



Proposta de revitalização do reservatório Tremembé 5

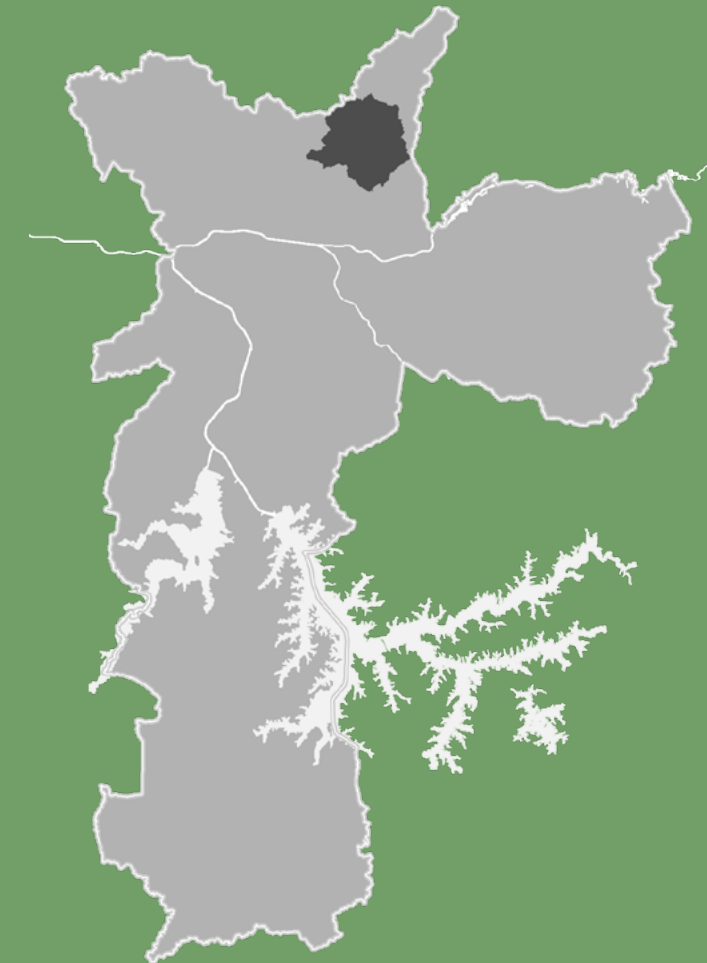
CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÔRREGO TREMEMBÉ



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÔRREGO TREMEMBÉ



BACIA DO CÔRREGO TREMEMBÉ



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

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DO CÓRREGO TREMembÉ

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
Filipe Chaves Gonçalves	Pesquisador
Adriana Afonso Sandre	Bióloga e Arquiteta Urbanista
Riciane Pombo	Arquiteta Urbanista
Leticia Oliveira da Silva	Desenhista
Ana Luisa Viana Peira	Estagiária
Ana Paula Gasparroni Ferreira	Estagiária
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 Tremembé/ Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2022. 232 p.

ISBN 978-65-89429-09-8

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Tremembé (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	4. Mapeamento de áreas críticas	123
1. Definição de diretrizes básicas dos estudos	13	4.1 Áreas inundáveis	123
Plano Diretor Estratégico – PDE	15	4.2 Áreas críticas.....	126
2. Caracterização da bacia	21	5. Estudos e projetos existentes para a bacia	133
2.1 Localização	21	6. Alternativas propostas	143
2.2 Histórico da bacia	24	6.1 Alternativa 1	145
2.3 Hidrografia.....	27	6.2 Alternativa 2.....	152
2.4 Monitoramento hidrológico	52	6.3 Localização das obras na bacia.....	158
2.5 Relevo	61	6.4 Vistas e perspectivas da revitalização do reservatório RTR-05.....	167
2.6 Carta geotécnica.....	66	6.5 Medidas complementares.....	186
2.7 Uso do solo	70	6.6 Medidas não estruturais.....	186
2.8 Zoneamento urbano.....	76	6.7 Medidas de controle na fonte.....	199
2.9 População.....	90	7. Etapas de implantação das alternativas	207
2.10 Divisão administrativa municipal.....	91	7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa	214
2.11 Sistema de esgotamento sanitário.....	100	8. Custo estimado	217
2.12 Sistema viário.....	100	9. Indicadores de drenagem urbana	223
3. Critérios para o estudo	107	10. Considerações finais	227
3.1 Chuva de projeto	108	Glossário	229
3.2 Sub-bacias hidrográficas.....	112		
3.3 Impermeabilização da bacia	116		

