



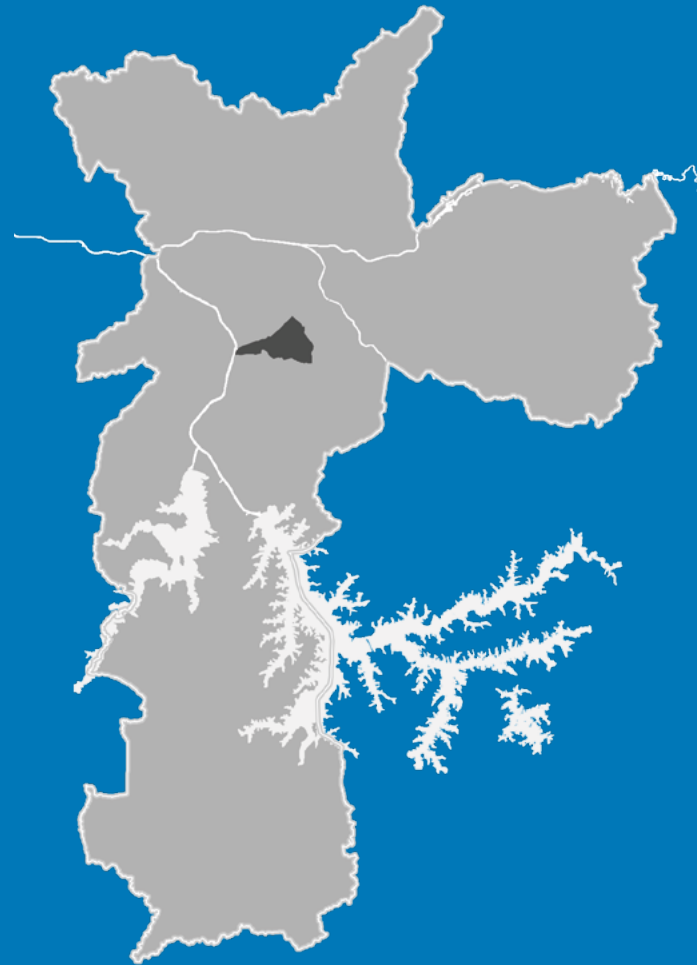
Proposta de abertura do córrego
Boa Vista, em um trecho logo a montante
do lago norte do Parque Ibirapuera

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO SAPATEIRO



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA
**BACIA DO CÓRREGO
SAPATEIRO**



BACIA DO
CÓRREGO SAPATEIRO



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

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO SAPATEIRO

São Paulo, 2022



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



CIDADE DE
SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA
URBANA E OBRAS

EQUIPE TÉCNICA

Nome	Função
Flavio Conde	Coordenador de Área
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Consultor e Revisor Técnico
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
Leticia Oliveira da Silva	Desenhista
Patrícia Fernandes Alves do Nascimento	Desenhista
Ana Paula Gasparroni Ferreira	Estagiária
Bárbara Costa Dias Scorzo	Estagiária
Carmen Boschetti Neias Ayres Neta	Estagiária
Gustavo Kenichi Tarui	Estagiário
João Pedro Deodato Barreto	Estagiário
Lucas Alves da Costa	Estagiário

Realização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

Projeto gráfico, capa e diagramação: Mayara Menezes do Moinho

Revisão de texto: Simone Oliveira

Foto da capa: Jean Matheus Mesquita Suplicy (foto de drone)

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Sapateiro/ Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2022. 262 p.

ISBN 978-65-89429-10-4

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Sapateiro (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



Sumário

Apresentação	9	5. Estudos e projetos existentes para a bacia	133
1. Definição de diretrizes básicas dos estudos	13	5.1 Projeto de reforço da drenagem no trecho final do córrego Boa Vista.....	134
Plano Diretor Estratégico – PDE	15	5.2 Projeto executivo de adequação dos lagos do Parque Ibirapuera.....	134
2. Caracterização da bacia	23	5.3 Proposta de criação de um caminho entre bacias hidrográficas	137
2.1 Localização	23	5.4 Propostas de revitalização de córregos	139
2.2 Histórico da bacia	26	6. Alternativas propostas	143
2.3 Hidrografia.....	29	6.1 Alternativa 1	145
2.4 Monitoramento hidrológico	51	6.2 Alternativa 2.....	152
2.5 Relevo	60	6.3 Localização das obras na bacia.....	160
2.6 Carta geotécnica.....	64	6.4 Vistas e perspectivas da rota rememorativa e do alteamento do lago do Parque Ibirapuera e do reservatório Mário Cardim	167
2.7 Uso do solo	68	6.5 Medidas complementares.....	212
2.8 Zoneamento urbano.....	74	6.6 Medidas não estruturais.....	212
2.9 População.....	88	6.7 Medidas de controle na fonte.....	224
2.10 Divisão administrativa municipal.....	89	7. Etapas de implantação das alternativas	231
2.11 Sistema de esgotamento sanitário	98	7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa	238
2.12 Sistema viário.....	102	8. Custo estimado	245
3. Critérios para o estudo	107	9. Indicadores de drenagem urbana	253
3.1 Chuva de projeto	108	10. Considerações finais	257
3.2 Sub-bacias hidrográficas.....	113	Glossário	259
3.3 Impermeabilização da bacia	116		
4. Mapeamento de áreas críticas	123		
4.1 Áreas inundáveis	123		
4.2 Áreas críticas.....	126		

Lista de abreviaturas e siglas

AC	Clubes Esportivos Sociais
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
Condephaat	Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo
Conpresp	Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CRHI	Coordenadoria de Recursos Hídricos

CTH	Centro Tecnológico de Hidráulica	IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica	LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
Detran	Departamento Estadual de Trânsito	MAC-USP	Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo
EMURB	Empresa Municipal de Urbanização de São Paulo	MDC	Mapa Digital da Cidade
EPA	Environmental Protection Agency	MPCA	Minnesota Pollution Control Agency
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	NATM	New Austrian Tunnelling Method
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto	NUDEC	Núcleos de Defesa Civil
FAU-Unb	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília	PA	Perímetro de Qualificação Ambiental
FAU-USP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo	PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica	PDD	Plano Diretor de Drenagem
FLU	Fluviométrico	PDE	Plano Diretor Estratégico
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê
GPRS	General Packet Radio Services	PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
GSM	Global System for Mobile	PHA	Departamento de Engenharia Hidráulica
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas	Planasa	Plano Nacional de Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	PMH	Plano Municipal de Habitação
IDF	Intensidade-duração-frequência	PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano	PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão
		PracaCant	Praça e Canteiro

PROCAV	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale	SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
PV	Poço de Visita	SWMM	Storm Water Management Model
QA	Quota Ambiental	tc	Duração crítica do evento
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo	Tr	Período de retorno
SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo	UACDC	University of Arkansas Community Design Center
SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação	UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
SF	Secretaria Municipal da Fazenda	UNDP	United Nations Development Program
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras	USP	Universidade de São Paulo
SMADS	Secretaria Municipal de Assistência Social	UTM	Universal Transversa de Mercator
SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano	ZC	Zona Centralidade
SMSP	Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras	ZCOR	Zona Corredor
SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana	ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento	ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo	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
		ZPR	Zona Predominantemente Residencial

Apresentação

Os cadernos de Bacia Hidrográfica compõem um importante instrumento para a redução dos riscos de inundação no Município de São Paulo.

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

Além de apresentar o diagnóstico da bacia e as medidas para o controle de cheias, o Caderno é uma ferramenta de apoio para a SIURB na análise de projetos existentes, otimizando as soluções e oferecendo um diagnóstico do desempenho das intervenções para cenários futuros e eventos críticos de chuvas observadas.

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 inundações em áreas de risco muito alto.

A bacia hidrográfica do córrego Sapateiro fica localizada na margem direita do Rio Pinheiros, na região Centro-Sul do Município de São Paulo.

O Caderno está dividido em dez capítulos. 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. Também neste capítulo, o Memorial Fotográfico mostra alguns dos principais problemas de inundação da bacia e pontos de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias.

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, compostas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas três etapas: a primeira é concebida 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 emergência de inundações; 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

forem submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

No Capítulo 8, estabelece-se uma estimativa preliminar dos custos das intervenções propostas. No Capítulo 9 são apresentados

os parâmetros para o desenvolvimento dos indicadores de desempenho do sistema de drenagem da bacia em estudo.

O Capítulo 10 apresenta as considerações finais, com um resumo dos estudos.



Lago norte do Pq. Ibirapuera (foto: Sara Martins Pion)

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 predefinido, 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 Municipal de Habitação – PMH (PMSP/SEHAB, 2011)¹, 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)²; o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FUSP, 2009)³, 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)⁴; entre outros.

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. Esse plano encontra-se atualmente em revisão.

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;

1. São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB).

2. 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.

3. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP.

4. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica.

- 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.

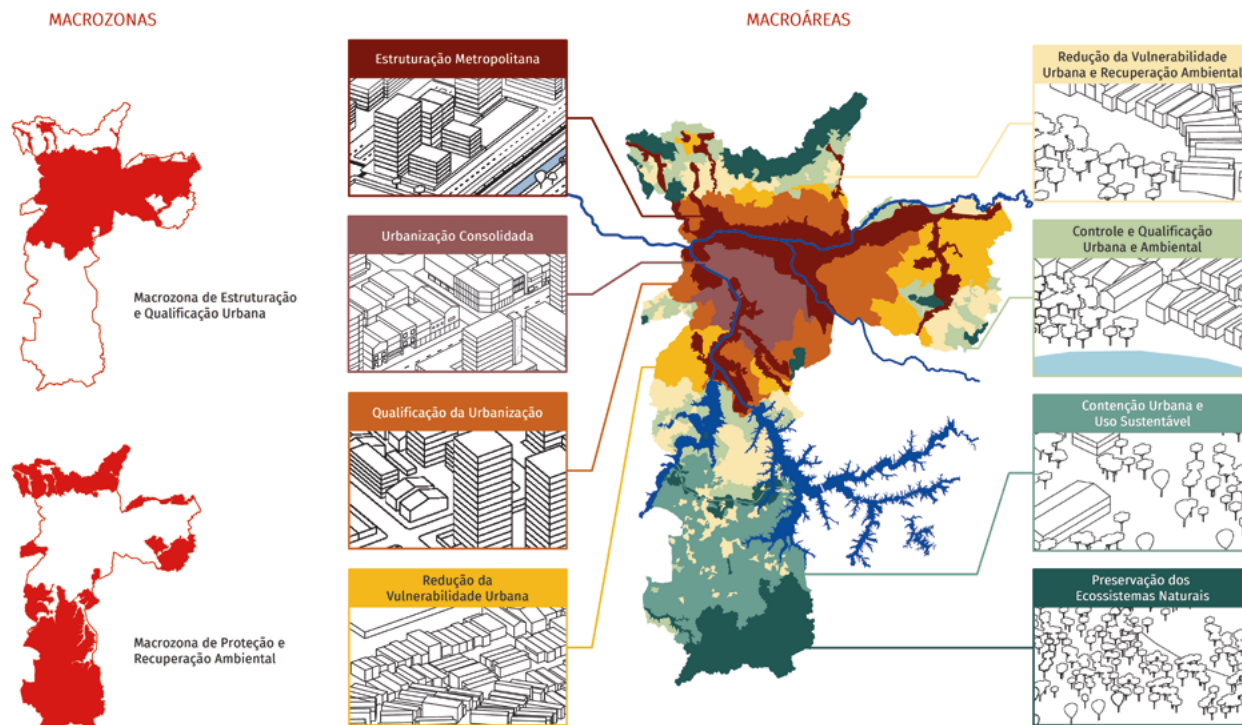
A rede de estruturação e transformação urbana é composta da rede hídrica ambiental

(constituída pelo conjunto de cursos d'água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d'água e planícies aluviais) e dos parques urbanos, lineares e 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

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



(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 diretrizes de preservação ambiental e de participação da sociedade nas ações de drenagem e de manejo das águas pluviais.

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 a 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 carregada 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, estabelecido pelo PDE em seu Art. 272, 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 ao longo dos fundos de vale;
- 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 infiltração das águas pluviais no solo e criando áreas inundáveis, depressões e lagos para sua retenção, quando necessário.

Caracterização da bacia

2.1 LOCALIZAÇÃO

A bacia em estudo localiza-se na região Centro-Sul do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 10 km², correspondente a 0,7% da área total do Município (**FIGURA 2.1**). Essa bacia é afluente da margem direita do Rio Pinheiros e está situada em seu trecho inferior, a jusante da Usina Elevatória de Traição.

O córrego Sapateiro tem nascentes que se localizam no bairro da Vila Mariana, próximas à Avenida Domingos de Moraes, a oeste do espigão da Avenida Paulista. Esse córrego apresenta ainda quatro afluentes principais, sendo o mais importante deles o córrego Boa Vista, canalizado e fechado sob a Avenida Vinte e Três de Maio. Os demais são o córrego Assembleia, o córrego Caaguaçu e o córrego Matadouro. Recebem destaque, na rede hídrica, os lagos do Parque do Ibirapuera, que funcionam como reservatórios de retenção para controle de cheias da bacia.



Convenção

— Rede hídrica



Bacia do Sapateiro



Quadra viária

—+— Linha férrea

Área de drenagem: 10,1 km²



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022)
e Mapa Hidrográfico do Município (2022)



FIGURA 2.1 Localização da bacia hidrográfica do córrego Sapateiro



Neste estudo, foi também considerada uma pequena área de contribuição direta (ACD), com 0,1 km², localizada entre a foz do córrego Sapateiro e a estação Vila Olímpia da CPTM.

2.2 HISTÓRICO DA BACIA

As nascentes do córrego Sapateiro estão inseridas na Vila Mariana, hoje um bairro consolidado da cidade de São Paulo, uma região anteriormente ocupada por chácaras e terrenos verdejantes, repletos de córregos e de rios a céu aberto.

Em 1887, teve início a operação do Matadouro Municipal, elemento-chave no desenvolvimento da região, juntamente com a inauguração da Estrada de Ferro Santo Amaro (*Tramway* de Santo Amaro), operada pela Companhia Carris de Ferro de São Paulo a Santo Amaro.

A urbanização do bairro ocorreu de forma planejada, com a instalação da ferrovia, e foi acelerada com as possibilidades de emprego e comércio que surgiram. Por volta de 1900, a iluminação pública a gás chegou às

principais ruas paralelamente à chegada da iluminação elétrica domiciliar; e, em 1902, se deu a inauguração da linha de bondes elétricos desde o bairro da Liberdade até a Vila Mariana, em substituição à antiga ferrovia. Em 1903, surgem os defensores do congelamento da carne, e então as primeiras câmaras frigoríficas aparecem – já que a questão sanitária da qualidade da carne começara a ser questionada. Por volta de 1920, a Vila Mariana se consolidava como um bairro urbanizado. Entretanto, a proximidade do matadouro deixava os moradores da região descontentes. Assim, com a crescente aceitação do consumo da carne resfriada, somada às inadequações sanitárias do Matadouro Municipal da Vila Mariana, em 8 de janeiro de 1928 a Prefeitura decreta seu fechamento⁵.

Outro local de destaque nessa bacia é o Parque Ibirapuera, construído em uma área originalmente alagadiça, ocupada por uma comunidade indígena – o nome “Ibirapuera” significa “árvore apodrecida” em tupi-guarani⁶. Na época de funcionamento do Matadouro Municipal, a área do parque era utilizada para a pastagem dos animais que aguardavam o abate. A atividade de extração

5. PEIXOTO, E. R.; PALAZZO, P. P.; DERNTL, M. F.; TREVISAN, R. O matadouro municipal da Vila Mariana: um paradoxo na urbanização de São Paulo. **XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo**. Brasília: FAU-UnB, 2014.

6. PARQUE IBIRAPUERA CONSERVAÇÃO. (2022). **História e fotografias históricas**. São Paulo, 2022.



FIGURA 2.2 Vista aérea do Ibirapuera; ao fundo, o Obelisco, a Oca e parte do parque, ano de 1969 (foto: Ivo Justino. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo)

de areia também foi realizada nessa área. Ao final do fechamento da lavra, as cavas de mineração foram utilizadas como reservatório de detenção, local hoje conhecido como o lago do Parque Ibirapuera⁷.

O parque teve seus primeiros ensaios para se tornar público durante o governo de José Pires do Rio. Nesse sentido, o então prefeito sugeriu a ideia de um parque bonito, arborizado, com áreas de lazer e organizado, com o objetivo de “higienizar a população urbana”. Mas foi só em 1930, com o Plano de Avenidas, proposto por Prestes Maia, que o parque passou a compor o plano urbanístico da cidade de São Paulo. Tendo em vista tais aspectos, a intenção do plano era dividir os loteamentos feitos em 1918 em dois eixos: um voltado para as classes mais abastadas, que contaria com um belo planejamento paisagístico, e outro para as classes mais baixas, que poderiam se beneficiar de áreas voltadas ao lazer e à recreação⁸.

Sendo assim, o parque foi inaugurado em 1954, com projeto concebido por arquitetos como Oscar Niemeyer e outros grandes nomes da época. O local se tornou um

dos grandes marcos do governo de Prestes Maia e um símbolo do desenvolvimento da capital paulista.

Na década de 1960, o córrego Sapateiro, antes chamado de Rio das Pedras, foi canalizado e atualmente preserva apenas um trecho aberto dentro do Parque Ibirapuera. Já o córrego Matadouro tem seu nome oriundo da água vermelha manchada pelos resíduos do abate de animais e da lavagem dos couros em suas águas. Em 1988, a Cinemateca Brasileira ocupou o espaço do antigo Matadouro Municipal, cujos galpões foram transformados em salas de cinema. Hoje, seus edifícios históricos são tombados pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo – Condephaat, e pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo – Conpresp.

Apesar das canalizações, até pouco tempo atrás as águas dos córregos da bacia se encontravam bastante poluídas. Para proteger os lagos do parque da poluição proveniente das águas dos córregos que os alimentam,

7. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Recuperação de área lavrada**. Infraestrutura e Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/coordenadoria-de-petroleo-gas-e-mineracao/recuperao-de-area-lavrada>. Acesso em: 8 jul. 2022.

8. LOFEGO, S. L. **IV Centenário da Cidade de São Paulo**: uma cidade entre o passado e o presente. v. 1. São Paulo: Annablume, 2004.

em outubro de 2000 foi inaugurada a Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes, localizada dentro do Parque Ibirapuera.

Além disso, em 2007, uma parceria entre a Prefeitura e o Governo do Estado de São Paulo lançou o Programa Córrego Limpo, que incluía a despoluição do córrego Sapateiro. Os trabalhos envolveram obras de conclusão do coletor-tronco Sapateiro e de saneamento da comunidade Mário Cardim. O coletor-tronco Sapateiro é uma tubulação de 2,5 km de extensão e 1.500 mm de diâmetro, responsável por encaminhar os esgotos coletados dos imóveis das regiões do Ibirapuera, do Itaim Bibi e da Chácara Itaim para o Interceptor Pinheiros – uma estrutura ainda maior que, por sua vez, leva o esgoto para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Barueri. Tal obra permitiu que deixassem de ser despejados no Rio Pinheiros cerca de 400 L/s ou 34.560 m³ de esgoto por dia.

Na comunidade Mário Cardim, foram instalados cerca de 300 m de rede coletora de esgotos, 400 m de rede de distribuição de água, 126 ligações de esgotos e 185 ligações de água, beneficiando cerca de 2 mil moradores. Essa intervenção possibilitou eliminar o lançamento de esgoto dessa comunidade em galerias de águas pluviais do córrego Sapateiro, contribuindo significativamente para a melhoria da qualidade da água do lago do Parque Ibirapuera.

2.3 HIDROGRAFIA

O sistema de drenagem principal da bacia em estudo é composto pelo córrego Sapateiro e seus principais afluentes, os córregos Boa Vista e Assembleia. A extensão total de córregos nessa bacia é de 18.000 m, apresentando apenas um trecho a céu aberto, de 800 m, dentro do Parque Ibirapuera.

Principal corpo hídrico dessa bacia, o córrego Sapateiro apresenta 6.800 m de extensão, sendo formado em sua cabeceira por dois braços, estando o início do mais importante deles na região da Rua Cel. Lisboa, na Vila Mariana, unindo-se ao afluente que percorre a Vila Clementino na Praça Soichiro Honda, prosseguindo sob o complexo viário que interliga as avenidas Rubem Berta, Pedro Álvares Cabral, Quarto Centenário e Sena Madureira, desembocando em um trecho a céu aberto dentro do Parque Ibirapuera e, então, formando os lagos deste.

Canalizado na década de 1960, o córrego Sapateiro, depois de seu trecho a céu aberto no Parque Ibirapuera, segue sob o Túnel Tribunal de Justiça canalizado, pelas galerias da Avenida Pres. Juscelino Kubitschek, cruza a Avenida Faria Lima e prossegue margeando o lado esquerdo do Parque do Povo até sua foz, no Rio Pinheiros.

A confluência com seu principal afluente, o Córrego Boa Vista, ocorre no interior do

Parque Ibirapuera. Este afluente tem 3.000 m de extensão com nascentes próximas ao Viaduto Santa Generosa, sob a Avenida Vinte e Três de Maio, seguindo até a Praça Ibrahim Nobre, onde se une a seu braço conhecido como Caaguaçu, cuja nascente está próxima à Rua Humberto I. O córrego Caaguaçu percorre a Vila Mariana, passando pela Rua Dr. Astolfo Araújo, até se juntar a seu braço principal.

Outros afluentes do córrego Boa Vista são o córrego Guariba, que tem sua nascente na Praça Arquimedes da Silva e se une ao córrego Caaguaçu na Rua Dr. Amâncio de Carvalho, e o córrego Assembleia, que segue pela Rua Manuel da Nóbrega, passando pela Rua Nábila Abdala Chohfi até o Parque Ibirapuera, por onde percorre a margem oeste do lago norte até sair sob a Rua Lima Barros e a Rua Bento de Andrade, encontrando-se, então, com o trecho principal.

Em períodos de chuva, as águas drenadas a montante da bacia abastecem os lagos do parque, muitas vezes provocando inundações na região, principalmente nos pontos baixos, localizados sob o Viaduto General Marcondes Salgado, provocando, com isso, a paralisação do tráfego na Avenida Vinte e Três de Maio.

Os lagos do Parque Ibirapuera, por sua vez, funcionam como um reservatório de abatimento de cheias. Durante um evento de chuva, a estrutura de vertimento da saída dos lagos possibilita uma variação na altura da lâmina d'água desses corpos hídricos, permitindo, assim, o abatimento temporário de volumes de chuva (**FIGURA 2.3**). O volume de armazenamento do lago norte é de 27 mil m³ e, do lago sul, de 74 mil m³, totalizando 101 mil m³, que corresponde ao volume de espera (volume entre o nível de água permanente e a cota de extravasamento)⁹.

O mapa hidrográfico da bacia do córrego Sapateiro é apresentado na **FIGURA 2.4**. O traçado apresentado nele 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 2.5** indica as dimensões das galerias principais da bacia do córrego Sapateiro. Os trechos apontados como galerias principais são os que foram incorporados ao modelo matemático utilizado para a avaliação do sistema de drenagem dessa bacia.

9. Projeto executivo de adequação das estruturas de contenção e dos vertedouros dos lagos existentes. Estudo elaborado pela Hidrostudio Engenharia para a SIURB/PMSP em janeiro de 2013.

Lago norte (foto: FCTH)



Lago sul (foto: FCTH)



Extravasador do lago norte (foto: FCTH)



Extravasador do lago sul (foto: Hidrostudio)



FIGURA 2.3 Lagos do Pq. Ibirapuera e estruturas de vertimento em suas saídas

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Rede hídrica

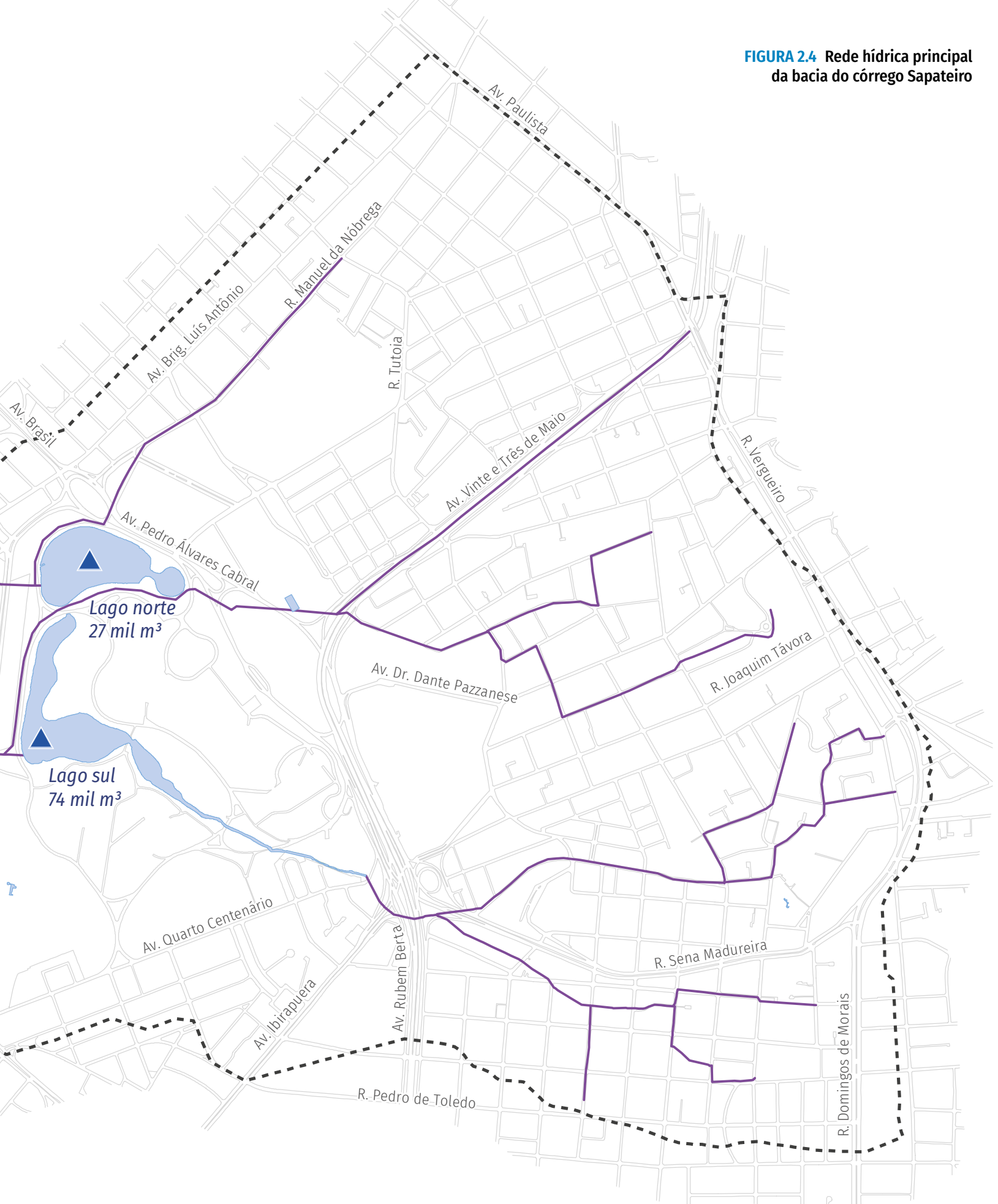
- Rio e córrego a céu aberto
- Rio e córrego fechado









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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022)
e Mapa Hidrográfico do Município (2022)




FIGURA 2.4 Rede hídrica principal da bacia do córrego Sapateiro

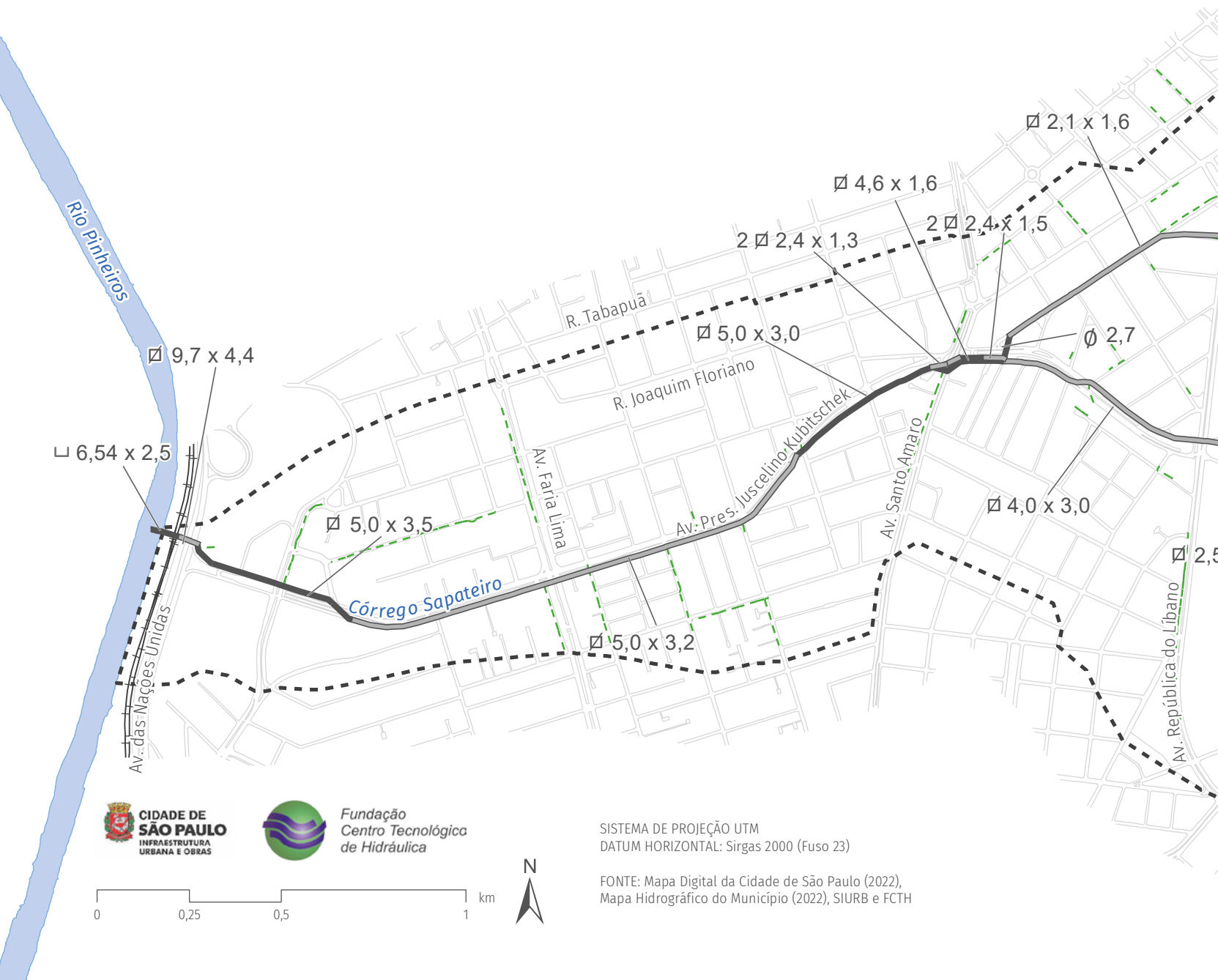


Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Sapateiro
-  Quadra viária
-  Linha férrea
-  Galeria principal
-  Galeria secundária

Dimensões em metros

-  Seção circular
-  Seção retangular fechada
-  Seção retangular aberta



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
 Mapa Hidrográfico do Município (2022), SIURB e FCTH

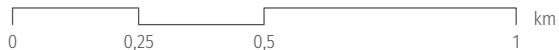
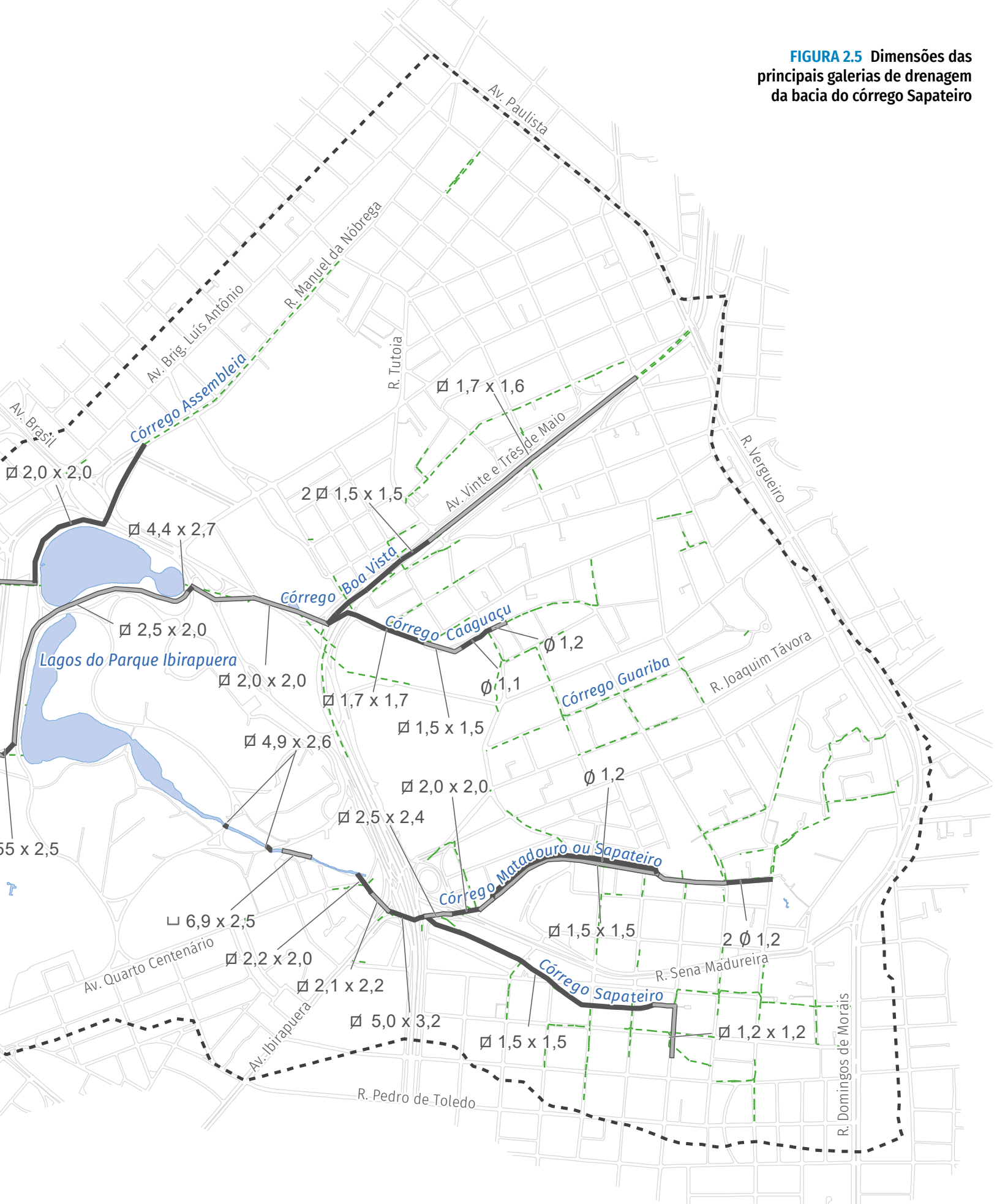


FIGURA 2.5 Dimensões das principais galerias de drenagem da bacia do córrego Sapateiro



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 Sapateiro é exibido na **FIGURA 2.6**. Nesse diagrama, são apresentadas as vazões geradas pelo modelo hidráulico-hidrológico, que representa a situação hidráulica da rede existente para uma chuva com período de retorno igual a 100 anos. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões máximas suportadas nas galerias para a mesma chuva de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento do escoamento nos condutos hidráulicos e nos lagos.

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 Sapateiro, é possível notar que a maior parte dos trechos analisados apresenta insuficiência do sistema de drenagem existente. Sob essa premissa, destacam-se as galerias do córrego Boa Vista, que apresentam vazões até duas vezes a própria capacidade na região da Avenida Vinte e Três de Maio, e as vazões do córrego Sapateiro, até quatro vezes maiores do que sua capacidade no trecho localizado próximo à Rua José Ferreira Pinto.

2.3.2 INUNDAÇÕES NA BACIA DO CÓRREGO SAPATEIRO

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

que apresentam fissuras, solapamentos e armaduras expostas.

O levantamento dos problemas de inundação na bacia do córrego Sapateiro reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2004 a 2022 e, também, levantamentos recentes realizados pela FCTH nas regiões críticas de inundações. Os estudos da FCTH se deram por meio do levantamento topográfico das áreas de inundações, delimitadas durante entrevistas com moradores e ocupantes da região. Esse levantamento também teve como objetivo verificar a permanência dos pontos de inundação na bacia.

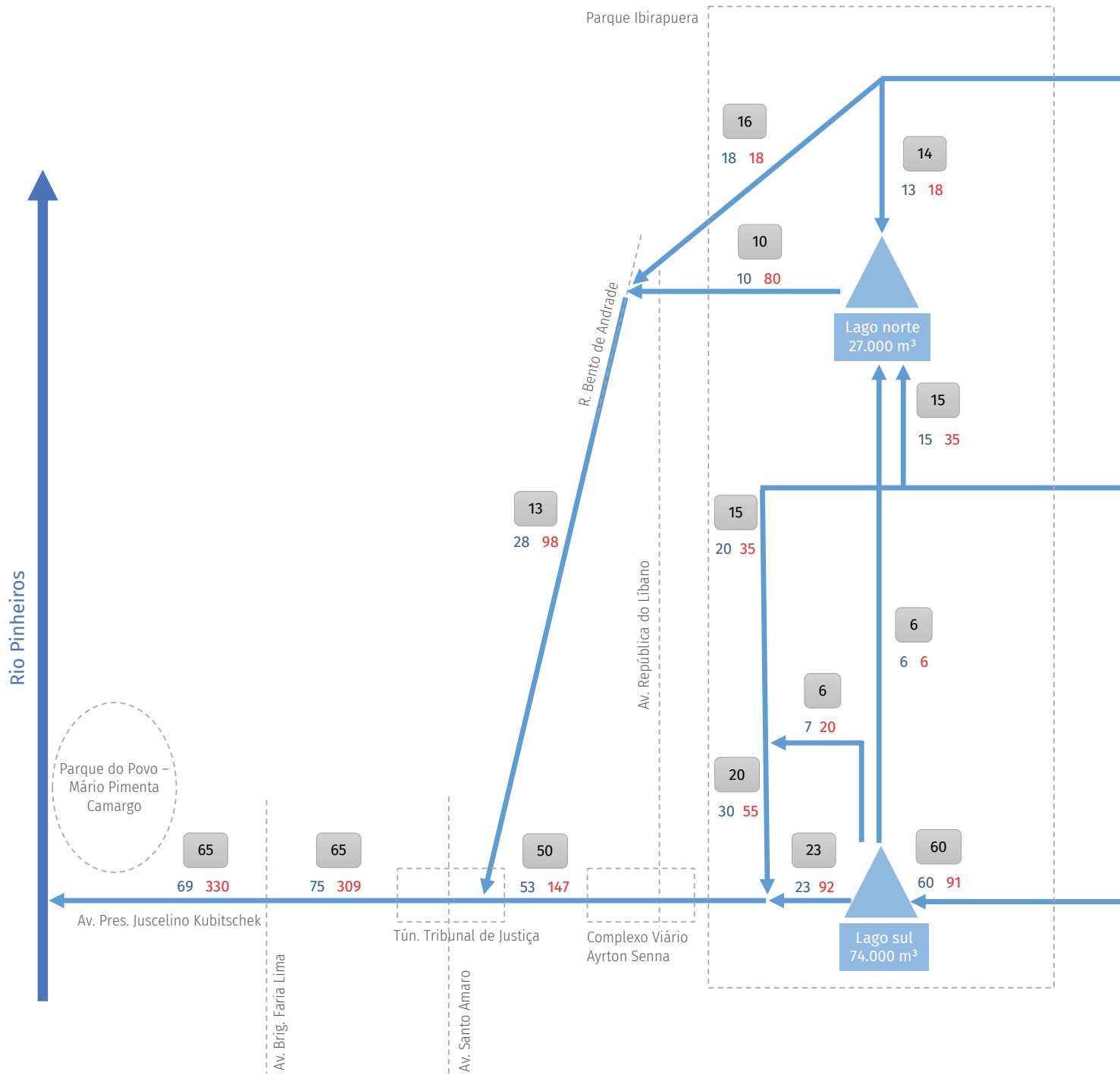
Um de seus principais pontos de alagamento, o ponto baixo da Avenida Vinte e Três de Maio, em frente ao Viaduto General Marcondes Salgado, resulta da incapacidade da galeria de jusante no ponto de encontro entre os dois braços principais do córrego Boa Vista, cuja vazão afluyente é duas vezes superior à capacidade da galeria.

Outro ponto de alagamento, mais ao sul da Avenida Vinte e Três de Maio, próximo ao Complexo Viário João Jorge Saad, também é consequência da incapacidade das galerias do córrego Sapateiro, nesse caso, no trecho da Vila Clementino.

As saídas dos lagos do parque também apresentam capacidade insuficiente para as vazões afluentes, assim como as galerias de jusante, sendo recorrentes extravasamentos nas saídas de ambos os lagos. A galeria da Rua Bento de Andrade também está subdimensionada para essas vazões, assim como as galerias do córrego Sapateiro na Avenida Antônio Joaquim de Moura Andrade. Destacam-se ainda inundações nas imediações do Portão 6 do Parque Ibirapuera, na Avenida Quarto Centenário e após o cruzamento da Avenida Pres. Juscelino Kubitschek com a Avenida Faria Lima.

Conforme apresentado no mapa da **FIGURA 2.7**, é possível verificar que, ao longo dos principais córregos da bacia, existem áreas sujeitas a inundações.

FIGURA 2.6 Diagrama unifilar de vazões da bacia do córrego Sapateiro (situação atual)

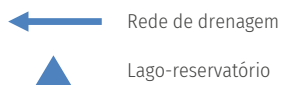


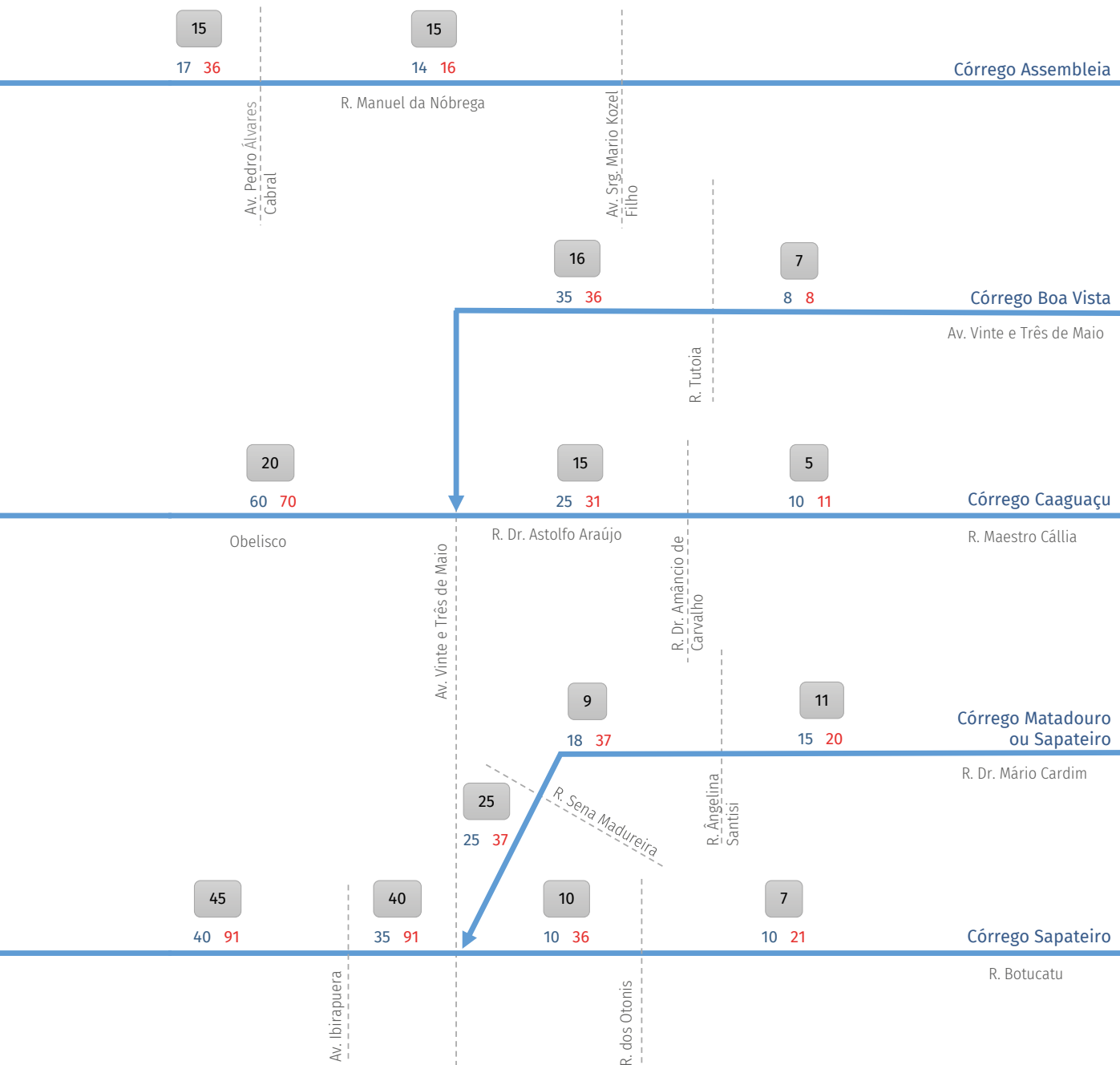
Capacidade máxima da seção (m³/s)

Vazões Tr 100 anos –
Modelo hidráulico-hidrológico (m³/s)

Vazões Tr 100 anos –
Modelo hidrológico (m³/s)

EXISTENTE





Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Levantamento de inundações/
alagamentos

- Histórico – SIURB
- Levantamento FCTH

Pontos de alagamento CET/CGE
(2004-2022)

- Intransitável
- Transitável



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022), CGE/CET (2004-2022),
SIURB e FCTH (2022)

FIGURA 2.7 Diagnóstico das inundações na bacia do córrego Sapateiro



2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico da bacia do córrego Sapateiro, de montante para jusante, conforme indicada a localização no mapa de referência ao lado das fotos.

As imagens ilustram os pontos críticos da bacia em termos de inundação e alargamento, bem como os locais de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias, conforme descrição a seguir:

- Região da nascente do córrego Guariba (**FIGURA 2.8**): (1) vista da Praça Arquimedes da Silva; (2) vista de possível afloramento do lençol freático; e (3) vista para jusante no cruzamento entre as ruas Cel. Artur Godói e Dr. Fabrício Vampré, onde a galeria segue pelo meio da quadra nos fundos dos lotes;
- Região da confluência entre os córregos Caaguaçu e Guariba (**FIGURA 2.9**): (1) vista para jusante próximo à confluência na Rua Dr. Astolfo Araújo, onde é possível ver o córrego sob as grades; (2) vista para montante no córrego Caaguaçu, na Rua Dr. Astolfo Araújo; e (3) vista para montante no córrego Guariba, na Rua Áurea;
- Região suscetível a inundações no córrego Sapateiro nas imediações da Rua Sena Madureira (**FIGURA 2.10**): (1) vista para montante na Rua dos Otonis; (2) vista para montante na Rua Estado de Israel; e (3) vista para montante na Rua José Ferreira Pinto;
- Áreas inundáveis nas imediações da Avenida Vinte e Três de Maio (**FIGURA 2.11**): (1) vista do trecho inundável no córrego Boa Vista; (2) vista do trecho inundável no córrego Matadouro; e (3) vista do trecho inundável no córrego Sapateiro;
- Área inundável no lado sul do Parque Ibirapuera (**FIGURA 2.12**): (1) vista de inundação ocorrida na Avenida Quarto Centenário; (2) vista de PV na Avenida Quarto Centenário; e (3) vista para o parque;
- Córrego Sapateiro dentro do Parque Ibirapuera (**FIGURA 2.13**): (1) vista para jusante no córrego Sapateiro; (2) vista para o lago sul; e (3) vista do desembocamento da galeria do córrego Boa Vista no lago norte;
- Córrego Sapateiro a jusante dos lagos do Ibirapuera (**FIGURA 2.14**): (1) vista da Rua Lourenço de Almeida; (2) vista do interior do Túnel Tribunal de Justiça; e (3) vista de área de inundação na Rua Joaquim Floriano;
- Região de jusante da bacia do Sapateiro (**FIGURA 2.15**): pontos baixos nas ruas (1 e 3) Leopoldo Couto Magalhães Júnior e (2) Brig. Haroldo Veloso.



