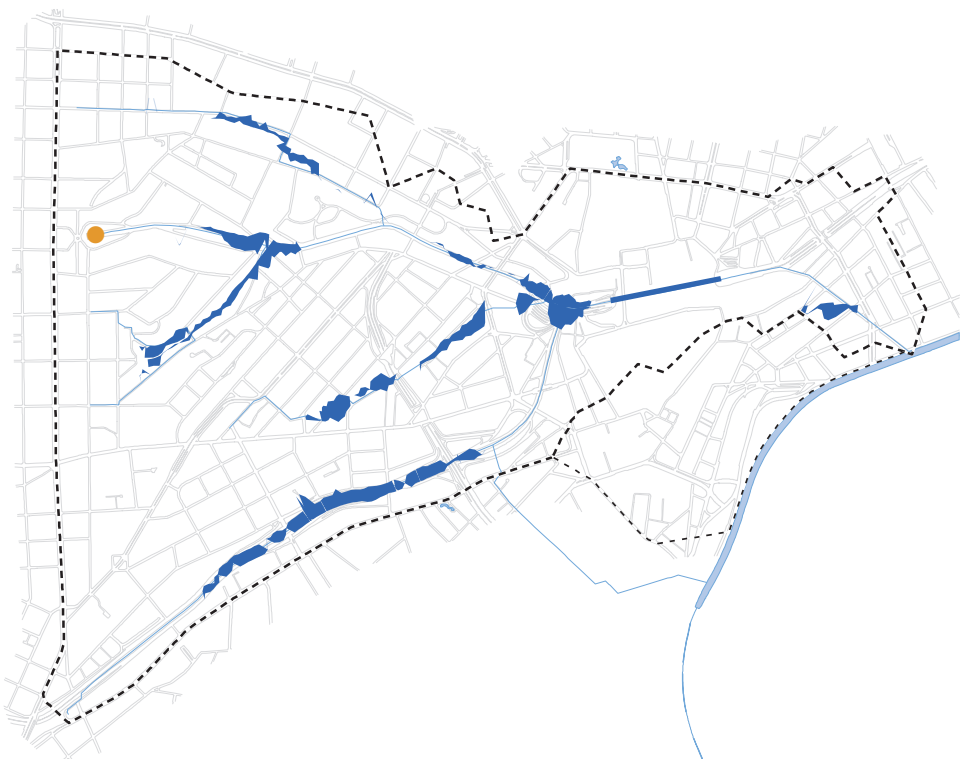


Descrição
Substituição de galerias no córrego Bexiga (925 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos
0,020 km²

Custo estimado da medida
R$ 23.400.000,00

Praça de infiltração no córrego Saracura-Mirim



Descrição
Implantação de tecnologias de controle na fonte

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos
0,015 km²

Custo estimado da medida
R$ 5.000.000,00

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. O valor de desapropriação foi estimado 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 reforço, substituição de galerias e/ou galerias-reservatórios: custo médio por m³ de galeria em concreto armado e método de construção a céu aberto.
- 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	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Saracura-Mirim	Substituição de galeria	Av. Nove de Julho, a montante do encontro com o Saracura-Açu	2.100.000,00	0,00	2.100.000,00
		Praça de infiltração	Av. Nove de Julho, próximo do acesso ao túnel	5.000.000,00	0,00	5.000.000,00
	Saracura	Reservatório RAN-1	R. Avanhandava	31.000.000,00	0,00	31.000.000,00
		Substituição de galeria	Na formação do Saracura a jusante da Pç. Quatorze Bis	7.850.000,00	0,00	7.850.000,00
		Substituição de galeria	Próximo ao RAN-1	3.850.000,00	0,00	3.850.000,00
		Substituição de galeria	Pç. da Bandeira	25.700.000,00	0,00	25.700.000,00
		Reservatório RAN-2	Nas imediações da Pç. da Bandeira	46.000.000,00	0,00	46.000.000,00
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Pôlder	Estacionamento do Mercado Municipal	6.400.000,00	0,00	6.400.000,00
		Substituição de galeria	Da R. Vinte e Cinco de Março ao pôlder	1.940.000,00	0,00	1.940.000,00
		Substituição de galeria	R. General Carneiro, entre R. Boa Vista e Pq. Dom Pedro	1.030.000,00	0,00	1.030.000,00