Lista de abreviaturas e siglas

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

FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
GPRS	General Packet Radio Service	PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão
GSM	Global System for Mobile Communications	PROCAV	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	QA	Quota Ambiental
IDF	Intensidade-duração-frequência	RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social	SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo	SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação
MDC	Mapa Digital da Cidade	SF	Secretaria Municipal da Fazenda
MPCA	Minnesota Pollution Control Agency	SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil	SMADS	Secretaria Municipal de Assistência Social
PA	Perímetro de Qualificação Ambiental	SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model	SMSP	Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras
PDD	Plano Diretor de Drenagem	SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana
PDE	Plano Diretor Estratégico	SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê	SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos	SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
PHA	Departamento de Engenharia Hidráulica	SWMM	Storm Water Management Model
PLU	Pluviométrico		
PMH	Plano Municipal de Habitação		

tc	Duração crítica do evento	ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental
Tr	Período de retorno	ZER	Zona Exclusivamente Residencial
UACDC	University of Arkansas Community Design Center	ZERa	Zona Exclusivamente Residencial Ambiental
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
UNDP	United Nations Development Programme	ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
USP	Universidade de São Paulo	ZEUPa	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental
ZC	Zona Centralidade	ZM	Zona Mista
ZCa	Zona Centralidade Ambiental	ZMa	Zona Mista Ambiental
ZCOR	Zona Corredor	ZMISa	Zona Mista de Interesse Social Ambiental
ZCORa	Zona Corredor Ambiental	ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZC-ZEIS	Zona Centralidade lindeira à ZEIS	ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico		
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social		
ZEP	Zona Especial de Preservação		

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 áreas de risco muito alto.

A bacia hidrográfica do córrego Tremembé fica localizada na margem direita do Rio Cabuçu de Cima, na região Norte 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. Nele, temos ainda o Memorial Fotográfico, mostrando alguns dos principais problemas da bacia.

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

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

O Capítulo 5 traz os estudos já realizados para a bacia, que servem como primeira

orientação para a proposição de medidas para o controle de cheias.

No Capítulo 6, são expostas as alternativas estudadas, formadas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas três etapas: a primeira etapa é delineada para proteger as áreas críticas da bacia; a segunda protege a bacia para chuvas com Tr 25 anos; e a terceira etapa, por sua vez, protege a bacia para chuvas com Tr 100 anos. Esse capítulo aborda ainda a necessidade de adoção de medidas não estruturais, como o zoneamento de inundações e sua regulamentação; o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em situações de 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 foram submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

No Capítulo 8, estabelece-se uma avaliação 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.



Horto Florestal (foto: Jean M. M. Suplicy)

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 de 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