Bacia do Sapateiro



FIGURA 2.8 Fotos da região de cabeceira nas nascentes do córrego Guariba, nas imediações da Pç. Arquimedes da Silva



Bacia do Sapateiro



FIGURA 2.9 Fotos da região de confluência entre os córregos Caaguaçu e Guariba, nas imediações da R. Dr. Astolfo Araújo



Bacia do Sapateiro

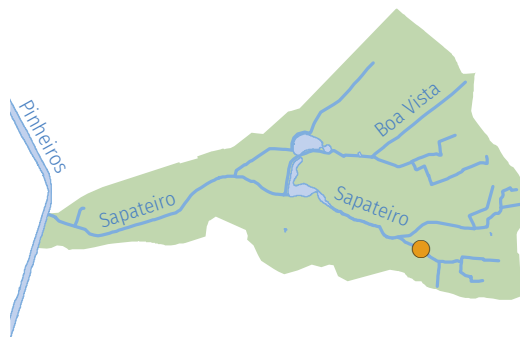


FIGURA 2.10 Fotos de área suscetível a inundações no córrego Sapateiro, nas imediações da R. Sena Madureira



Bacia do Sapateiro



FIGURA 2.11 Fotos das áreas inundáveis nas imediações da Av. Vinte e Três de Maio



Bacia do Sapateiro

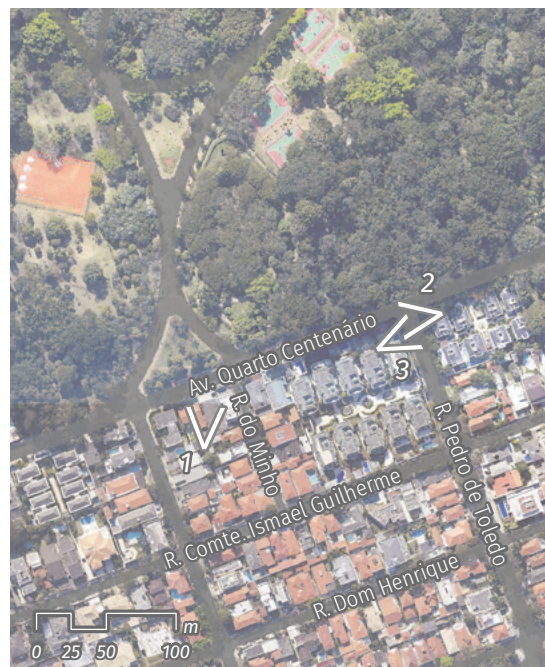


FIGURA 2.12 Fotos da área inundável no Portão 6 do Pq. Ibirapuera, na Av. Quarto Centenário



Bacia do Sapateiro



FIGURA 2.13 Fotos do córrego Sapateiro dentro do Pq. Ibirapuera



Bacia do Sapateiro

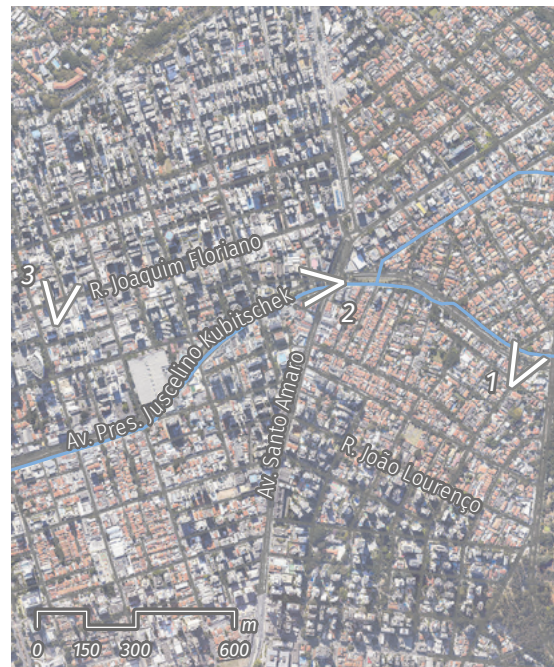
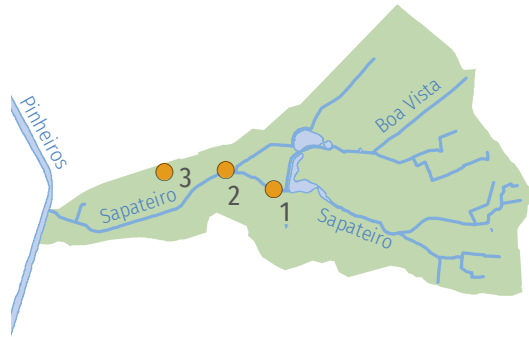


FIGURA 2.14 Fotos do córrego Sapateiro a jusante dos lagos do Ibirapuera



Bacia do Sapateiro

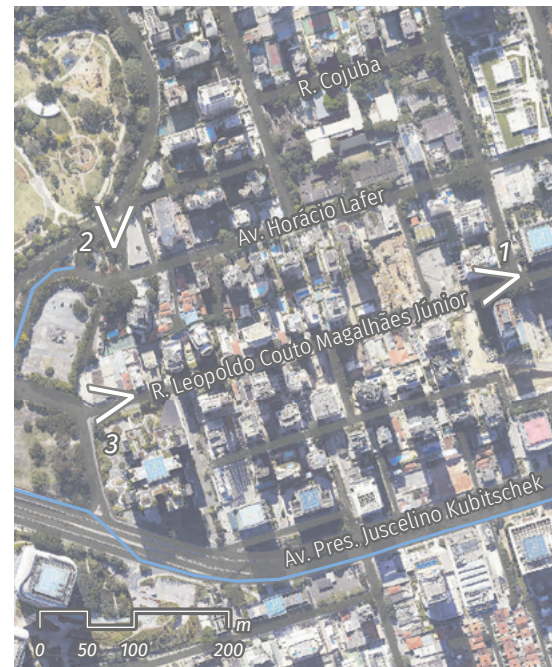


FIGURA 2.15 Fotos da região de jusante da bacia do Sapateiro

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 balsa, 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.

Devido às inundações recorrentes na bacia, foram instalados dois postos de monitoramento em locais estratégicos, um a montante do lago sul do Parque Ibirapuera e outro no córrego Boa Vista. São eles:

- Posto 783 – Córrego Sapateiro Parque Ibirapuera: operação com início em dezembro/2020 e cuja série de dados é apresentada na **FIGURA 2.16**. Localizado no Parque Ibirapuera, dentro da Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes da Sabesp, essa estação telemétrica tem

um sensor de ultrassom para aferição do nível do trecho do córrego aberto, cuja cota de extravasamento se localiza ao nível do terreno (746,12 m);

- Posto 837 – Córrego Boa Vista – Viaduto Tutoia: em fase de testes. Esse posto está situado na Avenida Vinte e Três de Maio, próximo ao Viaduto Tutoia, e conta com um sensor de nível do tipo pressão.

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

- Posto 1000868 – Vila Mariana – Rua Vergueiro: operação com início em abril/2012;

- Posto 1000879 – Rio Pinheiros Superior – Usina Elevatória Traição: operação com início em maio/2013;
- Posto 277 – Rio Pinheiros – Ponte Cidade Universitária: operação com início em setembro/2007.

A **FIGURA 2.17** indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo, incluindo os dois postos recém-instalados.

Da **FIGURA 2.18** à **FIGURA 2.20**, são apresentadas as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos postos. Por fim, da **FIGURA 2.21** à **FIGURA 2.23**, estão indicadas as precipitações médias mensais dos três postos cujas séries históricas são mais longas.

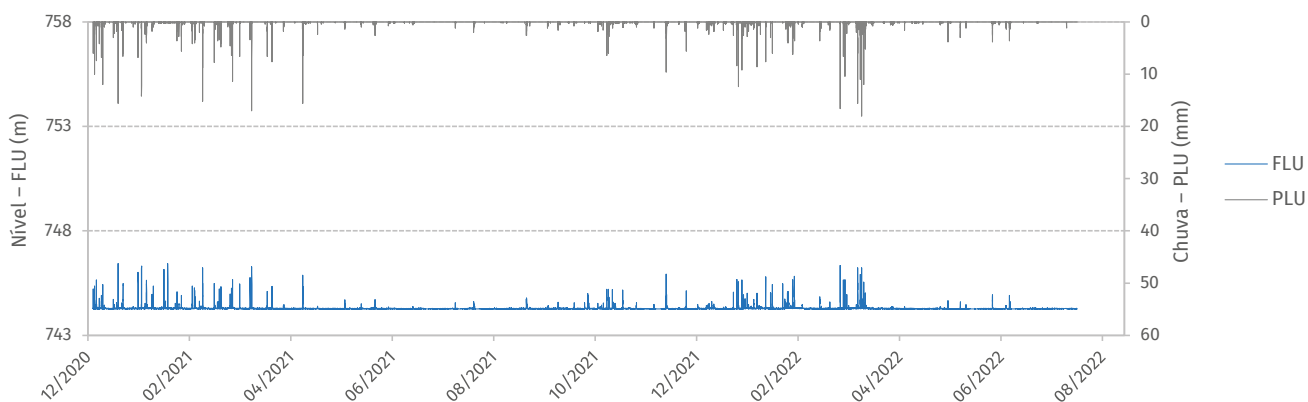
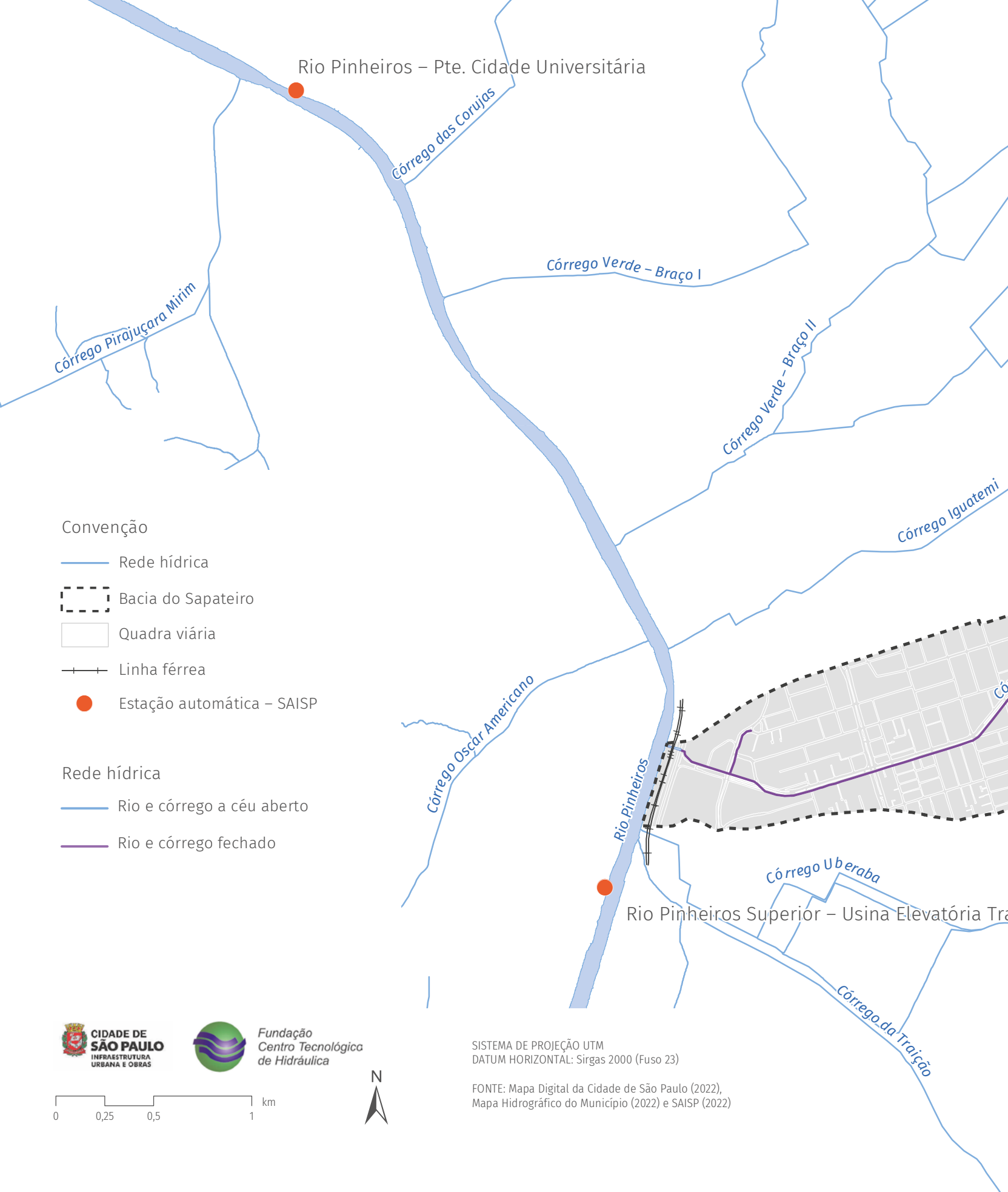


FIGURA 2.16 Pluviograma e fluviograma do Posto 783 – Córrego Sapateiro Parque Ibirapuera



Posto no córrego Sapateiro, dentro do Pq. Ibirapuera (foto: FCTH)



Convenção

- Rede hídrica
- ⊞ Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea
- Estação automática – SAISP

Rede hídrica

- Rio e córrego a céu aberto
- Rio e córrego fechado



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e SAISP (2022)



FIGURA 2.17 Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações da bacia do córrego Sapateiro

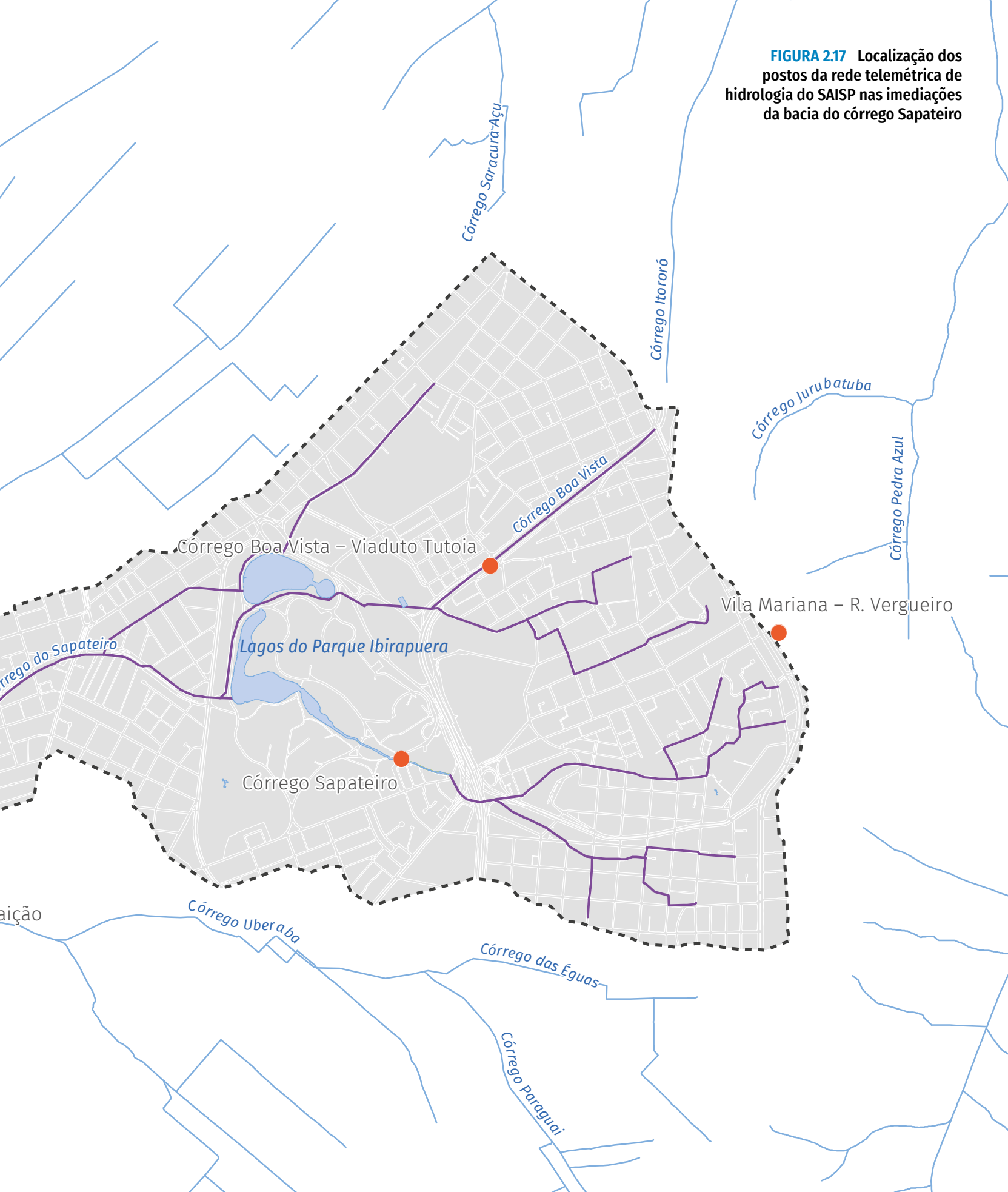


FIGURA 2.18 Pluviograma histórico do Posto 1000868 – Vila Mariana – Rua Vergueiro

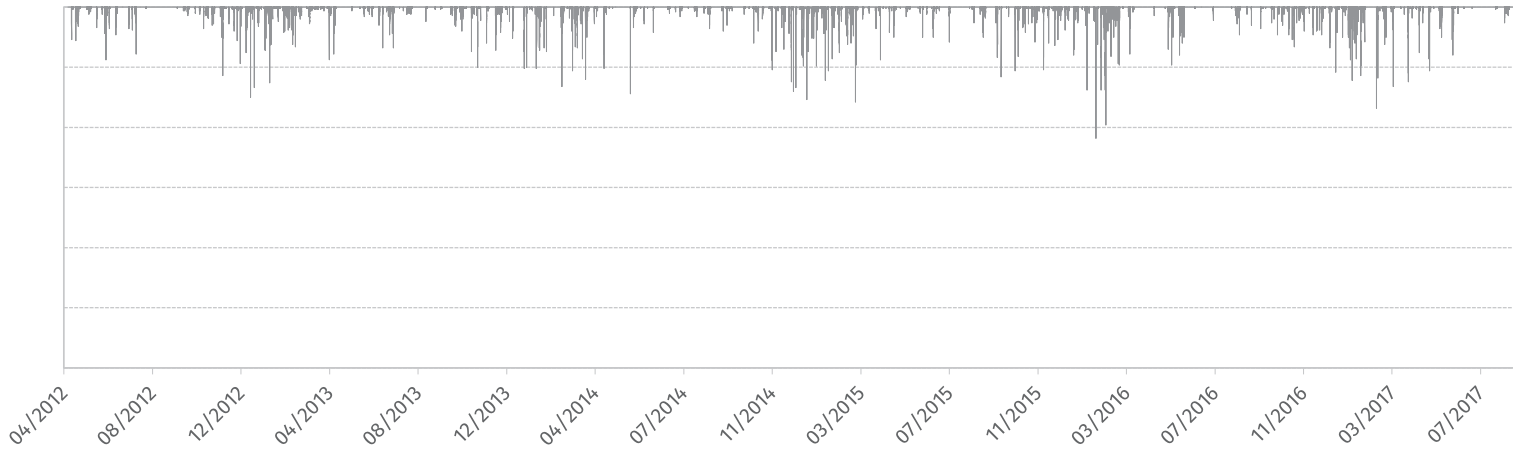


FIGURA 2.19 Pluviograma histórico do Posto 1000879 – Rio Pinheiros Superior – Usina Elevatória Traição

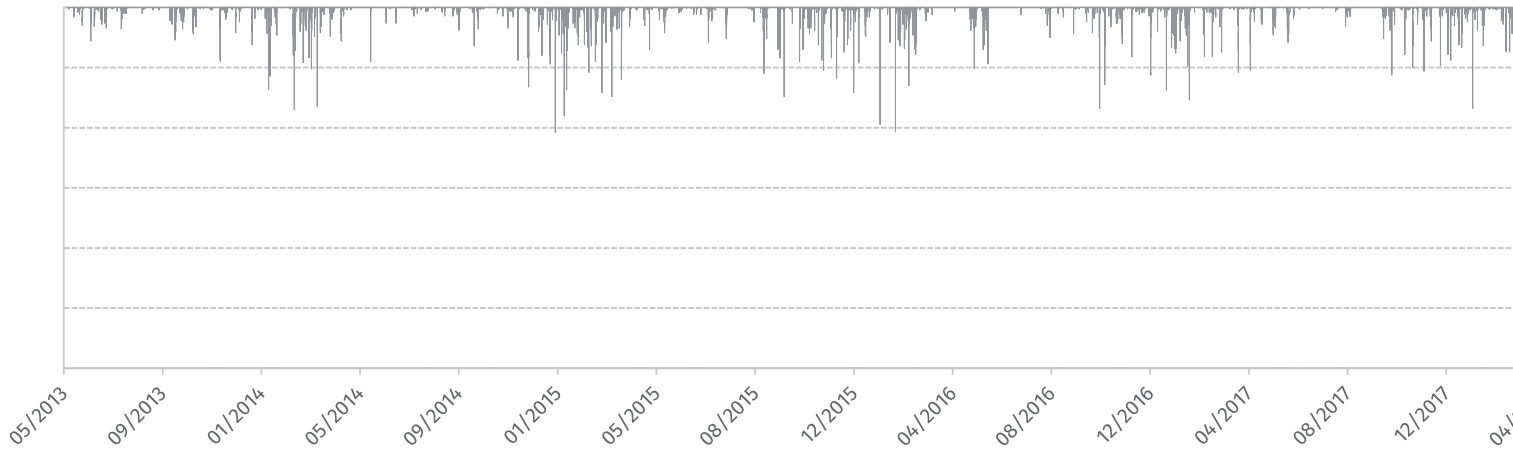
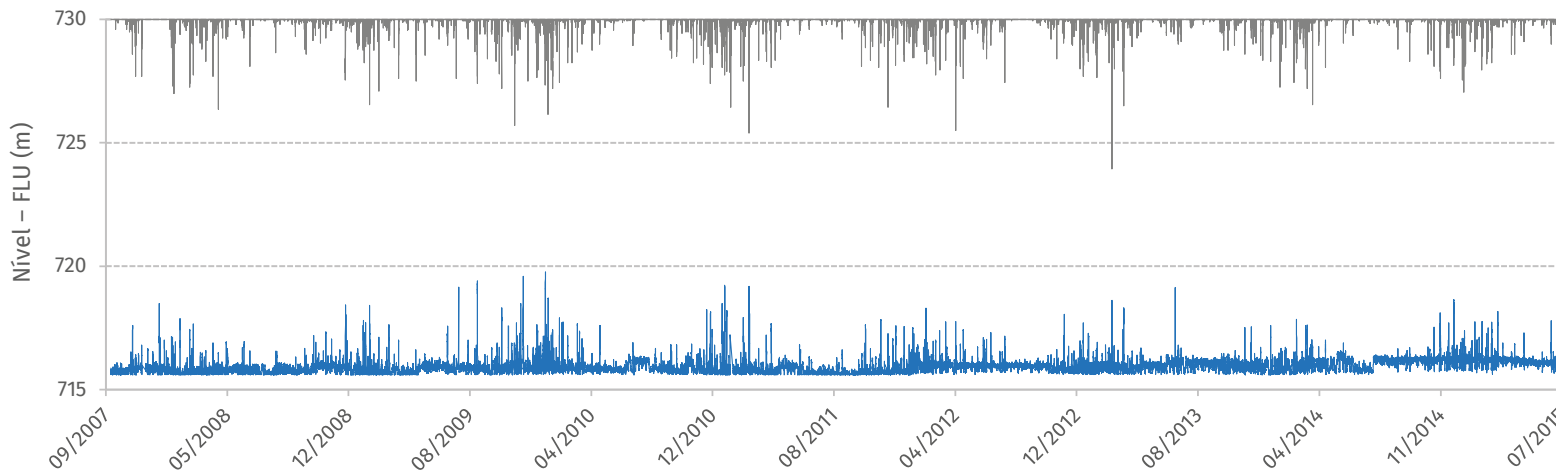


FIGURA 2.20 Pluviograma e fluviograma histórico do Posto 277 – Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária



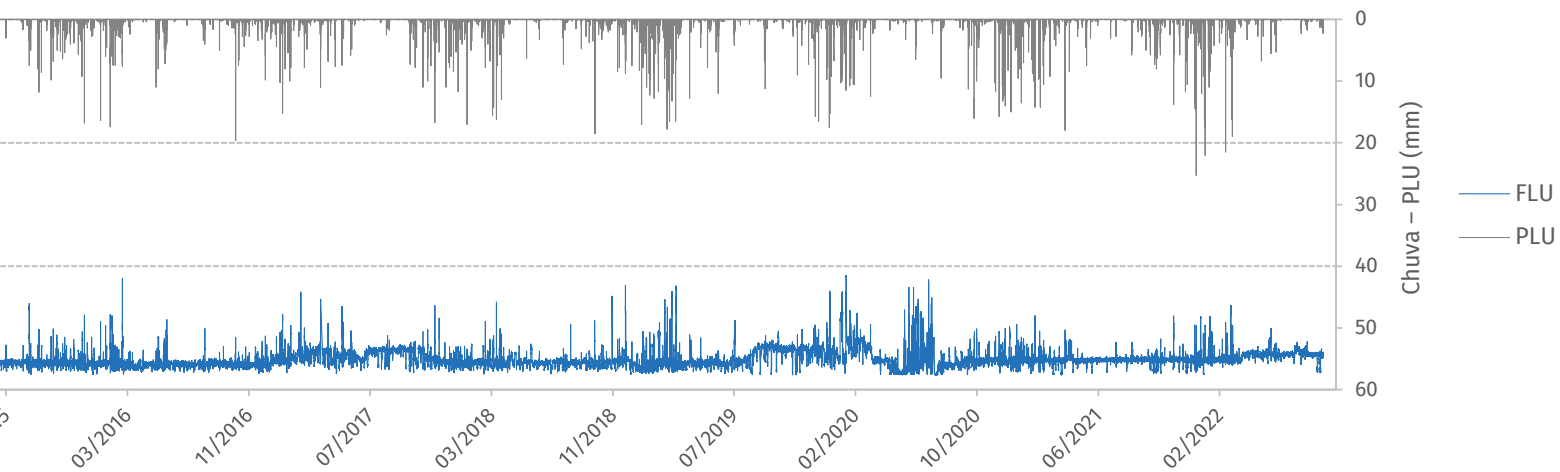
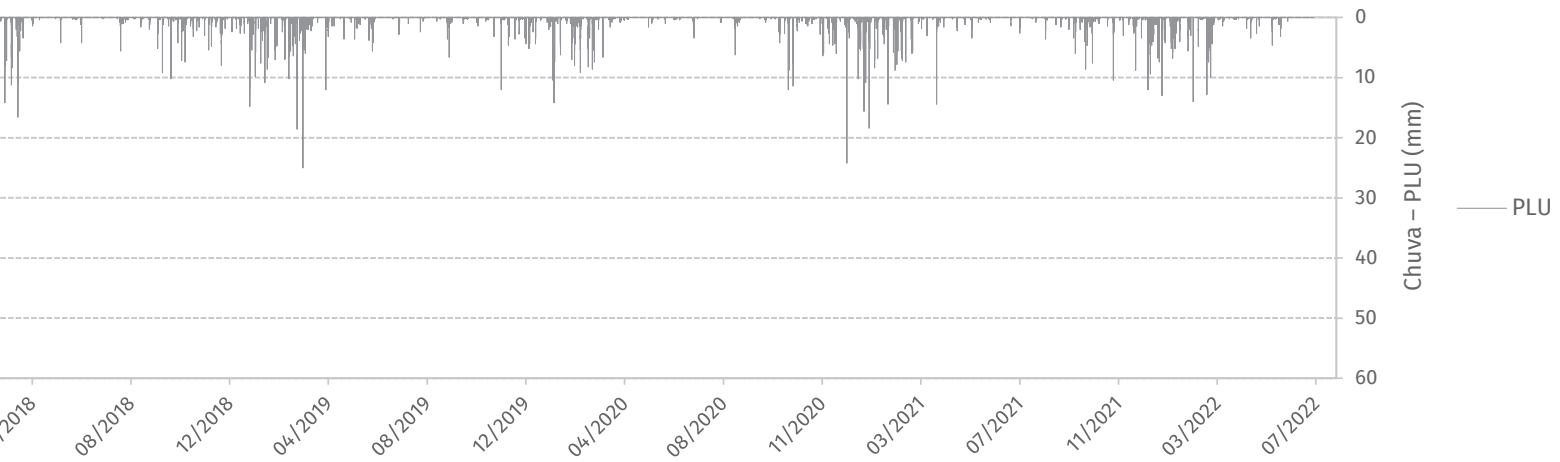
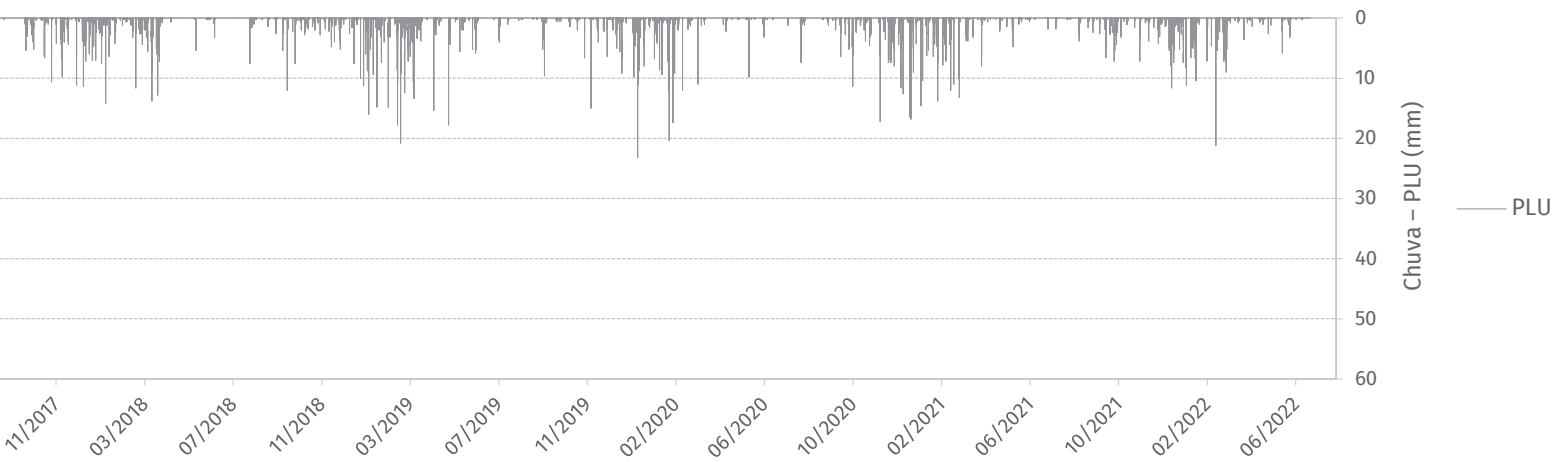


FIGURA 2.21 Precipitação média mensal no Posto 1000868 – Vila Mariana – Rua Vergueiro

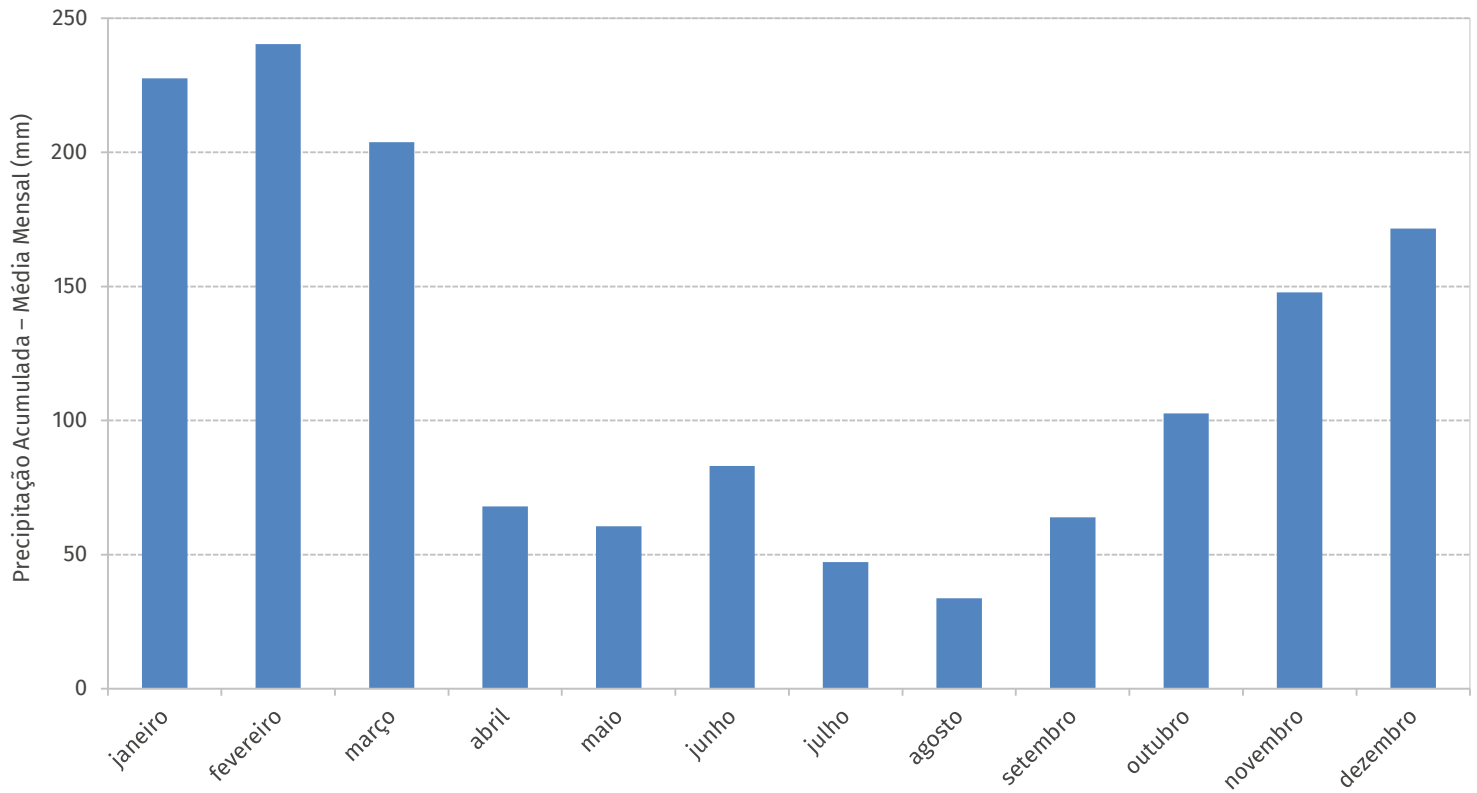


FIGURA 2.22 Precipitação média mensal no Posto 1000879 – Rio Pinheiros Superior – Usina Elevatória Traição

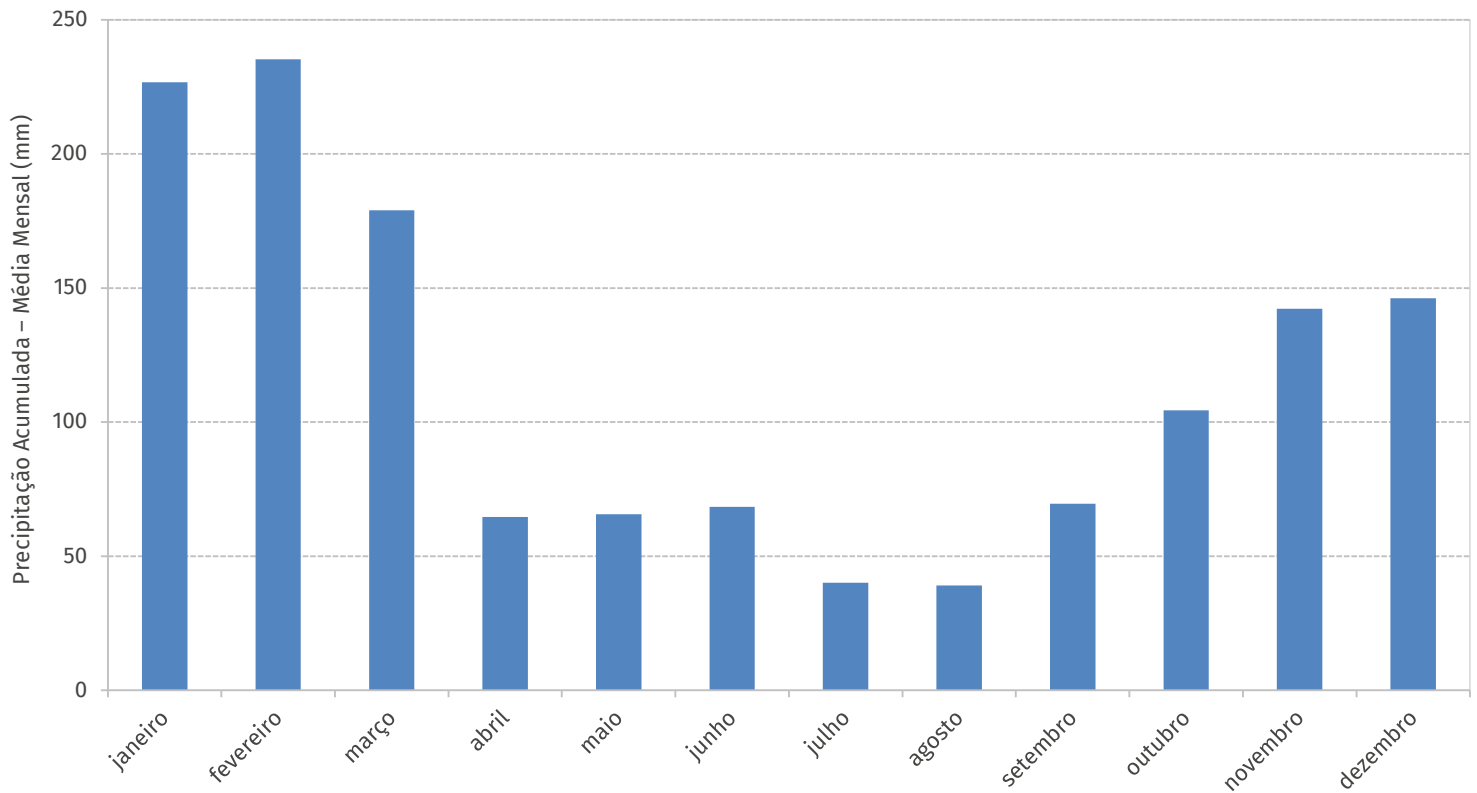
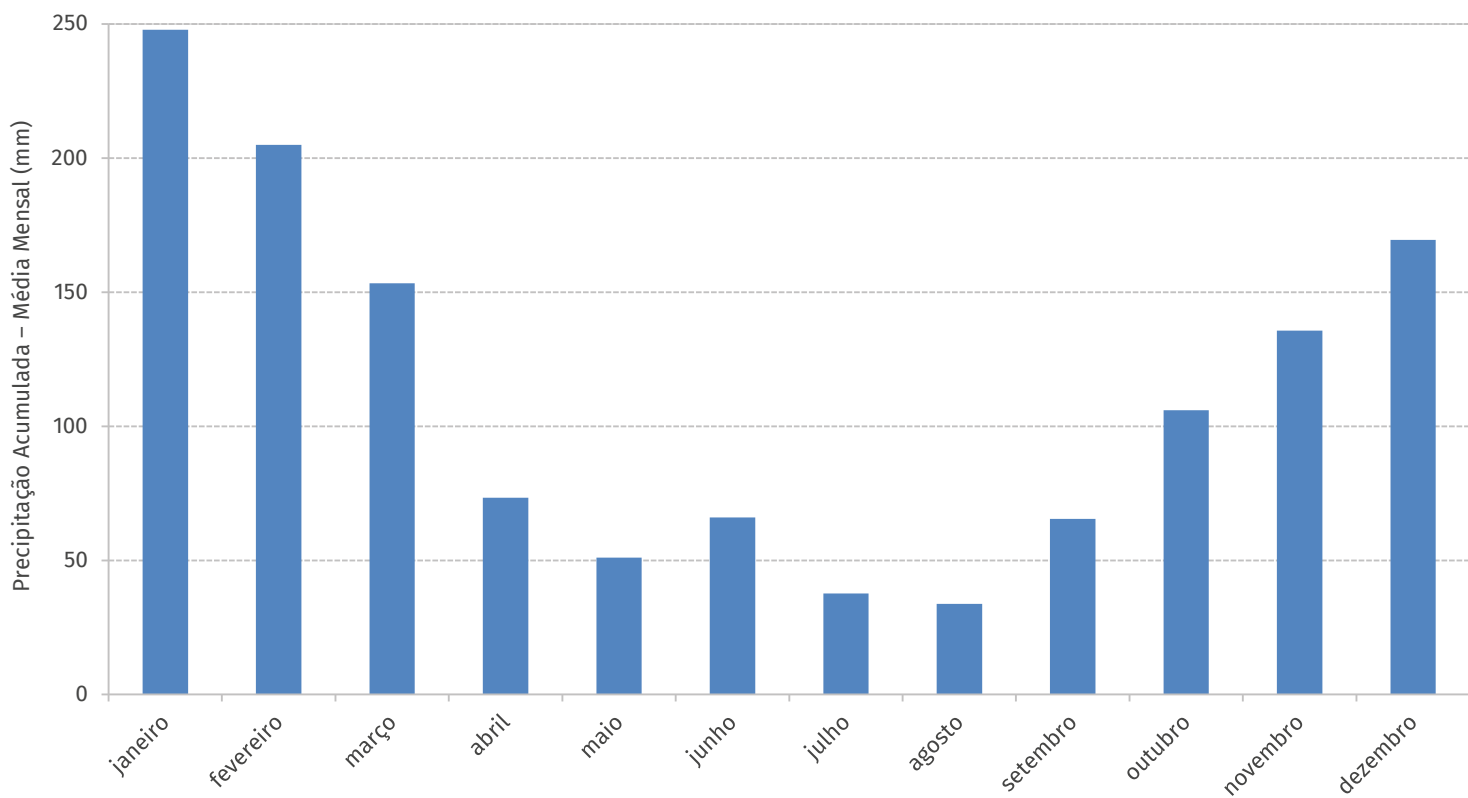


FIGURA 2.23 Precipitação média mensal no Posto 277 – Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária



2.5 RELEVO

A bacia do córrego Sapateiro tem suas nascentes limitadas a sudoeste do espigão central da cidade de São Paulo, na região da Vila Mariana, e sua foz se encontra na margem leste do Rio Pinheiros, no bairro do Itaim Bibi. Ao longo de seu percurso, são encontrados alguns locais, próximos ao Parque Ibirapuera, sujeitos a inundações. Além disso, o solo próximo ao final desse córrego apresenta características de uma terra mole e compressível, situação muito semelhante às condições encontradas no solo das margens do Rio Pinheiros.

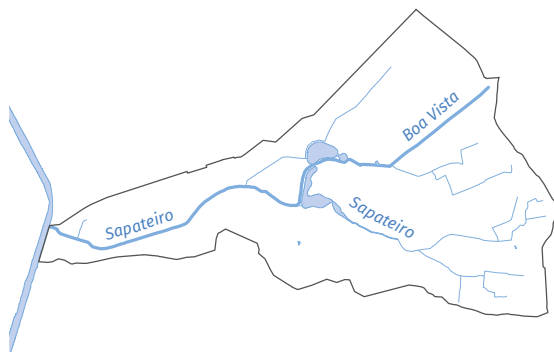
Na área de estudo estão situadas três formações geológicas distintas. A primeira, na porção inicial da bacia, é a formação São Paulo, que compreende um sistema fluvial meandrante com a predominância de depósitos arenosos. A segunda formação, na porção central da bacia, é a Resende, um sistema de leques associados à planície

aluvial de rios entrelaçados. Em seu solo, estão presentes lamitos, arenitos e conglomerados. Ambas as formações incorporam porções geológicas sedimentares do terciário. A última formação, presente até a foz do córrego Sapateiro, é a de depósitos aluviais que constituem frações de solo formadas no quaternário e caracterizadas pela presença de argilas¹⁰.

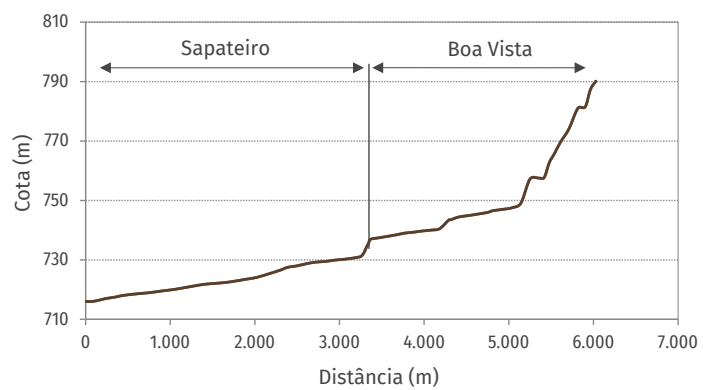
Na **FIGURA 2.24** é apresentado o perfil longitudinal do córrego Sapateiro. A declividade média do trecho Boa Vista/Sapateiro é de 0,014 m/m, já o trecho Matadouro/Sapateiro apresenta declividade média de 0,015 m/m.

O mapa hipsométrico com as elevações da bacia do córrego Sapateiro é apresentado na **FIGURA 2.25**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações dessa bacia variam de 819 m na cabeceira até 716 m no exutório.

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



Boa Vista/Sapateiro



Matadouro/Sapateiro

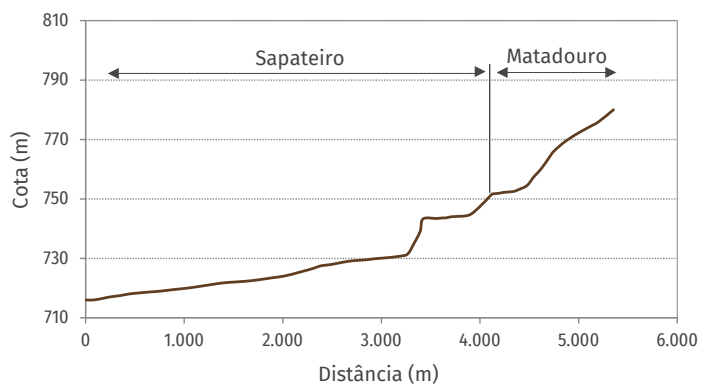
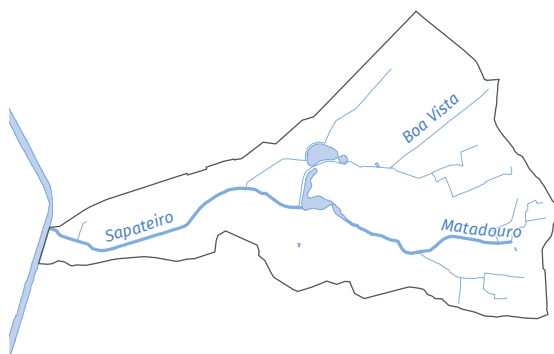
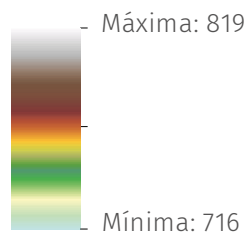


FIGURA 2.24 Perfil longitudinal do córrego Sapateiro

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

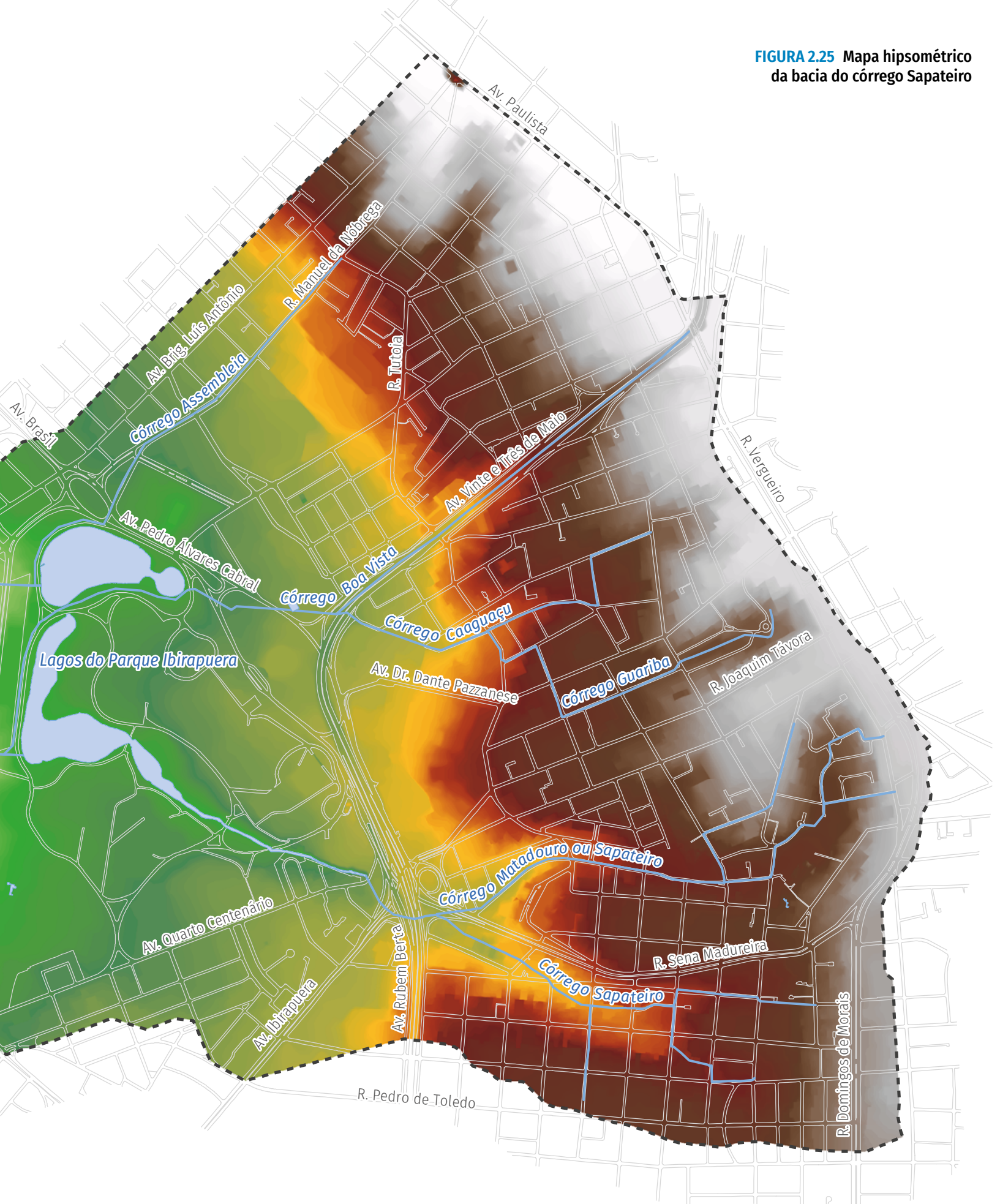
Elevação (m)



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022)
e Mapa Hidrográfico do Município (2022)

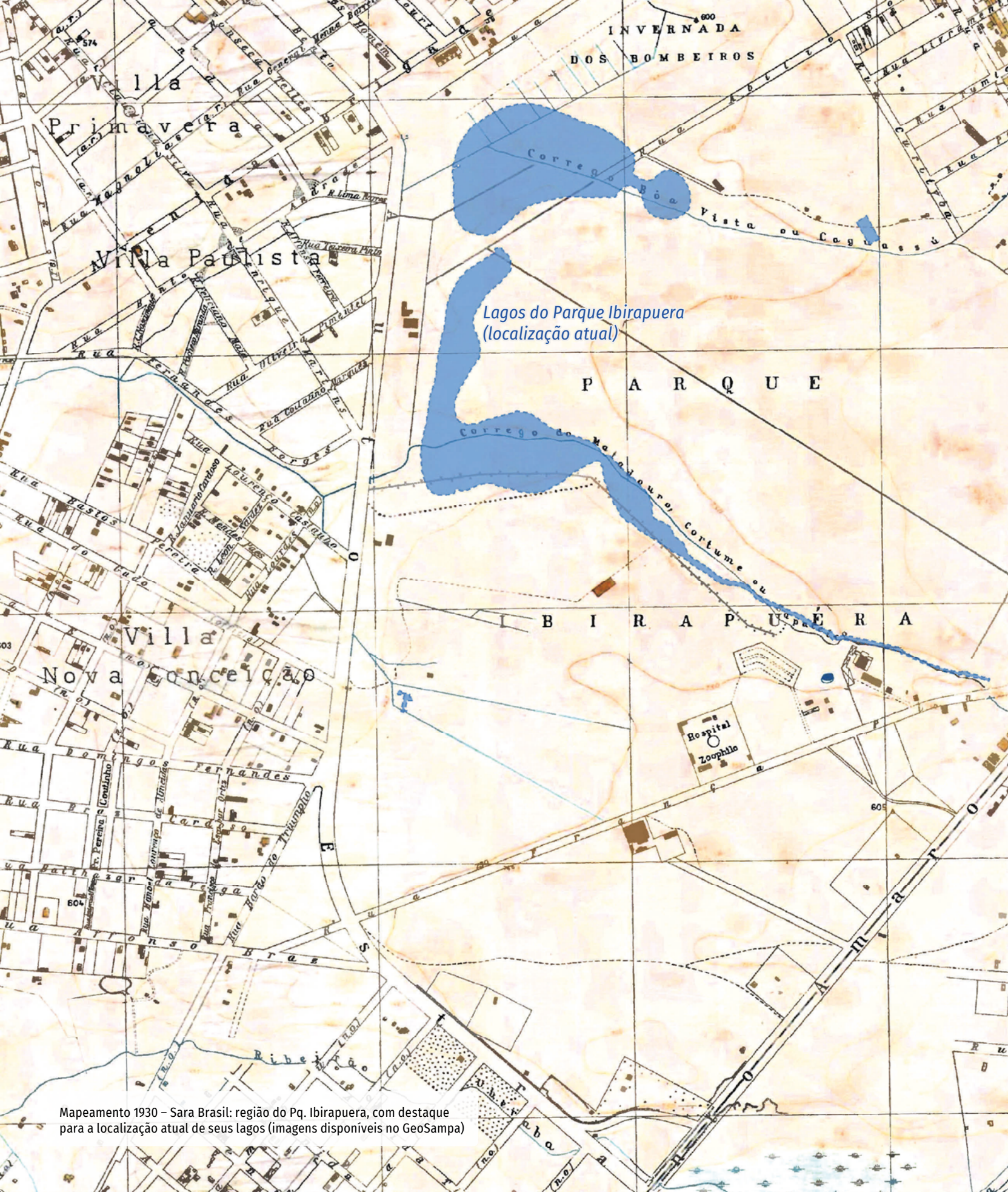
FIGURA 2.25 Mapa hipsométrico da bacia do córrego Sapateiro



2.6 CARTA GEOTÉCNICA

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

A **FIGURA 2.26** apresenta a carta geotécnica da área da bacia do córrego Sapateiro, com suas unidades geológicas. Destacam-se nesse mapa a planície aluvial e as áreas de fundo de vale com baixa declividade (menores que 5%), com predominância de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso. Essa feição é predominante em todo o terreno baixo pertencente à planície aluvial do Rio Pinheiros, desde as imediações da Avenida Santo Amaro até a foz.