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

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Substituição de galeria	R. Cavalheiro Basílio Jafet, da Lad. Porto Geral ao Vd. Diário Popular	1.070.000,00	0,00	1.070.000,00
		Substituição de galeria	Do Pq. Dom Pedro ao Rio Tamanduateí	1.050.000,00	0,00	1.050.000,00
	Augusta	Substituição de galeria	Área verde da R. Avanhandava	1.470.000,00	0,00	1.470.000,00
	Bexiga	Substituição de galeria (desvio)	R. Abolição e R. Comend. José Xavier Gouveia	5.450.000,00	0,00	5.450.000,00
		Substituição de galeria (desvio)	R. Japurá e R. Santo Antônio	17.950.000,00	0,00	17.950.000,00
	Itororó	Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, próximo à Pç. da Bandeira	9.030.000,00	0,00	9.030.000,00
2ª Etapa	Saracura-Mirim	Reservatório RAN-3	Av. Nove de Julho a montante da Pç. Quatorze Bis	36.000.000,00	0,00	36.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Nove de Julho a montante do reservatório RAN-3	2.580.000,00	0,00	2.580.000,00
	Anhangabaú	Reservatório RAN-4	Av. Prestes Maia	33.000.000,00	0,00	33.000.000,00
		Galeria de reforço	Vd. Santa Ifigênia ao Reservatório RAN-4	3.730.000,00	0,00	3.730.000,00
	Itororó	Reservatório RAN-5	Pç. dos Artesãos Calabreses	37.000.000,00	0,00	37.000.000,00
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, junto ao reservatório RAN-5	7.850.000,00	0,00	7.850.000,00
3ª Etapa	Saracura-Açu	Reservatório RAN-6	Entre R. Cardeal Leme e R. Dr. Lourenço Granato	14.000.000,00	0,00	14.000.000,00
		Galeria de reforço	R. Rocha, R. Una e R. Alm. Marquês de Leão	980.000,00	0,00	980.000,00

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

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
3ª Etapa	Saracura-Açu	Galeria de reforço	R. Cardeal Leme	2.780.000,00	0,00	2.780.000,00
	Augusta	Reservatório RAN-8	Estacionamento do Pq. Augusta	15.000.000,00	0,00	15.000.000,00
		Galeria de reforço	R. Augusta	4.930.000,00	0,00	4.930.000,00
	Bexiga	Reservatório RAN-7	R. Jaceguai	12.000.000,00	0,00	12.000.000,00
		Galeria de reforço	R. Major Diogo/R. Humaitá	1.180.000,00	0,00	1.180.000,00
	Itororó	Reservatório RAN-9	Av. Vinte e Três de Maio, próximo ao Vd. Pedroso	23.000.000,00	0,00	23.000.000,00
			Av. Vinte e Três de Maio, junto ao RAN-9 (substituição de galeria)	6.620.000,00	0,00	6.620.000,00
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, a montante do RAN-9	4.090.000,00	0,00	4.090.000,00
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Substituição de galeria	R. Dr. Bittencourt Rodrigues, Pç. da Sé e Av. Rangel Pestana	1.550.000,00	0,00	1.550.000,00
		Substituição de galeria	R. Frederico Alvarenga, R. Alexandria e Pq. Dom Pedro II	710.000,00	0,00	710.000,00
		Substituição de galeria	R. Vinte e Cinco de Março	750.000,00	0,00	750.000,00
		Substituição de galeria	Pç. Fernando Costa ao Rio Tamanduateí, e Vd. Antônio Nakashima ao Rio Tamanduateí	2.200.000,00	0,00	2.200.000,00
TOTAL				**376.840.000,00**	**0,00**	**376.840.000,00**

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

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Saracura-Mirim	Substituição de galeria	Av. Nove de Julho, a montante do encontro com o Saracura-Açu	2.100.000,00	0,00	2.100.000,00
		Praça de infiltração	Av. Nove de Julho, próximo do acesso ao túnel	5.000.000,00	0,00	5.000.000,00
	Saracura	Reservatório RAN-1	R. Avanhandava	31.000.000,00	0,00	31.000.000,00
		Substituição de galeria	Na formação do Saracura a jusante da Pç. Quatorze Bis	7.850.000,00	0,00	7.850.000,00
			Próximo ao RAN-1	3.850.000,00	0,00	3.850.000,00
		Substituição de galeria	Pç. da Bandeira	25.700.000,00	0,00	25.700.000,00
		Reservatório RAN-10	R. Formosa, próximo à estação de metrô Anhangabaú	36.000.000,00	0,00	36.000.000,00
		Galeria de acesso	Pç. da Bandeira, da foz do córrego Bexiga ao reservatório RAN-10	5.100.000,00	0,00	5.100.000,00
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Pôlder	Estacionamento do Mercado Municipal	6.400.000,00	0,00	6.400.000,00
		Substituição de galeria	Da R. Vinte e Cinco de Março ao Pôlder	1.940.000,00	0,00	1.940.000,00
		Substituição de galeria	R. General Carneiro, entre R. Boa Vista e Pq. Dom Pedro	1.030.000,00	0,00	1.030.000,00
		Substituição de galeria	R. Cavalheiro Basílio Jafet, da Lad. Porto Geral ao Vd. Diário Popular	1.070.000,00	0,00	1.070.000,00
		Substituição de galeria	Do Pq. Dom Pedro ao Rio Tamanduateí	1.050.000,00	0,00	1.050.000,00