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

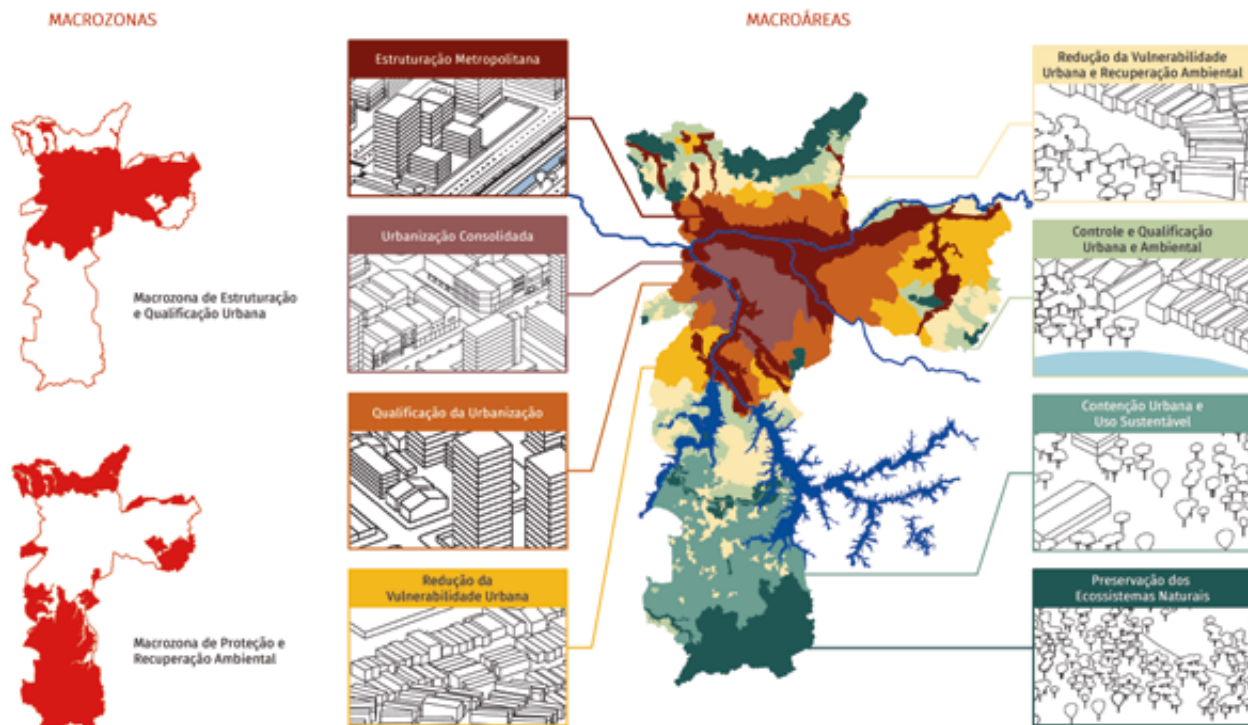
2. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013.

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.

- 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.

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



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 (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; a criação de incentivos fiscais e urbanísticos às construções sustentáveis; e o 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 instalada, 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 retenção 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, composto por intervenções urbanas nos fundos de vale, articulando ações de saneamento e drenagem, a implantação de parques lineares e a urbanização de favelas. Um de seus principais objetivos é a ampliação progressiva das áreas verdes ao longo dos fundos de vale;
- Desassorear os cursos d'água, canais, galerias, reservatórios e demais elementos do sistema de drenagem;
- Revisar a legislação referente aos sistemas de retenção de águas pluviais;
- Implementar medidas de controle dos lançamentos na fonte em áreas privadas e públicas;
- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carreada para os corpos hídricos;
- Adotar pisos drenantes nas pavimentações de vias locais e passeios de pedestres.

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

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

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 retenção 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 do córrego Tremembé localiza-se na zona Norte do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 34,6 km², correspondente a 2,2% da área total do Município. Essa bacia é afluente da margem direita do Rio Cabuçu de Cima, que, por sua vez, é afluente do Rio Tietê. A bacia do Tremembé situa-se entre a bacia do Ribeirão Engordador/Barrocada a montante e a bacia do córrego Paciência a jusante.

O mapa da **FIGURA 2.1** ilustra a localização da bacia do córrego Tremembé no Município de São Paulo.