INVERNADA
DOS BOMBEIROS

Villa
Primavera

Villa Paulist

Lagos do Parque Ibirapuera
(localização atual)

P A R Q U E

I B I R A P U E R A

Villa
Nova Conceição

Hospital
Zoophilo

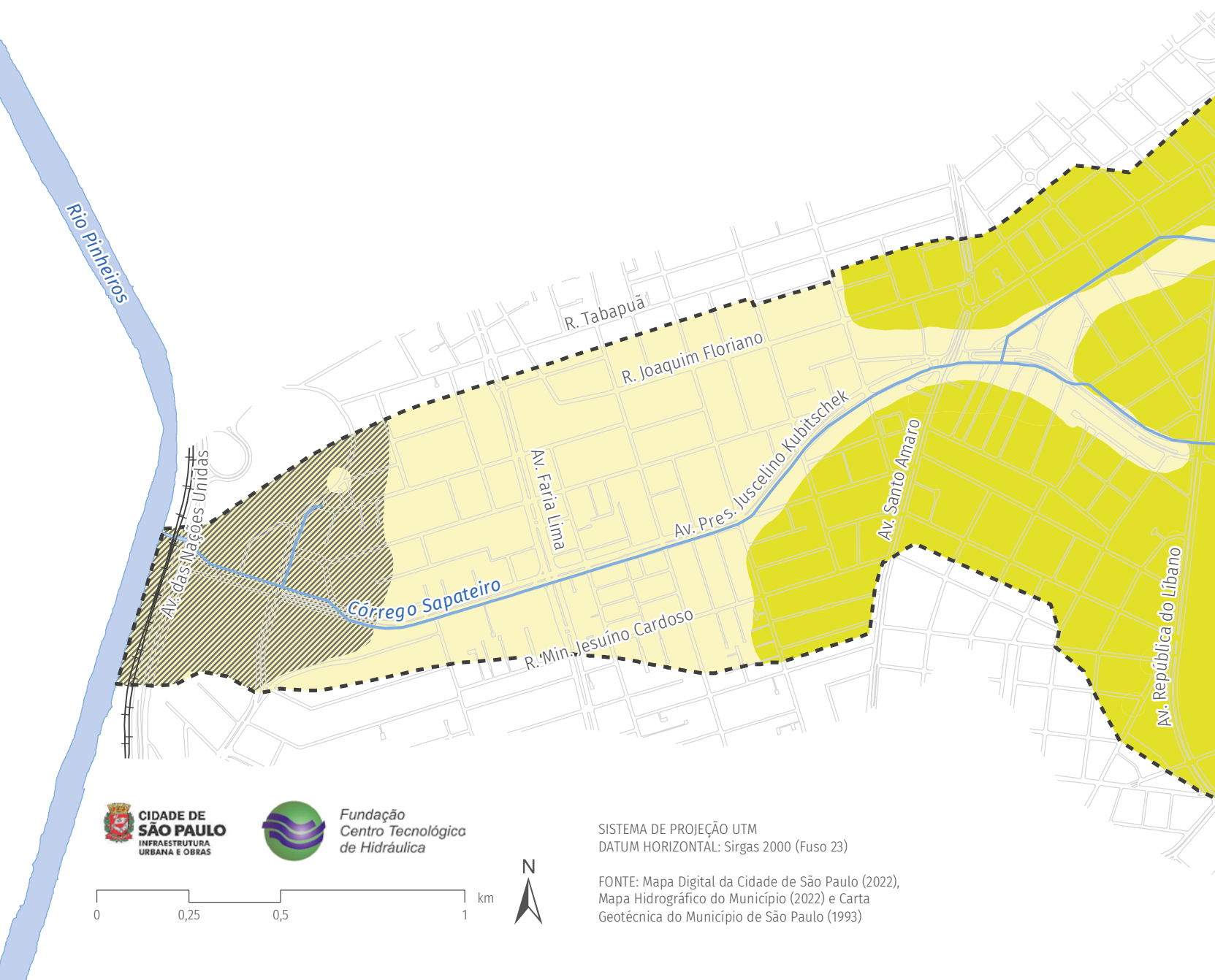
Mapeamento 1930 - Sara Brasil: região do Pq. Ibirapuera, com destaque para a localização atual de seus lagos (imagens disponíveis no GeoSampa)

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Carta geotécnica

- Planície aluvial
- Sedimento terciário
- Terra mole e solo compressível



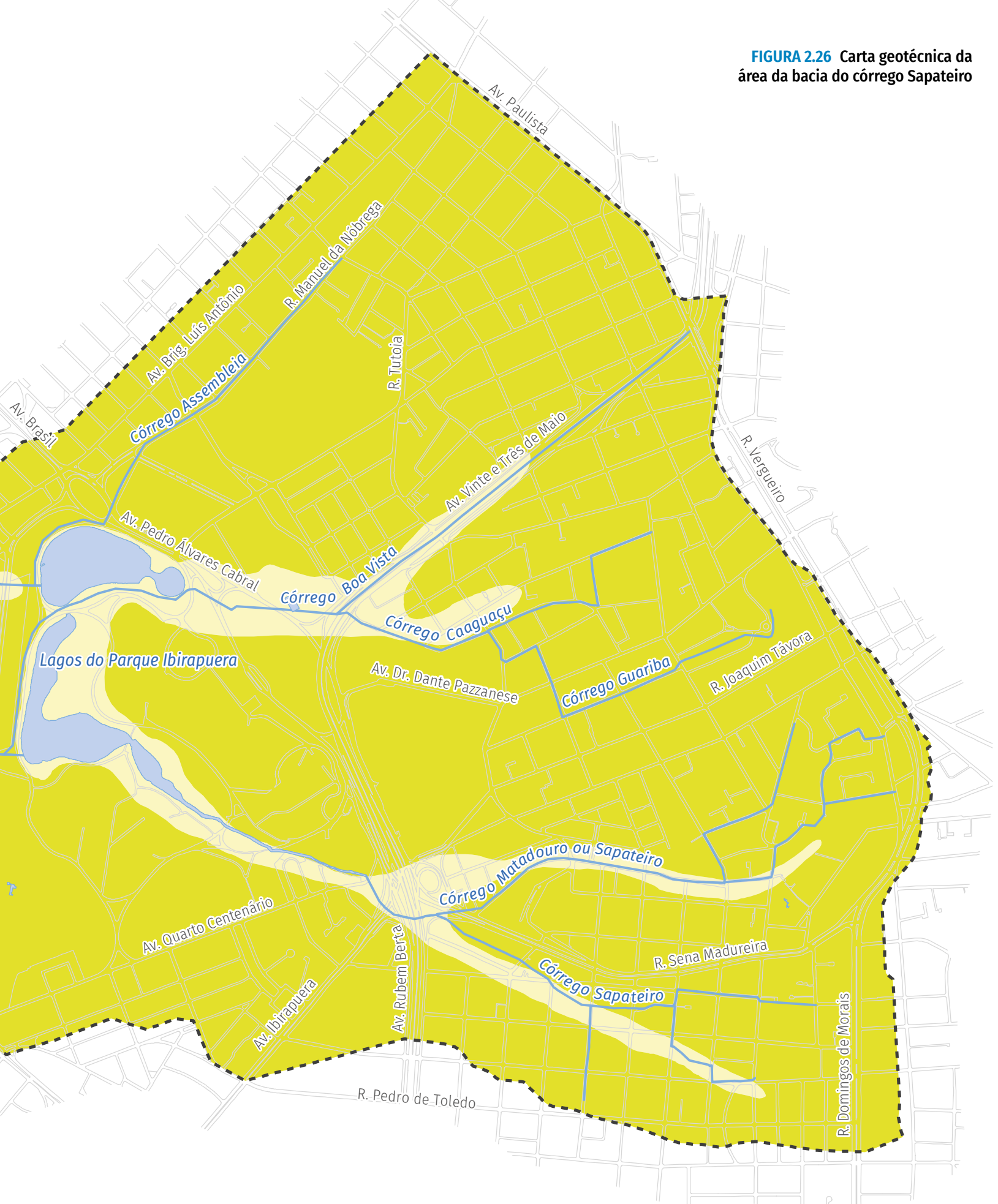
0 0,25 0,5 1 km



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Carta
Geotécnica do Município de São Paulo (1993)

FIGURA 2.26 Carta geotécnica da área da bacia do córrego Sapateiro



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 Sapateiro, com suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. O mapa contendo os usos

predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.27**.

Destaca-se a presença de espaços abertos, correspondentes às áreas de parques, em especial do Parque Ibirapuera. No restante, a bacia é predominantemente composta por residências de médio e alto padrão, além de uma ampla estrutura de comércio e serviços. Apenas na Rua Dr. Mário Cardim encontra-se uma pequena comunidade, com cerca de 400 moradias.

O mapeamento do 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 Sapateiro são apresentados no mapa da **FIGURA 2.28**.

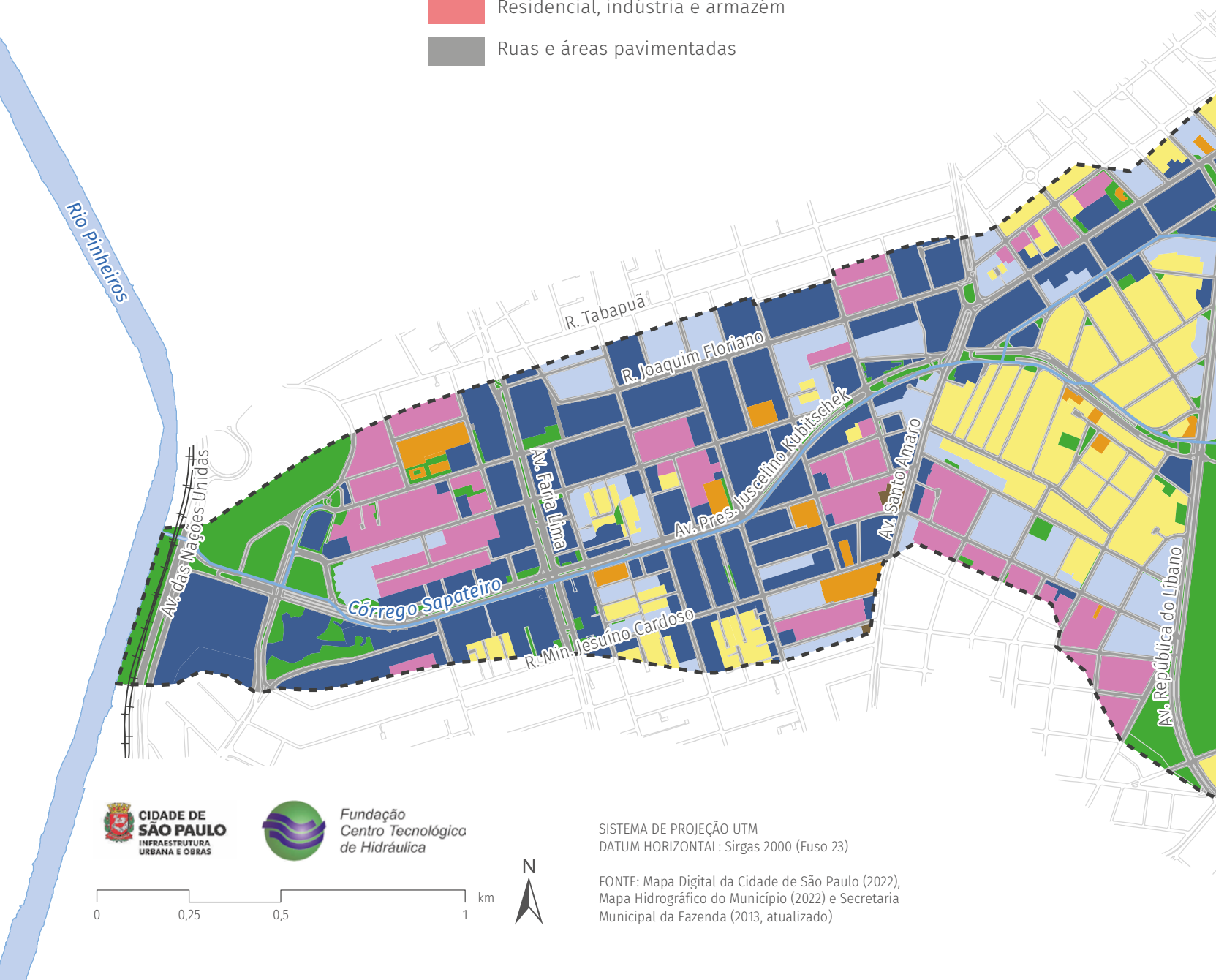
TABELA 2.1 Usos do solo registrados na bacia do córrego Sapateiro		
Usos do solo	Área (km ²)	Área da bacia (%)
Pavimento	2,49	24,8
Espaço aberto	1,66	16,4
Residencial vertical médio alto padrão	1,57	15,6
Comércio e serviços	1,23	12,2
Residencial, comércio e serviços	1,23	12,2
Residencial horizontal médio alto padrão	0,98	9,8
Equipamento urbano	0,87	8,7
Residencial, indústria e armazém	0,02	0,2
Residencial horizontal baixo padrão	0,01	0,1
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,01	0,1
Total	10,07	100,00

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Uso do solo

- Comércio, serviços, indústria e armazém
- Comércio e serviços
- Equipamento urbano
- Espaços abertos
- Residencial horizontal baixo padrão
- Residencial horizontal médio alto padrão
- Residencial vertical médio alto padrão
- Residencial, comércio e serviços
- Residencial, indústria e armazém
- Ruas e áreas pavimentadas



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

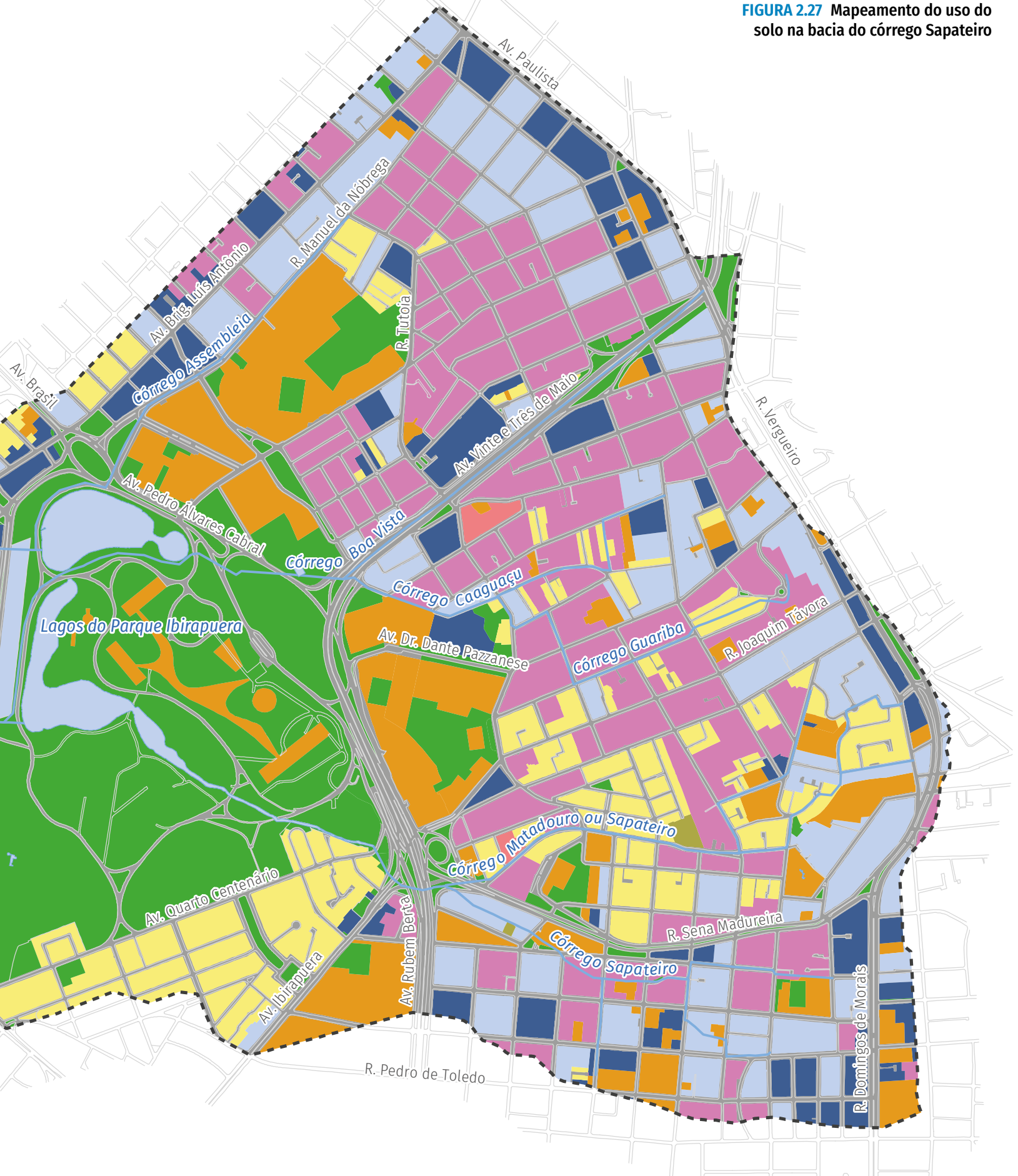
0 0,25 0,5 1 km



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Secretaria
Municipal da Fazenda (2013, atualizado)

FIGURA 2.27 Mapeamento do uso do solo na bacia do córrego Sapateiro



Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea
- Parque municipal existente
- ▨ Reserva de Mata Atlântica
- Praça/canteiro



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

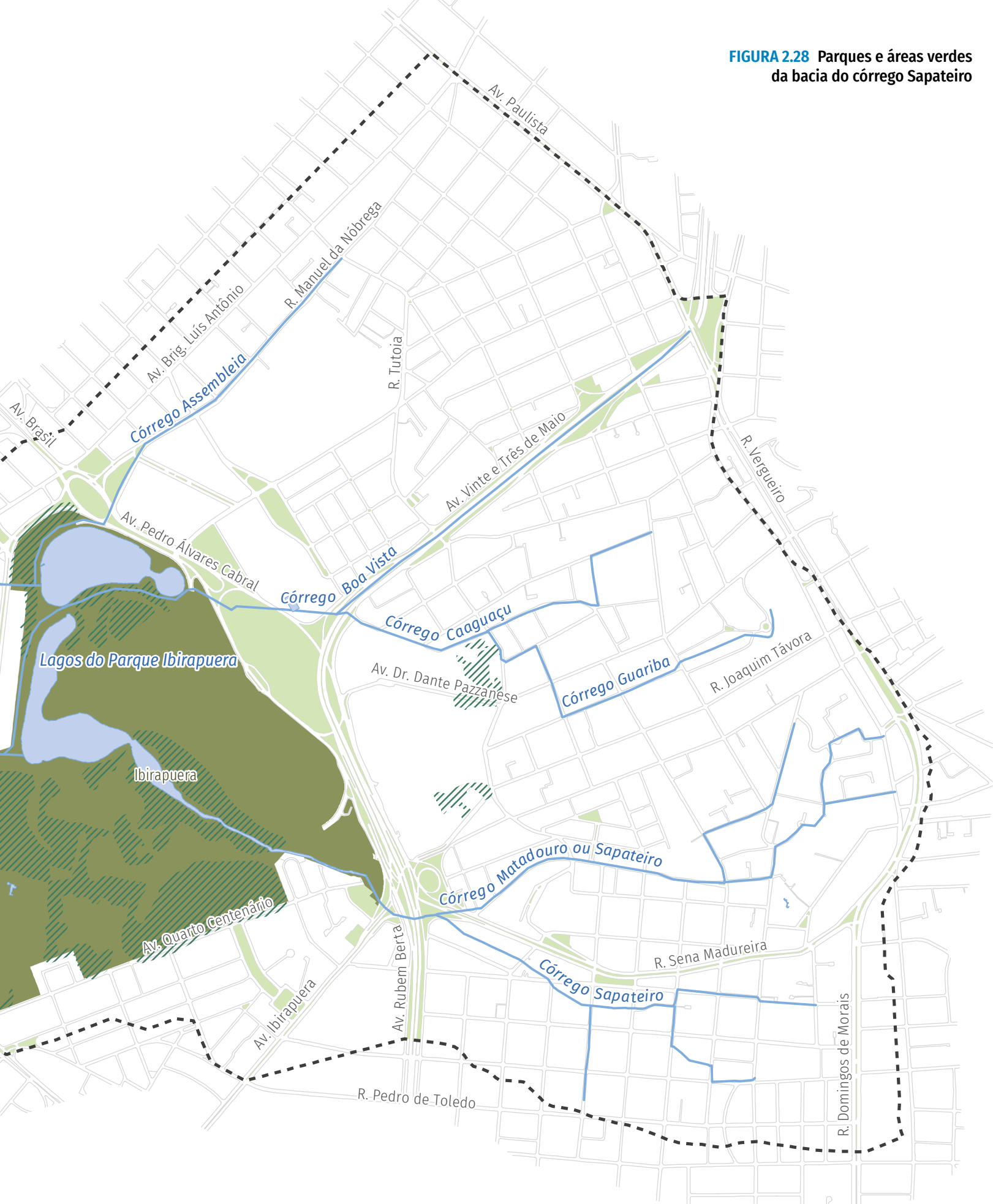
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022)
e Mapa Hidrográfico do Município (2022)

0 0,25 0,5 1 km



FIGURA 2.28 Parques e áreas verdes da bacia do córrego Sapateiro



2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da bacia do córrego Sapateiro se insere no contexto do Plano Regional das subprefeituras da Vila Mariana e de Pinheiros.

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 Sapateiro está inserida nas macroáreas de urbanização consolidada e estruturação metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.29**. Além disso, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.30**.



Lagos do Parque Ibirapuera

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Macroáreas

- Macroárea de estruturação metropolitana
- Macroárea de urbanização consolidada



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

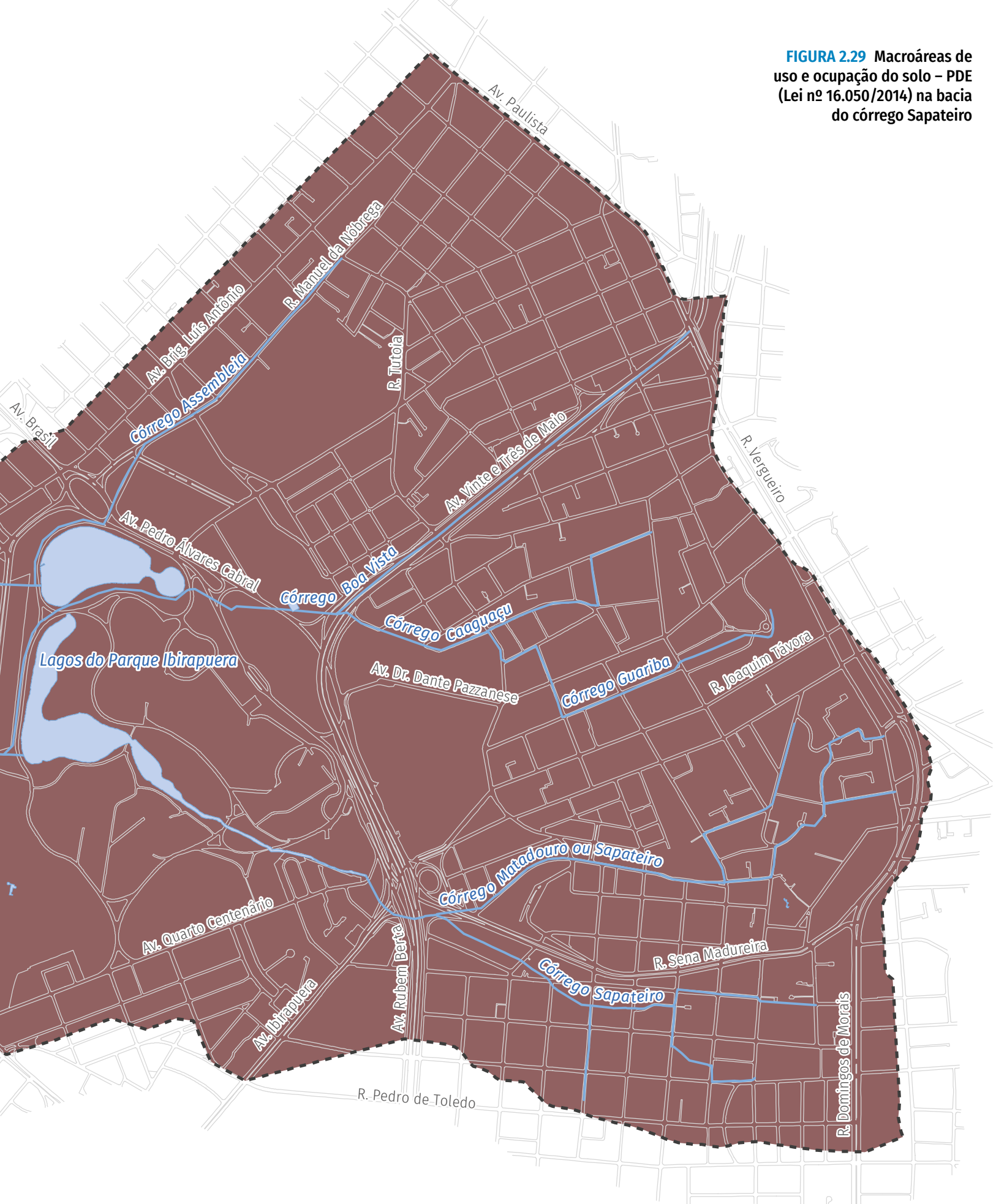
0 0,25 0,5 1 km



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Plano
Diretor Estratégico (2014)

FIGURA 2.29 Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) na bacia do córrego Sapateiro

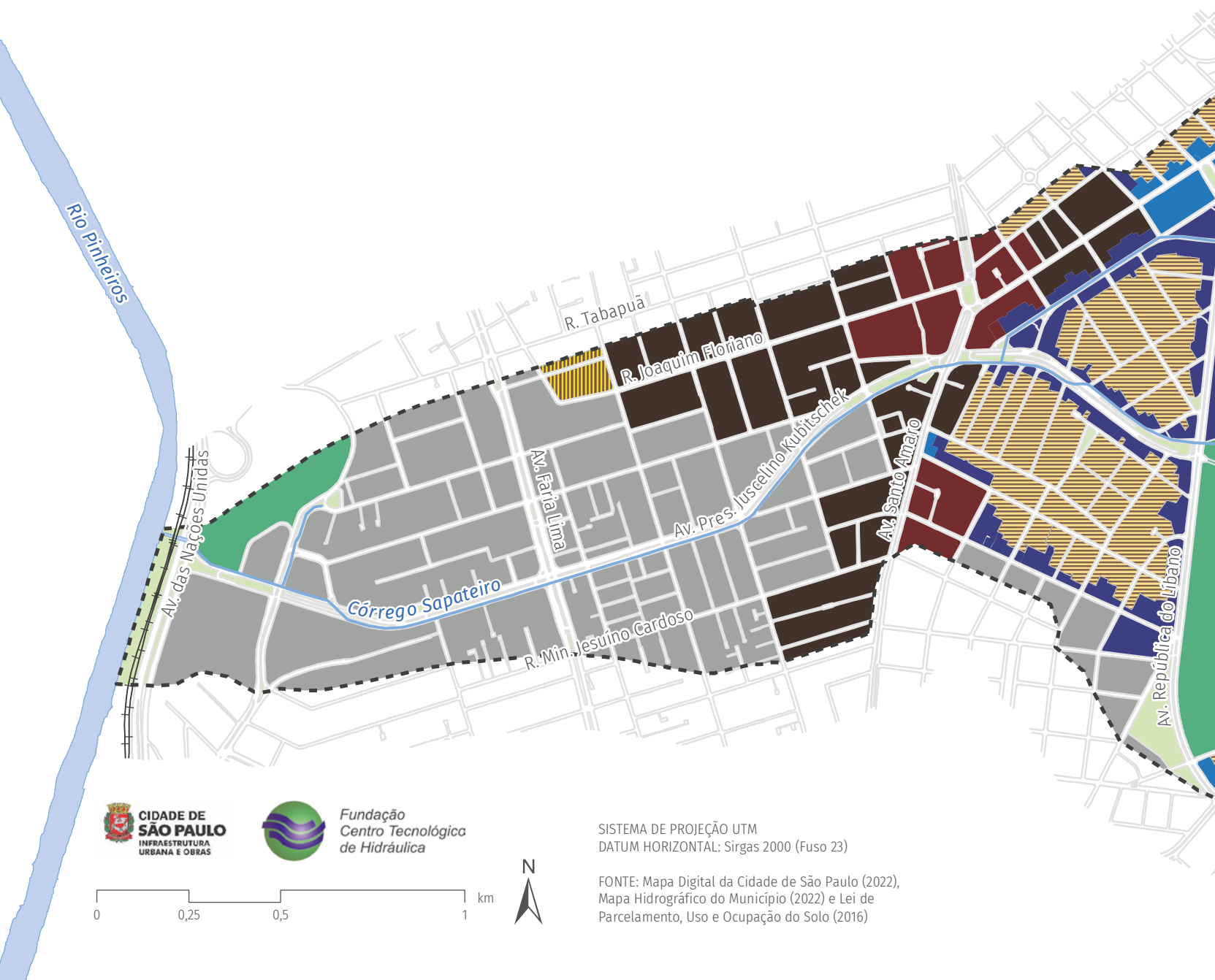


Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Zoneamento

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



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

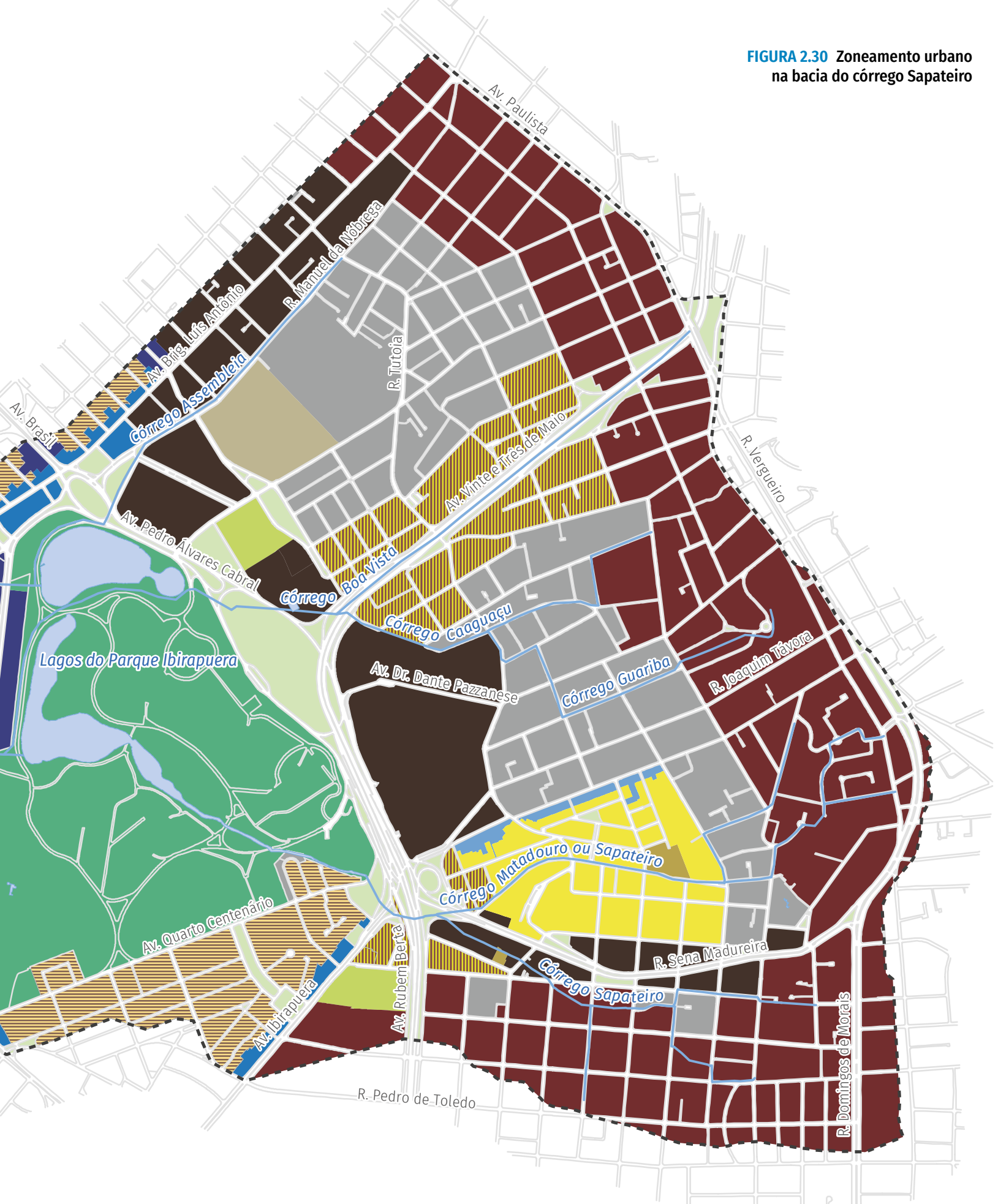
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Lei de
Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

0 0,25 0,5 1 km



FIGURA 2.30 Zoneamento urbano na bacia do córrego Sapateiro



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

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

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

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

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 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

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

Zonas	Sigla	Área da bacia (%)
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana	ZEU	22,62
Zona Mista	ZM	21,16
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	13,29
Praça e Canteiro	PracaCant	13,12
Zona Centralidade	ZC	11,90
Zona Exclusivamente Residencial	ZER-1	6,80
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana Previsto	ZEUP	3,63
Zona Predominantemente Residencial	ZPR	2,48
Zona Corredor 1	ZCOR-1	2,19
Zona de Ocupação Especial	ZOE	0,92
Zona Corredor 2	ZCOR-2	0,91
Clubes Esportivos Sociais	AC-1	0,61
Zona Corredor 3	ZCOR-3	0,23
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	0,13

potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA¹¹.

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.

Na área da bacia do córrego Sapateiro estão incluídos os PAs 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 se maior que 500 m², conforme os valores da **TABELA 2.3**, que apresenta a taxa de permeabilidade mínima permitida em cada PA.

A **FIGURA 2.31** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na bacia do córrego Sapateiro, e a **FIGURA 2.32** mostra a taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e por zonas específicas. O zoneamento urbano da bacia em estudo indica que as zonas ZEPAM, ZCOR e ZER, pertencentes a ela, devem obedecer às taxas de permeabilidade mínima estabelecidas para essas zonas, 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.

11. CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. 369 f. 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 m ²	Lote > 500 m ²
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

(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.

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

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Perímetro Ambiental

- PA 4
- PA 5



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Lei de
Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

FIGURA 2.31 Perímetro de qualificação ambiental na bacia do córrego Sapateiro



Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Permeabilidade mínima exigida por lei (%)

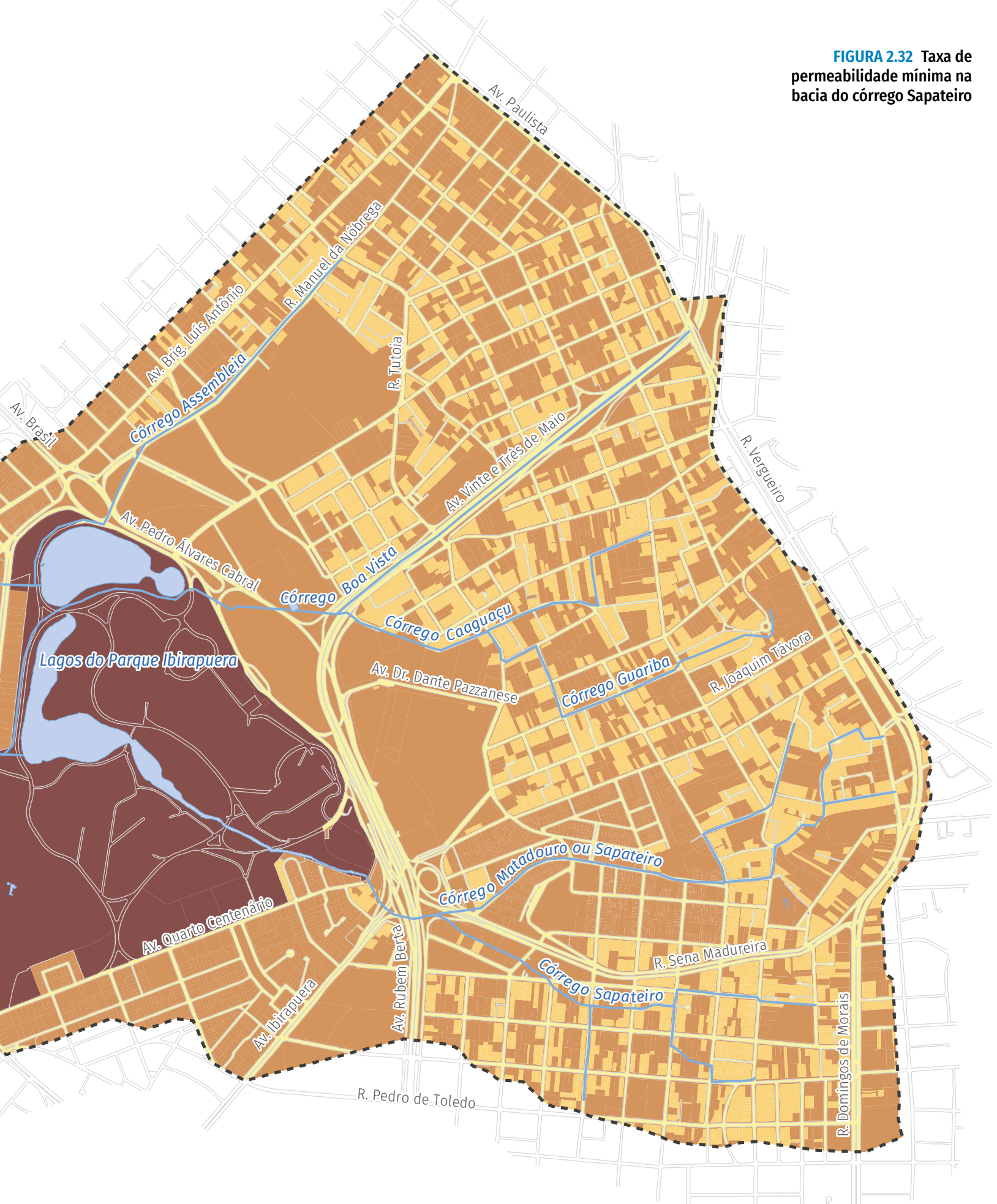
- 0 - 14
- 15 - 19
- 20 - 64
- 65 - 100



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Lei de
Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

FIGURA 2.32 Taxa de permeabilidade mínima na bacia do córrego Sapateiro



2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.33** apresenta a densidade populacional da bacia do córrego Sapateiro, onde residem 96 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)¹².

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 relacionada 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

12. 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.

uma barreira de acesso aos serviços (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 Sapateiro. Na **FIGURA 2.34**, é apresentado o mapa desse índice na bacia.

2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial da bacia do córrego Sapateiro se dá pelas subprefeituras da Vila Mariana e de Pinheiros.

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 2.35** indica a divisão territorial administrativa da bacia do córrego Sapateiro.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS na bacia do córrego Sapateiro

Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
0	Não classificado	—	—	—	1,2
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	95,7
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	2,9
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	—
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	—
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	0,2
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	—



Foto da região de cabeceira do córrego Matadouro, nas imediações da R. Dr. Mário Cardim (foto: Jean M. M. Suplicy)

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Densidade demográfica (hab/ha)

- 0 – 15
- 15 – 50
- 51 – 150
- 151 – 350
- 351 – 5230

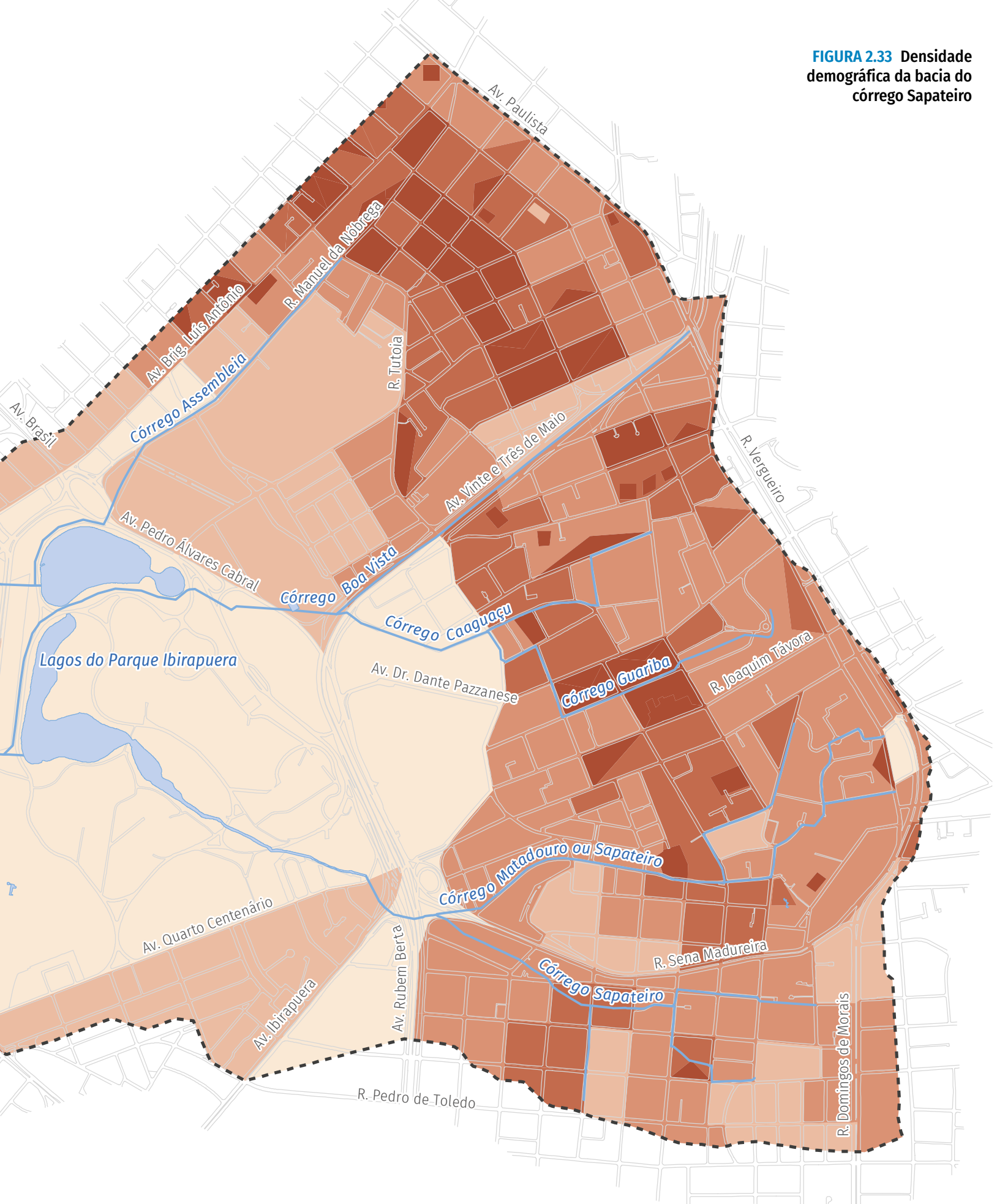
Nº de habitantes: 96 mil (IBGE, 2010)



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Censo
Demográfico – IBGE (2010)

FIGURA 2.33 Densidade demográfica da bacia do córrego Sapateiro



Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

- Baixíssima vulnerabilidade
- Vulnerabilidade muito baixa
- Vulnerabilidade baixa
- Vulnerabilidade média
- Vulnerabilidade alta
- Vulnerabilidade muito alta
- Não classificados*

*Setores sem população residente ou com menos de 50 domicílios particulares permanentes



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022), SEADE (2010)
e Censo Demográfico – IBGE (2010)

0 0,25 0,5 1 km



FIGURA 2.34 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da bacia do córrego Sapateiro



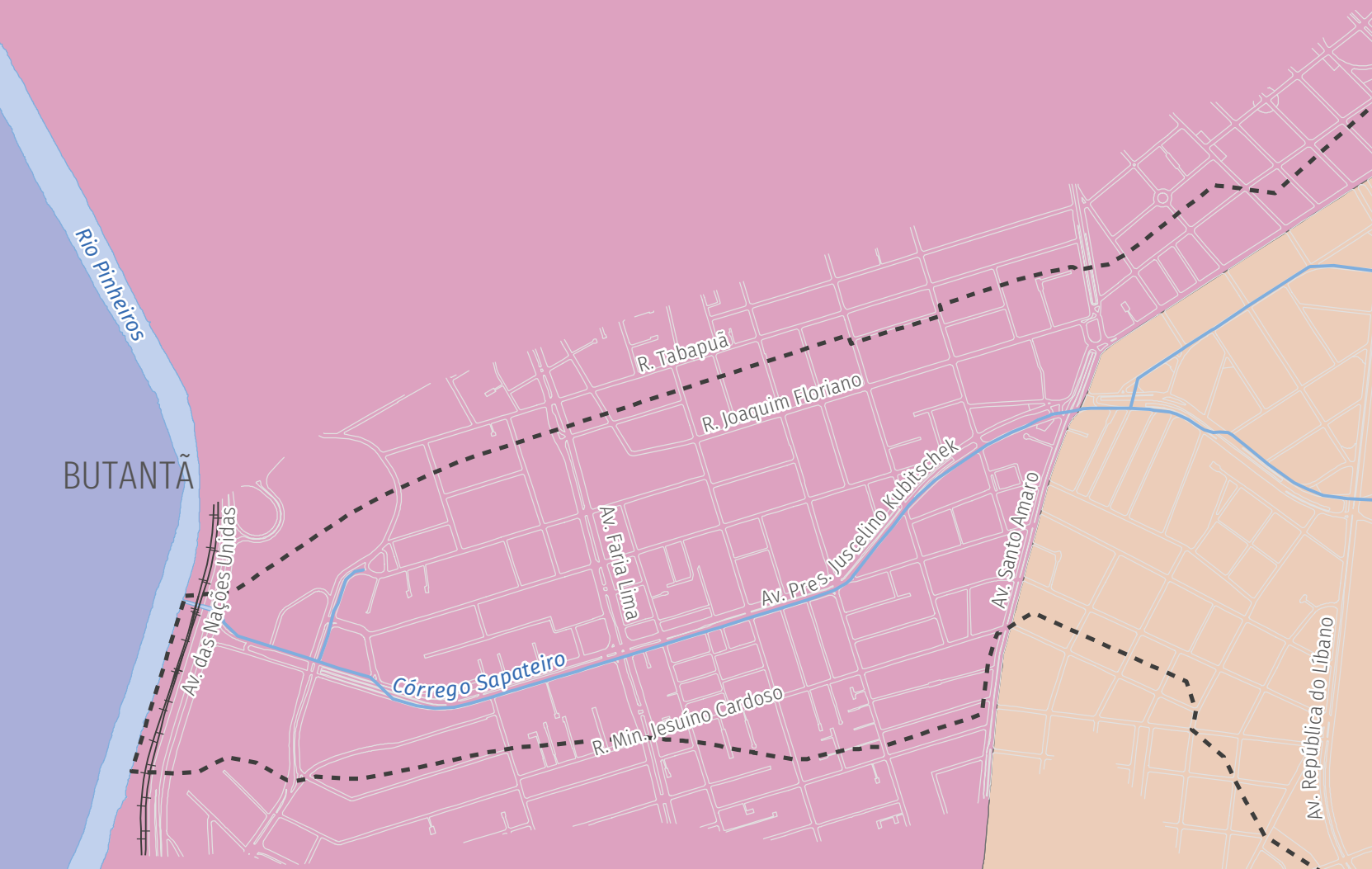
Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Subprefeitura

- Butantã
- Pinheiros
- Sé
- Vila Mariana

PINHEIROS



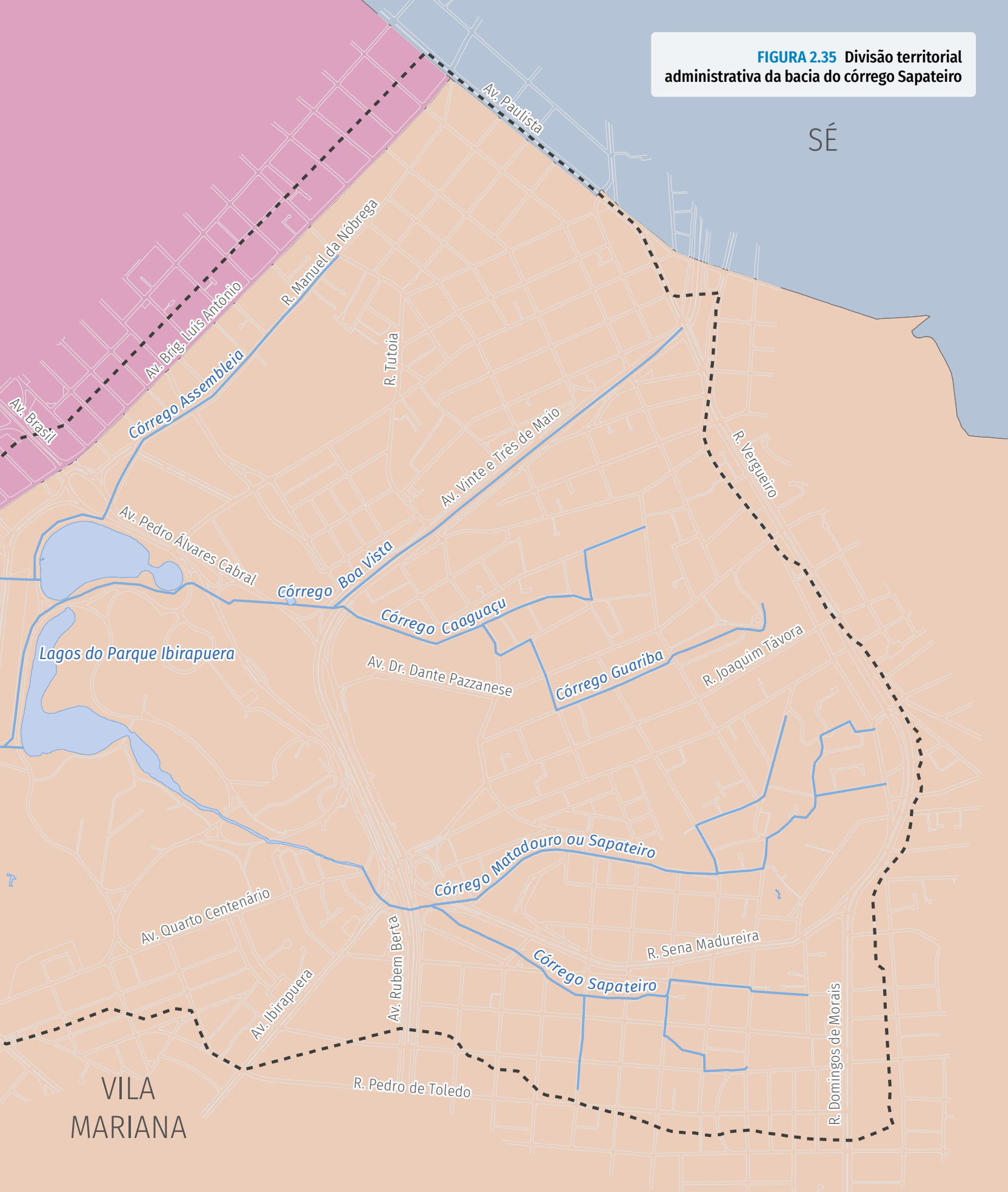
Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022)
e Mapa Hidrográfico do Município (2022)

FIGURA 2.35 Divisão territorial administrativa da bacia do córrego Sapateiro



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 esgotos¹³.