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

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Augusta	Substituição de galeria	Área verde da R. Avanhandava	1.470.000,00	0,00	1.470.000,00
	Bexiga	Substituição de galeria (desvio)	R. Japurá e R. Santo Antônio	17.950.00,00	0,00	17.950.00,00
	Itororó	Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, próximo à Pç. Da Bandeira	9.030.000,00	0,00	9.030.000,00
2ª Etapa	Anhangabaú	Reforço de galeria	Av. Prestes Maia, do Vd. Santa Ifigênia ao Rio Tamanduateí	24.450.000,00	0,00	24.450.000,00
	Saracura--Mirim	Reservatório RAN-3	Av. Nove de Julho a montante do reservatório Quatorze Bis	36.000.000,00	0,00	36.000.000,00
		Reforço de galeria	Av. Nove de Julho a montante do reservatório RAN-3	2.580.000,00	0,00	2.580.000,00
		Galeria-reservatório	R. Itapeva	2.190.000,00	0,00	2.190.000,00
		Galeria-reservatório	R. Rocha	3.280.000,00	0,00	3.280.000,00
	Saracura--Açu	Galeria-reservatório	R. Rocha, Una e Alm. Marquês de Leão	13.470.000,00	0,00	13.470.000,00
		Galeria-reservatório	R. Cardeal Leme	21.710.000,00	0,00	21.710.000,00
	Itororó	Reservatório RAN-5	Pç. dos Artesãos Calabreses	37.000.000,00	0,00	37.000.000,00
		Substituição de galeria	Av. Vinte e Três de Maio, junto ao reservatório RAN-5	7.850.000,00	0,00	7.850.000,00
3ª Etapa	Bexiga	Reservatório RAN-11	Pq. do Bexiga	17.080.000,00	11.235.000,00	28.315.000,00
		Reforço de galeria	R. Major Diogo/R. Humaitá	1.330.000,00	0,00	1.330.000,00
	Augusta	Galeria-reservatório	R. Frei Caneca	26.120.000,00	0,00	26.120.000,00
		Reforço de galeria	R. Augusta	2.650.000,00	0,00	2.650.000,00
	Saracura	Galeria-reservatório	R. Santo Antônio	8.190.000,00	0,00	8.190.000,00

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

Etapa	Córrego	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
3ª Etapa	Itororó	Abertura de córrego (canal-reservatório)	Av. Vinte e Três de Maio	14.200.000,00	0,00	14.200.000,00
		Galeria-reservatório	Av. Brigadeiro Luís Antônio ao córrego Itororó	16.110.000,00	0,00	16.110.000,00
	Área de contribuição direta para o Tamanduateí	Substituição de galeria	R. Dr. Bittencourt Rodrigues, Pç. da Sé e Av. Rangel Pestana	1.550.000,00	0,00	1.550.000,00
		Substituição de galeria	R. Frederico Alvarenga, R. Alexandria e Pq. Dom Pedro II	710.000,00	0,00	710.000,00
		Substituição de galeria	R. Vinte e Cinco de Março	750.000,00	0,00	750.000,00
		Substituição de galeria	Pç. Fernando Costa ao Rio Tamanduateí, e Vd. Antônio Nakashima ao Rio Tamanduateí	2.200.000,00	0,00	2.200.000,00
TOTAL				**395.960.000,00**	**11.235.000,00**	**407.195.000,00**

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa			TOTAL (milhões R$)
	1ª (milhões R$)	2ª (milhões R$)	3ª (milhões R$)	
Alternativa 1	166,9	120,2	89,8	376,9
Alternativa 2	156,5	148,5	102,2	407,2

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.

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

O investimento estimado para a primeira etapa proporciona reduções de 41% e de 37% da área de inundação de recorrência de 100 anos para a primeira e a segunda alternativas, respectivamente. O custo porcentual de cada etapa, em ambas as alternativas, são similares, sendo da ordem de 40% na 1ª etapa, 35% na 2ª etapa e 25% na última etapa.