FIGURA 2.1 Localização da
bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal

Área da bacia: 34,6 km²

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)



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Av. Sen. José Emílio de Moraes

Córrego Cassununga

SÃO PAULO
GUARULHOS

Córrego Piqueri

Córrego Sta. Maria

Rio Cabuçu de Cima

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Av. Antônio Cesar Neto

Rod. Fernão Dias

Av. Nova Cantareira

Córrego Tremembé

R. Imbiras

R. Abílio Pedro Ramos

Córrego IPESP

R. Manuel Gaya

Av. Jacaã

R. Eduardo Vicente Nasset

Córrego Lavrinhas

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

Av. Guapira

Av. Mazzei

Av. Dr. Antônio Maria Laet

2.2 HISTÓRICO DA BACIA

A região do bairro do Tremembé recebeu os primeiros moradores no século XIX. Essas primeiras moradias se concentravam nas proximidades da estação Tramway da Cantareira. Inaugurada em 1893, essa ferrovia urbana foi construída com o objetivo de transportar materiais para as obras de captação dos mananciais da Cantareira. Posteriormente, em 1894, iniciou também o transporte de passageiros. O recorte apresentado na **FIGURA 2.2** mostra o traçado da ferrovia Tramway da Cantareira e as estações Cantareira (Parada Santa) e Tremembé, além de pouquíssimas edificações ao longo da antiga Estrada da Cantareira. Essa linha ligava o centro da cidade à zona norte e era o principal acesso ao bairro. Suas atividades se encerraram em 1964, e hoje os trilhos já não existem mais – a antiga estação abriga atualmente as instalações da Sabesp.

Por conta do clima e da beleza natural, essa região chamou a atenção dos imigrantes europeus, que começaram a se estabelecer ali em meados do século XIX

e começo do século XX. Os assentamentos da época eram fazendas e pequenas propriedades rurais.

Até o final da década de 1950, o bairro permaneceu isolado, muito por conta das características de seu relevo. A proximidade com o Horto Florestal e com o Palácio de Verão do Governador impediu, por um longo tempo, a ocupação desenfreada da região.

A criação do Horto se assemelha à própria criação do bairro, tendo sido iniciada em 1896, com a desapropriação do Engenho Pedra Branca. Fundado como Horto Botânico, foi renomeado em 1911 como Horto Florestal, a partir da criação do Serviço Florestal do Estado, que tinha como objetivo principal a recuperação de florestas nativas já devastadas em função da expansão agrícola no Estado⁵.

A palavra “tremembé” origina-se no tupi e faz alusão à presença de áreas alagadas, que há 50 anos eram utilizadas para recreação, com atividades de nado e pesca sendo praticadas pelos moradores do entorno. O avanço da ocupação urbana alterou esse cenário, culminando com o desaparecimento

5. SÃO PAULO (Estado). **Horto Florestal**: 125 anos de lazer e preservação à natureza. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2021/02/horto-florestal-125-anos-de-lazer-e-preservacao-a-natureza/>. Acesso em: 24 fev. 2022.