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 montante do lago sul do Parque Ibirapuera existe uma estação de tratamento da Sabesp inaugurada em 2000. A Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes tem capacidade para tratar 150 litros de água por segundo, promovendo a limpeza das águas do córrego que adentram nos lagos e minimizando eventuais problemas que possam ocorrer na rede coletora¹⁴ (**FIGURA 2.36**).

A **FIGURA 2.37** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos na bacia do córrego Sapateiro. É possível constatar que a rede de coleta de esgotos ainda não foi completamente implantada, de forma que parte do esgoto gerado na bacia é lançada nas galerias de águas pluviais.

13. Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

14. SABESP. Estação de Flotação da Sabesp garante a qualidade das águas do Ibirapuera. Notícias, **Portal da Sabesp**, 2 mar. 2017. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=7377>. Acesso em: 15 set. 2022.



FIGURA 2.36 Estação de Flotação e Remoção de Flutuantes do córrego Sapateiro no Pq. Ibirapuera (ortofoto de 2004, disponível no GeoSampa)

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Esgotamento sanitário

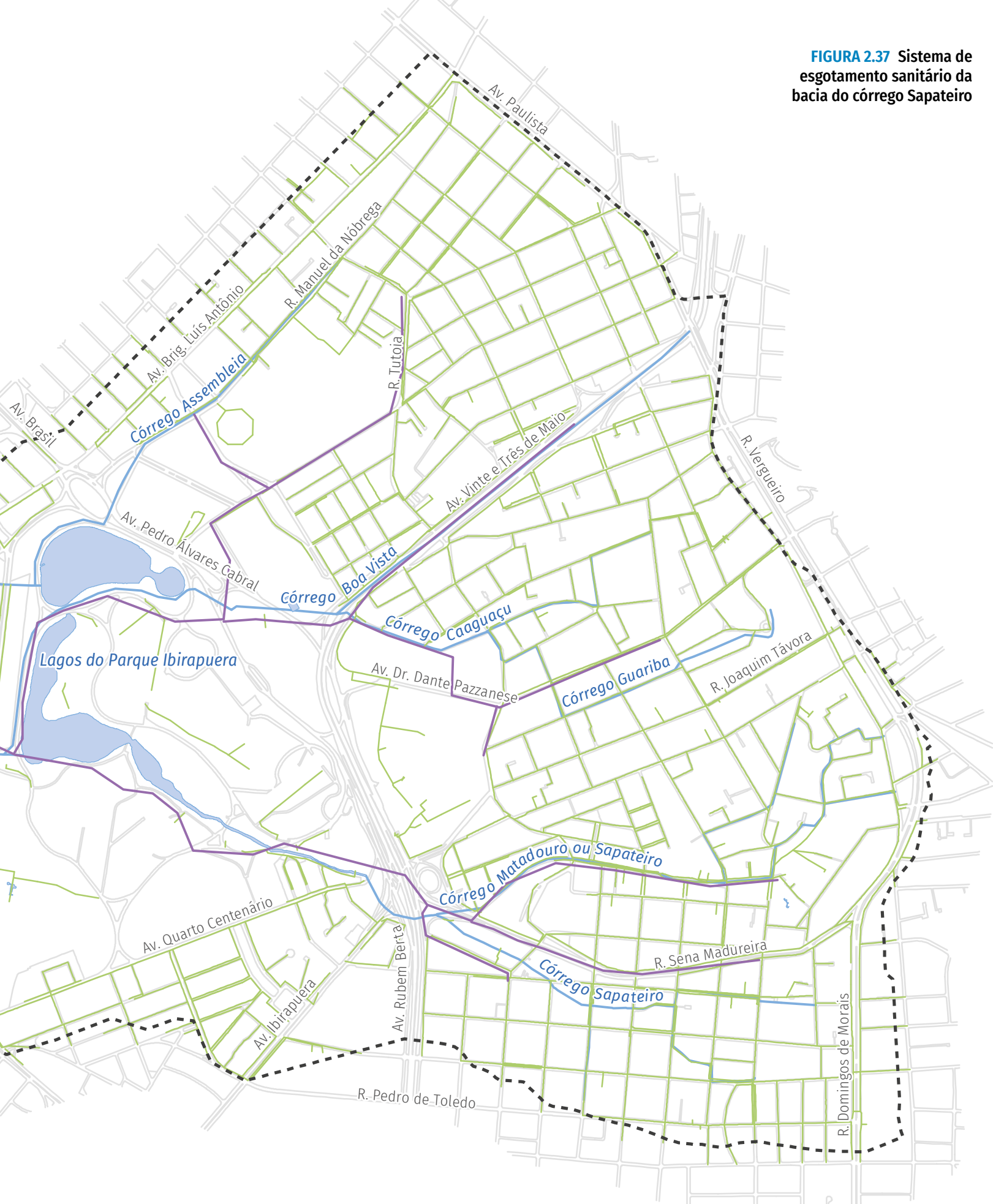
- Interceptor existente
- Coletor tronco existente
- - - - - Coletor tronco planejado
- Rede de esgoto existente



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022), Plano Diretor
Estratégico (2014) e Sabesp (2021)

FIGURA 2.37 Sistema de esgotamento sanitário da bacia do córrego Sapateiro



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 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 (PROCAV).

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 Sapateiro concentra algumas importantes ligações internas do Município. Sua cabeceira é delimitada pela Avenida Paulista e pela Rua Vergueiro no lado oeste. Parte do corredor Norte-Sul cruza a bacia pela Avenida Vinte e Três de Maio, sob a qual estão localizadas as galerias do córrego Sapateiro, e pela Avenida Rubem Berta, passando pelo Complexo Viário João Jorge Saad (Cebolinha).

Na bacia, sob o Parque Ibirapuera, também está localizado o Complexo Viário Ayrton Senna. A jusante do parque, no fundo de vale do antigo córrego, se localiza a Avenida Pres. Juscelino Kubitscheck, cruzando a Avenida Santo Amaro e a Avenida Faria Lima. Na foz, o córrego desemboca na Marginal Pinheiros, importante via estrutural do Município.

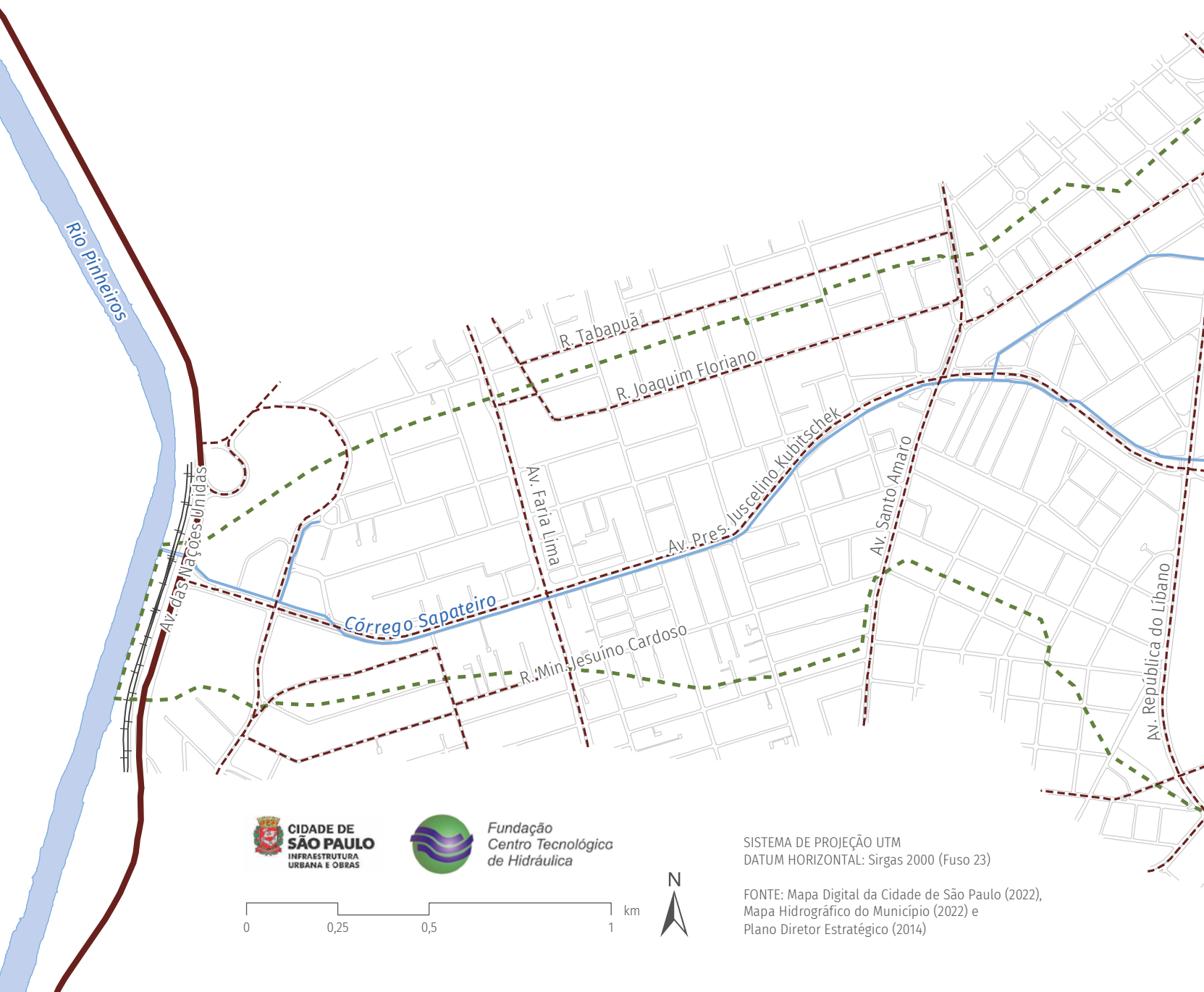
A **FIGURA 2.38** apresenta o sistema viário estrutural da bacia do córrego Sapateiro.

Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Sistema viário estrutural

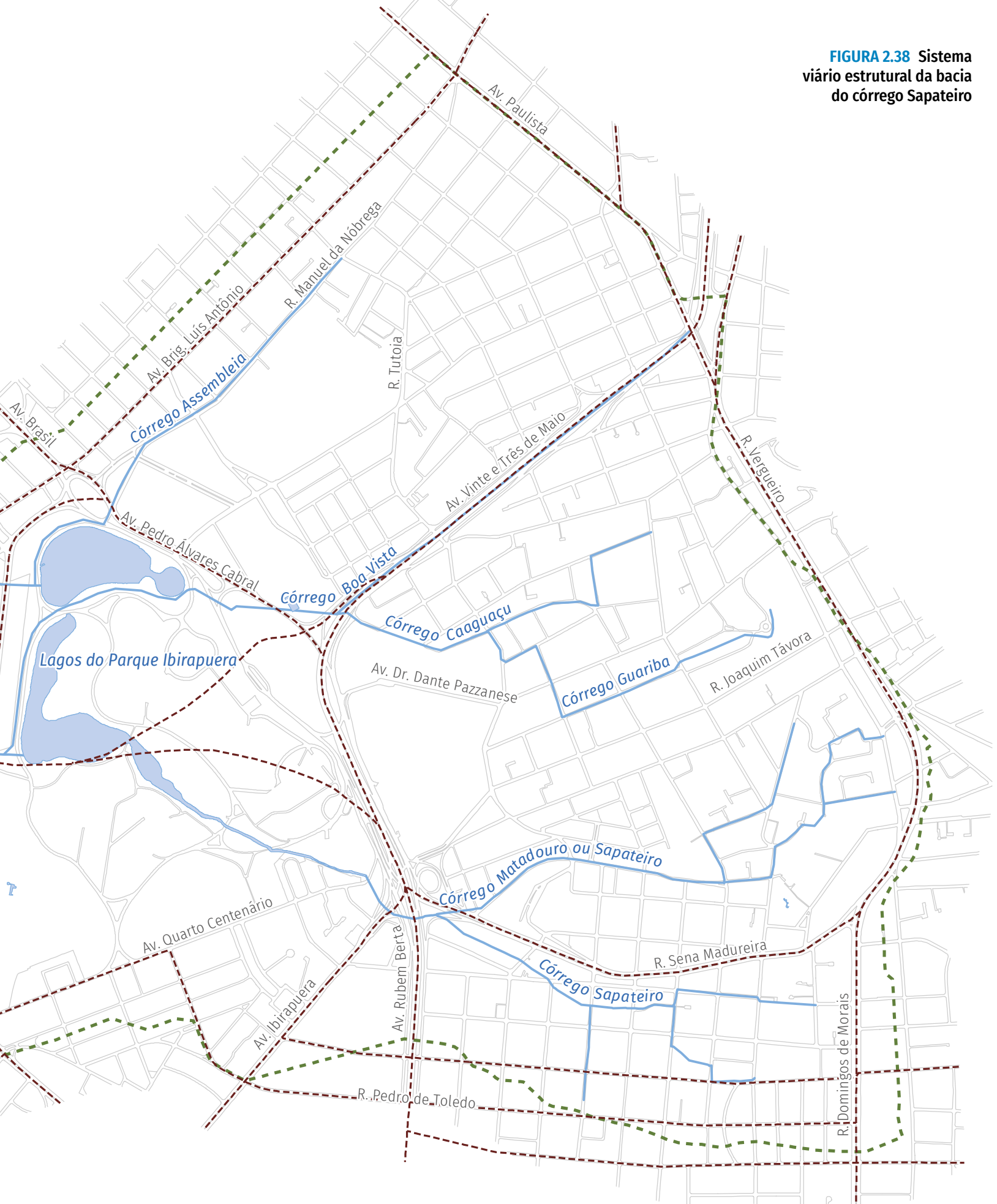
- N1
- - - N3



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e
Plano Diretor Estratégico (2014)

FIGURA 2.38 Sistema viário estrutural da bacia do córrego Sapateiro



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 retenção etc., determinam a velocidade com que a água escoar 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 Sapateiro, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica e, também, 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 e 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 Sapateiro 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)¹⁵.

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

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

válida para $10 \leq t \leq 1440$ 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;

$i_{t_d, Tr}$ é a intensidade da chuva, em mm/min, para a duração t_d (min) e período de retorno Tr (em anos).

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

estudo, adotou-se a duração de chuva crítica de 2 horas.

Desse modo, foram calculadas as precipitações para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 2 horas, que são apresentadas na **TABELA 3.1**.

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)¹⁶, 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 distribuição de Huff (Huff, 1967)¹⁷, em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação é classificada em quartis e determina-se,

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

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

TABELA 3.1 Precipitações calculadas para diferentes períodos de retorno

Duração (min)	Precipitação (mm)				
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 100 anos
10	8,28	11,28	13,26	15,77	19,47
20	10,75	14,64	17,22	20,47	25,28
30	9,44	12,86	15,12	17,98	22,20
40	7,46	10,16	11,94	14,20	17,53
50	4,84	6,60	7,75	9,22	11,39
60	3,39	4,62	5,43	6,45	7,97
70	1,94	2,64	3,10	3,69	4,55
80	1,21	1,65	1,94	2,31	2,85
90	0,58	0,79	0,93	1,11	1,37
100	0,29	0,40	0,47	0,55	0,68
110	0,15	0,20	0,23	0,28	0,34
120	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11
Precipitação total acumulada	48,4	65,9	77,5	92,1	113,7

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, localizada

no setor hídrico Pinheiros, foram analisados 178 eventos com duração entre 1 e 2 horas.

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

TABELA 3.2 Número de postos telemétricos analisados em cada setor hídrico		
Setor	Número de postos	Mapa dos setores
Pinheiros	46	<p>Setor hídrico</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tietê - Norte ■ Tietê - Leste ■ Tietê - Centro ■ Pinheiros ■ Mananciais e áreas de proteção <p> Município de São Paulo Bacia hidrográfica </p>
Tietê - Centro	36	
Tietê - Leste	29	
Tietê - Norte	21	
Mananciais	11	

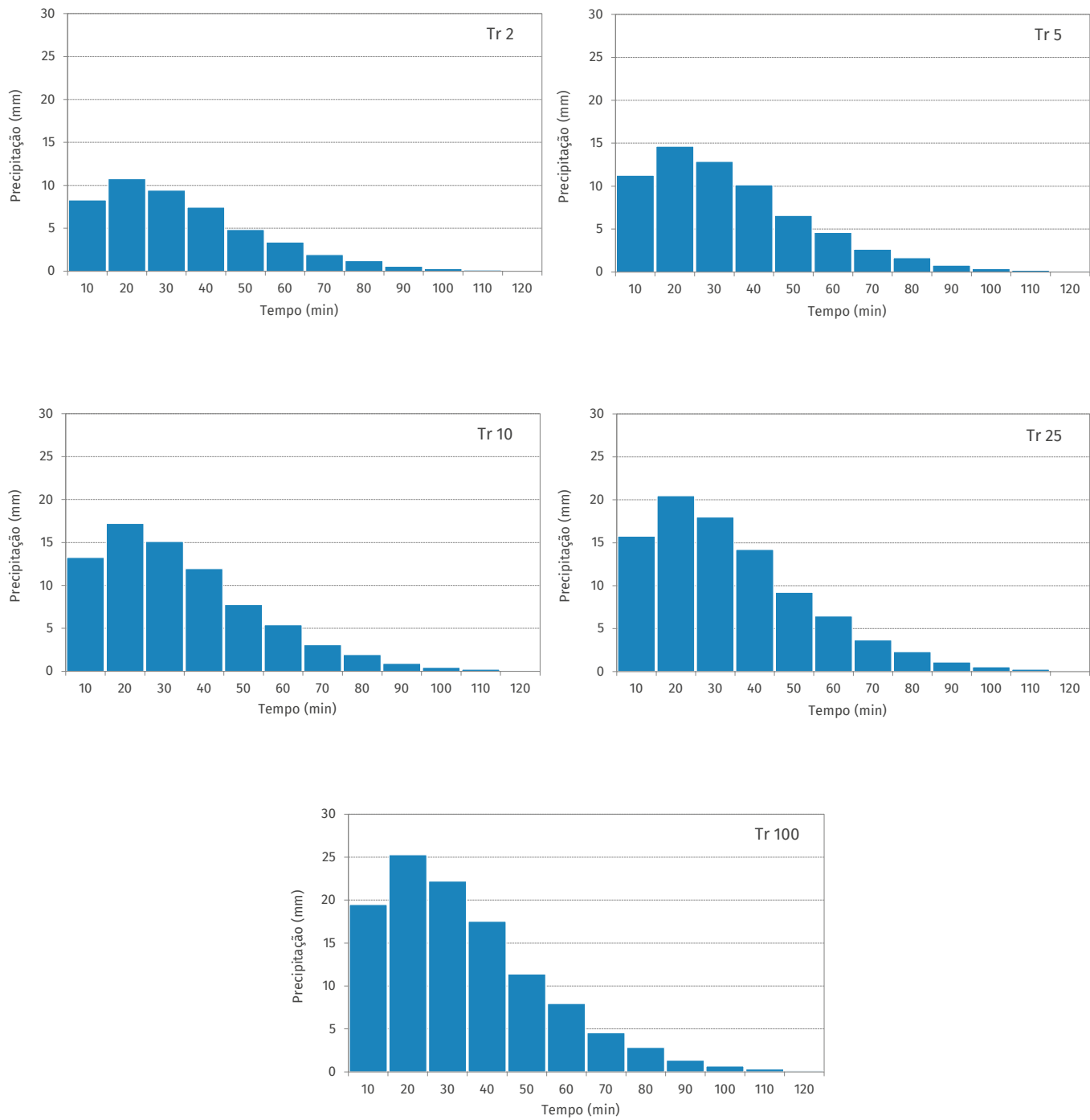


FIGURA 3.1 Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos

3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, a bacia do córrego Sapateiro foi dividida em 18 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais e das redes de microdrenagem,






bem como à direção do fluxo do escoamento superficial. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

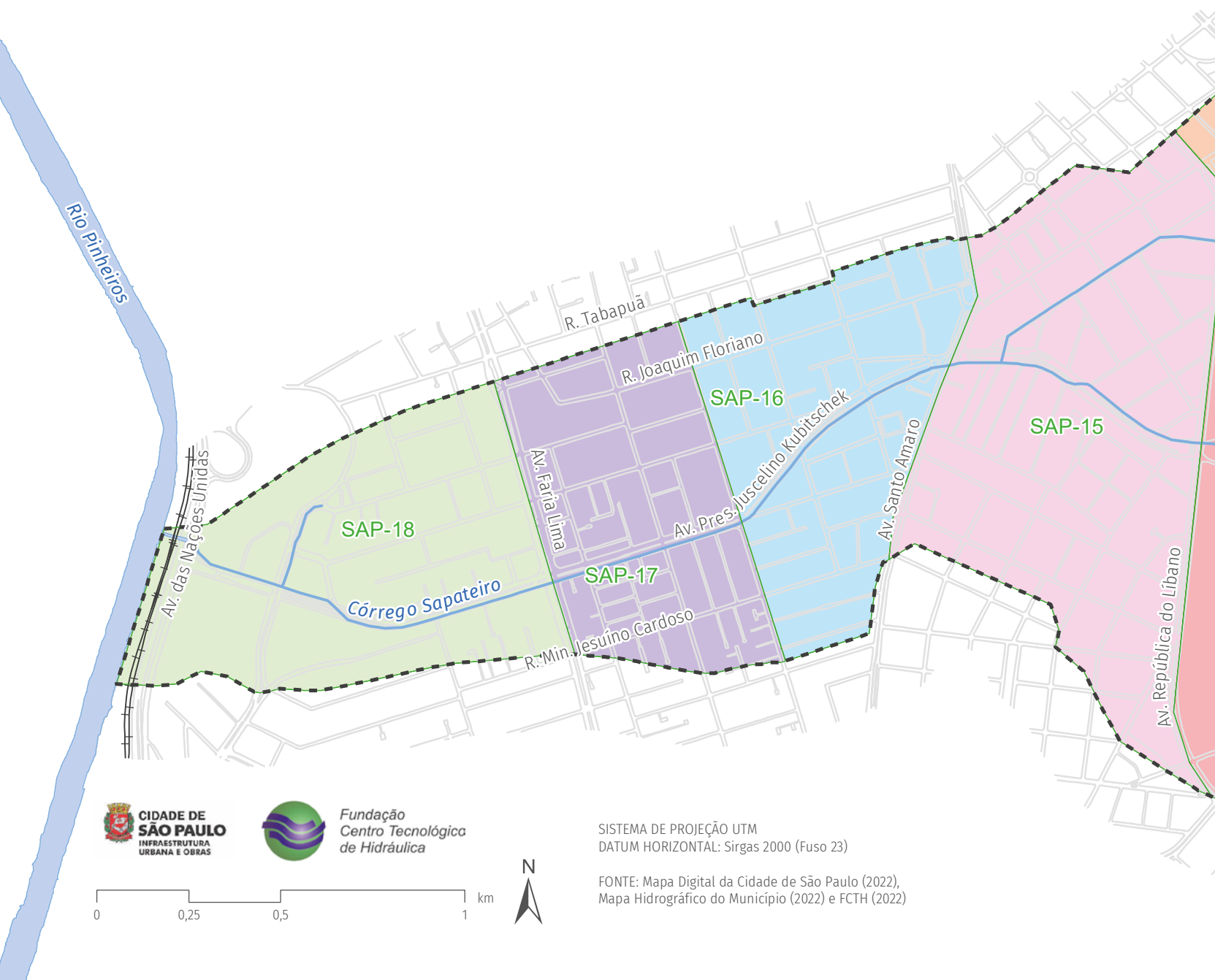
No mapa da **FIGURA 3.2** é apresentada a divisão de sub-bacias empregada no modelo hidrológico-hidráulico adotado.

TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias do córrego Sapateiro

Sub-bacia	Área (km ²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)
SAP-01	0,60	9,03	831
SAP-02	0,48	9,79	912
SAP-03	0,57	9,92	1.060
SAP-04	0,54	9,25	737
SAP-05	0,67	8,75	812
SAP-06	0,91	6,81	713
SAP-07	0,21	9,94	374
SAP-08	0,86	10,51	1.272
SAP-09	0,31	11,22	570
SAP-10	0,65	9,31	936
SAP-11	0,14	7,29	417
SAP-12	0,43	12,68	682
SAP-13	0,70	7,64	1.180
SAP-14	0,42	6,55	350
SAP-15	0,92	8,18	758
SAP-16	0,53	7,90	733
SAP-17	0,48	6,85	542
SAP-18	0,66	10,02	1.148

Convenção

-  Sub-bacias
-  Rede hídrica
-  Bacia do Sapateiro
-  Quadra viária
-  Linha férrea



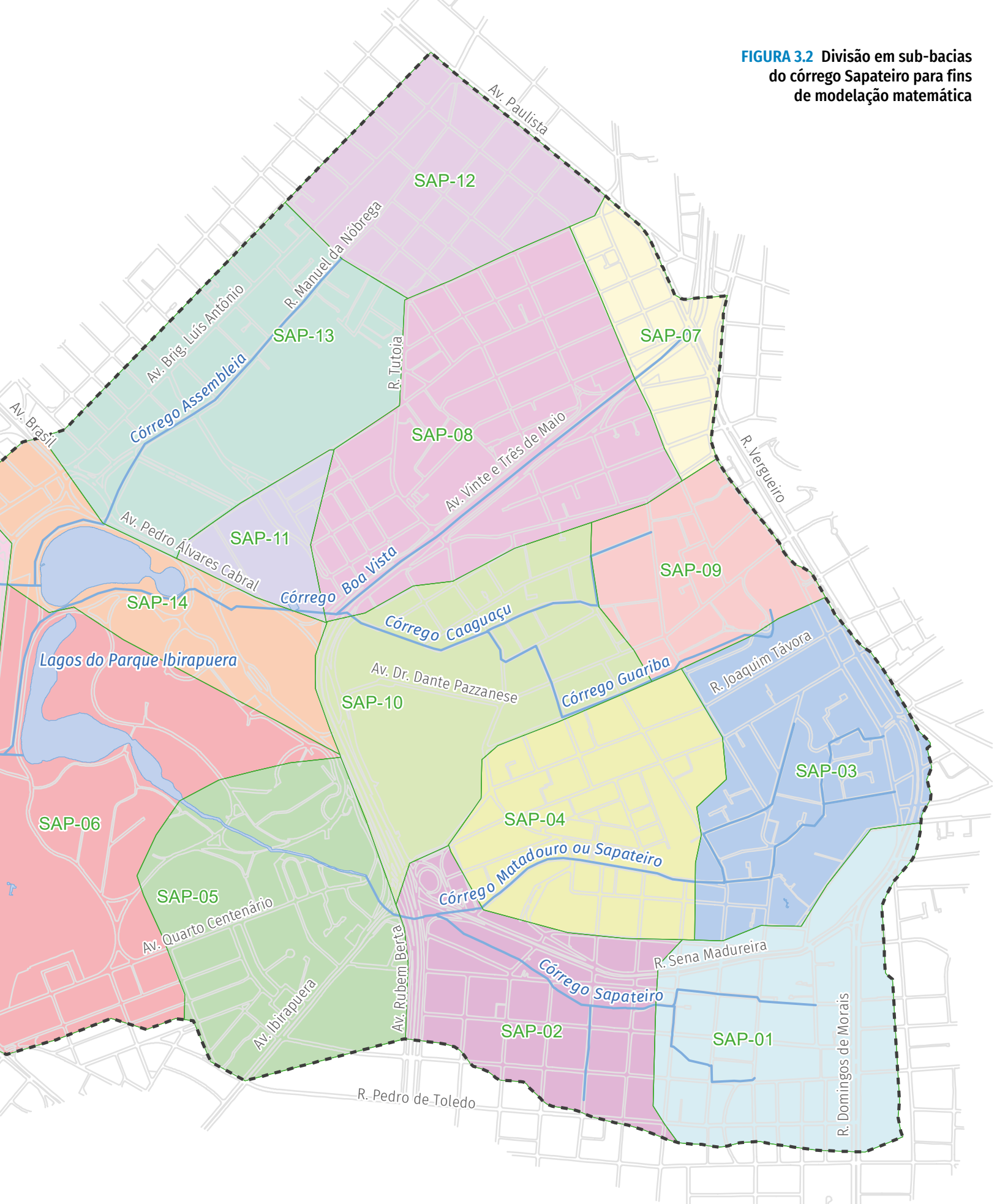
Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e FCTH (2022)



FIGURA 3.2 Divisão em sub-bacias do córrego Sapateiro 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 estudo¹⁸. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado na bacia.

Para esta 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**.

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

TABELA 3.4 Valor médio de impermeabilidade adotado na segmentação das imagens

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

TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

Uso do solo	% Impermeável
Pavimento	94,8
Comércio e Serviços	83,0
Indústria e Armazém	83,0
Equipamento Urbano	81,2
Residencial Horizontal Baixo Padrão	80,2
Residencial Horizontal Médio Alto Padrão	78,8
Residencial Vertical Médio Alto Padrão	76,1
Espaços Abertos	27,0

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

¹⁸. Como base dessa análise, foram utilizadas as ortofotos de alta resolução do Mapa Digital da Cidade (2017).

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

A impermeabilização máxima permitida foi estimada a partir da complementação dos valores exigidos para a permeabilidade mínima.

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

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

No total das 18 sub-bacias, dez delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior do 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 entre a situação atual e a máxima permitida por lei.

Quando analisado o valor médio de área impermeável existente para a bacia, observa-se que existe pouca diferença entre a média dos valores atuais e dos permitidos. A impermeabilização atual é de 75%, e a permitida é de 78%. Analisando esse resultado hidrológicamente, tem-se que os valores estimados não produzem alterações significativas nos hidrogramas.

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Área impermeável atual (%)

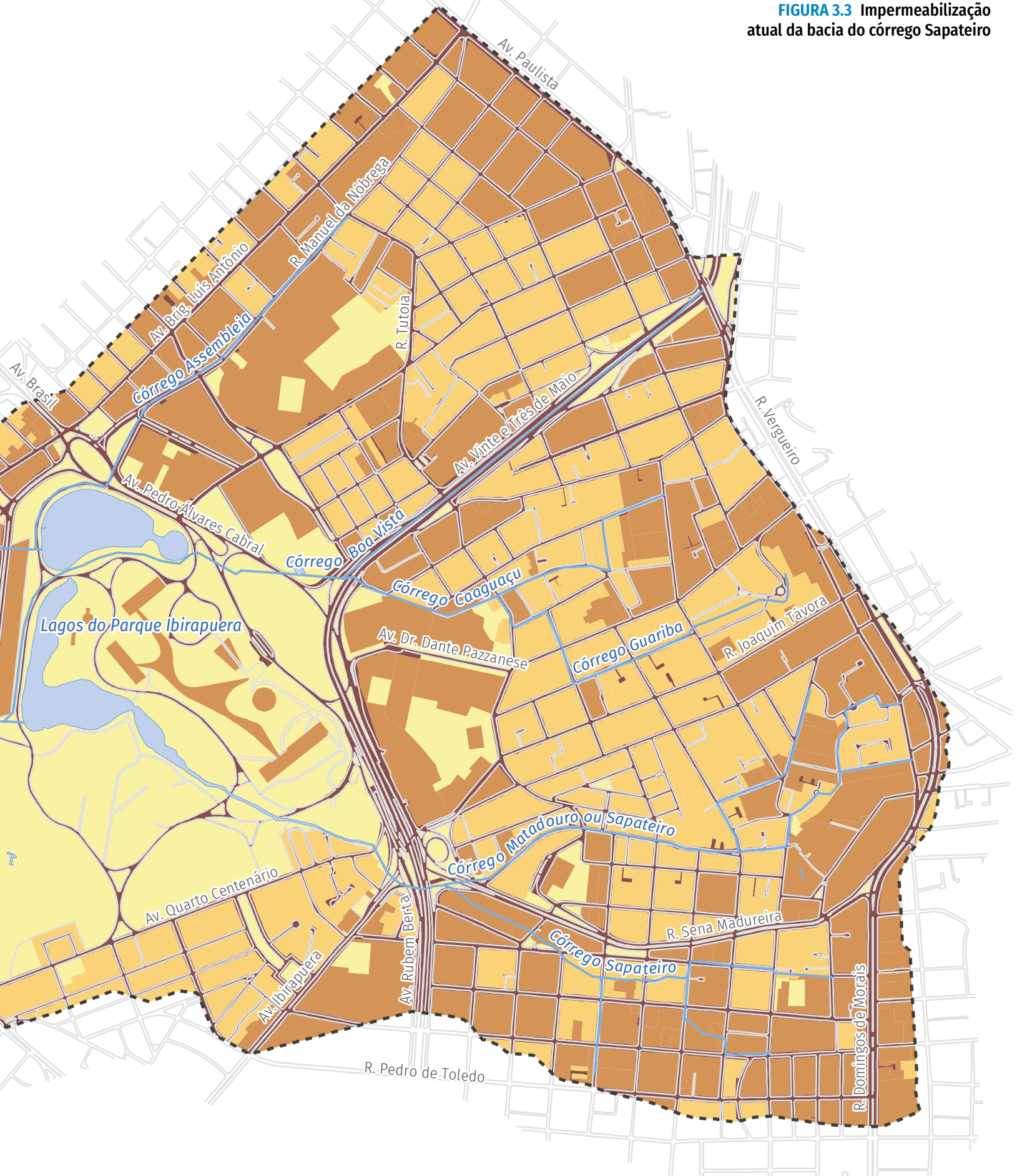
- 0 – 35
- 36 – 80
- 81 – 85
- 86 – 100



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Secretaria
Municipal da Fazenda (2013, atualizado)

FIGURA 3.3 Impermeabilização atual da bacia do córrego Sapateiro



Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Área impermeável máxima permitida por lei (%)

- 0 – 35
- 36 – 80
- 81 – 85
- 86 – 100



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Lei de
Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

FIGURA 3.4 Impermeabilização máxima permitida da bacia do córrego Sapateiro

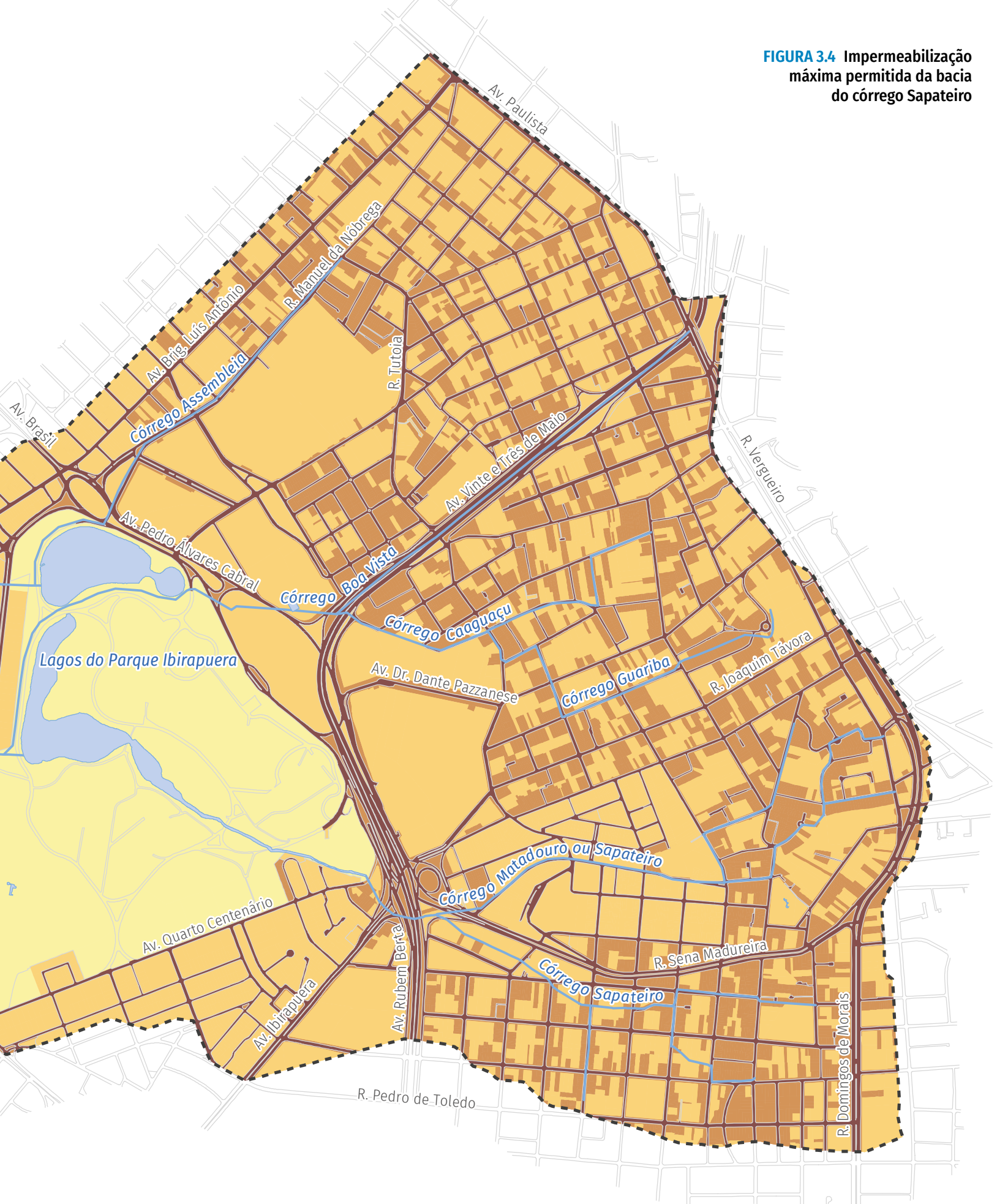


TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei

Sub-bacia	Área impermeável (%)		Sub-bacia	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
SAP-01	83	80	SAP-10	75	80
SAP-02	82	80	SAP-11	60	80
SAP-03	83	80	SAP-12	83	80
SAP-04	80	75	SAP-13	76	78
SAP-05	61	72	SAP-14	56	72
SAP-06	47	68	SAP-15	80	75
SAP-07	80	80	SAP-16	84	80
SAP-08	82	80	SAP-17	84	80
SAP-09	82	80	SAP-18	73	78
			Valor médio	75	78

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 vulneráveis localizados em áreas inundáveis.

4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

Para o estudo das cheias de origem na própria bacia, 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, componente do Plano Diretor de Drenagem (PDD), pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico.

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- + + + + + Linha férrea

Período de retorno (anos)

- 2
- 5
- 10
- 25
- 100



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

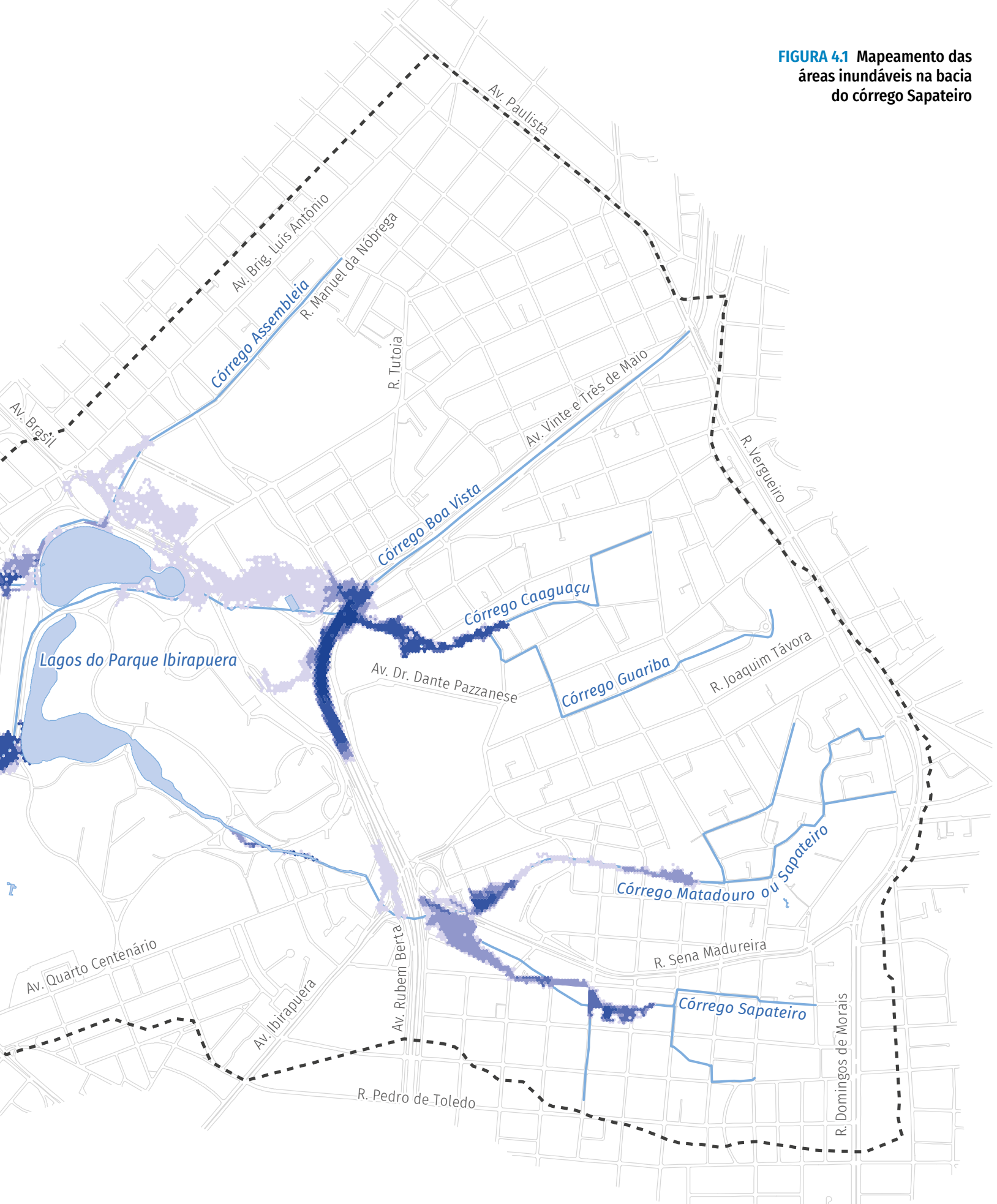
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e FCHT (2022)

0 0,25 0,5 1 km



FIGURA 4.1 Mapeamento das áreas inundáveis na bacia do córrego Sapateiro



Esse zoneamento permite o 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 (**FIGURA 2.27**), o sistema viário estrutural (**FIGURA 2.38**) e as áreas de risco de inundação.

Em equipamentos urbanos, classificam-se as áreas destinadas às instituições de ensino, tais como escolas, creches e faculdades; às instituições de serviços de saúde; e às de assistência social. Essas áreas foram incluídas nas análises por retratarem locais com alta vulnerabilidade, em função da grande concentração de pessoas, e pela importância dos serviços oferecidos no que tange à saúde física e mental e à educação do cidadão.

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, 2004¹⁹).

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

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

(Equação 4.1)

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

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

19. 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.