O custo da ordem de R$ 160 milhões na 1ª etapa é justificado em função da grande quantidade de restrições e fragilidades encontradas na rede, que têm causado problemas graves na bacia hidrográfica mesmo para precipitações de frequência anual.

Embora todas as etapas propostas possuam investimentos proporcionais com a redução da área de inundação, em ambas as alternativas os maiores custos são concentrados nas duas primeiras etapas, a fim de que se possa proteger as áreas de maior tráfego de pessoas e veículos, como é o caso da Avenida Nove de Julho e do Vale do Anhangabaú.

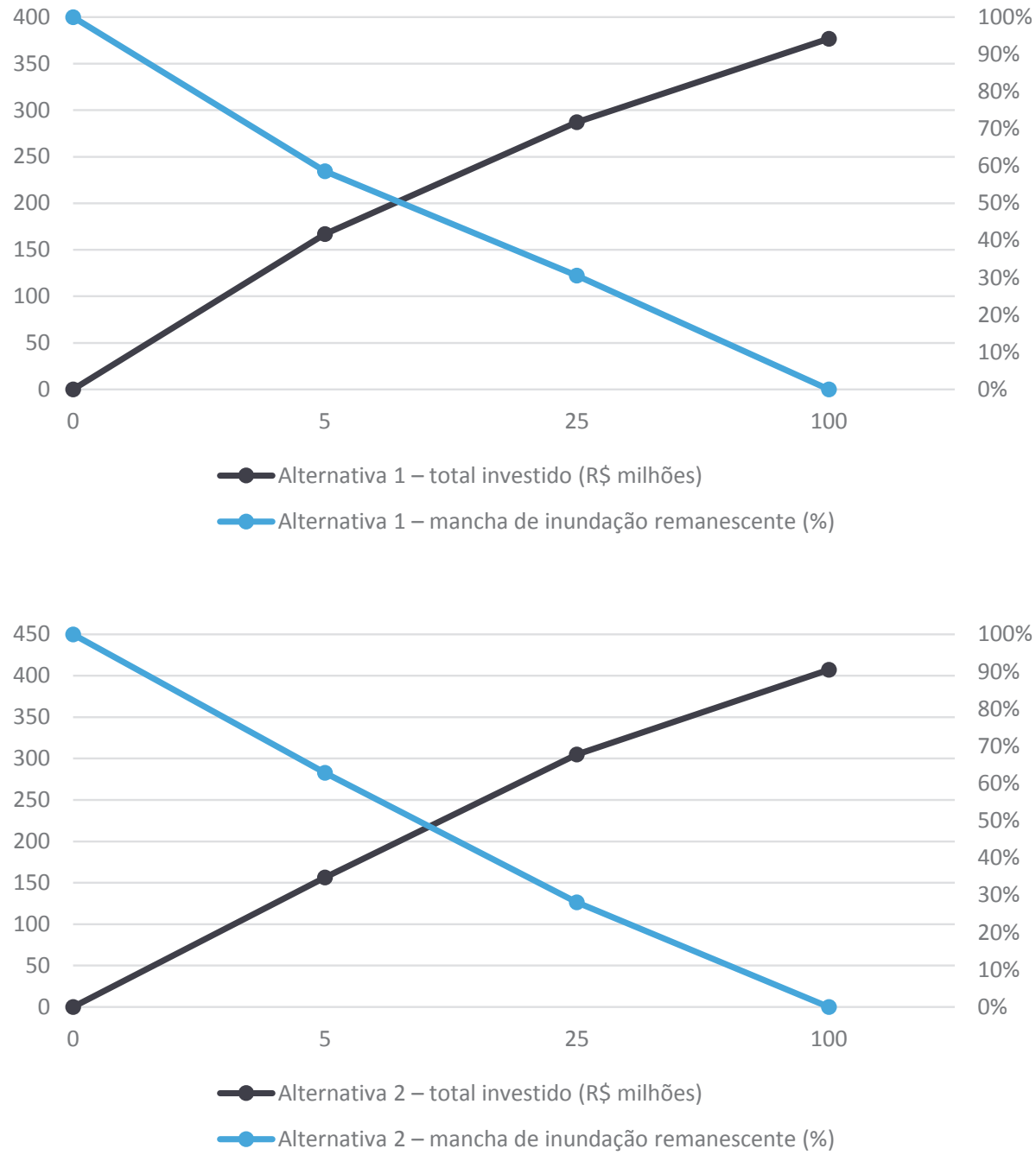


FIGURA 8.1 **Curvas de investimento e da redução da mancha de inundação ao longo do tempo**

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, abertura de córregos 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 Anhangabaú. 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 a subprefeitura da 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[30].

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 bocas-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.

---

30. 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.