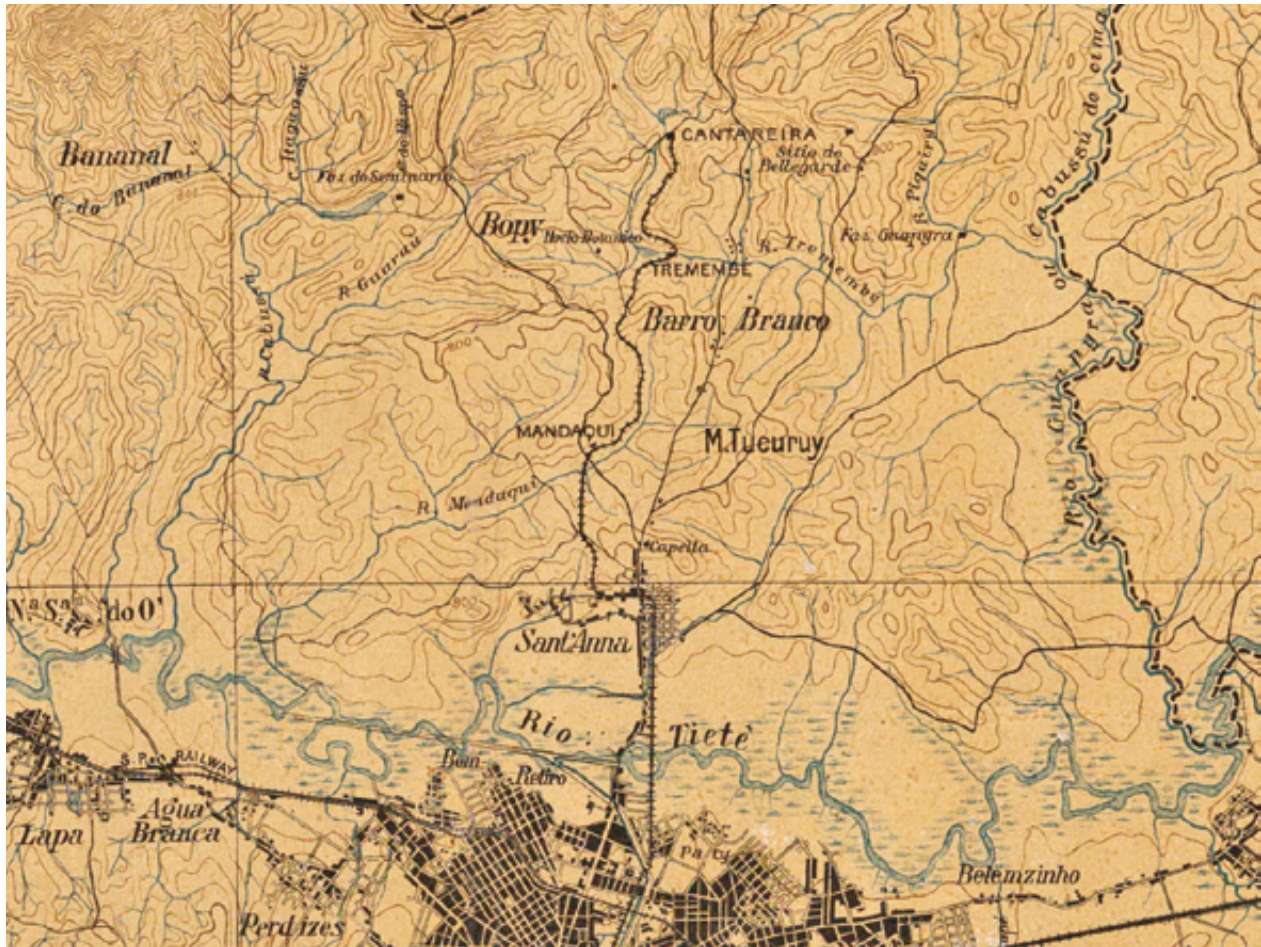


FIGURA 2.2 Topografia da região do Tremembé. Recorte do mapa do Município de São Paulo de 1889 (fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo)



FIGURA 2.3 R. do Horto, 931. A fotografia mostra uma parte do Horto Florestal, atual Parque Estadual Alberto Löfgren (foto: Benedito Junqueira Duarte – BJ Duarte, 1938)

das várzeas e dos meandros e alterando a qualidade das águas e da paisagem natural da região⁶.

2.3 HIDROGRAFIA

A hidrografia principal da bacia em estudo é composta pelos córregos Cantareira, do Horto e Piqueri, que formam o córrego Tremembé. A extensão total do talvegue principal é de 12.200 m.

O córrego Cantareira tem sua nascente principal localizada na área do Parque Estadual da Cantareira. Ele escoava pelo vale e cruza a região da Vila Irmãos Arnoni até chegar à Rua Francisco Inglês, onde escoava até encontrar o córrego do Horto para formar, na Rua Icamaquã, o córrego Tremembé.