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

TABELA 4.1 Graus de risco de inundação		
Grau de risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	71
Médio	0,002 – 0,01	25
Alto	0,01 – 0,04	4
Muito alto	0,04 – 1	—

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

A **FIGURA 4.3** traz um infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas, e 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

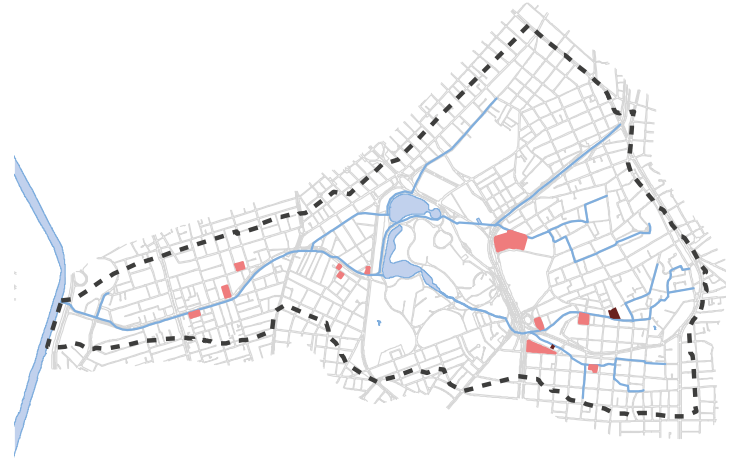
Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária

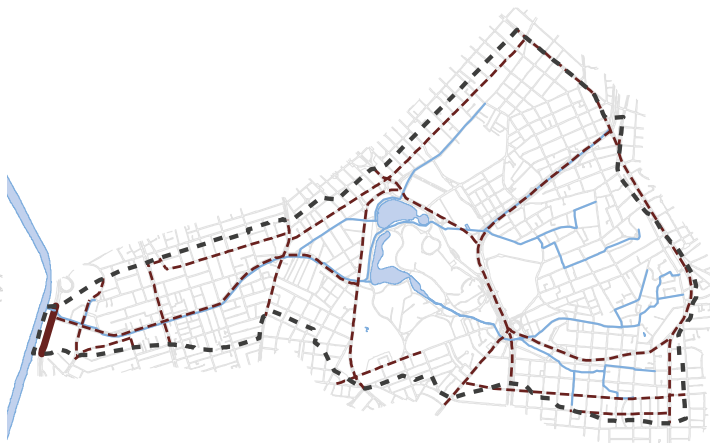


Risco de inundação

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto



- Equipamento urbano vulnerável
- Favela



Sistema viário estrutural

- N1
- N2
- N3

Risco de inundação

+

Equipamento urbano vulnerável e favela

+

Sistema viário estrutural



Áreas críticas

Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Área críticas

Risco de inundação (classificação)

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto

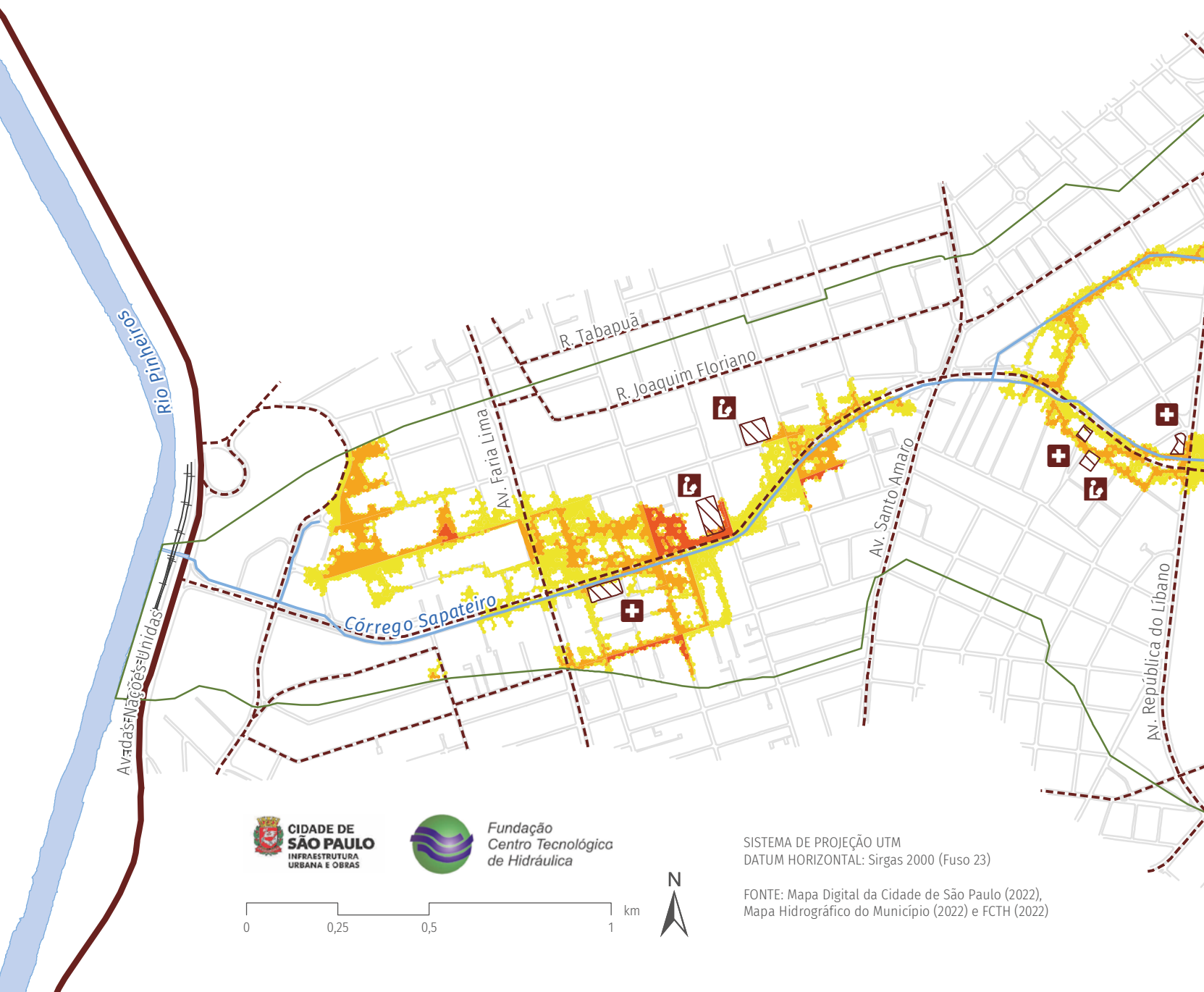
□ Equipamento urbano vulnerável

- Serviço de saúde
- Unidade de ensino

□ Favela

Sistema viário estrutural

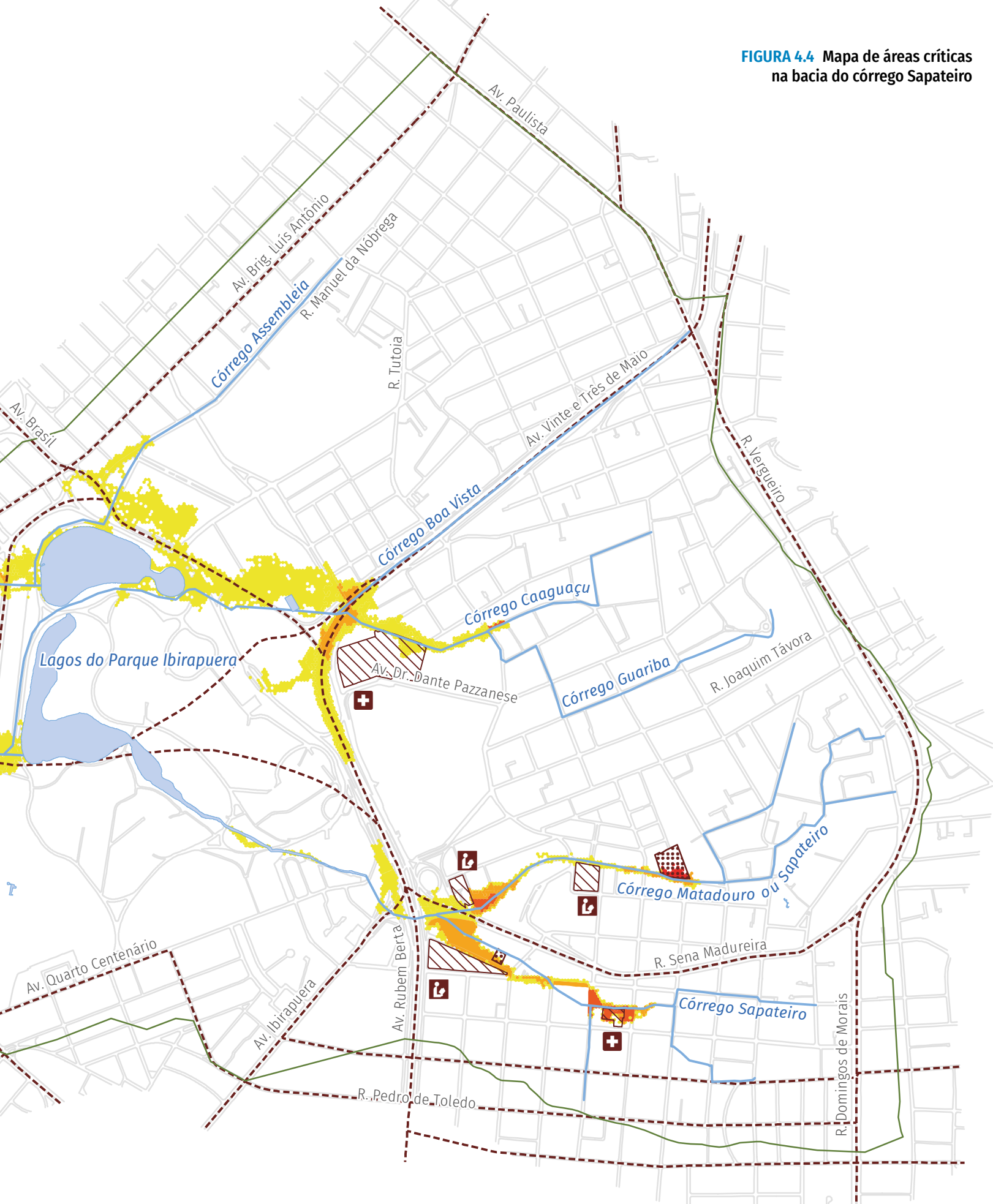
- N1
- - - N3



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e FCTH (2022)

FIGURA 4.4 Mapa de áreas críticas na bacia do córrego Sapateiro



Estudos e projetos existentes para a bacia

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

Todos os projetos e propostas apresentados neste capítulo foram investigados, e algumas das intervenções sugeridas foram selecionadas para a elaboração do conjunto de medidas alternativas aqui propostas. Ocasionalmente, foram alterados os volumes de reservação e localização das intervenções, por conta da disponibilidade de área para a implantação da medida ou, até mesmo, para um menor impacto urbano e ambiental durante sua construção.

5.1 PROJETO DE REFORÇO DA DRENAGEM NO TRECHO FINAL DO CÓRREGO BOA VISTA

Idealizado pela Projectus no ano 2000, esse projeto propõe um reforço para conduzir as vazões advindas do córrego Caaguaçu, afluente do Boa Vista, desde a Rua Dr. Astolfo Araújo até o lago norte do Parque Ibirapuera. O reforço se dá em sua maior parte por um túnel NATM, com 4 m de base e 3 m de altura, por aproximadamente 510 m, iniciando na Rua Dr. Astolfo Araújo, e uma galeria de 5,0 × 2,2 m no trecho final, com extensão de aproximadamente 71 m.

5.2 PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÃO DOS LAGOS DO PARQUE IBIRAPUERA

Esse projeto foi elaborado pelo Hidrostudio Engenharia e propõe a concepção de estruturas de saída adequadas para minimizar os extravasamentos dos lagos do Parque Ibirapuera, juntamente com o alteamento dos trechos baixos de suas margens.

No Lago 2, é proposta a implantação de uma nova estrutura hidráulica de controle da vazão de saída e o alteamento de um trecho da margem. A estrutura de controle será composta por um orifício de fundo e um

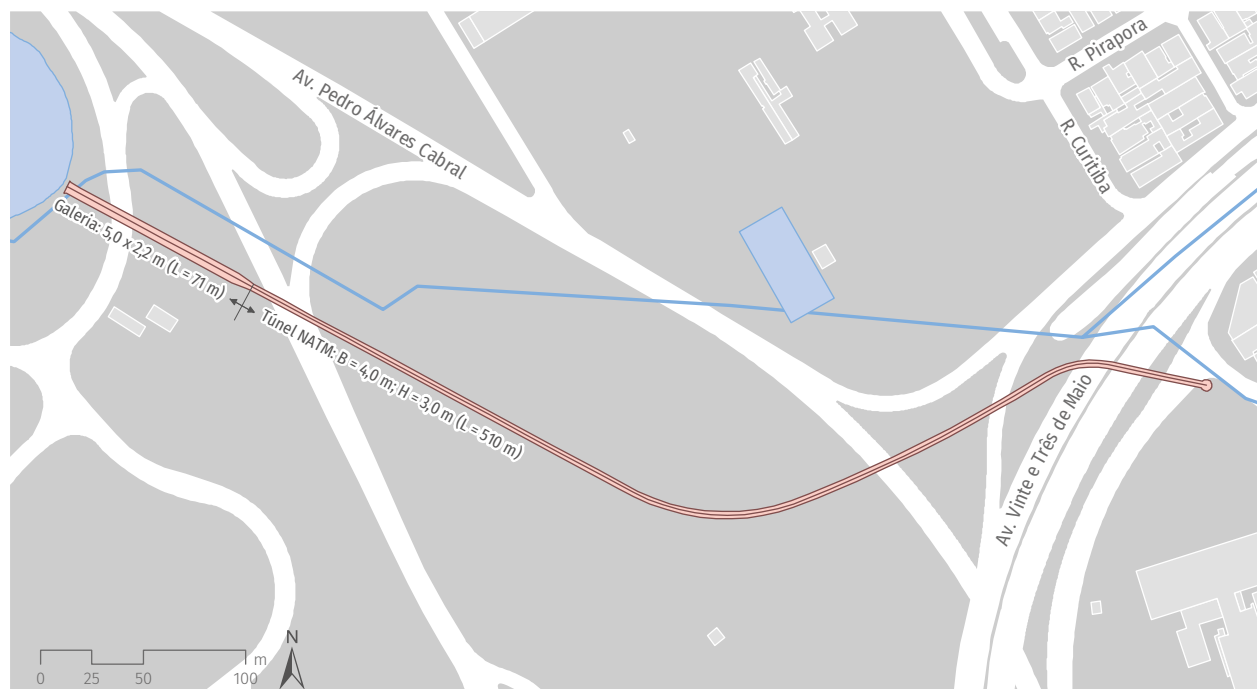


FIGURA 5.1 Traçado do reforço proposto no córrego Boa Vista (adaptado de: Projectus, 2000)



FIGURA 5.2 Planta geral do Pq. Ibirapuera (fonte: Hidrostudio Engenharia)

vertedor com soleiras em diferentes níveis. A tomada de água se dará através do orifício de fundo, com o objetivo de auxiliar na renovação da água do lago e na manutenção de sua qualidade. Com essa nova estrutura, o nível d'água permanente se manterá na cota de 743,3 m, 0,3 m abaixo da cota atual, aumentando, assim, o volume útil para amortecimento das cheias e minimizando a ocorrência de extravasamentos.

De dimensões 1,5 m × 1,5 m, o orifício de fundo por onde passará a vazão de base durante o funcionamento normal do lago estará situado na cota de 740,5 m. No interior da estrutura, haverá dois vertedores intermediários com 1,75 m de largura cada, situados a 2,7 m do fundo, na cota de 743,2 m. Um dos vertedores terá pranchas removíveis, tipo “*stop-log*”, possibilitando rebaixar o nível d'água até a cota de 742,4 m. Essa estrutura prevê uma comporta de fundo com 1,0 m × 1,0 m, para esvaziar o lago caso necessário.

A borda da estrutura, situada na cota de 743,6 m e com perímetro total de 19 m, também atuará como vertedora quando ocorrer elevação do nível d'água. A galeria de saída terá 2,0 m × 2,0 m e declividade de 0,005 m/m e será ligada à um PV existente.

O alteamento das margens ocorrerá onde for necessário, conforme apresentado no projeto. Nesse procedimento, será feito

um corte do terreno atual e do aterro, até a cota de 745,0 m. O aterro possuirá um talude suave e gramado, de forma a não alterar as características atuais das margens do lago.

Já no Lago 3, analogamente ao proposto no Lago 2, é proposta a implantação de uma nova estrutura hidráulica de controle da vazão de saída, o alteamento de um trecho da margem e a recomposição das margens nos trechos erodidos.

A estrutura de controle será composta por um orifício de fundo e um vertedor com soleiras em diferentes níveis. A tomada de água se dará através do orifício de fundo, com o objetivo de auxiliar na renovação da água do lago e na manutenção de sua qualidade. Com essa nova estrutura, o nível d'água permanente se manterá na cota de 743,3 m, 0,3 m abaixo da cota atual, aumentando, assim, o volume útil para amortecimento das cheias e minimizando a ocorrência de extravasamentos.

O orifício de fundo, por onde passará a vazão de base durante o funcionamento normal do lago, estará situado na cota de 740,0 m e terá geometria retangular, com 1,5 m (base) × 1,5 m (altura). No interior da estrutura, haverá dois vertedores intermediários com 1,75 m de largura cada, situados a 3,2 m do fundo, na cota de 743,2 m. Um dos vertedores terá pranchas removíveis, tipo

“*stop-log*”, que possibilitarão aos mantenedores do parque rebaixar o nível d’água durante algum tipo de manutenção, até a cota de 742,4 m. Essa estrutura ainda terá uma comporta de fundo com 1,0 m × 1,0 m, para esvaziar o lago caso necessário.

Igualmente ao lago 2, a borda da estrutura, situada na cota de 743,6 m e com perímetro de 19 m, como vertedora quando ocorrer elevação do nível d’água. A galeria de saída terá 2,0 m × 2,0 m e declividade de 0,005 m/m e será ligada ao sistema de drenagem existente.

O alteamento das margens também ocorrerá onde for necessário, com um corte do terreno atual e do aterro, até a cota de 745,0 m, com intuito de não alterar as características atuais das margens do lago.

Um projeto com diferentes alternativas para a recomposição das margens erodidas é proposto para os trechos onde não será necessário fazer o alteamento.

5.3 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UM CAMINHO ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O córrego Sapateiro teve seu trajeto cartografado a partir de estudos realizados pelo arquiteto Vladimir Bartalini, professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), com base na análise de mapas antigos da cidade de São Paulo, além da observação das estruturas e dos formatos das ruas, dos becos, das vielas, dos fragmentos de áreas livres e até da insurgência de águas subterrâneas.

Assim como o córrego Sapateiro, o córrego Aclimação, encoberto pela urbanização, revela, com o exame das cartas que representam suas bacias, que suas nascentes não distam mais de 1 km entre si. Os lagos formados por eles, respectivamente os lagos do Parque Ibirapuera e o lago do Parque da Aclimação, distam apenas cerca de 4 km entre si.

Como forma de rememorar os antigos trajetos dos córregos e mostrar à população o caminho natural do rio, é proposta uma rota entre os parques, visando a constituição de trajetos rememorativos que possibilitem novas leituras e apropriações do espaço da cidade.

5.4 PROPOSTAS DE REVITALIZAÇÃO DE CÓRREGOS

Outra ação proposta para a bacia remete à política municipal de revitalização e proteção de nascentes, córregos, rios e demais corpos d'água existentes no território municipal, o que, por sua vez, é uma das ações governamentais integradas na Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas. Além disso, iniciativas da sociedade civil, como o projeto Rios e Ruas, propõem a abertura de trechos de córregos no município de São Paulo.

Um dos braços do córrego Sapateiro, o Caaguaçu, cujas nascentes se localizam

próximas à estação Ana Rosa do Metrô, segue pelo bairro da Vila Mariana em direção ao Parque Ibirapuera. Depois de atravessar a Rua Dr. Amâncio de Carvalho, segue pela Rua Dr. Astolfo Araújo, onde bueiros permitem ver e escutar a água correndo pelas galerias (**FIGURA 5.4**). Nesse trecho, é sugerida a abertura do córrego e a transformação de suas margens em um parque linear.

Com esse mesmo propósito de recuperação, existe também uma proposta de revitalização de uma nascente do córrego Guariba, afluente do Caaguaçu, junto à Praça Arquimedes da Silva. Nesse local, é possível verificar o constante afloramento de água dos tubos de drenagem de prédios do entorno.



FIGURA 5.4 Fotos do afloramento de água junto da Pç. Arquimedes da Silva e do córrego Caaguaçu visto por entre a grelha, na R. Dr. Astolfo Araújo

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Projetos existentes

- Projectus
 - Reforço de galeria
- Hidrostudio
 - Alçamento das margens e readequação dos vertedores
- FAU-USP
 - +— Rota rememorativa
- Iniciativa da sociedade civil
 - Abertura de córrego
 - Revitalização de nascente



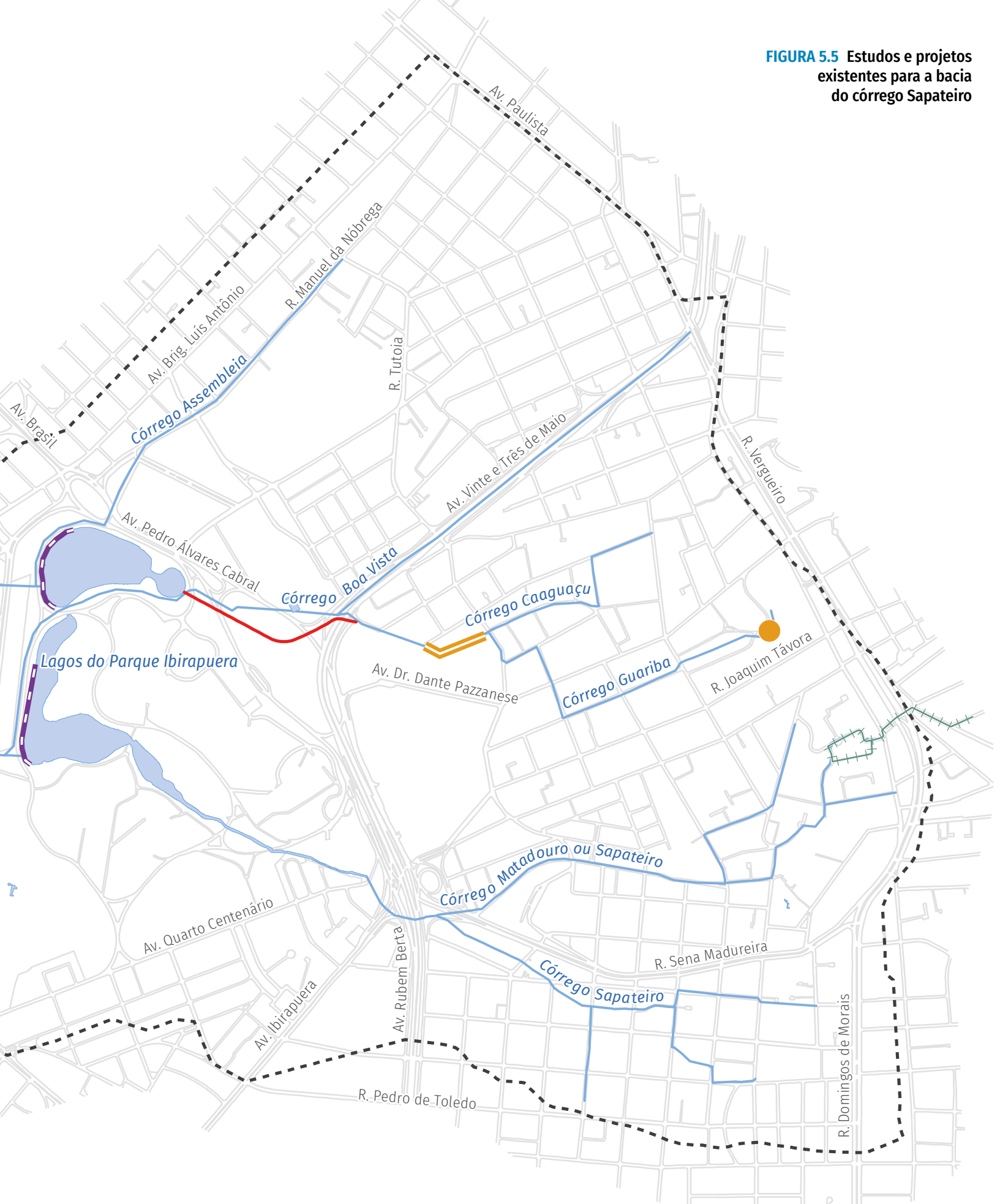
0 0,25 0,5 1 km



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022), Projectus,
Hidrostudio, FAU-USP e SIURB

FIGURA 5.5 Estudos e projetos existentes para a bacia do córrego Sapateiro



6

Alternativas propostas

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

As alternativas foram propostas de modo a evitar que fossem necessárias intervenções no trecho de jusante, na Avenida Pres. Juscelino Kubitschek, onde a galeria existente é insuficiente. Uma galeria de reforço desde o Parque Ibirapuera até o Rio Pinheiros seria de alto custo e grande impacto no trânsito, o que exigiria obras complementares de remanejamento de interferências. A intervenção proposta, que evita a necessidade do reforço de galeria na Avenida Pres. Juscelino Kubitschek, é a implantação de reservatórios a montante do parque e, principalmente, o aumento da capacidade de retenção nos lagos do Ibirapuera. Com uma pequena elevação de trecho da margem dos lagos e a troca do sistema de vertimento das águas, se obteve um volume de armazenamento de até 319 mil m³ na 3ª etapa, equivalente a um reservatório de grandes dimensões, a um custo proporcionalmente muito baixo: uma obra de mínimo impacto, que pode ser devidamente integrada ao parque como se propõe no Item 6.4.

No intuito de conceder à bacia o grau de proteção de 100 anos, as intervenções foram dimensionadas para o cenário de ocupação máxima do solo permitida, conforme indicada na Lei nº 16.402/2016, ou para a impermeabilização atual caso essa seja maior do que a máxima permitida por lei.

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais situadas nos córregos da bacia do córrego Sapateiro e de áreas adjacentes. Dentre as principais medidas de controle propostas, destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Na bacia do córrego Sapateiro, optou-se por alocar os reservatórios preferencialmente em áreas públicas;
- Reforço de galeria – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da galeria existente, podendo ser realizada pela substituição da galeria ou pela construção de uma nova galeria (galeria de reforço);
- Alteamento de margens e desassoreamento – correspondem a alterações no lago do Parque Ibirapuera, com o intuito de aumentar sua capacidade de reservação;
- Restrição de seção – barreira fixa ou móvel que obstrui parcialmente a seção da galeria, com o objetivo de aumentar a vazão que é desviada da galeria para um reservatório, aliviando o sistema de drenagem a jusante;
- 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. A praça de infiltração pode contar com as seguintes tecnologias: jardins de chuva, biovaletas, canteiros pluviais, poços de infiltração, terraceamento, reservatórios sob a calçada, entre outros;
- Rota rememorativa – trecho linear, paralelo ao curso do córrego, destinado a receber diferentes tipologias de medidas de controle na fonte;
- Reservatório de primeira chuva – estrutura projetada conectada à rede de drenagem para a contenção da carga de poluição difusa.

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.

No estudo deste Caderno, foram previstas três etapas de implantação para o controle de cheias: a primeira etapa é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em áreas de risco muito alto (**FIGURA 4.4**); a segunda etapa foi composta por obras que protejam a bacia para chuvas de Tr 25 anos; e a terceira etapa visa à proteção para chuvas de Tr 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos extraordinários com Tr maiores que 100 anos, a bacia não estará protegida.

Além das três etapas de implantação de obras para o controle de cheias, foi prevista também uma etapa adicional para a requalificação dos córregos da bacia, chamada de etapa complementar de requalificação urbanística, comum às duas alternativas, e que reúne três intervenções: a praça de infiltração, a rota rememorativa e o reservatório de primeira chuva.

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 mínima intervenção territorial, resultando em nenhuma desapropriação de lotes e minimizando interferências no tráfego de veículos.

Essa alternativa contempla a implantação de quatro reservatórios de armazenamento (224.000 m³); duas etapas de expansão da capacidade de reservação dos lagos do Parque Ibirapuera, obtidas por meio do alteamento das margens na primeira etapa (134.000 m³) e do desassoreamento dos lagos na terceira etapa (150.000 m³); associadas a readequações de vertedores nos dois lagos; duas restrições de seção, uma no Córrego Assembleia, sob a R. Antônio de Queiroga e a segunda no Córrego Boa Vista, sob a Av. Pedro Álvares Cabral; substituição de galerias (230 m) e galeria de reforço (1.750 m). O reservatório RSP-01, localizado na Rua Dr. Mário Cardim, é *in line*, e os demais são *off line*, com esgotamento por bombas. Todos os reservatórios dessa alternativa encontram-se em território público, não sendo necessária qualquer desapropriação.

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. Ressalta-se que, pelo seu caráter complementar, a etapa

de requalificação urbanística não foi elencada nessa tabela.

A **FIGURA 6.1** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as três etapas de implantação das ações. Também são apontadas as intervenções da etapa de requalificação urbanística comporta por: dois trechos de abertura de córrego – uma no córrego Caaguaçu (20 m), junto à Rua Pelotas; e outra, no córrego Boa Vista (50 m), a montante do lago norte; uma praça de infiltração; um reservatório de primeira

chuva (3.000 m³) e uma série de intervenções detalhadas como “rota rememorativa” (2.300 m), que introduzem a população à convivência e ao contato com as águas, lembrando o caminho que o córrego seguia originalmente.

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

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Córrego Assembleia	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluyente ao lago norte (acesso norte)	150	4,5	–	–
		Restrição de seção	R. Antônio de Queiroga	–	1,5	–	–
	Córrego Boa Vista	RSP-02	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	–	–	3.000	60.000
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Dr. Astolfo Araújo e o RSP-02	300	15,0	–	–
	Córrego Sapateiro	RSP-01	R. Dr. Mário Cardim	–	–	1.600	5.000
		RSP-03	Pç. Manuel Vaz de Toledo	–	–	2.500	29.000
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-03	170	4,0	–	–
		RSP-04	Pç. Soichiro Honda	–	–	1.500	35.000

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Córrego Sapateiro	Galeria de reforço	R. Dr. Mário Cardim, desde o RSP-01 até a R. Sena Madureira	850	1,1	-	-
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota de 745 m	700	-	150.000	134.000
			Readequação do vertedor – lago norte	-	2,3	-	-
			Readequação do vertedor – lago sul	-	4,5	-	-
2ª Etapa	Córrego Boa Vista	RSP-02 (expansão)	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	-	-	3.000	60.000
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Joinville e a R. Dr. Astolfo Araújo	300	2,3	-	-
2ª Etapa	Córrego Caaguaçu	Galeria de reforço	R. Dr. Astolfo Araújo, trecho subsequente à abertura deste córrego e a Av. Vinte e Três de Maio	300	4,3	-	-
	Córrego Sapateiro	Galeria de reforço	Da Av. Quarto Centenário até o córrego Sapateiro, próximo ao lago sul	750	2,0	-	-
	Córrego Sapateiro	RSP-04 (expansão)	Pç. Soichiro Honda	-	-	1.500	35.000
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Aumento da seção do vertedor entre os lagos	30	9,0	-	-
3ª Etapa	Córrego Boa Vista	Restrição de seção	Av. Pedro Álvares Cabral, deriva de fluxo para a R. Manoel da Nóbrega	-	1,8	-	-
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Novo vertedor – lago norte	-	0,8	-	-
			Novo vertedor – lago sul	-	1,2	-	-
		Substituição de galeria	Do Lago sul até a galeria existente do Córrego Boa Vista	80	5,3	-	-
		Desassoreamento	Rebaixamento do nível d'água em 1,30 m (cota 742,3 m)	-	-	150.000	150.000

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

1ª etapa (obras prioritárias)

- ▲ Reservatório
- Galeria de reforço
- - - - - Substituição de galeria
- ▤ Alçamento das margens (cota 745 m) e readequação dos vertedores
- Restrição de seção

2ª etapa (Tr 25 anos)

- ▲ Reservatório
- Galeria de reforço

3ª etapa (Tr 100 anos)

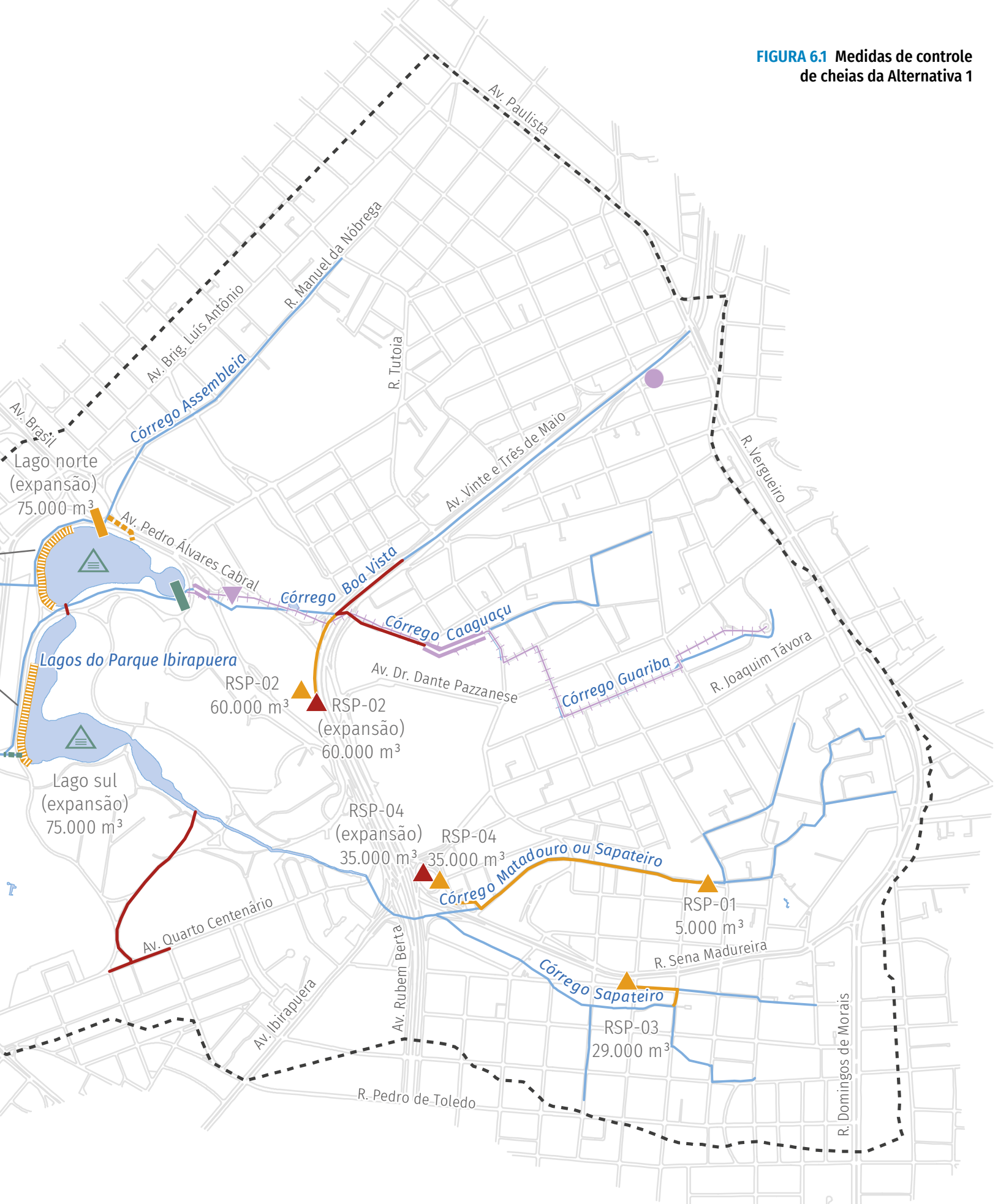
- ▲ Desassoreamento (cota 742,3 m)
- - - - - Substituição de galeria
- Restrição de seção

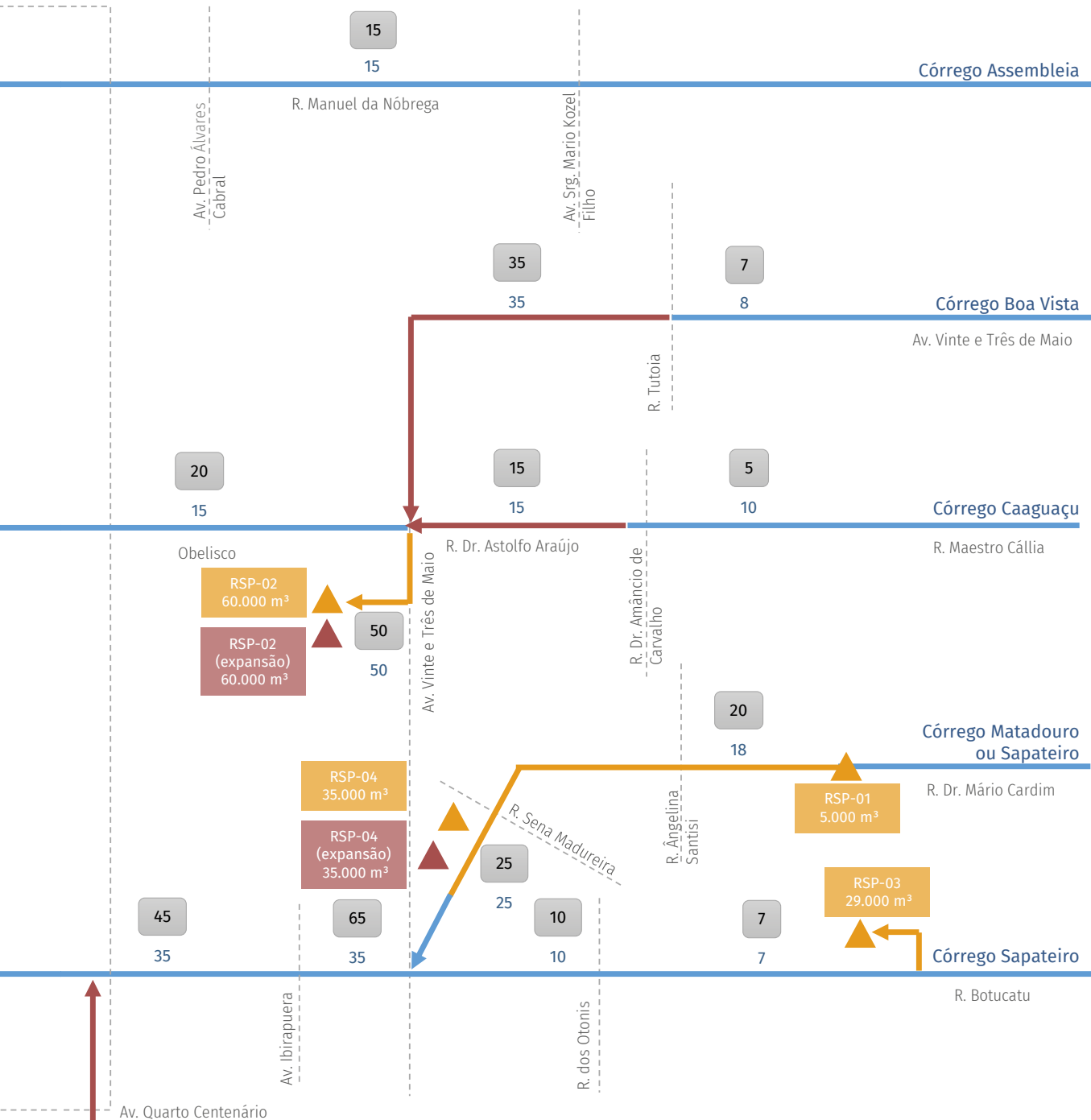
Etapa complementar de requalificação urbanística

- Praça de infiltração
- ▼ Reservatório de primeira chuva
- ▬ Abertura de córrego
- + + + + Rota rememorativa



FIGURA 6.1 Medidas de controle de cheias da Alternativa 1





INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

- Alçamento das margens (cota 745 m) e readequação dos vertedores
- Restrição de seção

- Reservatório
- Galeria de reforço

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

- Desaerreamento (cota 742,3 m)
- Substituição de galeria
- Restrição de seção

6.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 deu prioridade à implantação de intervenções mais distribuídas pela área da bacia, sempre buscando minimizar as interferências com o tráfego de veículos e os custos associados à desapropriação de lotes.

A Alternativa 2 contempla a implantação de seis reservatórios de armazenamento (248.000 m³); duas etapas de expansão da capacidade de reservação dos lagos do Parque Ibirapuera, obtidas por meio do alçamento das margens na primeira etapa (124.000 m³) e também na segunda etapa (195.000 m³); associadas a readequações de vertedores nos dois lagos; duas restrições de seção, uma no Córrego Assembleia, sob a Rua Antônio de Queiroga e a segunda no Córrego Boa Vista, sob a Avenida Pedro Álvares Cabral; substituição de galerias

(150 m) e galeria de reforço (3.820 m). Os reservatórios RSP-01 (Rua Dr. Mário Cardim) e RSP-05 são *in line*, e os demais 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. Da mesma forma que na Alternativa 1, também são indicadas as intervenções da etapa de requalificação urbanística, conforme descrito no item 6.1.

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

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



Córrego Sapateiro na entrada do lago norte do Pq. Ibirapuera (foto: Sara Martins Pion)

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Córrego Assembleia	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluente ao lago norte (acesso norte)	150	4,5	-	-
		Restrição de seção	R. Antônio de Queiroga	-	1,5	-	-
	Córrego Boa Vista	RSP-02	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	-	-	3.000	60.000
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Dr. Astolfo Araújo e o RSP-02	300	15,0	-	-
	Córrego Sapateiro	RSP-01	R. Dr. Mário Cardim	-	-	1.600	5.000
		RSP-03	Pç. Manuel Vaz de Toledo	-	-	2.500	29.000
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-03	170	4,0	-	-
		RSP-04	Pç. Soichiro Honda	-	-	1.500	35.000
		Galeria de reforço	R. Dr. Mário Cardim, desde o RSP-01 até a R. Sena Madureira	850	1,1	-	-
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota de 745 m	650	-	150.000	124.000
			Readequação do vertedor – lago norte	-	2,3	-	-
			Readequação do vertedor – lago sul	-	4,5	-	-
2ª Etapa	Córrego Boa Vista	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluente ao lago norte (acesso leste)	500	6,0	-	-
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Joinville e a R. Dr. Astolfo Araújo	300	2,3	-	-
	Córrego Caaguaçu	RSP-05	Av. Dr. Dante Pazzanese	-	-	4.800	32.000
		Galeria de reforço	R. Dr. Astolfo Araújo, trecho entre o RSP-05 e a Av. Vinte e Três de Maio	300	4,3	-	-

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
2ª Etapa	Córrego Sapateiro	Galeria de reforço	Da Av. Quarto Centenário até o córrego Sapateiro, próximo ao lago sul	750	2,0	-	-
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota 746 m	2.000	-	150.000	195.000
			Aumento da seção do vertedor entre os lagos	30	9,0	-	-
3ª Etapa	Córrego Boa Vista	Restrição de seção	Av. Pedro Álvares Cabral, deriva de fluxo para a R. Manoel da Nóbrega	-	1,8	-	-
	Córrego Sapateiro	RSP-04 (expansão)	Pç. Soichiro Honda	-	-	1.500	35.000
		Galeria de reforço	Do córrego Boa Vista até o RSP-06	630	3,0	-	-
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-06	160	3,0	-	-
	RSP-06	Pq. Ibirapuera	-	-	3.500	52.000	

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

1ª etapa (obras prioritárias)

- ▲ Reservatório
- Galeria de reforço
- - - - - Substituição de galeria
- ▤ Alçamento das margens (cota 745 m) e readequação dos vertedores
- Restrição de seção

2ª etapa (Tr 25 anos)

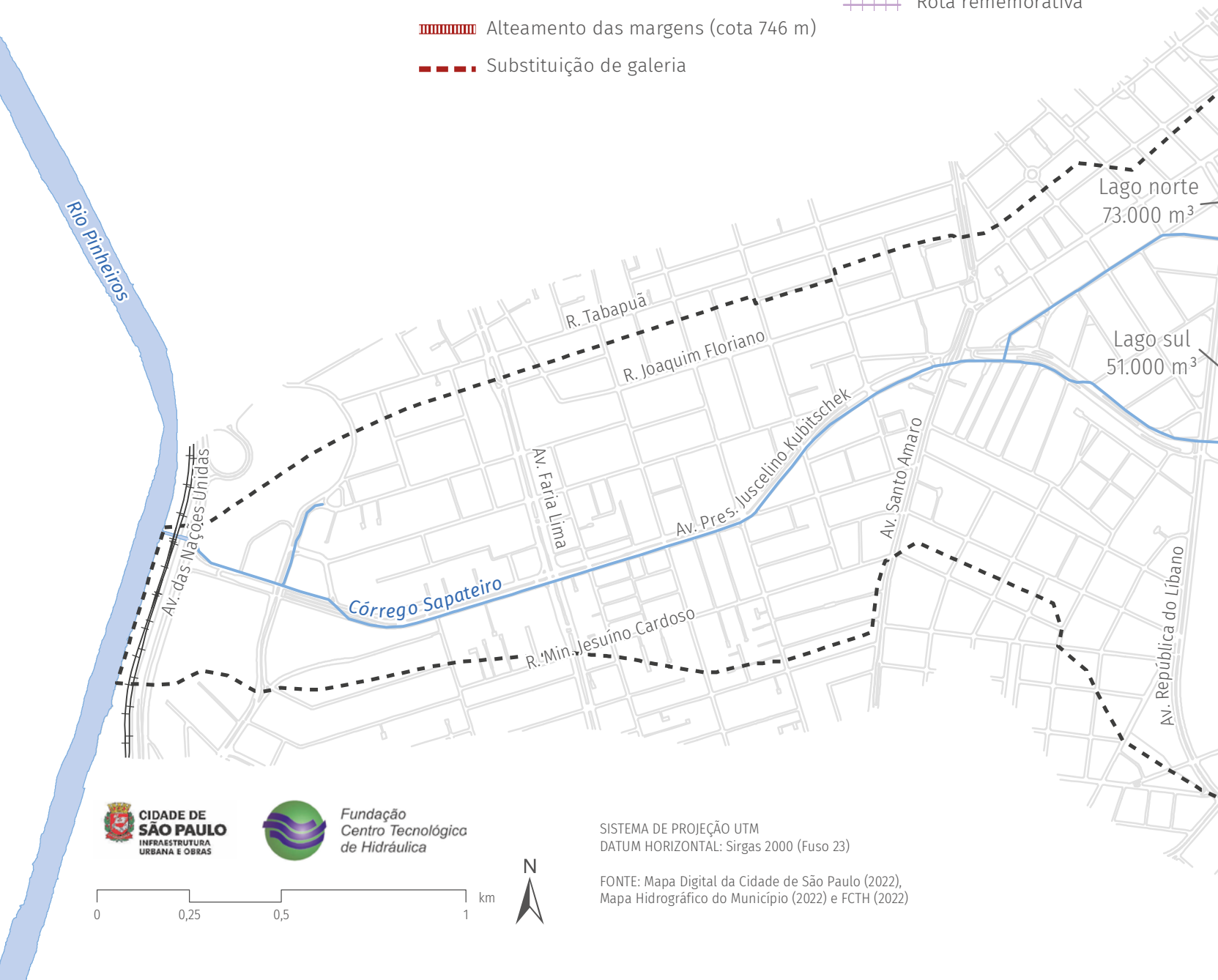
- ▲ Reservatório
- Galeria de reforço
- ▤ Alçamento das margens (cota 746 m)
- - - - - Substituição de galeria

3ª etapa (Tr 100 anos)

- ▲ Reservatório
- Galeria de reforço
- Restrição de seção

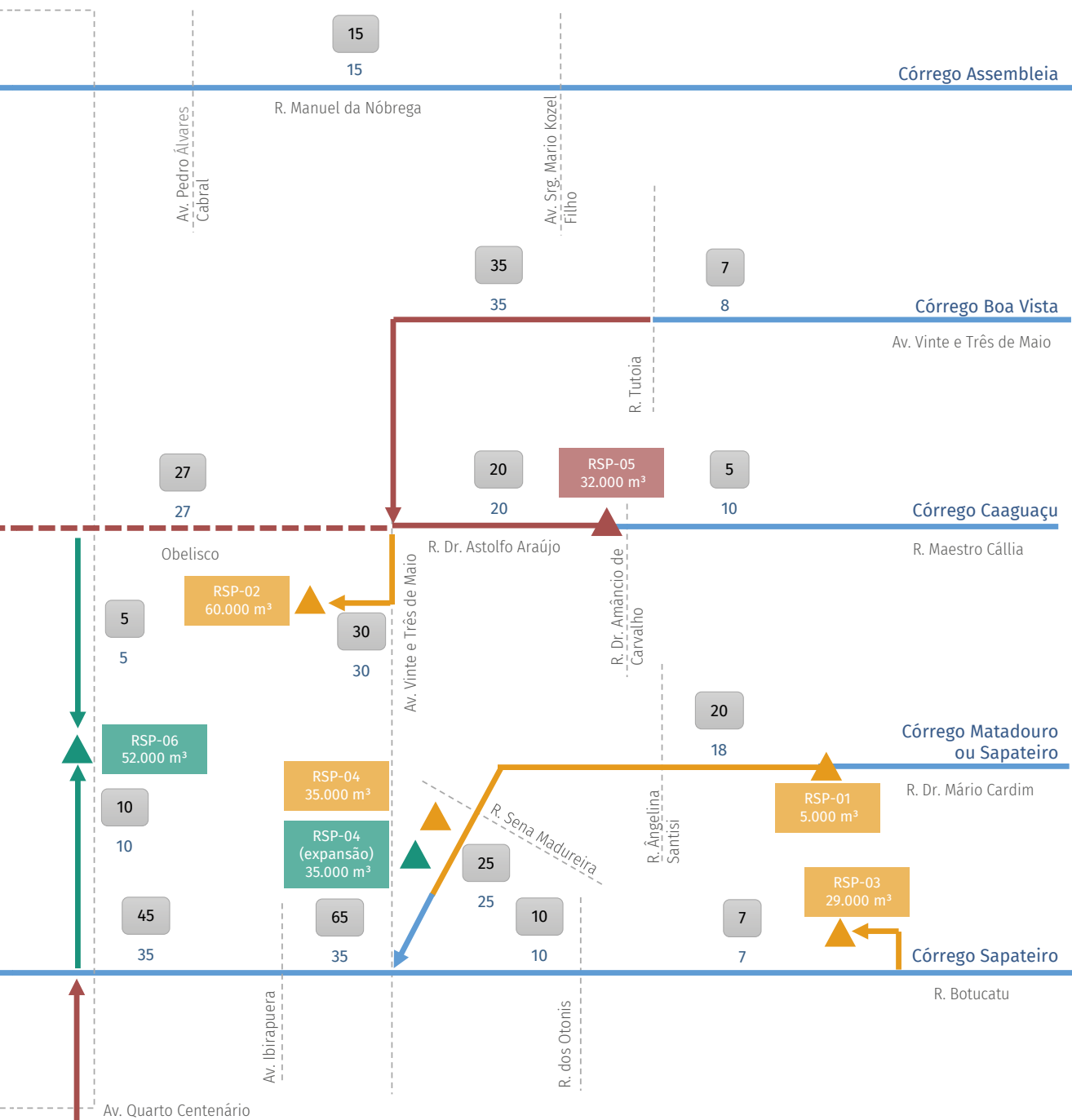
Etapa complementar de requalificação urbanística

- Praça de infiltração
- ▼ Reservatório de primeira chuva
- ▭ Abertura de córrego
- + + + + Rota rememorativa



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e FCTH (2022)



INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

- Alçamento das margens (cota 745 m) e readequação dos vertedores
- Restrição de seção
- Reservatório
- Galeria de reforço
- Alçamento das Margens (cota 746 m)
- Substituição de galeria

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

- Reservatório
- Galeria de reforço
- Restrição de seção

6.3 LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS NA BACIA

Este item indica a localização das áreas dos seis reservatórios propostos nas alternativas apresentadas.



FIGURA 6.5 Localização do reservatório *in line* RSP-01 (Alternativas 1 e 2)



FIGURA 6.6 Localização do reservatório RSP-02 – Alternativa 1 (com expansão) e Alternativa 2 (sem expansão)



FIGURA 6.7 Localização do reservatório RSP-03 – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.8 Localização do reservatório RSP-04 – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.9 Localização do reservatório RSP-05 – Alternativa 2



FIGURA 6.10 Localização do reservatório RSP-06 – Alternativa 2

6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DA ROTA REMEMORATIVA E DO ALTEAMENTO DO LAGO DO PARQUE IBIRAPUERA E DO RESERVATÓRIO MÁRIO CARDIM

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.

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, plantas e cortes da Rota Rememorativa das Nascentes do Sapateiro, que inclui o alteamento dos lagos do Parque Ibirapuera e do reservatório Mário Cardim.

ROTA REMEMORATIVA DAS NASCENTES DO SAPATEIRO

A Rota Rememorativa é uma proposta de trilha urbana que propõe resgatar o caminho em grande parte subterrâneo das águas urbanas da bacia hidrográfica do Sapateiro, primando por ativar a percepção da população a partir de estímulos táteis e visuais. A rota carrega uma simbologia histórica de passagem e conexão, que convida a população a fazer o percurso em uma caminhada sobre o trajeto dos córregos Guariba, Caaguaçu e Boa Vista

até os lagos do Parque Ibirapuera. Nessa rota, será possível conhecer diversos dispositivos de drenagem sustentável, como: recuperação de nascentes, vagas verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais, abertura nas vias para visualização dos córregos e canteiros polinizadores. Esses dispositivos baseiam-se em processos naturais e promovem melhorias para o meio urbano, com a introdução de espaços verdes e com a retenção e o tratamento das águas das chuvas, o que configura um importante serviço ecossistêmico.

Também compõe a rota um reservatório para armazenamento e controle da poluição difusa, com o objetivo de reduzir o potencial poluidor das águas de drenagem. O reservatório de primeira chuva é capaz de reter a primeira parcela do escoamento superficial, a qual se caracteriza por transportar a maior quantidade de poluentes dos eventos de chuva. Esses reservatórios permitem o envio do volume armazenado para estações de tratamento, reduzindo dessa forma o impacto sobre o corpo hídrico receptor. O reservatório proposto foi dimensionado para captar os primeiros 5 mm de chuva precipitados nas áreas impermeabilizadas diretamente conectadas à rede de drenagem a montante do reservatório.

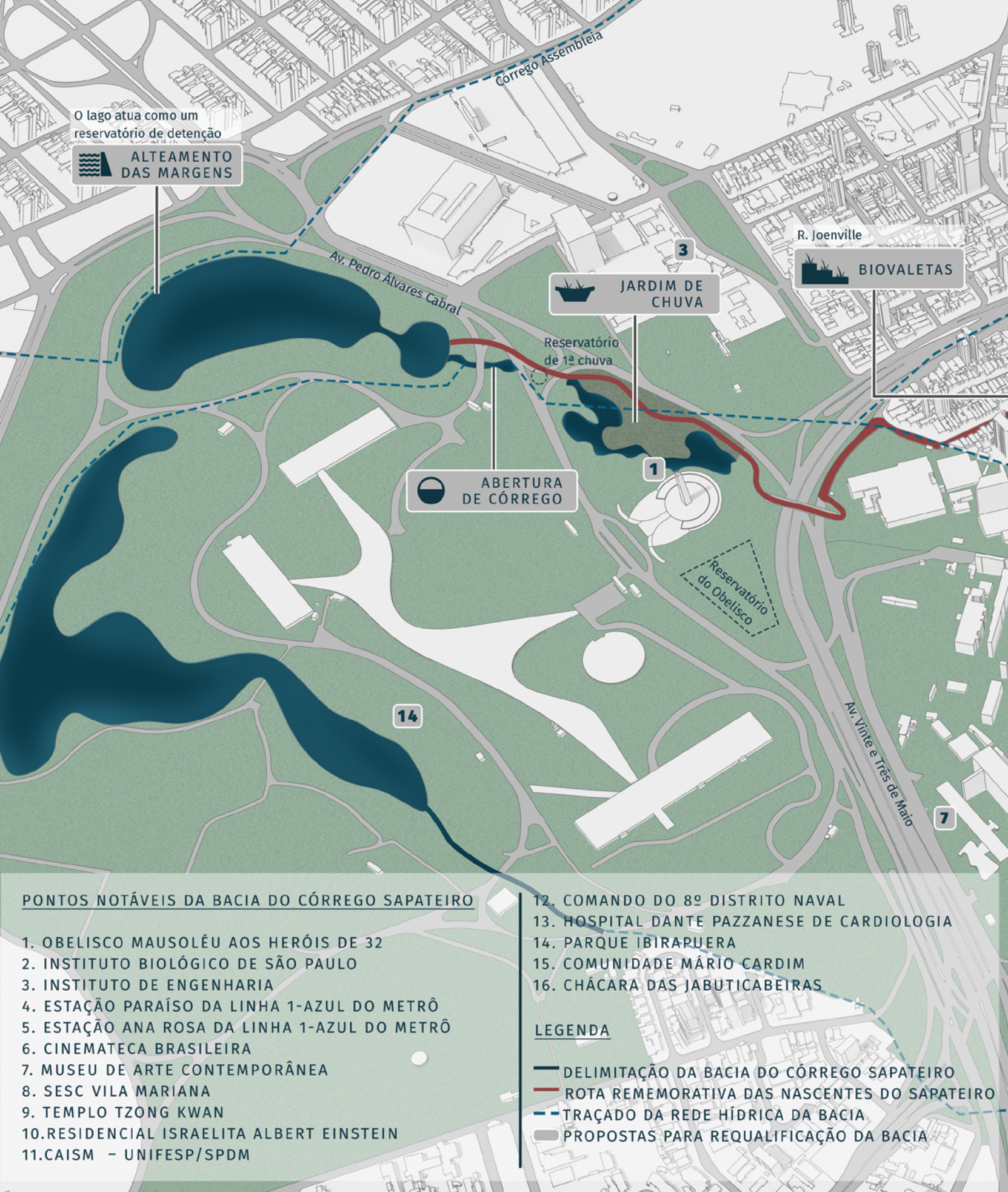
Por fim, tem-se o alteamento dos lagos do Ibirapuera, que irá otimizar neles o efeito de abatimento de cheias.

Com o objetivo de implementar essas iniciativas na bacia do Sapateiro, foram desenvolvidos no âmbito deste Caderno os seguintes elementos:

- Guia ilustrado da rota rememorativa, contendo o caminho proposto, o traçado atual do córrego e a localização dos dispositivos propostos e dos pontos de interesse do entorno (**FIGURA 6.11**);
 - Placas explicativas que serão implantadas ao longo da rota, com o intuito de apresentar os dispositivos e as intervenções e explicar seu funcionamento:
 - Placas explicativas a serem implantadas no início e no final da rota, com uma explanação geral sobre os elementos e objetivos da intervenção (**FIGURA 6.12**).
 - Placa explicativa a ser implantada na Praça Arquimedes da Silva, local onde será feita a revitalização das nascentes do Guariba, com abertura de um trecho do córrego onde há o afloramento do lençol freático (**FIGURA 6.13**).
 - Placas explicativas das vagas verdes (**FIGURA 6.14**), dos canteiros pluviais (**FIGURA 6.15**), do cruzamento seguro e da grelha de visualização do córrego (**FIGURA 6.16**), a serem implantados ao longo do viário e das calçadas.
 - Placas explicativas das seguintes intervenções: canteiros polinizadores, na Avenida Conselheiro Rodrigues Alves (**FIGURA 6.17**); abertura do córrego Caaguaçu, na Rua Dr. Astolfo Araújo (**FIGURA 6.18**); biovaletas na Rua Joenville (**FIGURA 6.19**); jardim de chuva na Praça Ibrahim Nobre (**FIGURA 6.20**); e abertura do córrego Boa Vista junto do Parque Ibirapuera (**FIGURA 6.21**) e do alteamento dos lagos do Ibirapuera (**FIGURA 6.22**).
 - Totens para as placas que serão implantadas no início e no final da rota (**FIGURA 6.23**) e, também, ao longo desse caminho (**FIGURA 6.24**).
- As plantas e as perspectivas dos dispositivos propostos podem ser conferidos da **FIGURA 6.25** à **FIGURA 6.30**.



Foto da região da Pç. Ibrahim Nobre e do Pq. Ibirapuera (foto: Jean M. M. Suplicy)



O lago atua como um reservatório de detenção

ALTEAMENTO DAS MARGENS

JARDIM DE CHUVA

BIOVALETAS

ABERTURA DE CÔRREGO

Reservatório de 1ª chuva

3

1

14

7

PONTOS NOTÁVEIS DA BACIA DO CÔRREGO SAPATEIRO

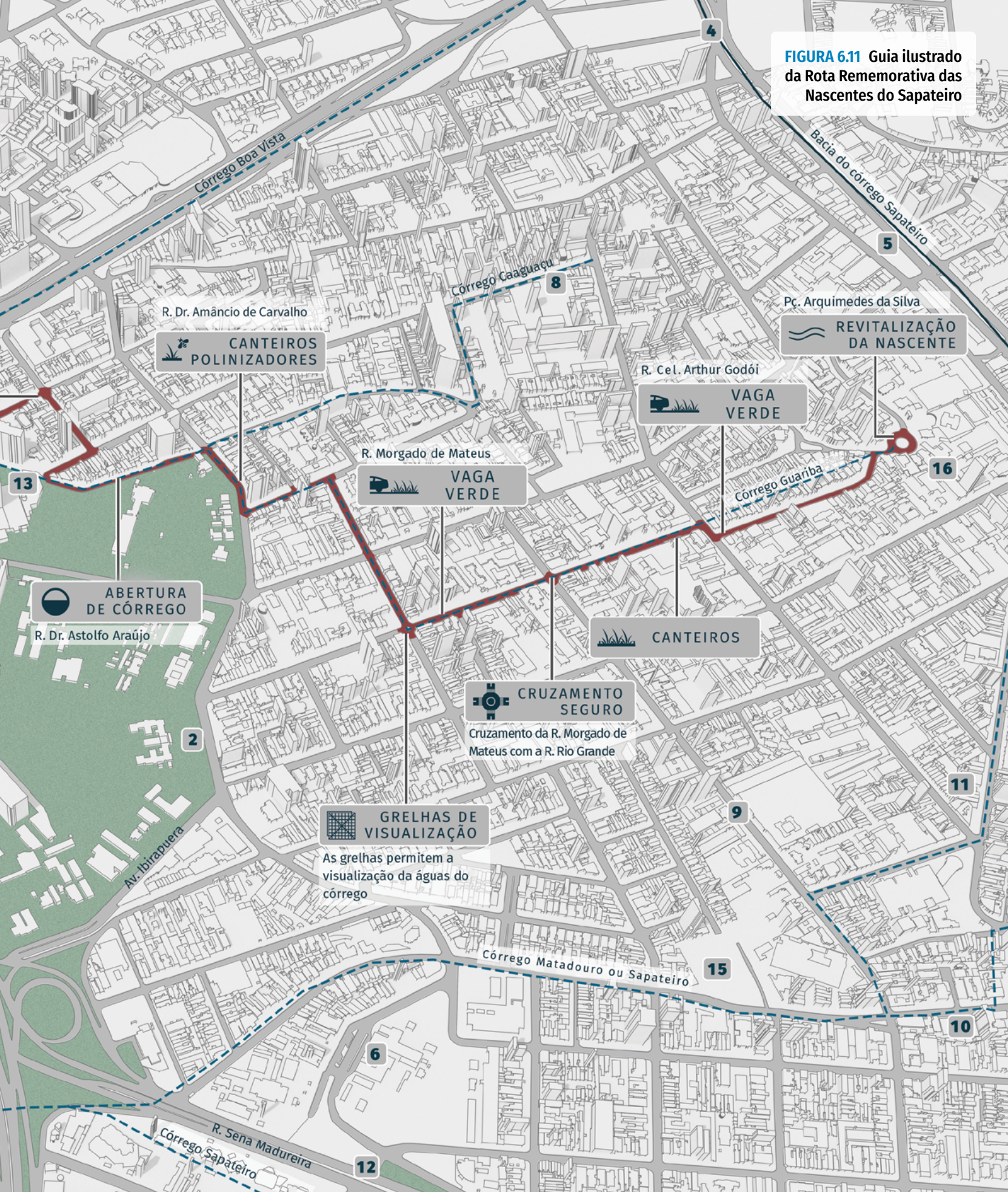
- 1. OBELISCO MAUSOLÉU AOS HERÓIS DE 32
- 2. INSTITUTO BIOLÓGICO DE SÃO PAULO
- 3. INSTITUTO DE ENGENHARIA
- 4. ESTAÇÃO PARAÍSO DA LINHA 1-AZUL DO METRÔ
- 5. ESTAÇÃO ANA ROSA DA LINHA 1-AZUL DO METRÔ
- 6. CINEMATECA BRASILEIRA
- 7. MUSEU DE ARTE CONTEMPORÂNEA
- 8. SESC VILA MARIANA
- 9. TEMPLO TZONG KWAN
- 10. RESIDENCIAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN
- 11. CAISM - UNIFESP/SPDM

- 12. COMANDO DO 8º DISTRITO NAVAL
- 13. HOSPITAL DANTE PAZZANESE DE CARDIOLOGIA
- 14. PARQUE IBIRAPUERA
- 15. COMUNIDADE MÁRIO CARDIM
- 16. CHÁCARA DAS JABUTICABEIRAS

LEGENDA

- DELIMITAÇÃO DA BACIA DO CÔRREGO SAPATEIRO
- ROTA REMEMORATIVA DAS NASCENTES DO SAPATEIRO
- - - TRAÇADO DA REDE HÍDRICA DA BACIA
- PROPOSTAS PARA REQUALIFICAÇÃO DA BACIA

FIGURA 6.11 Guia ilustrado da Rota Rememorativa das Nascentes do Sapateiro



ROTA REMEMORATIVA DAS NASCENTES DO SAPATEIRO (Placas 1 e 12)

A Rota Rememorativa é uma trilha que propõe resgatar o caminho em grande parte subterrâneo das águas urbanas da bacia hidrográfica do Sapateiro, primando por ativar a percepção da população a partir de estímulos táteis e visuais. A rota carrega uma simbologia histórica de passagem e conexão, que convida a fazer o percurso em uma caminhada de descobertas sobre o trajeto que as águas revelam. Nessa rota, será possível conhecer dispositivos pensados para enriquecer a vivência: recuperação de nascentes, vagas

verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais, abertura nas vias para visualização dos córregos e canteiros polinizadores. Esses dispositivos baseiam-se em processos naturais e promovem melhorias para o meio urbano, com a introdução de espaços verdes e com a retenção e o tratamento das águas das chuvas, o que configura um importante serviço ecossistêmico. Até 1927, parte do caminho a ser percorrido era rota de passagem de gado para o matadouro municipal. Nesse trecho, o córrego do Sapateiro era conhecido como “Rio Vermelho”, em razão do sangue proveniente do abatedouro.

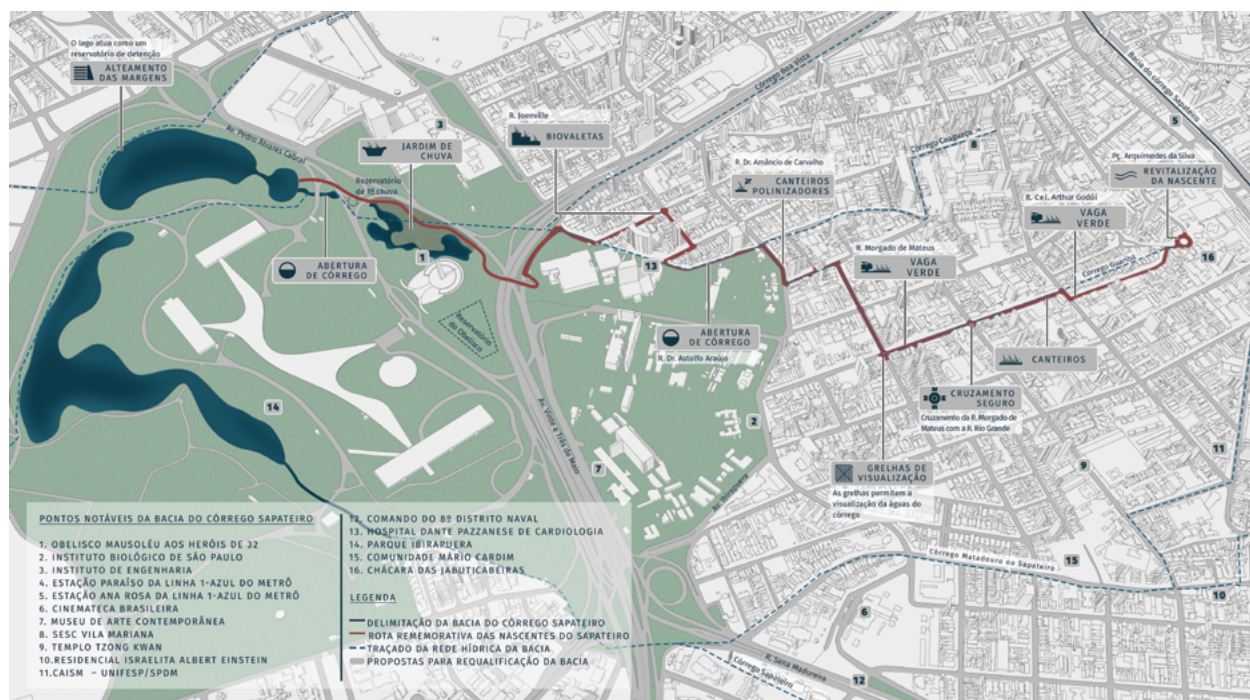


FIGURA 6.12 Placas explicativas a serem implantadas no início e no final da rota

RECUPERAÇÃO DAS NASCENTES DO CÓRREGO GUARIBA (Placa 2)

Essa é a área das nascentes da bacia hidrográfica do córrego Sapateiro, que alimenta os lagos do Parque Ibirapuera e segue sob a Avenida Pres. Juscelino Kubistchek, a desaguar no Rio Pinheiros. Aqui é a nascente do córrego Guariba, afluente do Caaguaçu, que

se encontra mais à frente com o córrego Boa Vista e, depois, com o Sapateiro. Como afloramento das águas subterrâneas, a nascente compõe o curso d'água que pode ser vislumbrado ao centro da rotatória. Cuidar dessas fontes, mantendo-as limpas, é fundamental para manter o fluxo e a qualidade das águas dos córregos, rios e riachos da nossa cidade.



FIGURA 6.13 Placa explicativa a ser implantada na Pç. Arquimedes da Silva, local de revitalização das nascentes do Guariba

VAGA VERDE (Placa 3)

As vias e outras superfícies da cidade são áreas de acúmulo de poluentes provenientes das atividades urbanas. Com as chuvas, essa poluição é conduzida pelas sarjetas até as bocas-de-lobo e a rede de drenagem de águas pluviais, chegando, por fim, a um curso d'água. A vaga verde atua retendo e tratando as águas pluviais antes que elas atinjam os

rios e córregos urbanos. A vaga verde trabalha por meio de um processo chamado fitorremediação, que é a transformação de moléculas feita pelas raízes das plantas e pelos microrganismos. A vaga também proporciona um lugar agradável para se sentar e contemplar a paisagem urbana, afinal, as ruas também são espaços de convivência.



FIGURA 6.14 Placa explicativa de uma vaga verde

CANTEIRO PLUVIAL (Placa 4)

Os canteiros pluviais são dispositivos simples e de fácil implantação. Eles contam com pequenas depressões vegetadas que podem atuar na retenção, infiltração e filtragem das águas de chuva. Esses

canteiros podem ser drenados por infiltração no solo ou por tubulação ligada à galeria de águas pluviais. Sua vegetação contribui para o conforto ambiental dos pedestres e, também, atrai uma série de insetos polinizadores.

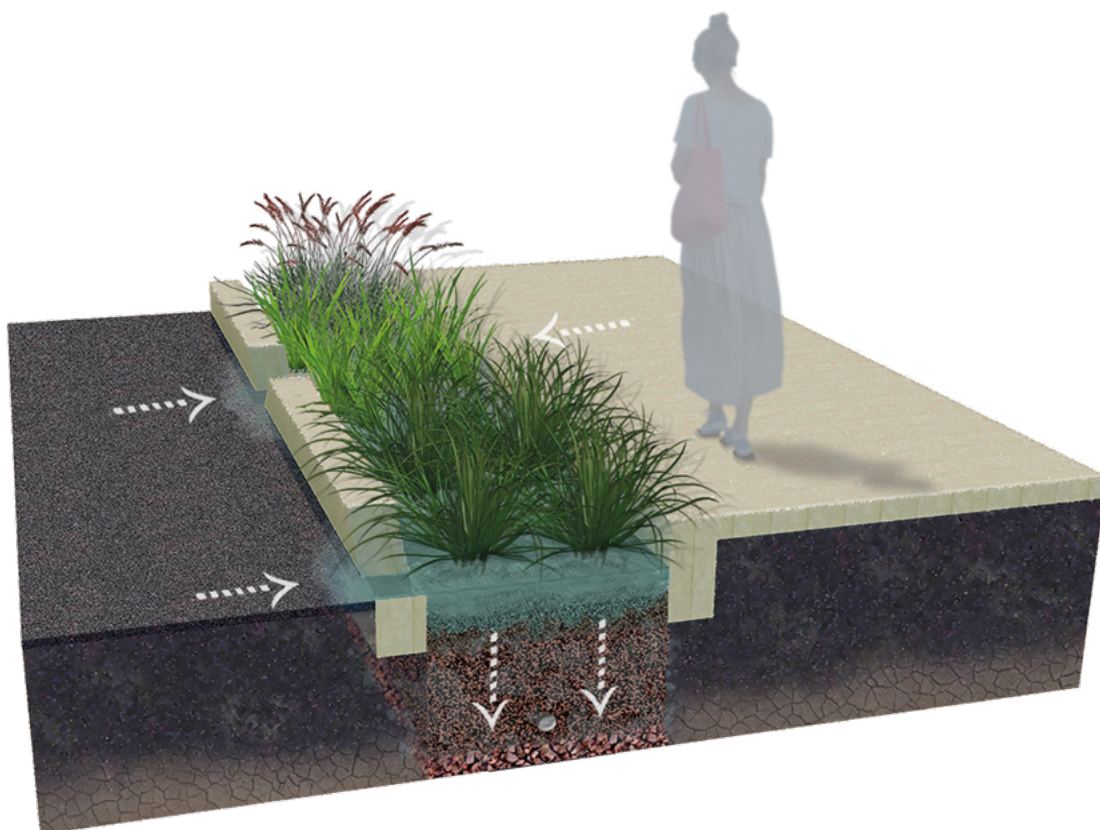


FIGURA 6.15 Placa explicativa de um canteiro pluvial

CRUZAMENTO SEGURO e GRELHAS DE VISUALIZAÇÃO DO CÓRREGO (Placa 5)

Da calçada, é possível contemplar o córrego Guariba e ouvir o som de suas águas percorrendo no subsolo. Trata-se de uma forma simbólica de retomar a importância e o protagonismo das águas na cidade, associados a uma rota urbana rememorativa pela bacia hidrográfica do córrego

Sapateiro. Nesse ponto, outro marco são as ruas requalificadas, com calçadas revitalizadas, introdução de novos canteiros, espécies arbóreas, mobiliário urbano e um cruzamento elevado onde é possível atravessar a rua no mesmo nível da calçada, com plena acessibilidade. Com a redução da velocidade dos carros, essa estratégia fornece segurança ao pedestre.



FIGURA 6.16 Placas explicativas do cruzamento seguro e da grelha de visualização do córrego

CANTEIROS POLINIZADORES (Placa 6)

Esses canteiros são uma continuidade do Primeiro Corredor Verde Qualificado para Polinizadores, idealizado com o objetivo de enriquecer a vegetação existente nas calçadas do Instituto Biológico, atraindo diferentes espécies polinizadoras, como abelhas nativas. A iniciativa foi desenvolvida em parceria

com a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento e implementada pelo Cades/ Agenda 2030 da Vila Mariana, da Prefeitura Regional da Vila Mariana, com o apoio da Prefeitura Regional da Lapa, da Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente, do SOS Abelhas sem Ferrão, do Ecobairro e da comunidade local.



FIGURA 6.17 Placa explicativa dos canteiros polinizadores

ABERTURA DO CÓRREGO CAAGUAÇU (Placa 7)

O córrego Caaguaçu percorre cerca de 1,7 km de suas nascentes até o córrego Boa Vista, que, por sua vez, encontra-se com o Sapateiro nas imediações do Parque Ibirapuera. O percurso desses córregos se dá tanto em trechos abertos, onde se verifica a presença de vida aquática, como nos lagos do Parque Ibirapuera, quanto entre galerias subterrâneas,

onde correm ocultos, mas não silenciosamente. É nas bocas-de-lobo e nos poços de visita que se ouvem suas águas, que insistem em permanecer vívidas no imaginário da paisagem paulistana. Eles descortinam sua existência por sinais típicos de um solo úmido com musgos resistentes à impermeabilidade urbana. À frente, o Caaguaçu encontra-se aberto e revitalizado, lembrando parte da memória afetiva de seus moradores.



FIGURA 6.18 Placa explicativa da abertura do córrego Caaguaçu

BIOVALETAS (Placa 8)

As biovaletas atuam como uma canaleta vegetada, direcionando a água da chuva que escorre por telhados, calçadas e meio-fio para a galeria de águas pluviais ou, ainda, para outros dispositivos, como jardins de chuva e canteiros pluviais. São como sarjetas com vegetação que, por serem rugosas,

conseguem diminuir a velocidade com que a água percorre o sistema, auxiliando na redução dos riscos de inundação. As biovaletas ainda tratam a água da chuva por processos de absorção e filtração, proporcionando benefícios ambientais para a bacia hidrográfica do Sapateiro.



FIGURA 6.19 Placa explicativa das biovaletas na R. Joenville

JARDIM DE CHUVA (Placa 9)

O jardim de chuva é um dispositivo de drenagem que contribui para a captação das águas da chuva por apresentar uma depressão com relação à superfície, o que cria um espaço de armazenamento. Se implantados

em larga escala e conectados em um sistema multifuncional na bacia do Sapateiro, os jardins de chuva contribuem para reter e infiltrar as águas pluviais, além de melhorar a paisagem urbana, agregando funções ecológicas essenciais aos espaços livres.



FIGURA 6.20 Placa explicativa do jardim de chuva

ABERTURA DO CÓRREGO BOA VISTA (Placa 10)

Os benefícios ambientais da abertura de um córrego como o Boa Vista são inúmeros: tratamento das margens com mata ciliar, promoção de abrigo à fauna urbana, conforto térmico, condução das águas com segurança através da redução da velocidade de escoamento superficial, proteção da bacia a jusante e função social. Para além dos benefícios estruturais relacionados às questões hídricas e de temperatura, a abertura de um córrego

na cidade é uma forma de reconectar simbolicamente as pessoas à água. A visualização de um córrego, com a vegetação de suas margens recuperadas, é um trabalho pedagógico que objetiva retomar a consciência da população sobre o lugar que habitam. Além disso, com essa abertura, há uma valorização da presença de córregos, rios e riachos no cotidiano da cidade, presença essa associada a um movimento de lazer e contemplação. Desse modo, as águas não ficam mais ocultas e relegadas ao esquecimento.



FIGURA 6.21 Placa explicativa da abertura do córrego Boa Vista

ALTEAMENTO DAS MARGENS DOS LAGOS DO IBIRAPUERA

Os lagos são um dos principais atrativos do Parque Ibirapuera, promovendo área de contemplação e lazer, habitat de fauna e flora, entre outros aspectos ambientais, sociais e econômicos. Além dessas funções, os lagos também funcionam como reservatórios de chuva, contribuindo para diminuir os riscos de inundação em eventos de chuva intensa.

Esses dispositivos, chamados de lagoas de retenção, contribuem para minimizar inundações a jusante. Nesse caso, os lagos do Parque Ibirapuera protegem toda a região desde a Avenida República do Líbano até a foz no Rio Pinheiros. O alteamento das margens desses lagos aumentará essa capacidade de reserva, que é a função natural das várzeas e dos lagos no ciclo hidrológico, o que amplifica ainda mais seus benefícios.



FIGURA 6.22 Placa explicativa do alteamento dos lagos do Ibirapuera



FIGURA 6.23 Totem para a placa no início e no fim da rota

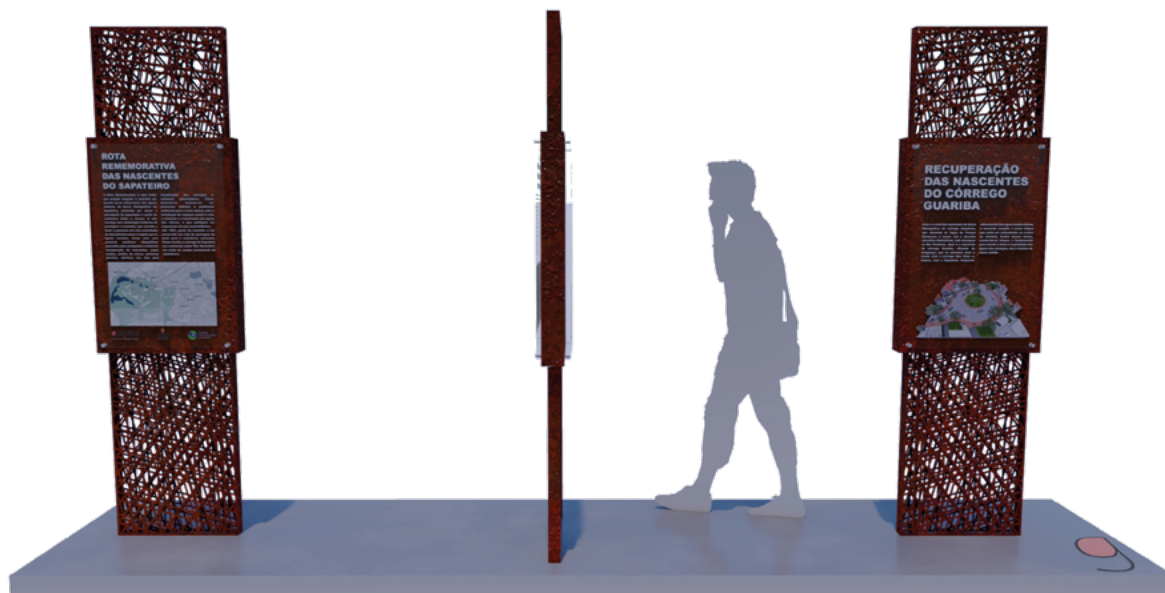


FIGURA 6.24 Totem para as placas ao longo da rota



Placa indicativa da rota

Pç. Damásio Paulo

793,55

R. Dr. Fabrício Vampré

Canteiro pluvial

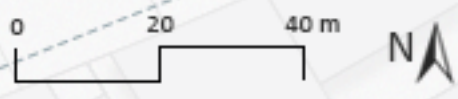
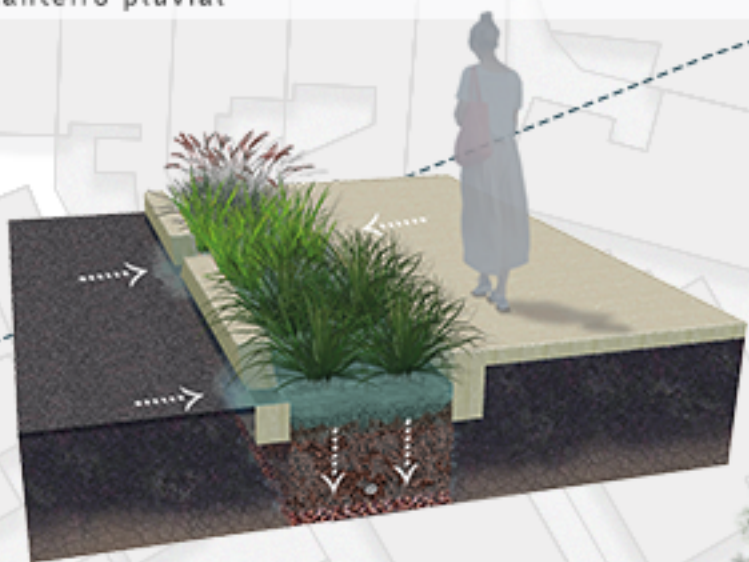


FIGURA 6.25 Planta da Pç. Arquimedes da Silva e da R. Fabrício Vampré



Revitalização de nascente



780,15

Canteiro existente



Biovaleta

Rotatória permeável

781,50

781,40

0 10 20m



R. Nakaya

R. Áurea

FIGURA 6.26 Planta das ruas Morgado de Mateus e Áurea



Grelhas de visualização do córrego

Vaga verde

Cruzamento elevado

R. Morgado de Mateus

R. Rio Grande

788,45

Canteiros polinizadores

R. Joinville

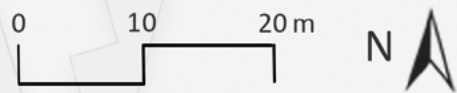
R. Pelotas

759,96

Córrego Caaguaçu

R. Dr. Astolfo Araújo

Passeio livre



Placa indicativa de intervenção

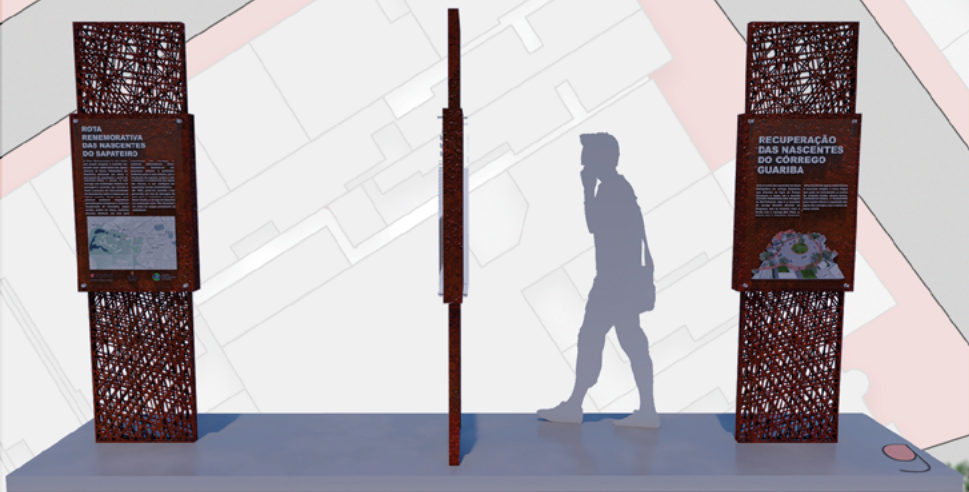
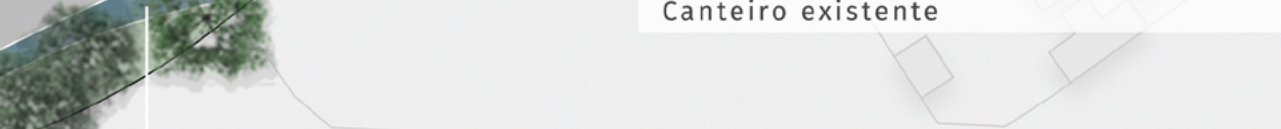


FIGURA 6.27 Planta das ruas Dr. Amâncio de Carvalho e Dr. Astolfo Araújo

Canteiro existente



Abertura do córrego





FIGURA 6.28 Perspectiva aérea da proposta de abertura do córrego Boa Vista (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





ALLEGORIA UNO
CASA UNO
DICA UNO

FIGURA 6.29 Perspectiva de pedestre da proposta de abertura do córrego Boa Vista





FIGURA 6.30 Perspectiva de pedestre da proposta de alteamento dos lagos do Ibirapuera (foto de fundo: Wagner Tavares)



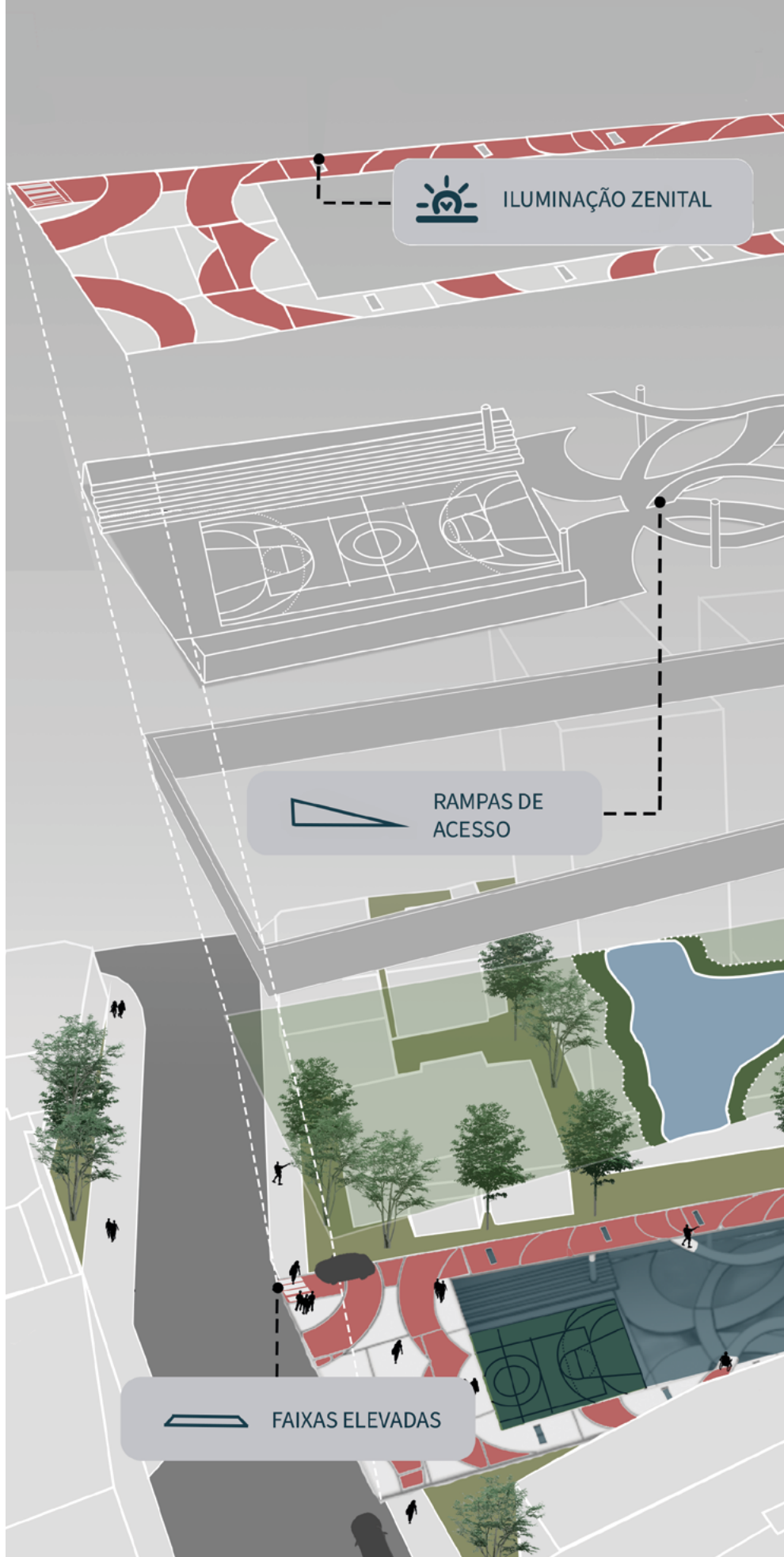
RESERVATÓRIO MÁRIO CARDIM

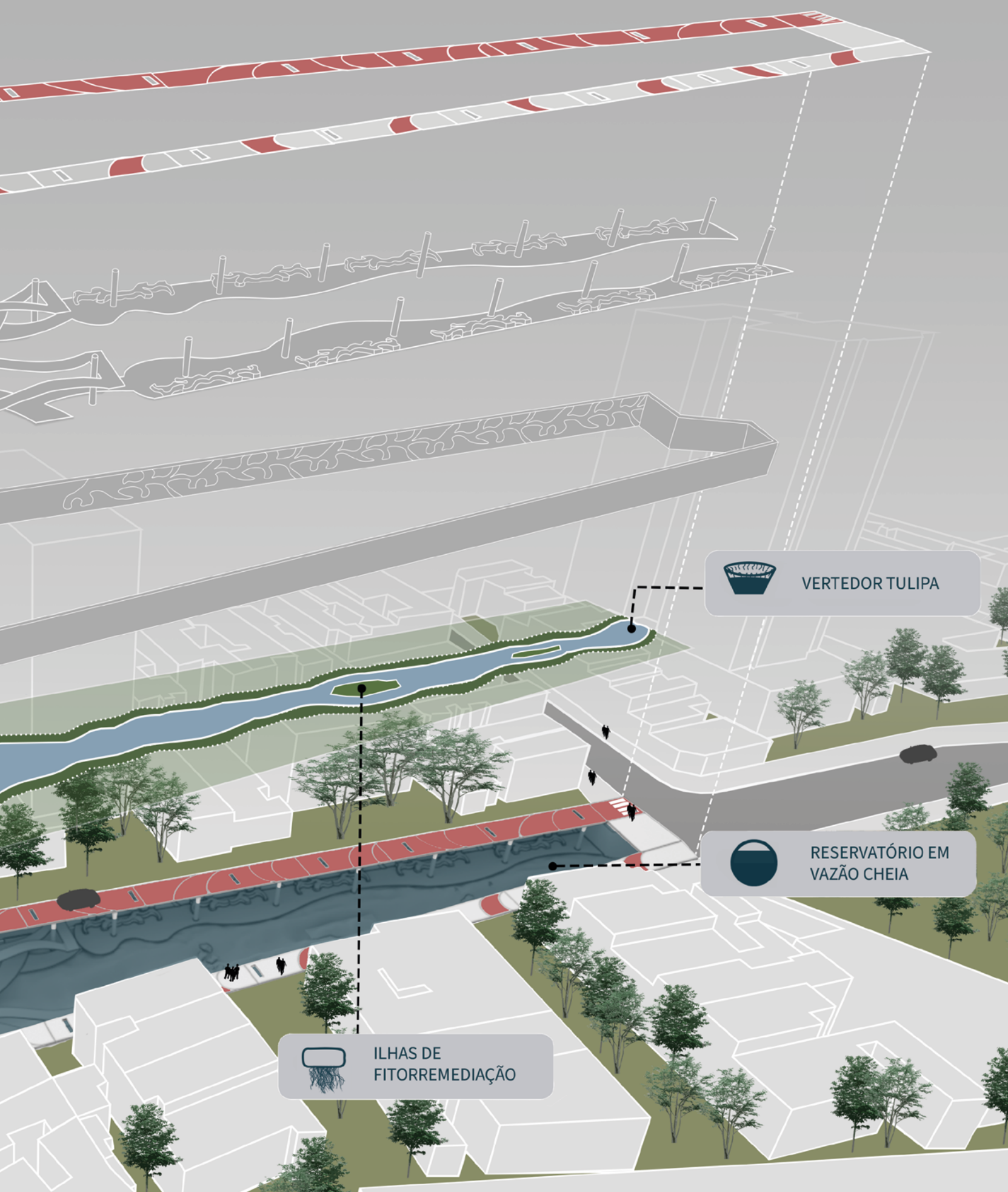
O reservatório proposto na Rua Dr. Mário Cardim é parte de uma proposta sistêmica e integrada para a bacia do córrego Sapateiro e foi denominado reservatório Mário Cardim.

À semelhança da proposta para o reservatório Abegoária, localizado na bacia do córrego Verde Pinheiros, o dispositivo de drenagem apresenta uma multifuncionalidade necessária aos projetos urbanos que têm como norte a infraestrutura verde e as Soluções baseadas na Natureza (SbN). Nesse sentido, o projeto prima por atuar de forma didática, ao ser um modelo que abarca diversas funções, para além das vinculadas somente ao controle de cheias.

A depender da época do ano, o reservatório Mário Cardim desempenha sua função de modos distintos. Em estações chuvosas e em eventos de chuva extremos, ele contribui para reservar as águas de parte do escoamento superficial da bacia do Sapateiro. Retendo um volume de 5.000 m³, ele minimiza as inundações a jusante. Sua proposição é associada também a uma série de mecanismos de drenagem (jardim de chuva, canteiro pluvial, biovaletas etc.), idealizados para a Rota Rememorativa da bacia hidrográfica do Sapateiro e que contribuem para o aumento da permeabilidade local.

Já em estações secas, opta-se pelo tratamento das águas outrora reservadas pelo reservatório, a partir da abertura do córrego Sapateiro e da recuperação





VERTEDOR TULIPA



RESERVATÓRIO EM VAZÃO CHEIA



ILHAS DE FITORREMEDIÇÃO



VAZÃO DE SECA



FITORREMEDIAÇÃO
DAS ÁGUAS



ESPAÇO DE LAZER
E CONTEMPLAÇÃO



RAMPAS DE
ACESSO

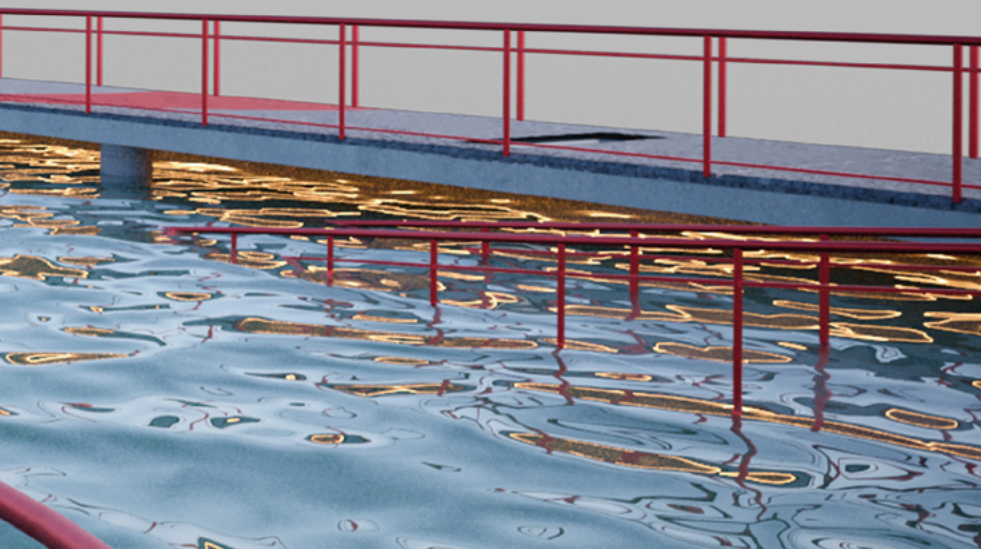
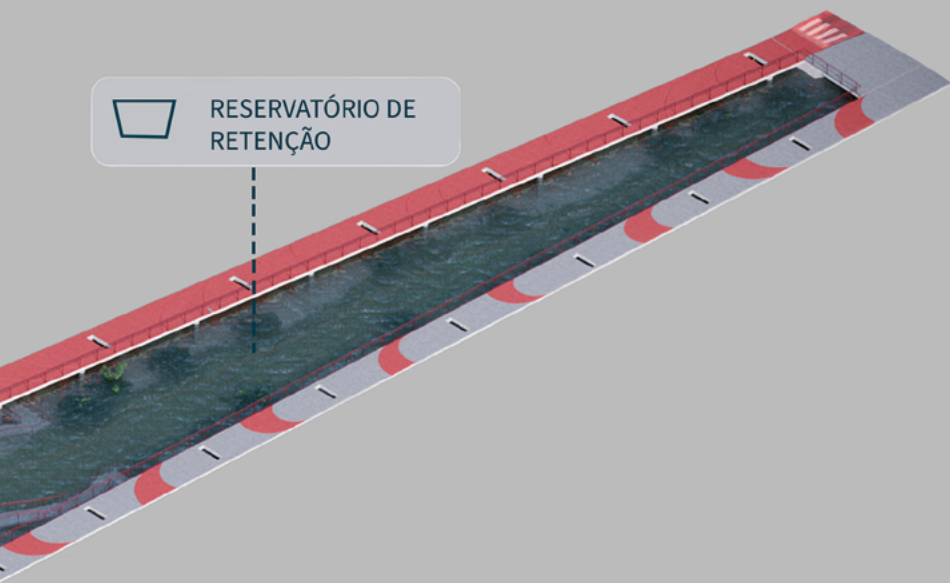




VAZÃO DE CHEIA



RESERVATÓRIO DE
RETENÇÃO



de suas margens, antes fechadas em uma galeria de águas pluviais. Assim, os possíveis poluentes difusos poderão ser extraídos das águas por diferentes trechos de tratamento dentro do reservatório. Inicialmente, retêm-se os resíduos sólidos, por meio de um sistema de grelhas que facilita a manutenção e a limpeza junto a uma bacia de sedimentação no *inlet* do reservatório. A seguir, é realizado o processo de fitorremediação das águas a partir da recuperação da margem do córrego, com o plantio de espécies vegetais tolerantes a inundações. Além disso, ocorrerá ainda a deposição de sedimentos finos nas pequenas ilhas formadas pela ramificação das águas do córrego. Ao final, as águas são direcionadas, novamente, à galeria.

Nessas mesmas épocas do ano, propõe-se vincular o espaço livre à permanência e ao lazer da população local. A partir da Praça Chiquinho Villano, fica disponível às pessoas uma visualização singular do córrego, já que o pedestre é convidado a descer em direção ao dispositivo por meio de rampas. Associados aos caminhos ao longo do curso d'água, propõem-se ainda locais agradáveis para descanso e contemplação. Por fim, a presença de uma quadra poliesportiva manterá um uso já existente no local aos finais de semana.