O córrego do Horto nasce no Horto Florestal de São Paulo, a partir da Avenida Santa Inês, sendo encaminhado dentro do Horto em uma série de três lagos. A partir do último lago, as águas seguem por galerias e trechos a céu aberto até a Rua Icamaquã, onde se encontra com o córrego Cantareira.

A partir da confluência desses córregos, o Tremembé continua em canal aberto desde a Rua Icamaquã até a Rua Maria Amália Lopes Azevedo, onde cruza em galeria com a Avenida Nova Cantareira, recebendo, logo em seguida, as contribuições dos córregos Esmaga Sapo, pela margem esquerda, e IPESP, pela margem direita, próximo à Avenida Coronel Sezefredo Fagundes.

No tramo inferior, o córrego Tremembé recebe a contribuição do córrego Piqueri na altura da Rua Costa Brito. Este último nasce no Parque Estadual da Cantareira e segue em canal aberto de seção natural, cruzando o trecho norte do Rodoanel, a Vila Fidalgo, a Vila Paulista e o Jardim das Rosas até encontrar o Tremembé.

A partir dessa confluência, o córrego Tremembé escoava em seção canalizada paralelamente à Avenida Alfredo Ávila, até cruzar a Rodovia Fernão Dias, onde deságua na margem direita do Rio Cabuçu de Cima.

A bacia apresenta três reservatórios de armazenamento em operação para o controle de cheias. Essas estruturas foram construídas recentemente, entre 2019 e 2020.

6. LEITE, L. P. **Infraestrutura verde aplicada ao alto e médio curso do Rio Tremembé – São Paulo (SP)**. Dissertação (mestrado em Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

- **Reservatório R1** – inaugurado em outubro de 2019, está localizado no Horto Florestal, próximo à Rua do Horto com a Avenida Vicente José de Carvalho, no córrego do Horto. Trata-se de um reservatório *in line* com esgotamento

por gravidade e capacidade de armazenar 10.000 m³, a ser ampliado para 15.000 m³. Esse reservatório tem lâmina d'água permanente, o que favorece o uso integrado do dispositivo com o parque e seu entorno;



FIGURA 2.4 Fotos do reservatório R1: à esquerda, vista para montante e para a entrada do reservatório; à direita, vista para jusante e para a saída do reservatório (fotos: FCTH)

- **Reservatório R3** – também inaugurado em outubro de 2019, está localizado próximo à Rua Comendador Quirino Teixeira, no córrego Tremembé. Apresenta configuração *in line* com esgotamento por gravidade e capacidade de armazenar 17.000 m³;



FIGURA 2.5 Fotos do reservatório R3: à esquerda, vista para jusante na entrada do reservatório; à direita, vista para montante (fotos: FCTH)

- **Reservatório R5** – inaugurado em maio de 2020, está localizado próximo à Rua dos Atos, no córrego Tremembé. Apresentando configuração *in line* com esgotamento por gravidade, tem capacidade de armazenar 8.000 m³.



FIGURA 2.6 Fotos do reservatório R5 (fotos: FCTH)

O mapa hidrográfico da bacia do córrego Tremembé é apresentado na **FIGURA 2.7**. O traçado desse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos existentes na bacia, sendo elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo. Nele, é possível observar que os córregos dessa bacia se encontram em sua maior parte abertos e em seção natural nas cabeceiras, contando com trechos canalizados em seu tramo médio e inferior.

A **FIGURA 2.8** indica as dimensões das galerias principais da bacia do Tremembé, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias.




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 Tremembé é exibido na **FIGURA 2.9**. Nesse diagrama, são apresentadas as vazões geradas pelo modelo hidráulico-hidrológico, que representa a situação hidráulica da rede existente para uma chuva com período de retorno igual a 100 anos. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões máximas registradas nas galerias para a mesma chuva de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento do escoamento nos condutos hidráulicos.