FIGURA 6.31 Perspectiva aérea atual da área do reservatório Mário Cardim (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)

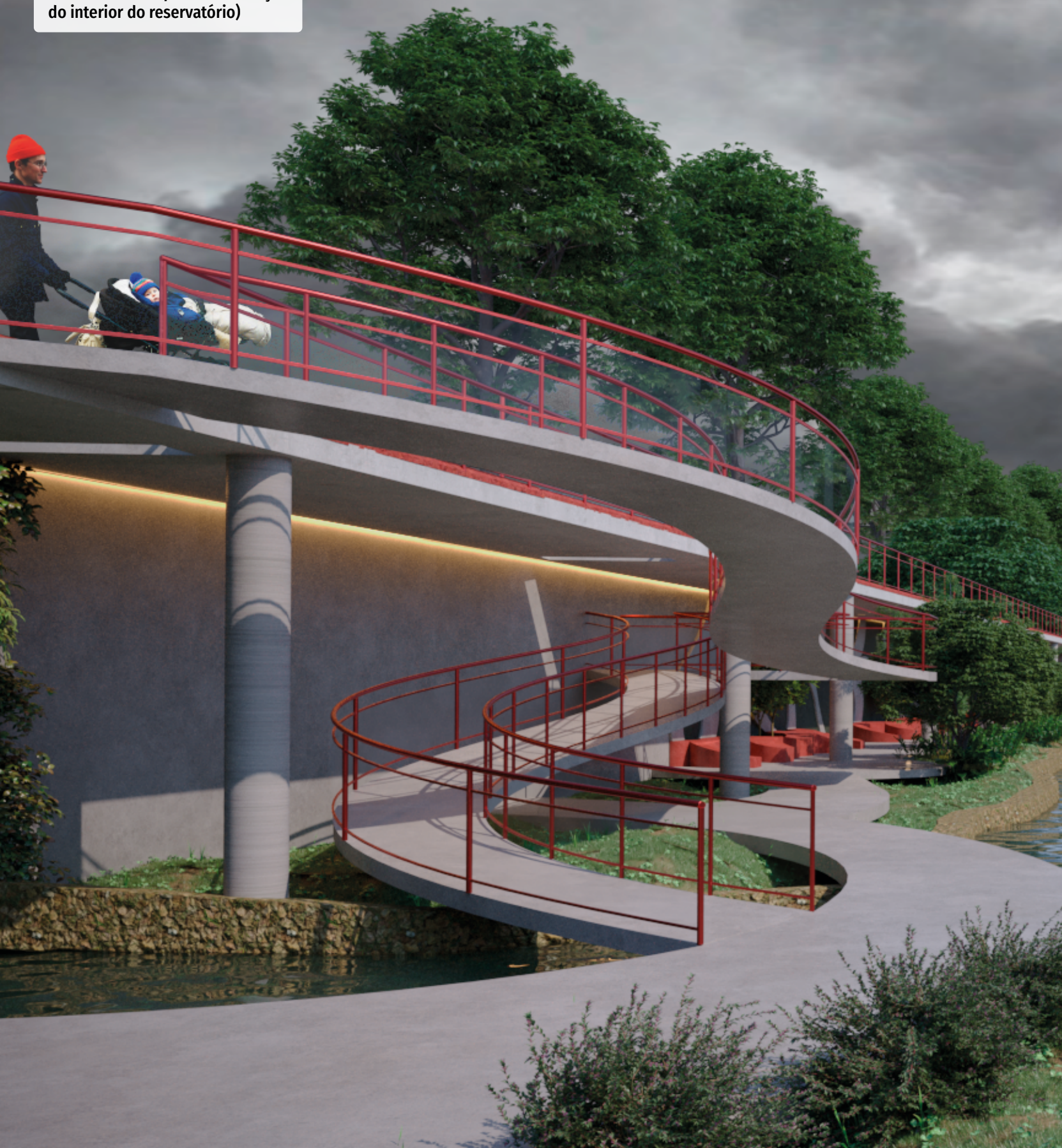




FIGURA 6.32 Perspectiva aérea do reservatório Mário Cardim proposto (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)



FIGURA 6.33 Perspectiva interna de pedestre do reservatório Mário Cardim (detalhe para a iluminação do interior do reservatório)



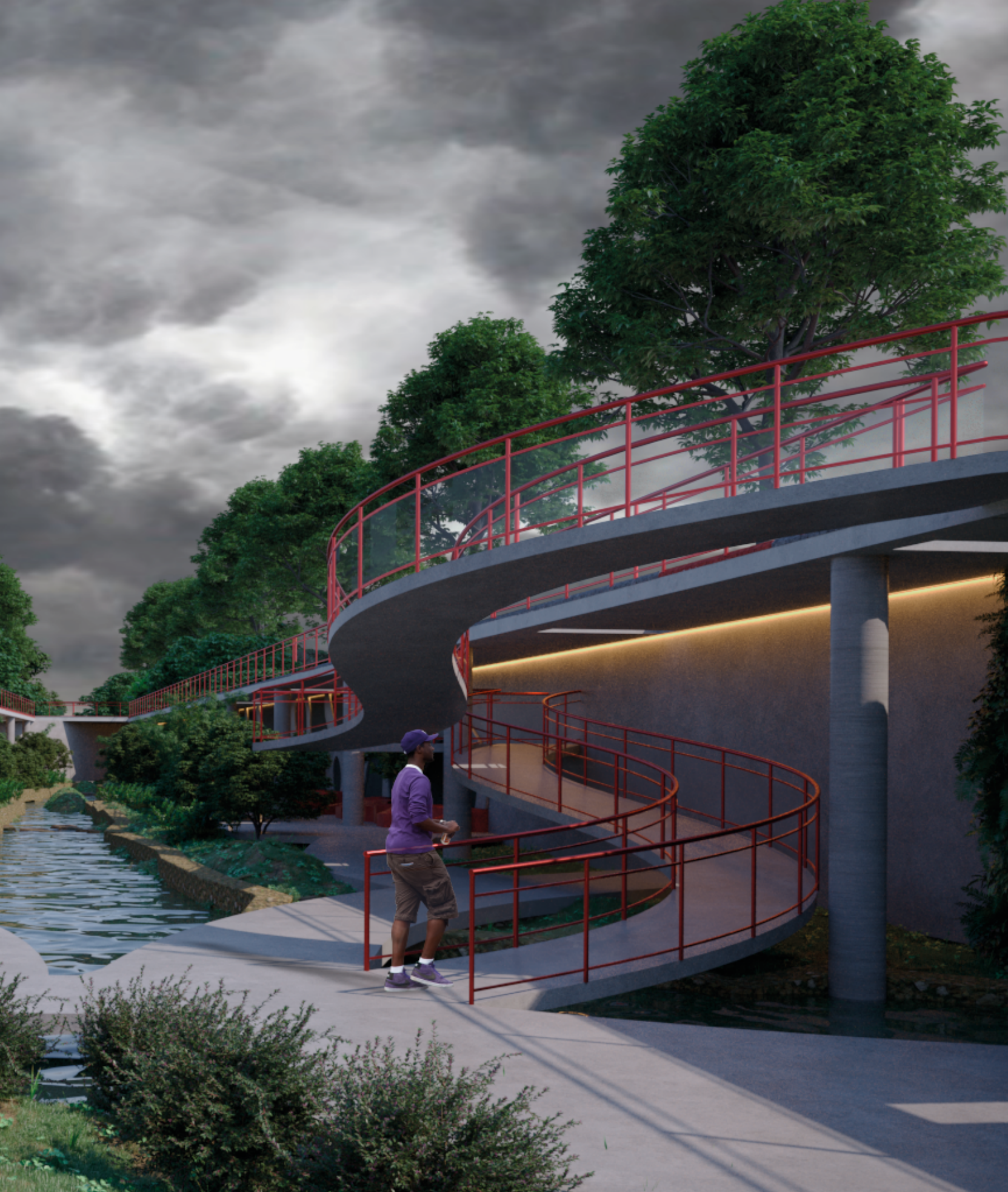




FIGURA 6.34 Perspectiva interna de pedestre do reservatório Mário Cardim



Abertura para luz natural

R. Dr. Mário Cardim

R. Botucatu

Via compartilhada



FIGURA 6.35 Planta do reservatório Mário Cardim proposto



Córrego Sapateiro

Rampa de acesso

Quadra poliesportiva

780

R. Pedro Morganti

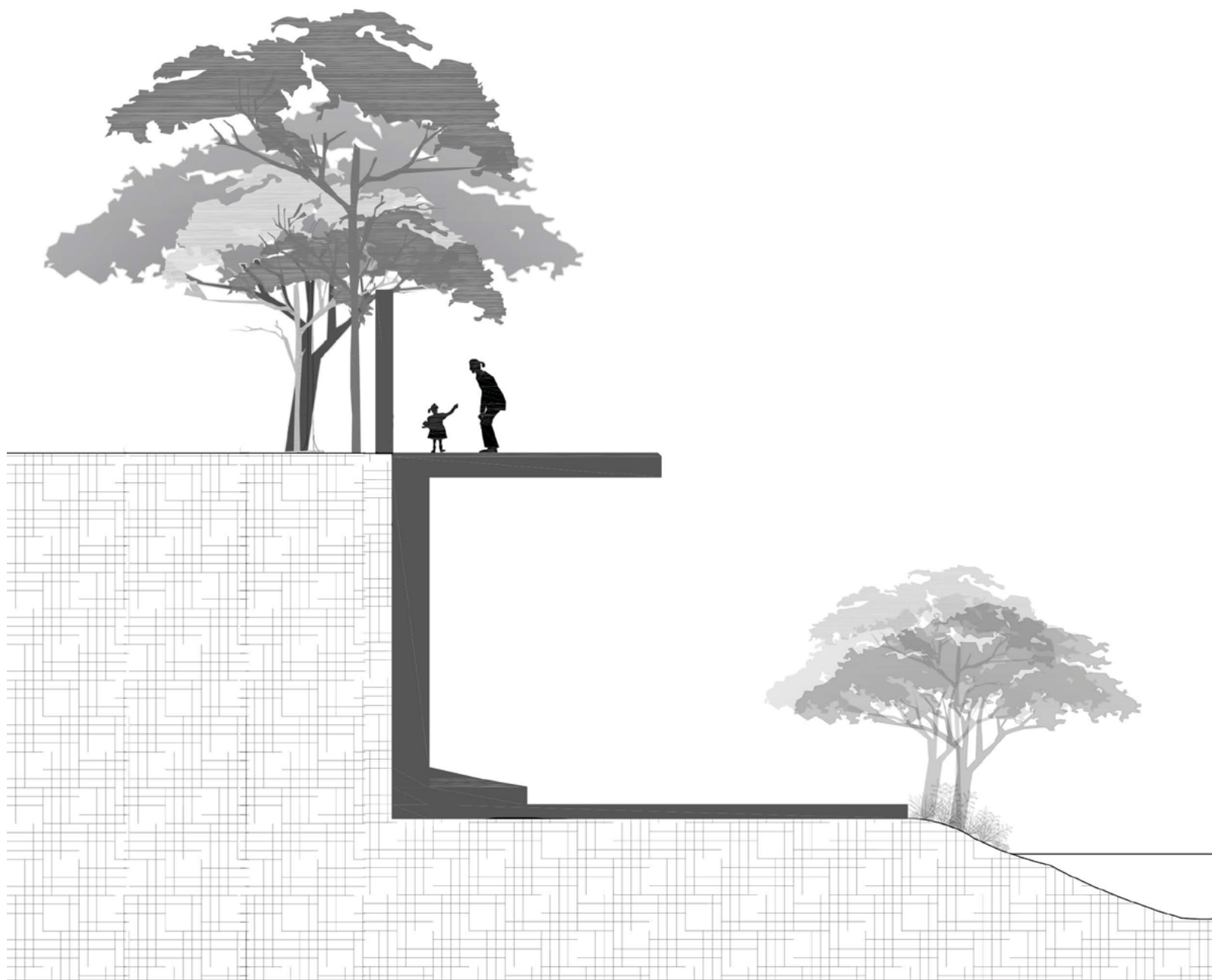
Arquibancadas

776

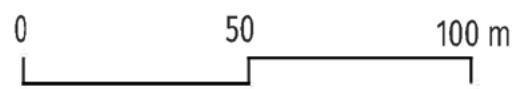
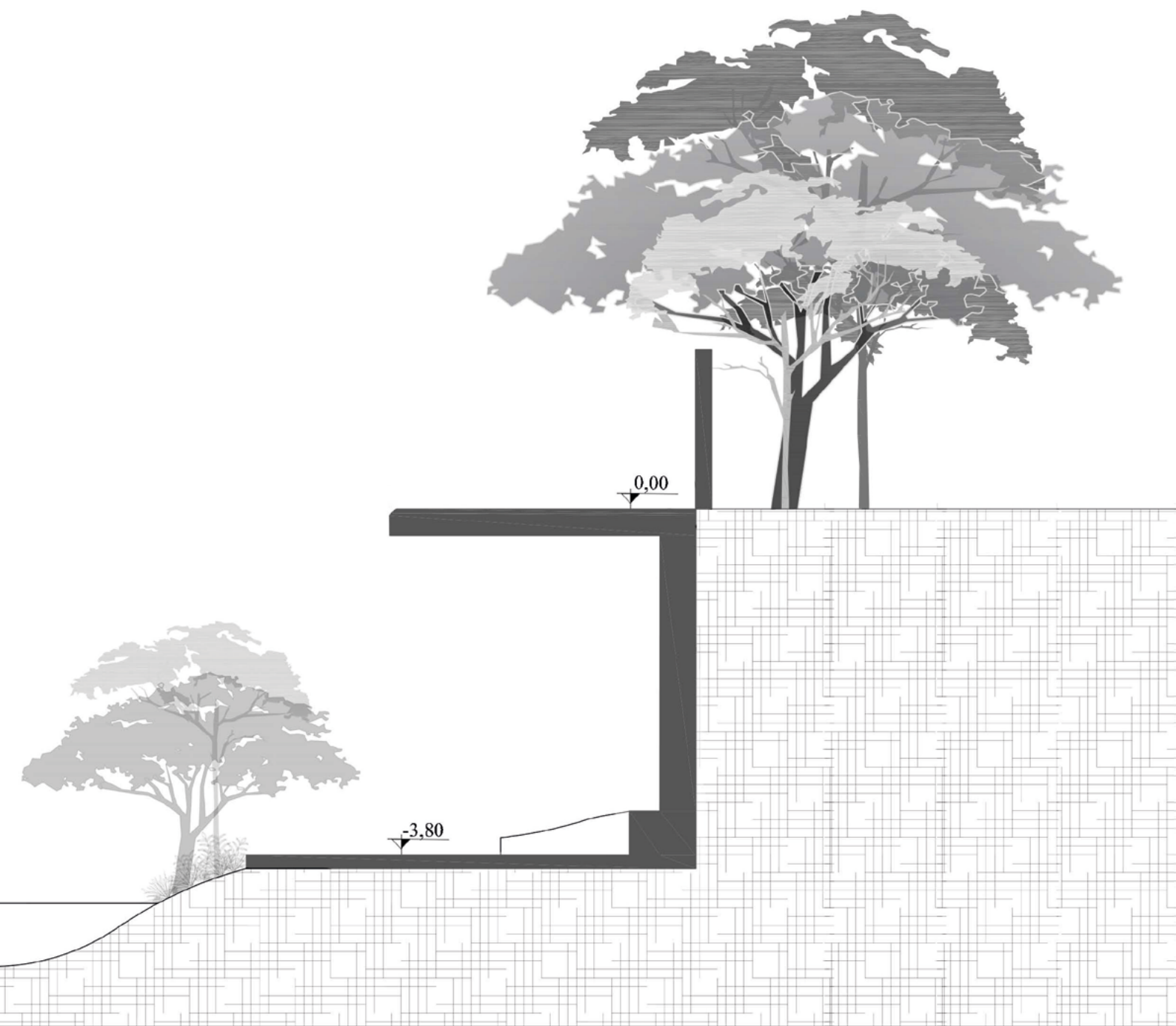
Ilha de fitorremediação

R. Rio Grande

FIGURA 6.36 Corte do reservatório Mário Cardim proposto



CORTE AA



6.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

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

- Interferências – tubulações que atravessam galerias ou canais, reduzindo a capacidade de escoamento;
- Singularidades – trechos com redução de seção ou declividade e confluências;
- Danos estruturais – trincas, fissuras, armadura exposta e colapso estrutural.

Problemas como esses devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, condição

necessária para um bom desempenho das demais medidas propostas neste estudo.

6.6 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

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

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



FIGURA 6.37 Interferência dentro de galeria (foto: Enger Engenharia)



FIGURA 6.38 Danos estruturais dentro de galeria (foto: Enger Engenharia)

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 do PDD, 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 segue²⁰:

20. 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.

- 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;
- 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 ao 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 6.39** indica as zonas de uso da bacia do Córrego Sapateiro 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.

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:

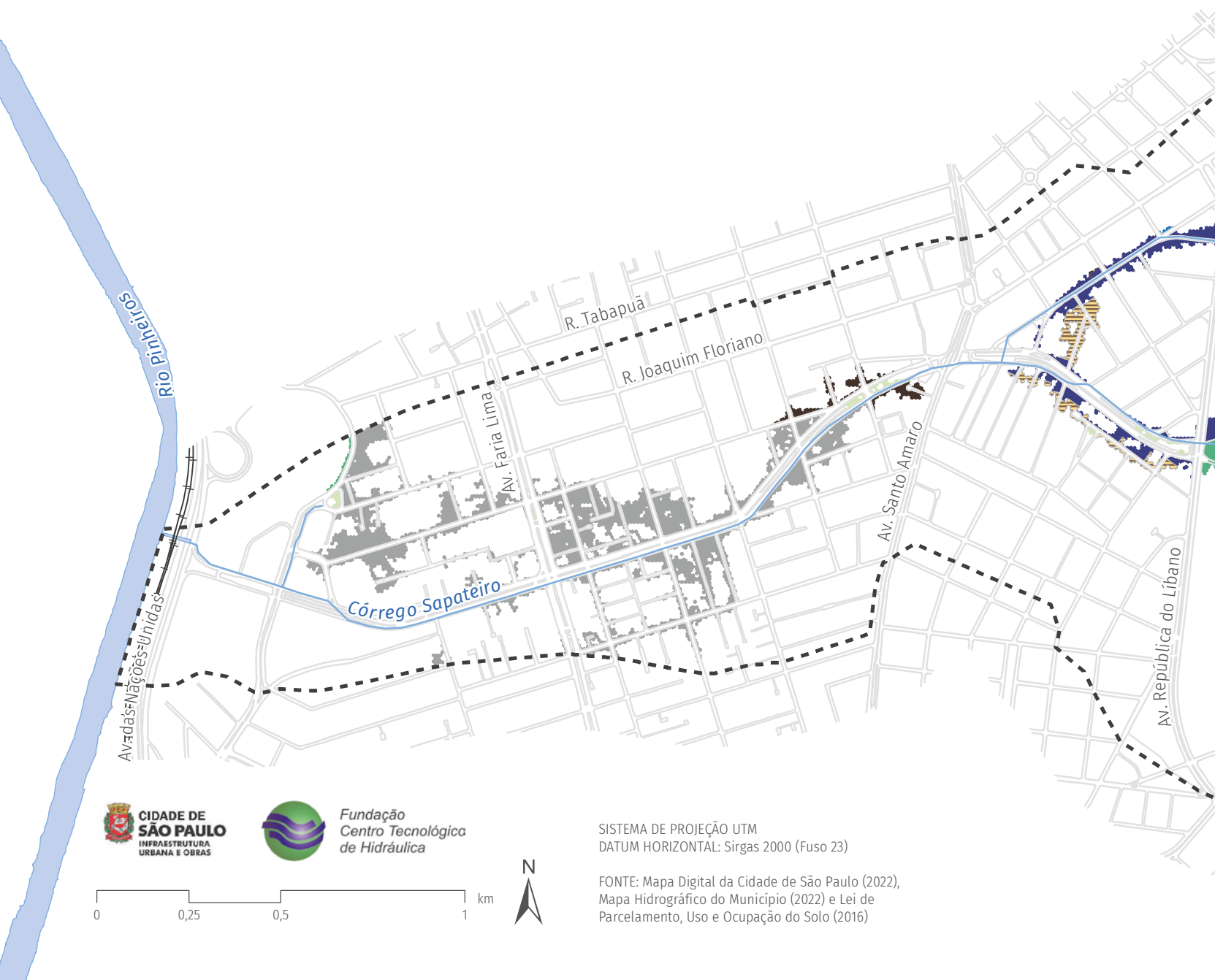
- Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE). Órgão vinculado à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB). Atua na interpretação dos dados hidrometeorológicos e na previsão de chuvas que possam causar alagamentos, inundações ou transbordamentos 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

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Zoneamento

- | | |
|--------|------------------|
| AC-1 | ZER-1 |
| ZC | ZEU |
| ZCOR-1 | ZEUP |
| ZCOR-2 | ZM |
| ZEIS-1 | ZPR |
| ZEPAM | Praça e canteiro |



Fundação
Centro Tecnológica
de Hidráulica

0 0,25 0,5 1 km



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Lei de
Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

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 6.40**.

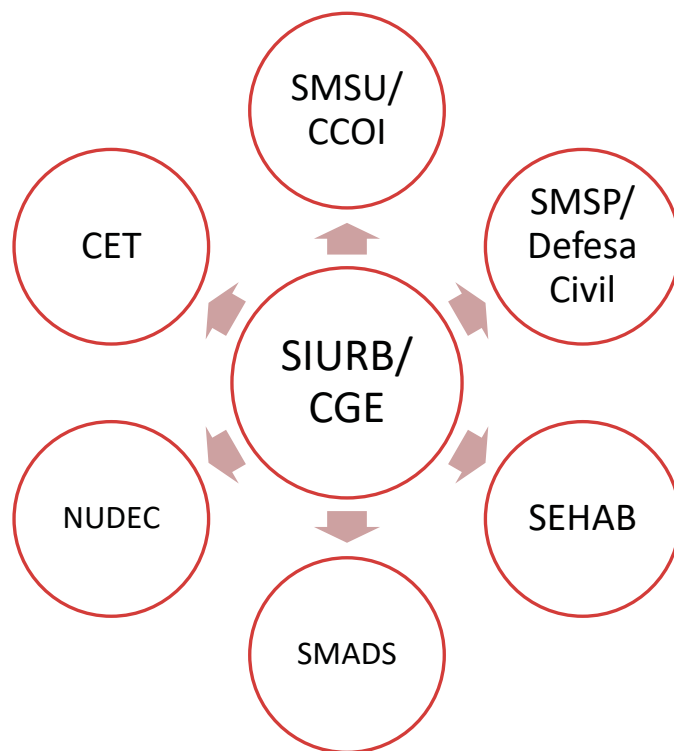


FIGURA 6.40 Articulação institucional em situações de emergência

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.

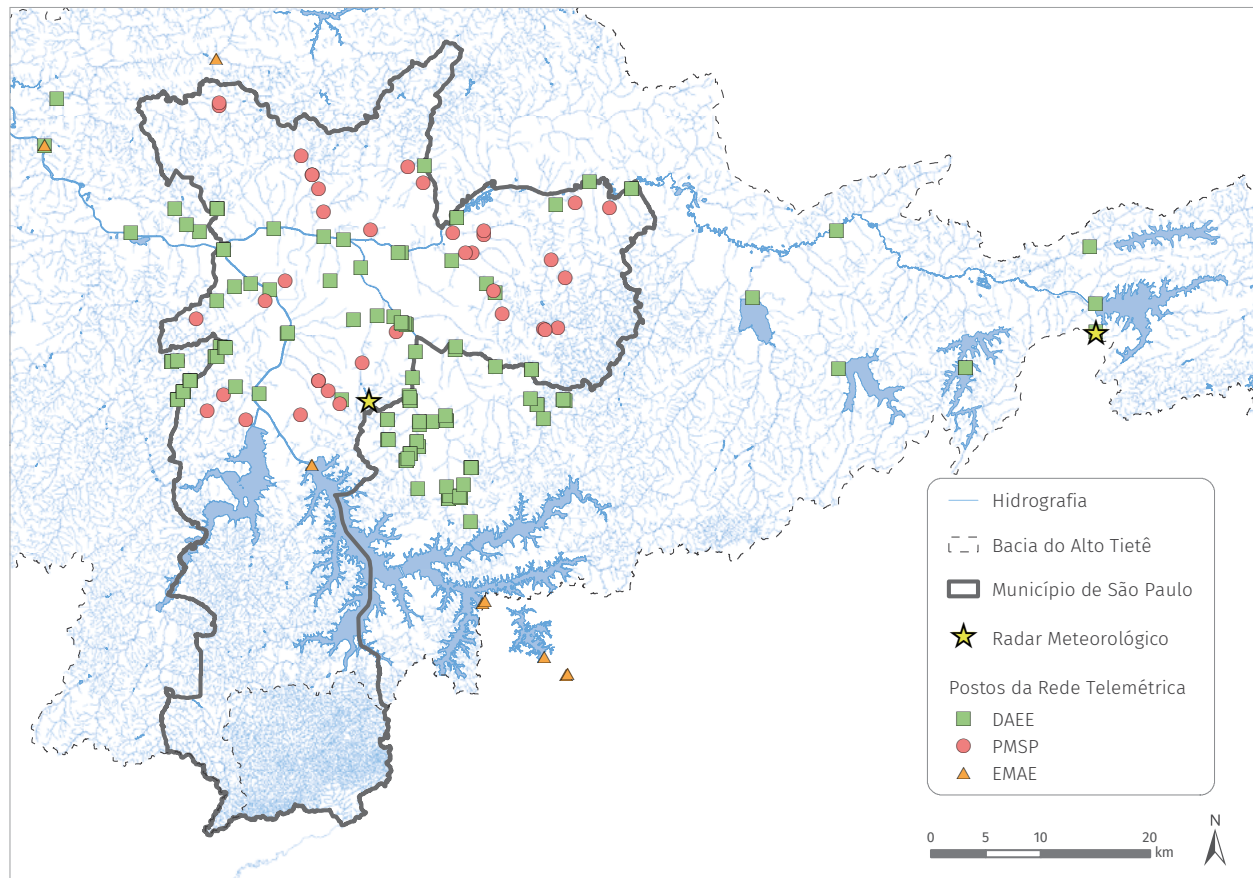


FIGURA 6.41 Postos da rede telemétrica do SAISP

O mapa da **FIGURA 6.42** 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.

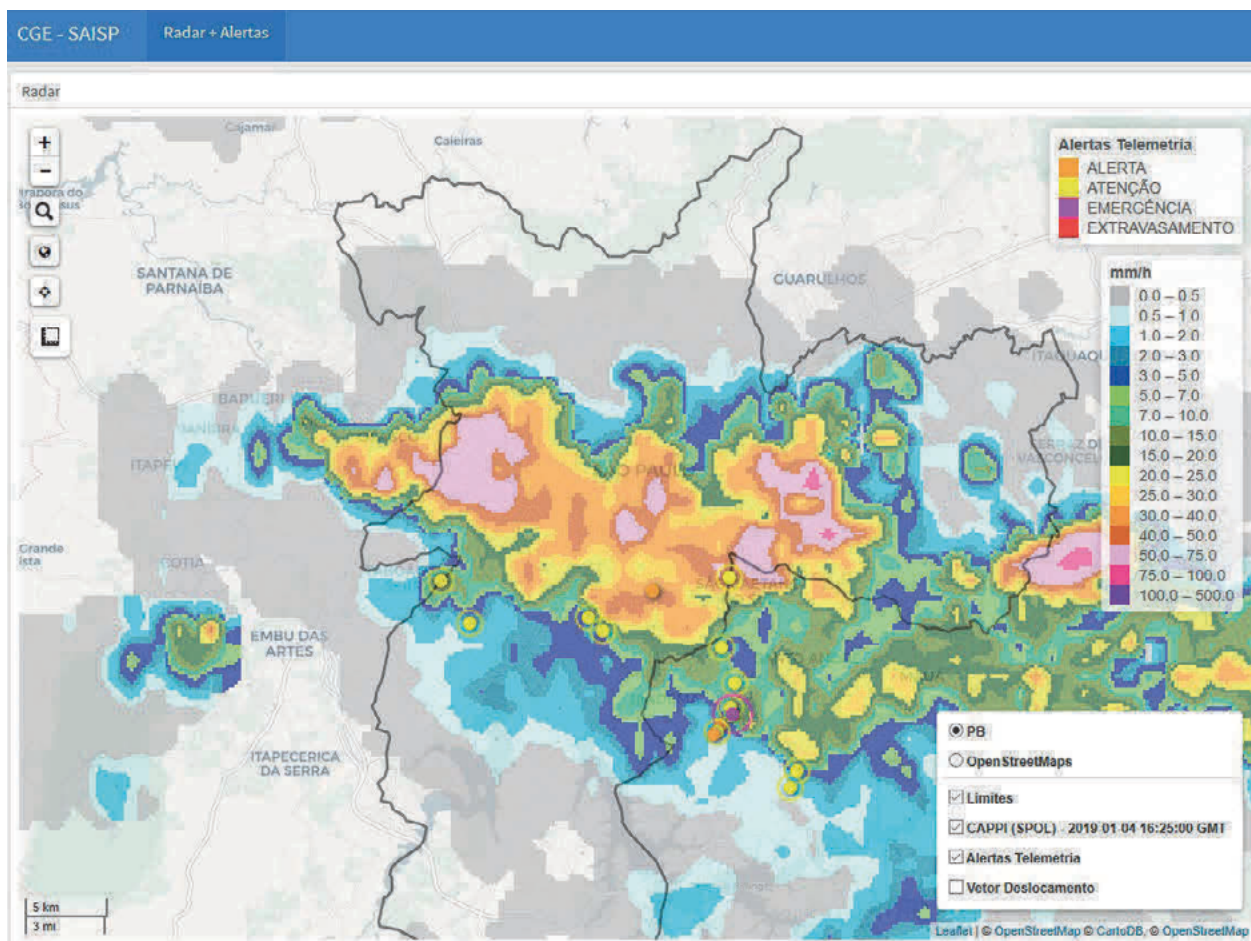


FIGURA 6.42 Mapa de chuva observada e alertas da telemetria

Rede telemétrica

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

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

O fluviograma apresentado na **FIGURA 6.44** indica o nível do Rio Pinheiros durante a passagem da onda de cheia nos eventos de 15 a 17 de fevereiro de 2019 e seus níveis de criticidade.

6.6.3.2 CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA (CGE)

Órgão da Prefeitura de São Paulo responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na capital, o CGE transmite as informações relacionadas à hidrometeorologia para diversas secretarias municipais, órgãos e interessados, como Defesa Civil, CET, Corpo de Bombeiros, subprefeituras, municípios 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.

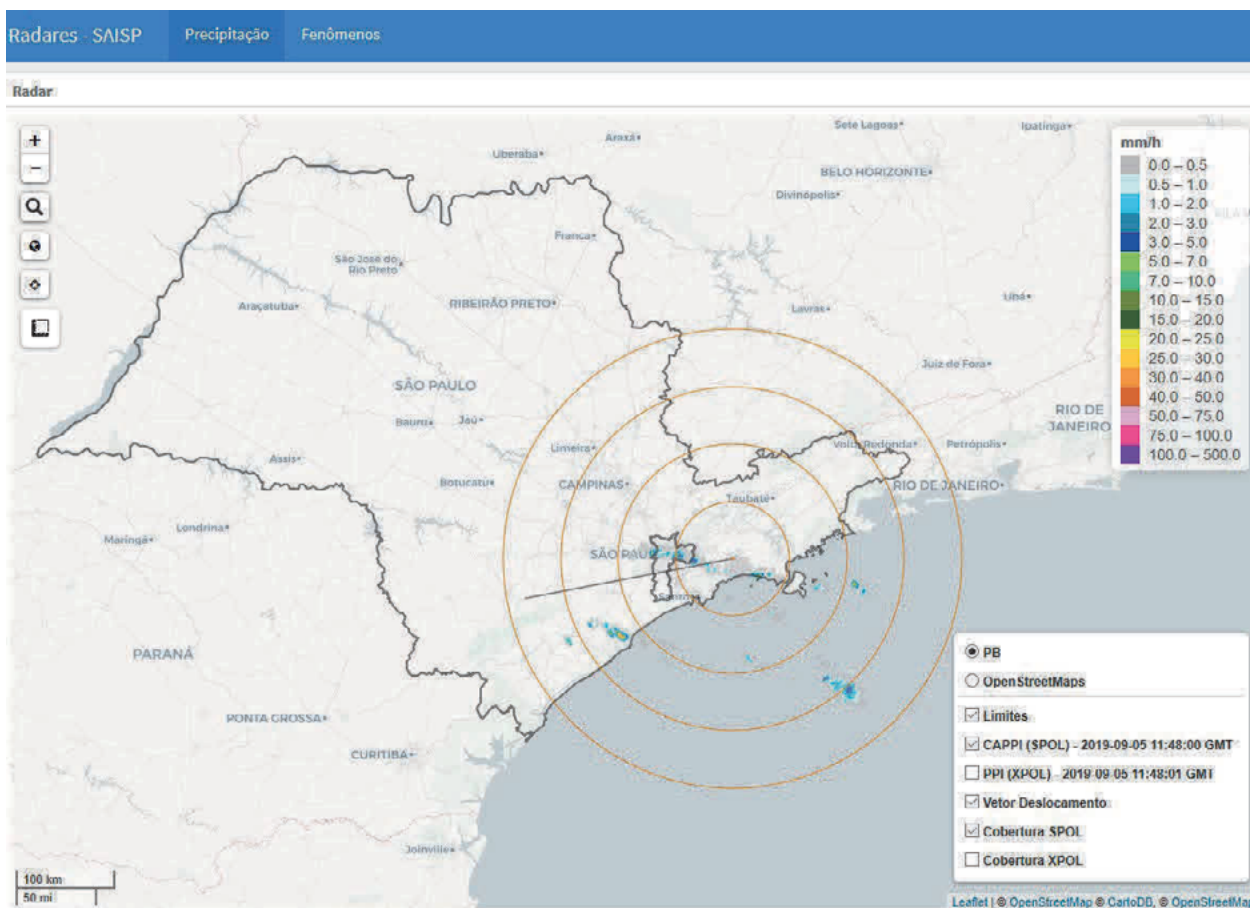


FIGURA 6.43 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

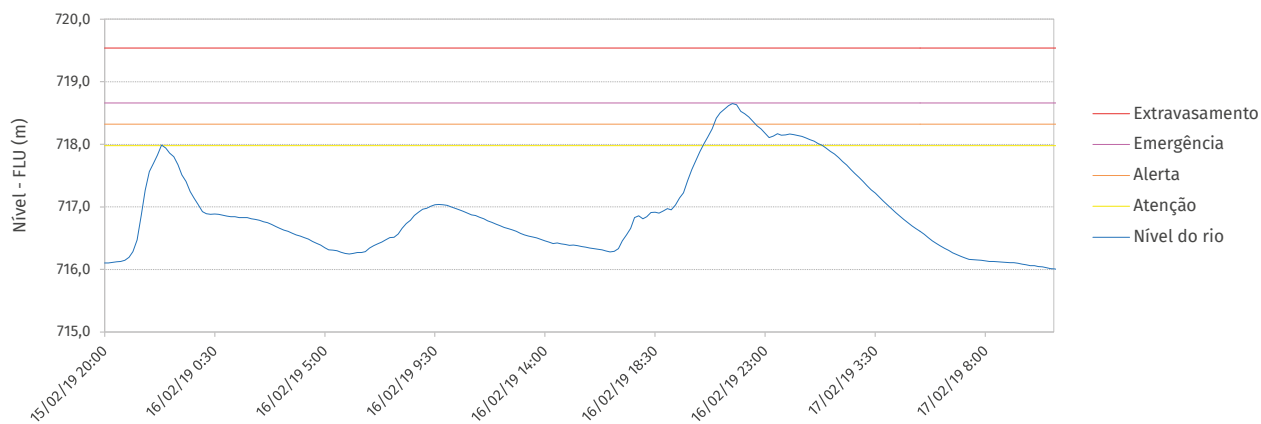


FIGURA 6.44 Fluviograma da cheia de 15 a 17 de fevereiro de 2019 do posto Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária

6.7 MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

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

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

Essas medidas contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e, também, tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoam 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 6.45** um mapa que, em função da declividade e da geologia da bacia, indica o potencial de implantação dessas medidas nela. Saliencia-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 a implantação de medidas escalonadas de retenção linear, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

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

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

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte
(PMS, 2012²¹; UACDC, 2010²² e MPCA, 2019²³)

Medida	Descrição
<p>Jardim de chuva (biorretenção)</p> 	<p>Função: filtração, infiltração e detenção</p> <p>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</p>
<p>Canteiro pluvial (biorretenção)</p> 	<p>Função: filtração, infiltração e detenção</p> <p>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</p>
<p>Biovaleta</p> 	<p>Função: condução, filtração e detenção</p> <p>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</p>
<p>Telhado verde</p> 	<p>Função: filtração e detenção</p> <p>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</p>

21. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.
22. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.
23. 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, 2012²¹; UACDC, 2010²² e MPCA, 2019²³)

Medida	Descrição
<p>Trincheiras de infiltração</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>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</p>
<p>Poço de infiltração</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>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</p>
<p>Pavimento permeável</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>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</p>
<p>Cisterna</p> 	<p>Função: detenção/retenção</p> <p>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</p>
<p>Microrreservatório</p> 	<p>Função: detenção/retenção</p> <p>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</p>

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Sapateiro
- Quadra viária
- +— Linha férrea

Potencial de implantação de medidas de controle na fonte

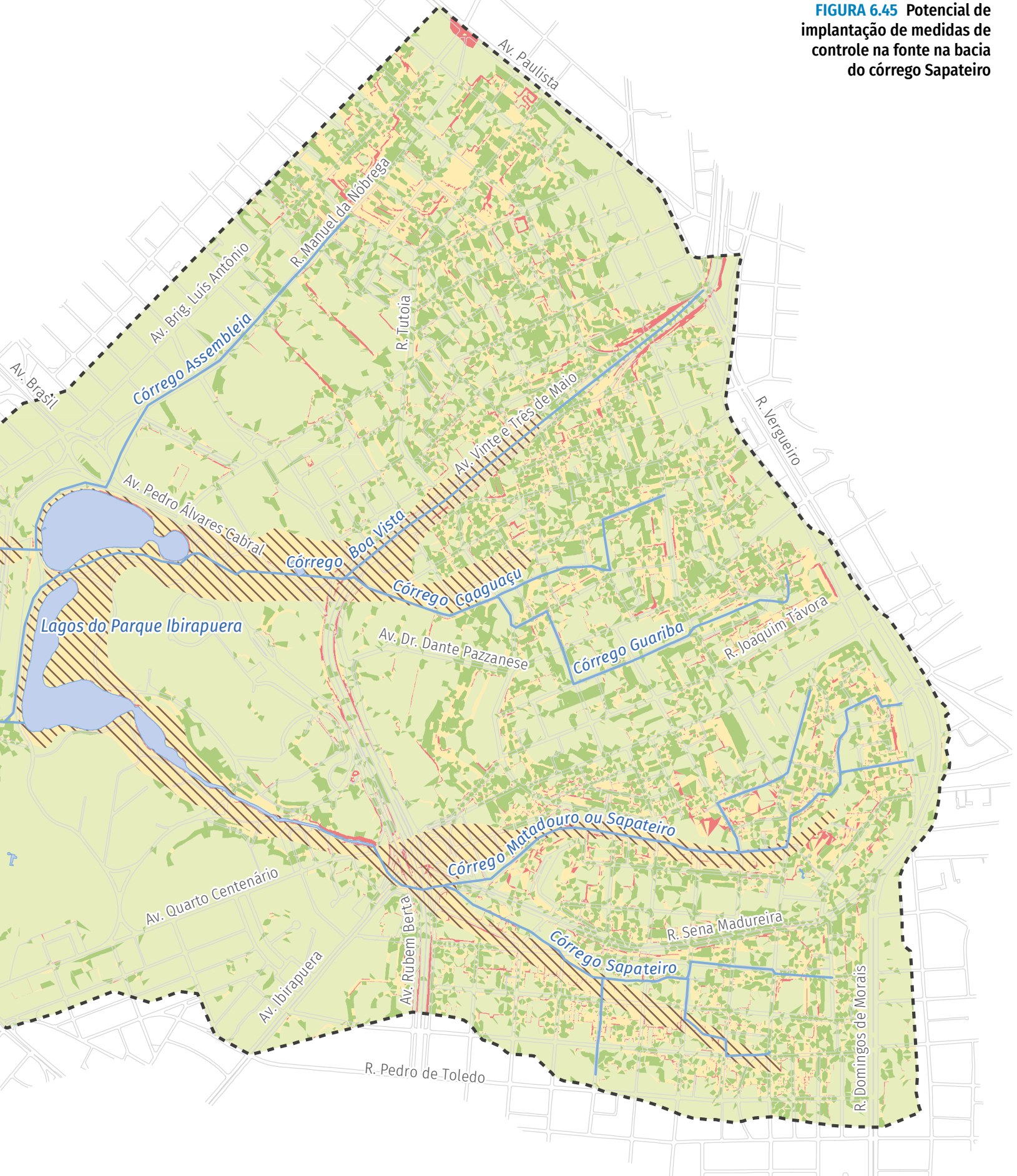
- Muito alto
- Alto
- Médio
- Baixo



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e
FCTH (2022)

FIGURA 6.45 Potencial de implantação de medidas de controle na fonte na bacia do córrego Sapateiro



Etapas de implantação das alternativas

Este capítulo apresenta o efeito das obras propostas implantadas em etapas. Neste estudo, o efeito das medidas de controle de cheias foi mensurado pela redução das áreas inundáveis.

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 frente às chuvas de maior recorrência; a 2ª etapa protege a bacia para chuvas de Tr 25 anos; e a etapa final confere à bacia proteção a chuvas de Tr 100 anos.

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

TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre a bacia

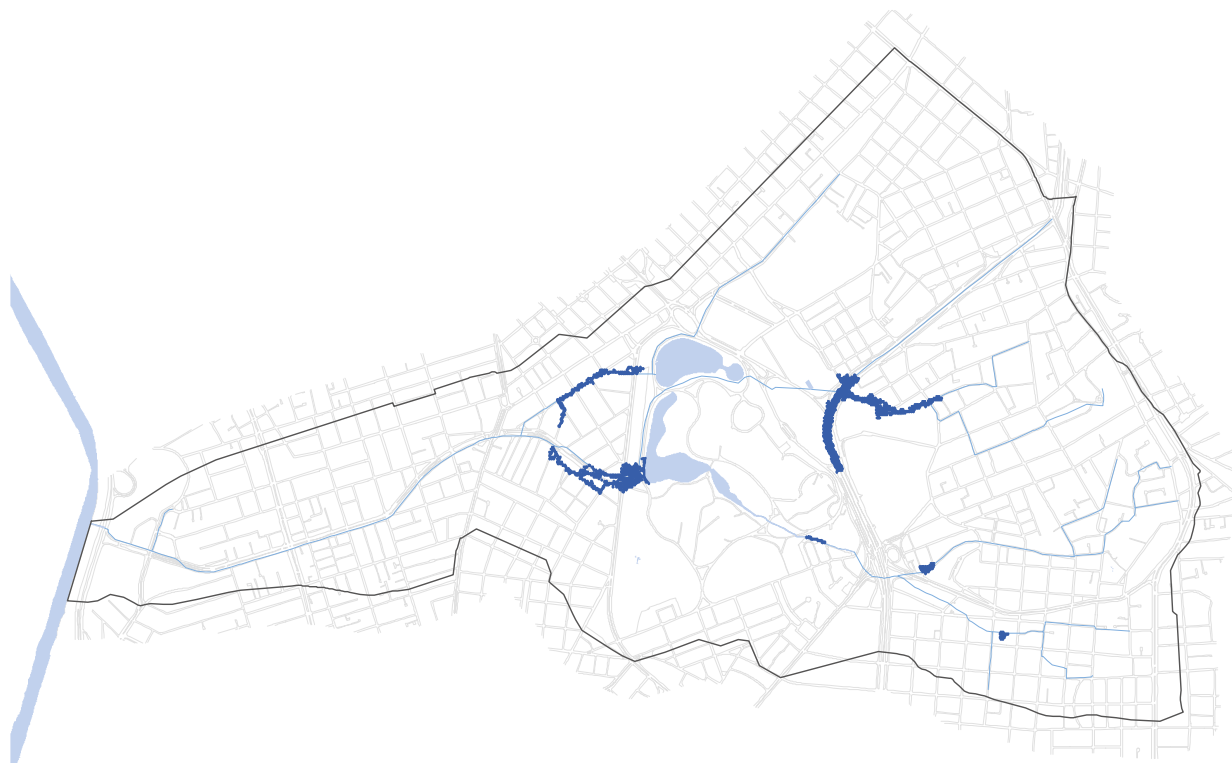
Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km ²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	0,66	1.508
1ª etapa (áreas críticas)	Alternativa 1	0,15	488
	Alternativa 2	0,15	488
2ª etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,09	401
	Alternativa 2	0,03	191
3ª etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0,00	0
	Alternativa 2	0,00	0

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

A **FIGURA 7.2** apresenta as manchas de inundação resultantes de uma chuva de 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.

Destaca-se que, para eventos hidrológicos com períodos de retorno maiores que 100 anos, a bacia não estará protegida.

Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos



Alternativas 1 e 2 – 1ª etapa

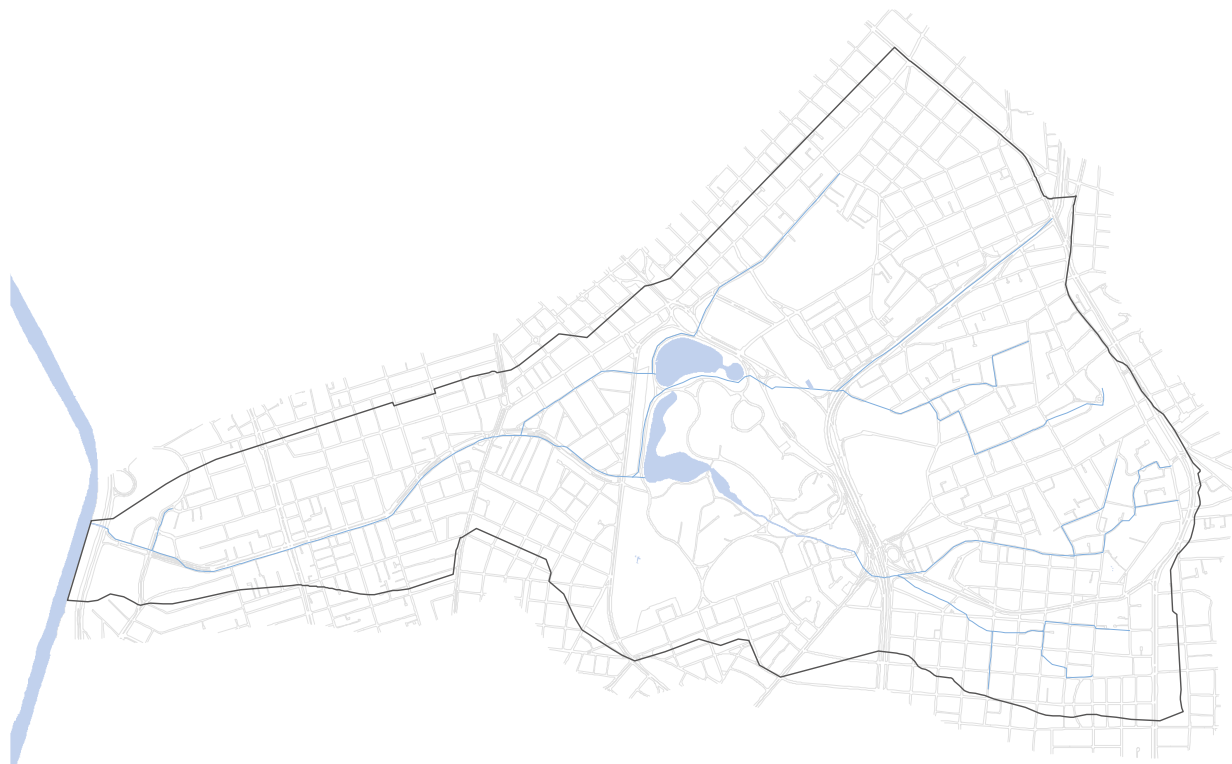
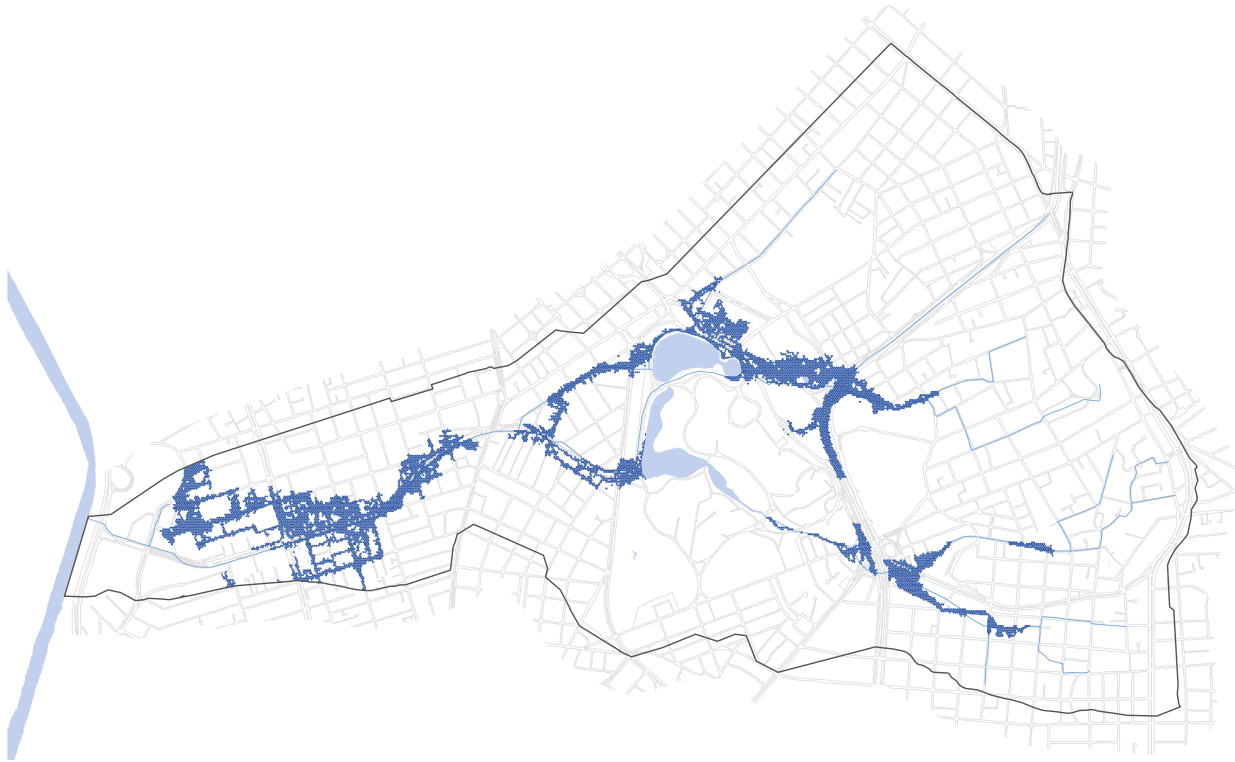


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª etapa

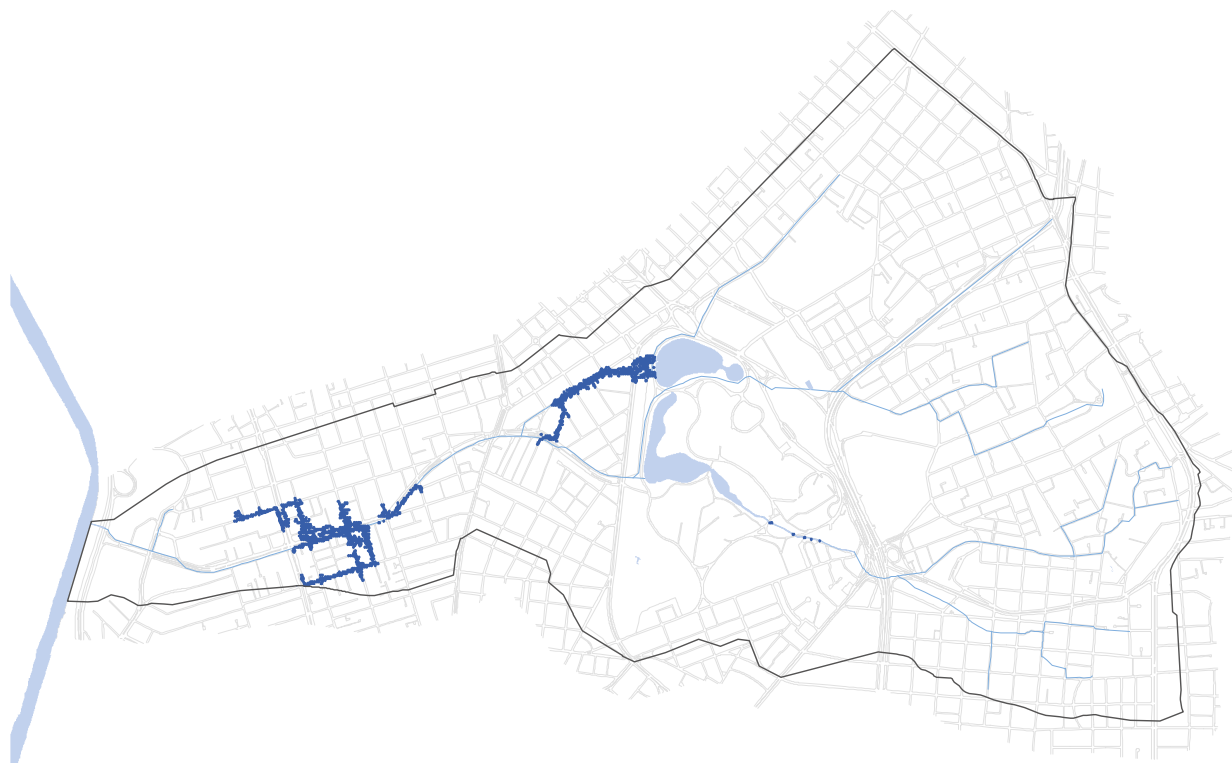
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