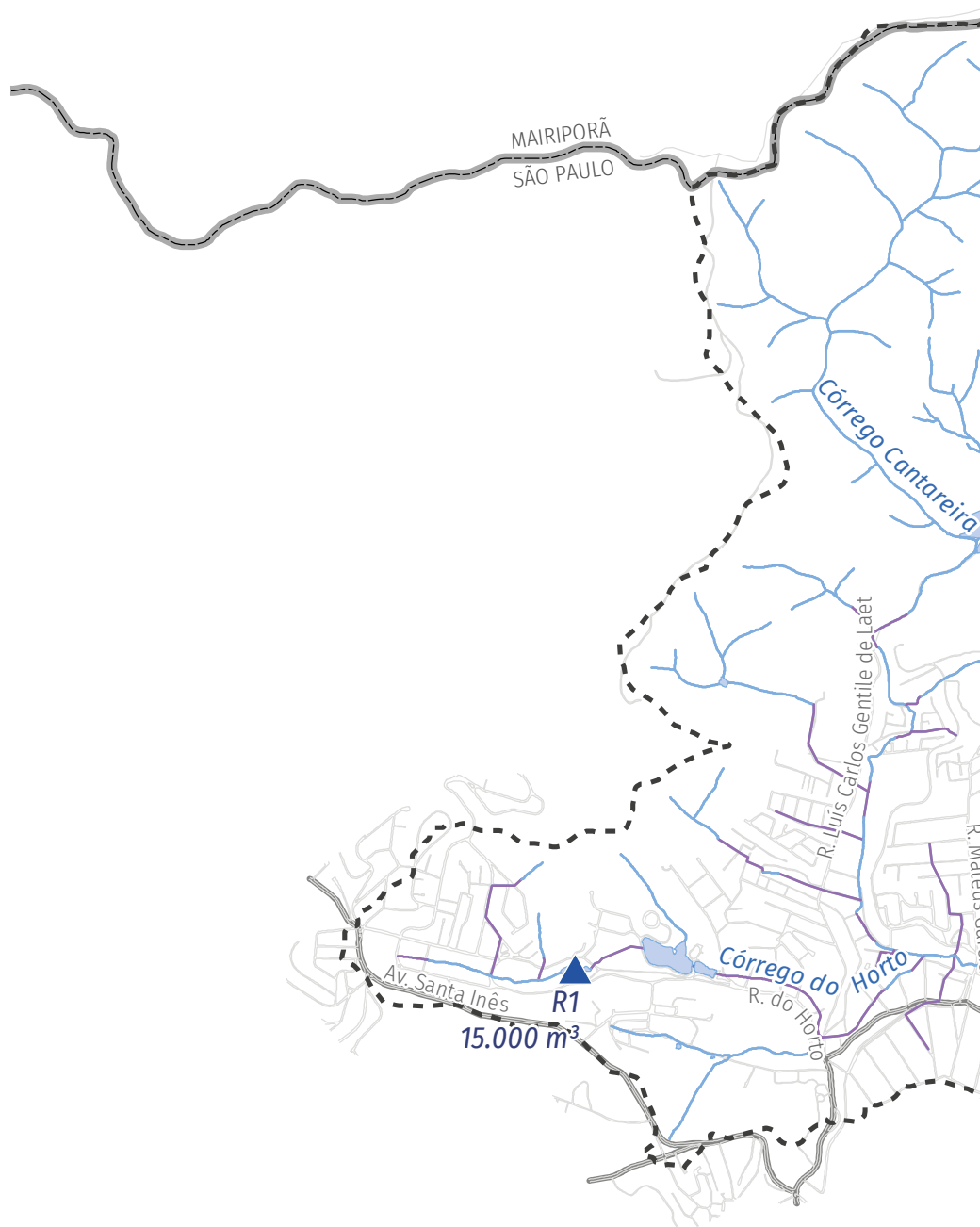
FIGURA 2.7 Rede hídrica principal da bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal

Rede hídrica

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



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)