Alternativa 1 – 1ª etapa



Alternativa 1 – 2ª etapa



Alternativa 1 – 3ª etapa

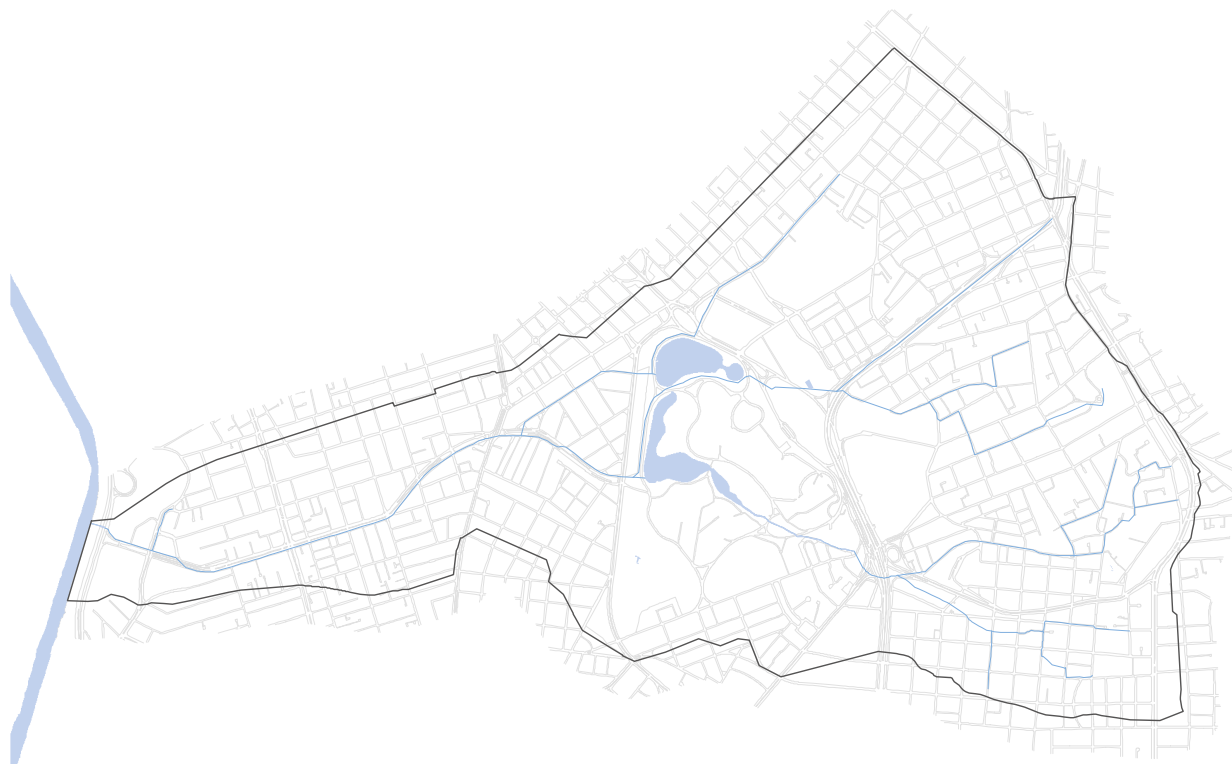
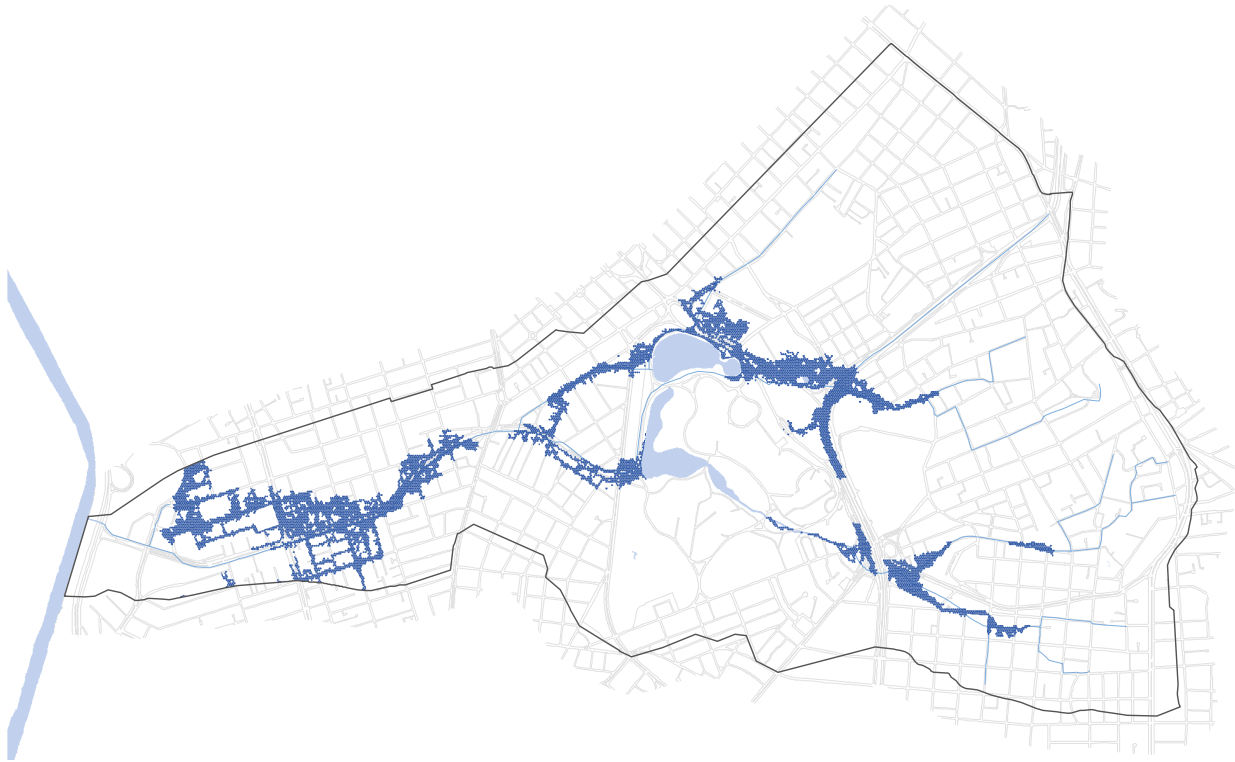


FIGURA 7.2 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1

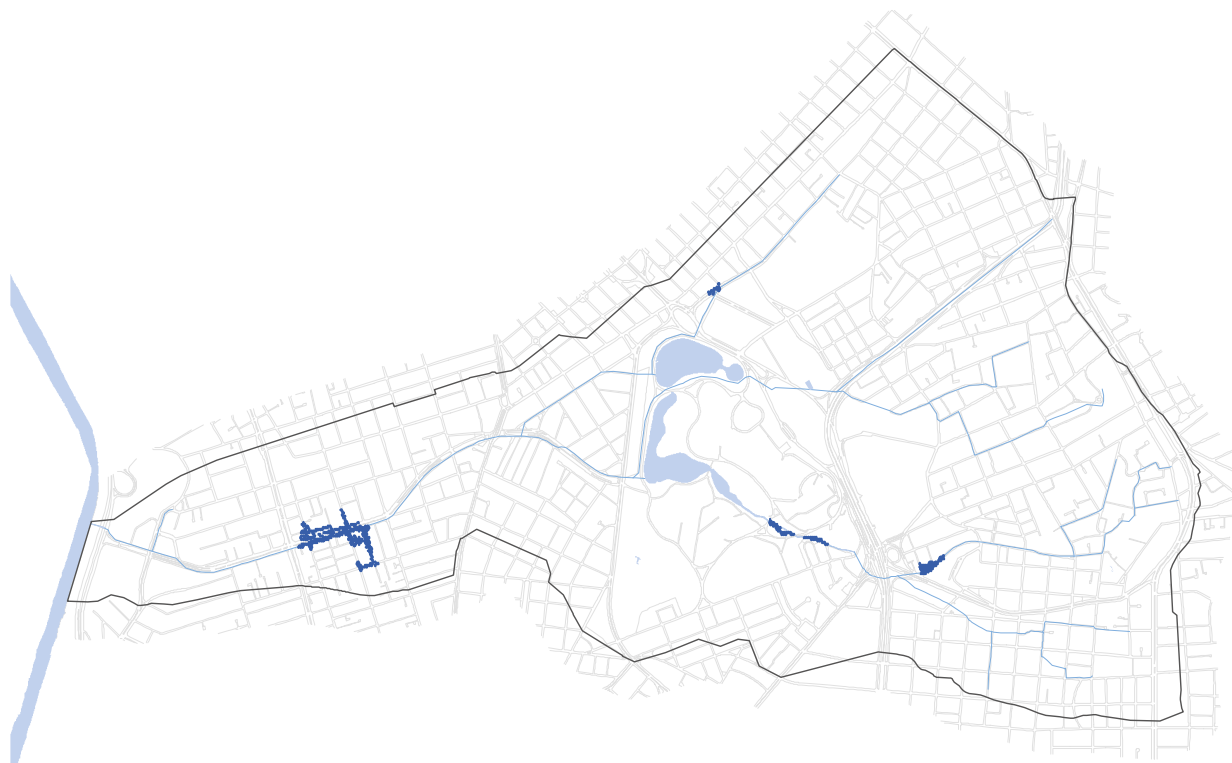
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 1ª etapa



Alternativa 2 - 2ª etapa



Alternativa 2 - 3ª etapa

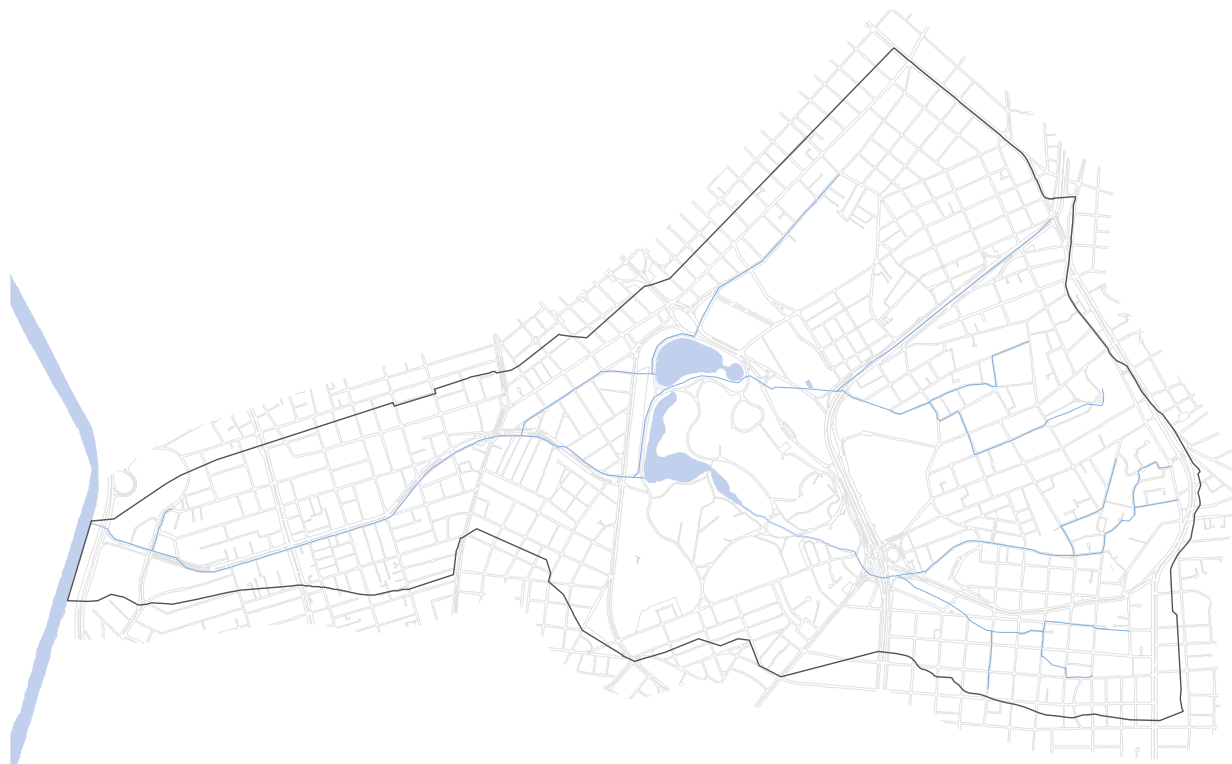


FIGURA 7.3 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

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 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 0,084 km².

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

- Alçamento da margem dos lagos até a cota de 745 m (700 m de extensão, com volume de 134.000 m³);
- Válvula de redução de vazão e canalização no trecho da Avenida Pedro Álvares Cabral (150 m);
- Reservatório na Rua Dr. Mário Cardim – RSP-01 (5.000 m³);
- Reservatório na Praça Ibrahim Nobre, no Obelisco do Ibirapuera – RSP-02 (60.000 m³) e galeria de reforço até o reservatório (300 m);
- Reservatório na Praça Manuel Vaz de Toledo – RSP-03 (29.000 m³) e galeria de reforço até o reservatório (170 m);
- Reservatório na Praça Soichiro Honda – RSP-04 (35.000 m³) e galeria de reforço até o reservatório (850 m).

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.

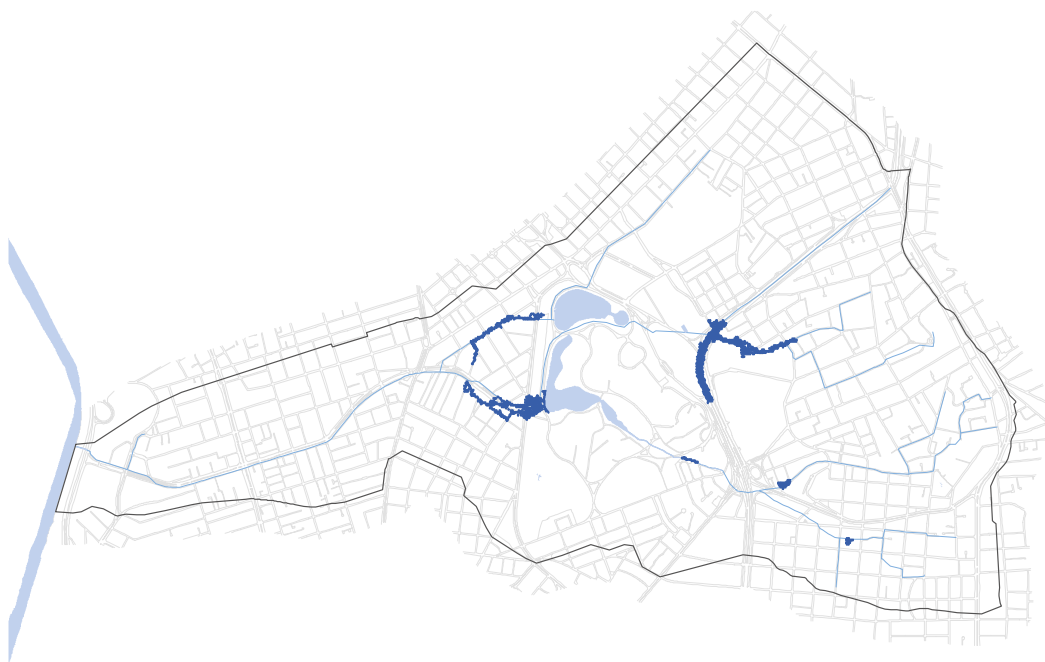
A seguir, é indicado o impacto isolado de cada uma dessas obras para a chuva de Tr 5 anos (**FIGURA 7.4**).

O pré-dimensionamento das intervenções, tais como os volumes dos reservatórios 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.



Foto da Av. Vinte e Três de Maio sobre o córrego Boa Vista (foto: Jean M. M. Suplicy)

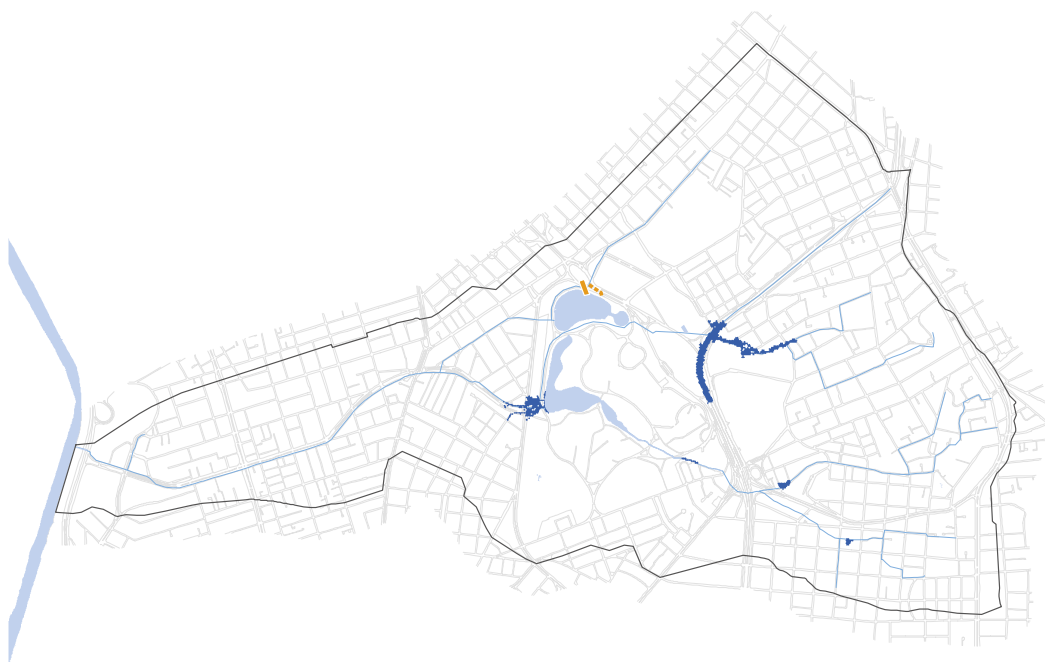
Mancha de inundação para a configuração da rede atual - Tr 5 anos



Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,084 km²

Restrição de seção e substituição de galeria na Av. Pedro Álvares Cabral



Descrição

Substituição da rede de drenagem atual da Av. Pedro Álvares Cabral (150 m) e inserção de válvula redutora de vazão

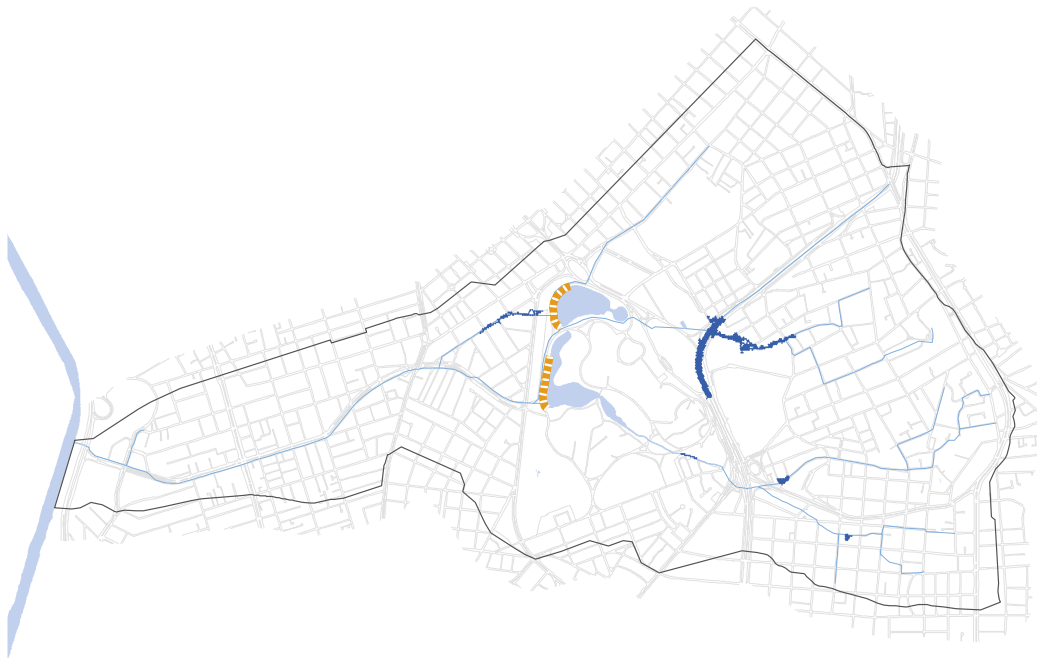
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,024 km²

Custo estimado da medida

R\$ 3.700.000,00

Alteamento dos lagos até a cota de 745 m



Descrição

Alteamento das margens dos lagos do Pq. Ibirapuera até a cota de 745 m (700 m), com volume de 134.000 m³

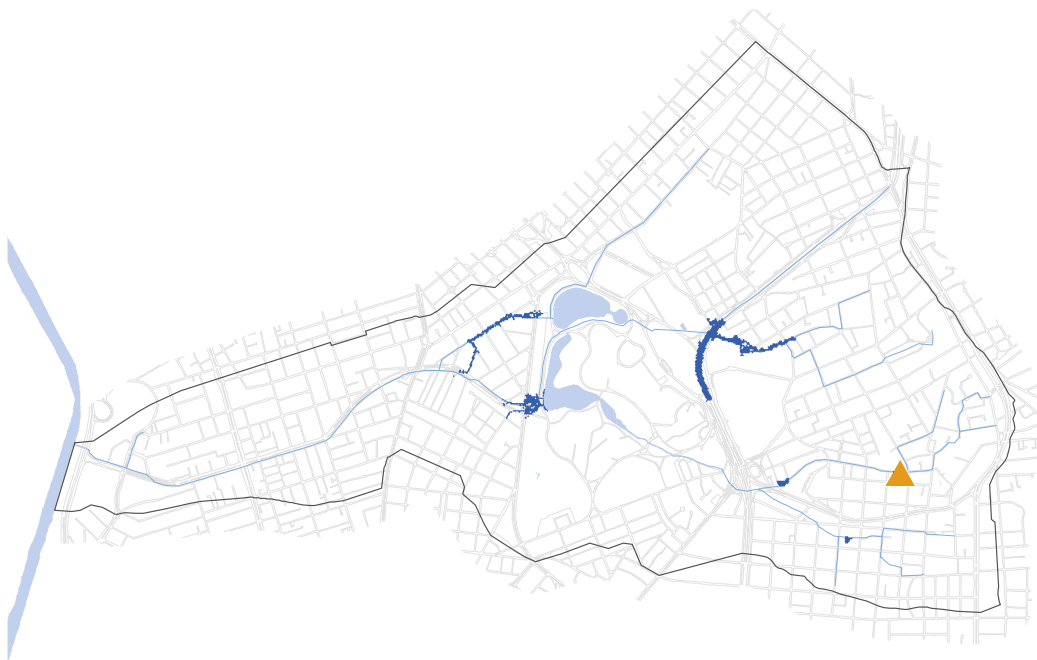
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,030 km²

Custo estimado da medida

R\$ 5.000.000,00

RSP-01



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias (RSP-01) com capacidade de reservação de 5.000 m³

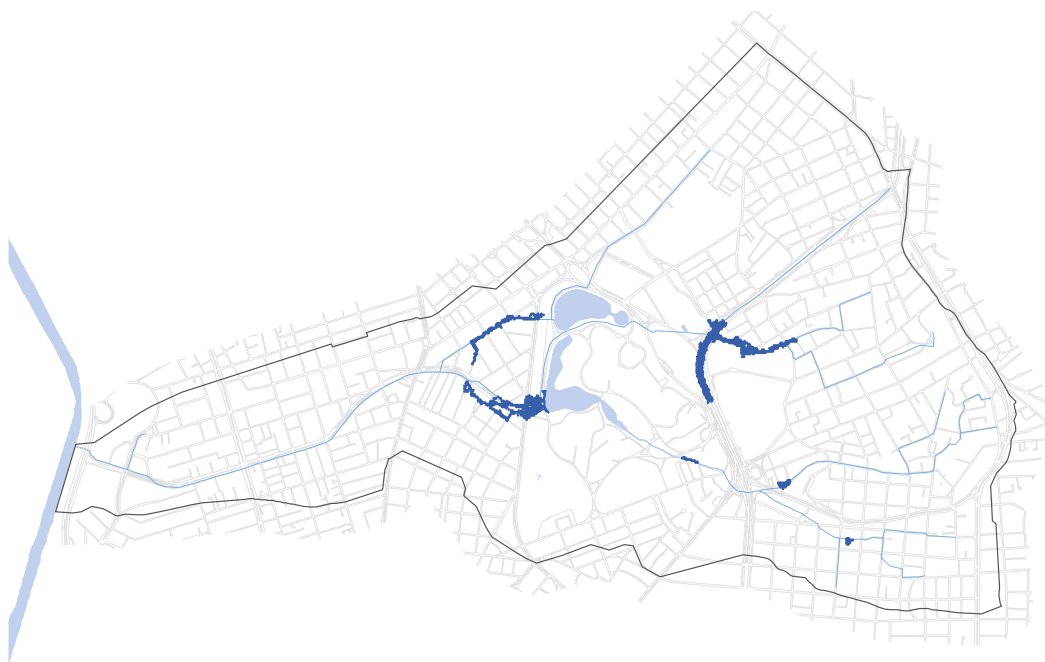
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,010 km²

Custo estimado da medida

R\$ 10.000.000,00

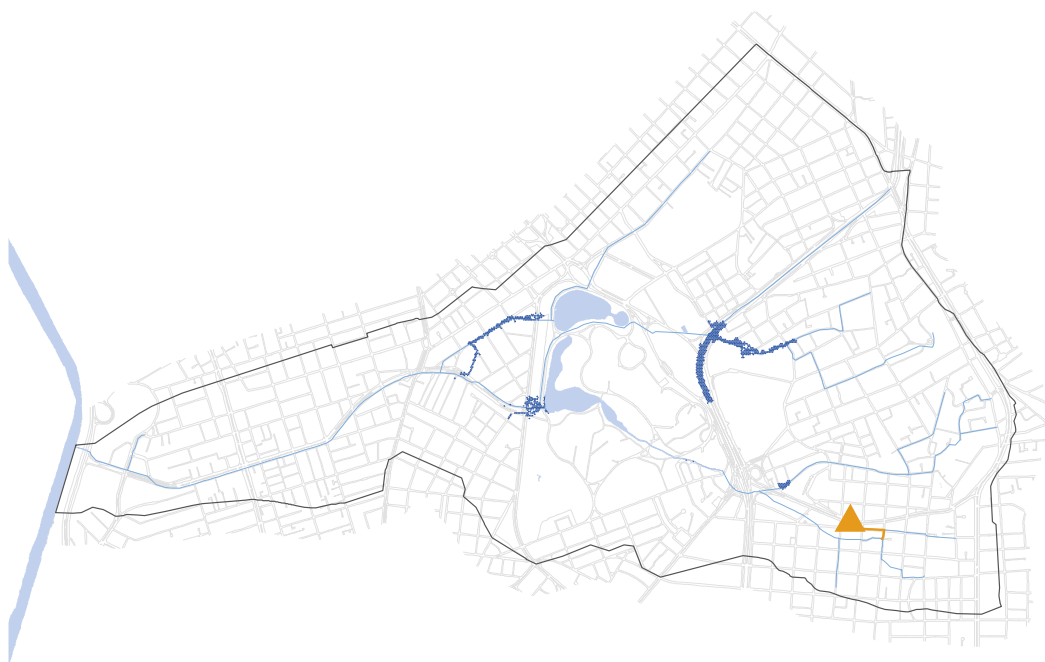
Mancha de inundação para a configuração da rede atual – Tr 5 anos



Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,084 km²

Reservatório na Pç. Manuel Vaz de Toledo



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias (RSP-03) com capacidade de reserva de 29.000 m³ e galeria de reforço

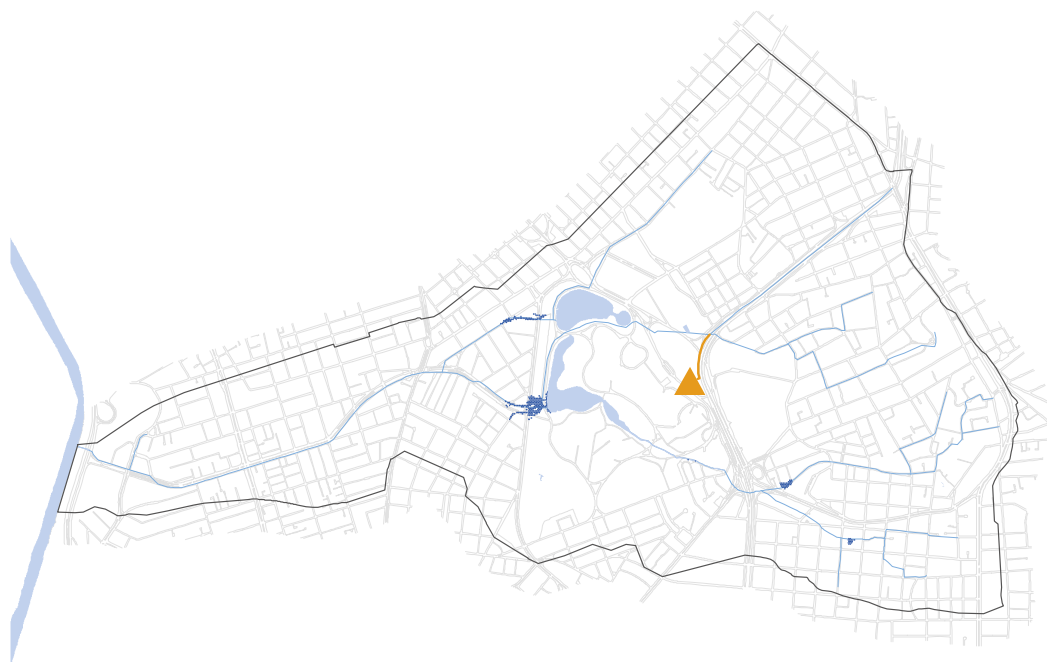
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,015 km²

Custo estimado da medida

R\$ 30.800.000,00

Reservatório na Pç. Ibrahim Nobre, no Obelisco do Ibirapuera – RSP-02



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias (RSP-02) com capacidade de reservação de 60.000 m³ e galeria de reforço

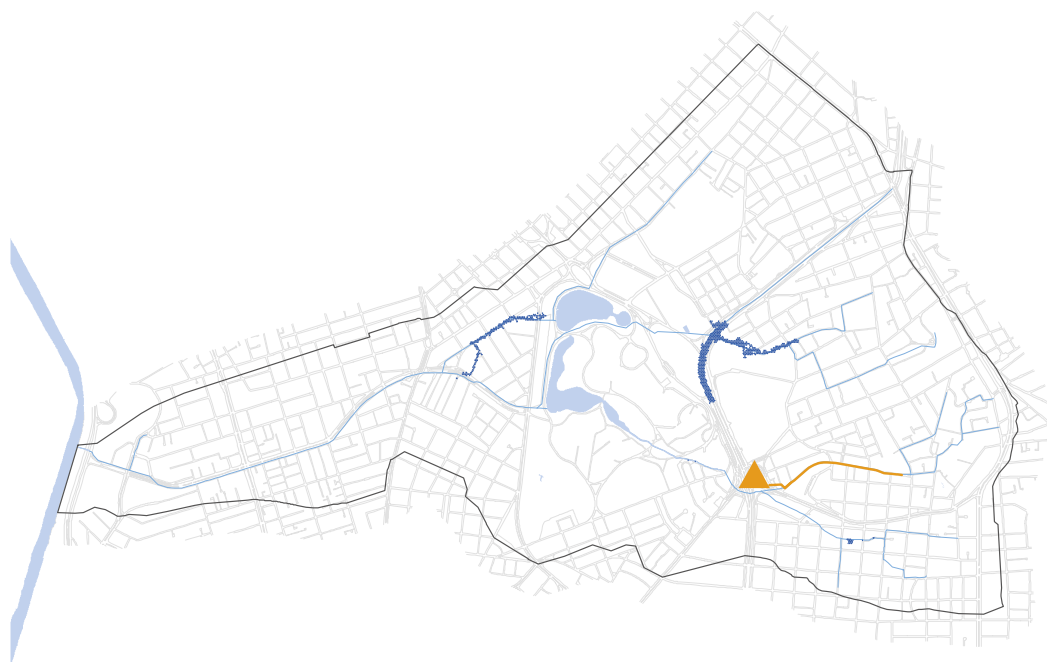
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,062 km²

Custo estimado da medida

R\$ 81.000.000,00

Reservatório na Pç. Soichiro Honda – RSP-04



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias (RSP-04) com capacidade de reservação de 35.000 m³ e galeria de reforço

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

0,026 km²

Custo estimado da medida

R\$ 39.500.000,00

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 m^3 de reservação e paredes diafragma atirantadas com bombeamento;
- Galerias de apoio e substituição de galerias: custo médio por m^3 de galeria em concreto armado e método de construção a céu aberto. Conforme localização da intervenção, foi considerado o custo de *tunnel liner* e NATM;
- Reservatório aberto: custo médio de reservatório sem bombas por m^3 de reservação, somado ao custo médio por m^2 de área com equipamentos de lazer e infraestrutura verde;

- Abertura de canal: custo médio por m³, considerando canal com revestimento em gabião;
- Restrição de seção;
- Alteamento das margens: custo médio de canal em gabião, somado ao custo médio por m² de área com infraestrutura verde;
- Desassoreamento: custo médio de reservatório aberto e sem bombas.

A **TABELA 8.1** e a **TABELA 8.2** apresentam os custos estimados das Alternativas 1 e 2, respectivamente. Foram indicadas todas as ações previstas nas etapas de cada alternativa, distinguindo os valores estimados em desapropriações, quando existente. Ressalta-se que, pelo seu caráter complementar, a etapa de requalificação urbanística não foi elencada nessas tabelas.

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

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de maio/2022)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Córrego Assembleia	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluente ao lago norte (acesso norte)	3.200.000,00	-	3.200.000,00
		Restrição de seção	R. Antônio de Queiroga	500.000,00	-	500.000,00
	Córrego Boa Vista	RSP-02	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	60.000.000,00	-	60.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Dr. Astolfo Araújo e o RSP-02	21.000.000,00	-	21.000.000,00
	Córrego Sapateiro	RSP-01	R. Dr. Mário Cardim	10.000.000,00	-	10.000.000,00
		RSP-03	Pç. Manuel Vaz de Toledo	29.000.000,00	-	29.000.000,00
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-03	1.800.000,00	-	1.800.000,00
		RSP-04	Pç. Soichiro Honda	35.000.000,00	-	35.000.000,00
		Galeria de reforço	R. Dr. Mário Cardim, desde o RSP-01 até a R. Sena Madureira	4.500.000,00	-	4.500.000,00

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de maio/2022)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota de 745 m	5.000.000,00	-	5.000.000,00
			Readequação do vertedor – lago norte	500.000,00	-	500.000,00
			Readequação do vertedor – lago sul	500.000,00	-	500.000,00
2ª Etapa	Córrego Boa Vista	RSP-02 (expansão)	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	60.000.000,00	-	60.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Joinville e a R. Dr. Astolfo Araújo	3.200.000,00	-	3.200.000,00
	Córrego Caaguaçu	Galeria de reforço	R. Dr. Astolfo Araújo, trecho subsequente à abertura deste córrego e a Av. Vinte e Três de Maio	6.000.000,00	-	6.000.000,00
	Córrego Sapateiro	Galeria de reforço	Da Av. Quarto Centenário até o córrego Sapateiro, próximo ao lago sul.	7.000.000,00	-	7.000.000,00
		RSP-04 (expansão)	Pç. Soichiro Honda	35.000.000,00	-	35.000.000,00
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Aumento da seção do vertedor entre os lagos	700.000,00	-	700.000,00
3ª Etapa	Córrego Boa Vista	Restrição de seção	Av. Pedro Álvares Cabral, deriva de fluxo para a R. Manoel da Nóbrega	500.000,00	-	500.000,00
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Novo vertedor – lago norte	1.000.000,00	-	1.000.000,00
			Novo vertedor – lago sul	1.000.000,00	-	1.000.000,00
		Substituição de galeria	Do Lago sul até a galeria existente do Córrego Boa Vista	1.100.000,00	-	1.100.000,00
		Desassoreamento	Rebaixamento do nível d'água em 1,30 m (cota 742,3m)	40.000.000,00	-	40.000.000,00
Total				326.500.000,00	-	326.500.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2022)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Córrego Assembleia	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluente ao lago norte (acesso norte)	3.200.000,00	-	3.200.000,00
		Restrição de seção	R. Antônio de Queiroga	500.000,00	-	500.000,00
	Córrego Boa Vista	RSP-02	Pç. Ibrahim Nobre; Obelisco do Ibirapuera	60.000.000,00	-	60.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Dr. Astolfo Araújo e o RSP-02	21.000.000,00	-	21.000.000,00
	Córrego Sapateiro	RSP-01	R. Dr. Mário Cardim	10.000.000,00	-	10.000.000,00
		RSP-03	Pç. Manuel Vaz de Toledo	29.000.000,00	-	29.000.000,00
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-03	1.800.000,00	-	1.800.000,00
		RSP-04	Pç. Soichiro Honda	35.000.000,00	-	35.000.000,00
		Galeria de reforço	R. Dr. Mário Cardim, desde o RSP-01 até a R. Sena Madureira	4.500.000,00	-	4.500.000,00
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota de 745 m	5.000.000,00	-	5.000.000,00
			Readequação do vertedor – lago norte	500.000,00	-	500.000,00
			Readequação do vertedor – lago sul	500.000,00	-	500.000,00
2ª Etapa	Córrego Boa Vista	Substituição de galeria	Av. Pedro Álvares Cabral, afluente ao lago norte (acesso leste)	14.000.000,00	-	14.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Vinte e Três de Maio, trecho entre a R. Joinville e a R. Dr. Astolfo Araújo	3.200.000,00	-	3.200.000,00
	Córrego Caaguaçu	RSP-05	Av. Dr. Dante Pazzanese	32.000.000,00	31.200.000,00	63.200.000,00
		Galeria de reforço	R. Dr. Astolfo Araújo, trecho entre o RSP-05 e a Av. Vinte e Três de Maio	6.000.000,00	-	6.000.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2022)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
2ª Etapa	Córrego Sapateiro	Galeria de reforço	Da Av. Quarto Centenário até o córrego Sapateiro, próximo ao lago sul	7.000.000,00	-	7.000.000,00
	Lago do Pq. Ibirapuera	Readequação dos lagos	Elevação da margem até a cota 746 m	15.000.000,00	-	15.000.000,00
			Aumento da seção do vertedor entre os lagos	700.000,00	-	700.000,00
3ª Etapa	Córrego Boa Vista	Restrição de seção	Av. Pedro Álvares Cabral, deriva de fluxo para a R. Manoel da Nóbrega	500.000,00	-	500.000,00
	Córrego Sapateiro	RSP-04 (expansão)	Pç. Soichiro Honda	35.000.000,00	-	35.000.000,00
		Galeria de reforço	Do córrego Boa Vista até o RSP-06	9.000.000,00	-	9.000.000,00
		Galeria de reforço	Do córrego Sapateiro até o RSP-06	2.300.000,00	-	2.300.000,00
		RSP-06	Pq. Ibirapuera	52.000.000,00	-	52.000.000,00
Total				347.700.000,00	31.200.000,00	378.900.000,00

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa			TOTAL (milhões R\$)
	1ª (milhões R\$)	2ª (milhões R\$)	3ª (milhões R\$)	
Alternativa 1	171	111,9	43,6	326,5
Alternativa 2	171	109,1	98,8	378,9

É importante ressaltar que as estimativas apresentadas são avaliações preliminares de custos, que devem ser detalhados durante a elaboração dos projetos quando estes forem contratados.

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

O investimento estimado para a primeira etapa da Alternativa 1 proporcionaria uma redução de 77% da área de inundação de Tr 100 anos, e seria equivalente a 52% do investimento total. Já na segunda etapa, a mancha de inundação estaria reduzida a 14% de seu tamanho inicial, utilizando 87% do orçamento total da Alternativa 1. As manchas remanescentes de inundação para chuvas de Tr 100 anos seriam sanadas na terceira etapa, com os 13% restantes do orçamento total.

Na Alternativa 2, a implementação das obras da primeira etapa teria um impacto

de 77% de redução na área de inundação para chuvas de Tr 100 anos – utilizando, para isso, 45% do orçamento dessa alternativa. Vale notar que os custos totais absolutos estimados da primeira etapa de ambas as alternativas são os mesmos. Na segunda etapa da Alternativa 2, a mancha de inundação estaria reduzida a 5% do seu valor inicial, utilizando, para isso, 74% do orçamento total calculado para essa alternativa. As manchas remanescentes de inundação para chuvas de Tr 100 anos seriam sanadas na terceira etapa, com os 26% restantes do orçamento total.

Em ambas as alternativas, a maior demanda por recursos se observa para a implantação da primeira etapa, na mitigação da mancha de inundação na Avenida Vinte e Três de Maio e a jusante dos lagos do Ibirapuera. Para essa finalidade, estão previstos, principalmente, o alteamento das margens e a readequação dos vertedores nos lagos do Ibirapuera, além de quatro reservatórios de retenção a montante.

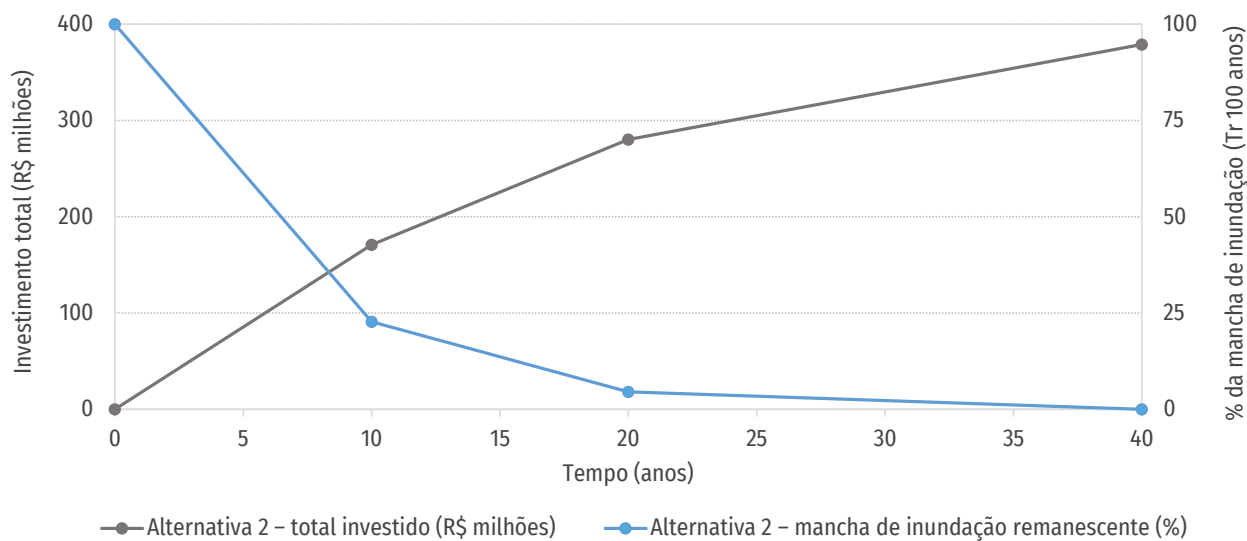
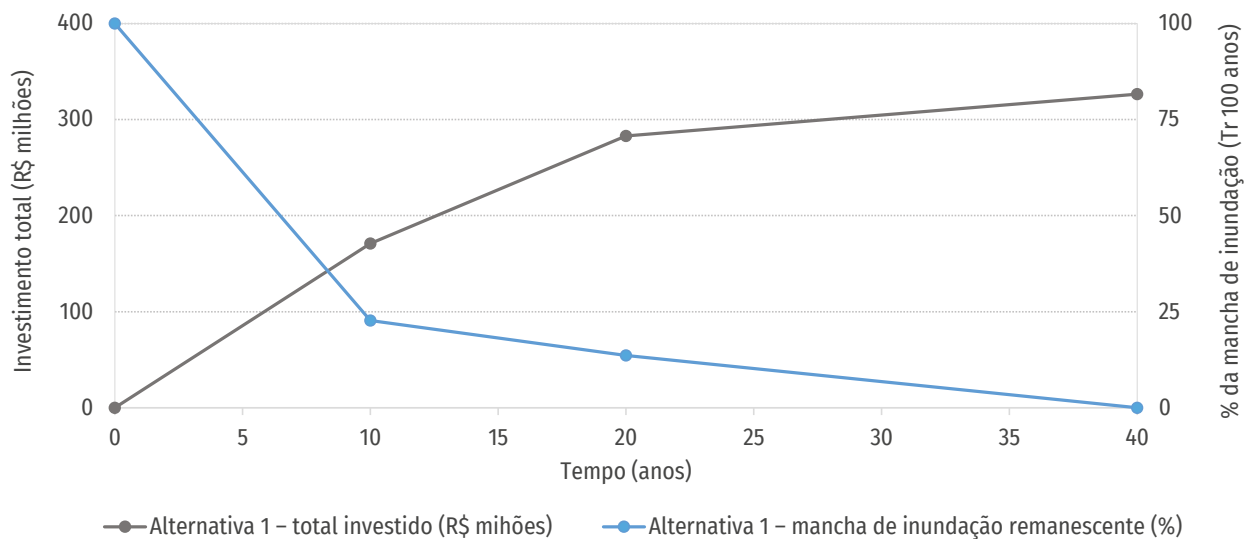


FIGURA 8.1 Curvas de investimento e de redução da mancha de inundação ao longo do tempo

Indicadores de drenagem urbana

O desenvolvimento urbano tem causado ao longo dos anos grandes alterações nas características originais das cidades. Como consequência disso, a gestão urbana tornou-se um tema bastante discutido e com relevante importância na minimização dos efeitos do desenvolvimento desordenado.

Em virtude das constantes alterações no ambiente das cidades, a adequada gestão precisa de monitoramento constante, de modo a garantir o controle das intervenções realizadas sobre o meio. Assim, a busca por ferramentas que traduzam o comportamento do ambiente urbano é um fator essencial para o planejamento e a execução de ações, para o monitoramento das condições urbanas e sociais e, também, para a avaliação de programas e projetos.

Nesse contexto, os indicadores representam uma forma de avaliar a quantidade e a qualidade dos serviços de saneamento prestados à população, dentre os quais se encontram os serviços de drenagem urbana.

Os indicadores de desempenho do sistema de drenagem apresentam grande potencialidade para auxiliar as entidades envolvidas no processo de gestão e manejo das águas pluviais urbanas. Desse modo, é essencial

para a adequada gestão das águas pluviais do Município a definição de indicadores urbanos que identifiquem o comportamento do sistema de drenagem, possibilitando, dessa forma, a avaliação e o acompanhamento do planejamento da drenagem por bacia hidrográfica.

Desse modo, para auxiliar o desenvolvimento de indicadores de drenagem, são apresentados na **TABELA 9.1** os principais parâmetros para a avaliação e o acompanhamento do desempenho do sistema de drenagem urbana da bacia do córrego Sapateiro.

TABELA 9.1 Parâmetros para avaliação e acompanhamento do sistema de drenagem da bacia do Sapateiro

Parâmetro		Valor
Área da bacia		10,1 km ²
Perímetro da bacia		16,7 km
Extensão total de córregos		18 km
Extensão do curso principal		6,8 km
Extensão de córregos fechados		17,2 km
Declividade média do talvegue		0,015 m/m
Reservatórios existentes	Número de reservatórios	2
	Volume	101.000 m ³
Área inundável (situação atual)	Tr 5 anos	0,084 km ²
	Tr 10 anos	0,212 km ²
	Tr 25 anos	0,396 km ²
	Tr 100 anos	0,659 km ²
Risco de inundação	Muito alto	0,002 km ²
	Alto	0,028 km ²
	Médio	0,164 km ²
	Baixo	0,465 km ²
Área impermeável média	Atual	74,7%
	Máxima permitida	77,7%
Espaços abertos (% da área da bacia)		16,4%
Número de habitantes		96 mil habitantes
Vulnerabilidade média (excluídas as áreas não classificadas)		1,0 (média)

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 na Prefeitura de São Paulo 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 e canalizações. 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 Sapateiro. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento de pequenas dimensões localizados em praças e áreas públicas, minimizando interferências ao tráfego de veículos e os custos associados à desapropriação de lotes. A Alternativa 2 teve como premissa a implantação mais distribuída das intervenções pelo território da bacia, com a alocação de pequenos reservatórios ao longo dos córregos, a fim de amortecer o pico de vazão.

A solução principal adotada nesse estudo é o alteamento das margens e readequação dos lagos norte e sul do Parque do Ibira-puera, por promoverem aumento de volume de reservação a custos mais baixos, quando comparados à implantação de novos reservatórios, além de interferirem menos com a dinâmica da cidade.

As duas alternativas protegem a bacia para 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 Tr 25 anos, e a terceira etapa, com obras para proteção de chuvas de Tr 100 anos.

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

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 ambientais²⁴.

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 escoar 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.

Macro drenagem

O sistema de macro drenagem 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 macro drenagem é interligado ao sistema de micro drenagem, por isso os dois sistemas devem ser projetados em conjunto. Dentre as obras hidráulicas da macro drenagem, destacam-se: canais, reservatórios, diques, bombeamento de áreas baixas etc.

Micro drenagem

O sistema de micro drenagem 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 micro drenagem é manter o sistema viário livre do escoamento superficial e evitar alagamentos que possam atingir imóveis e equipamentos urbanos.

24. 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.