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



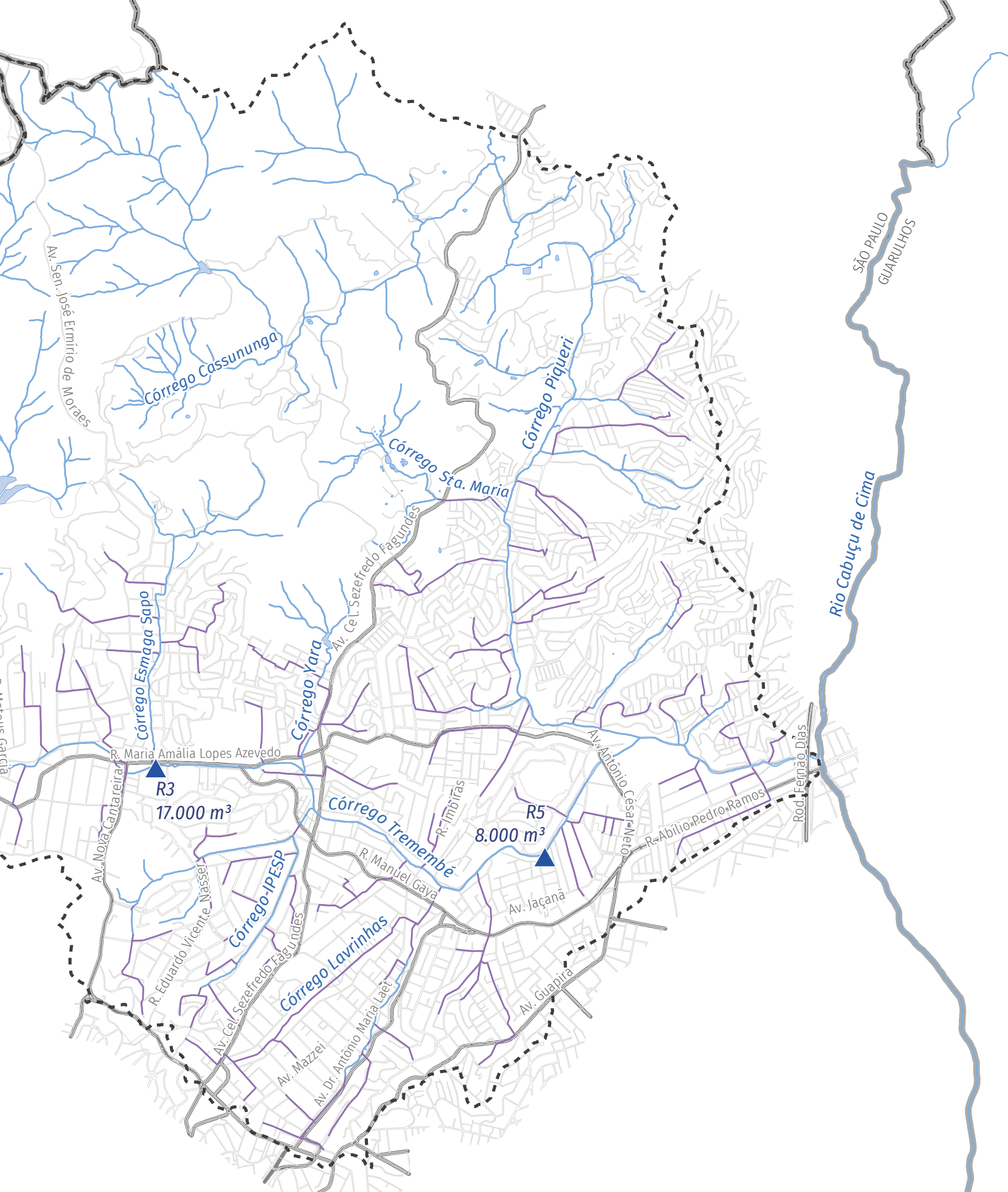
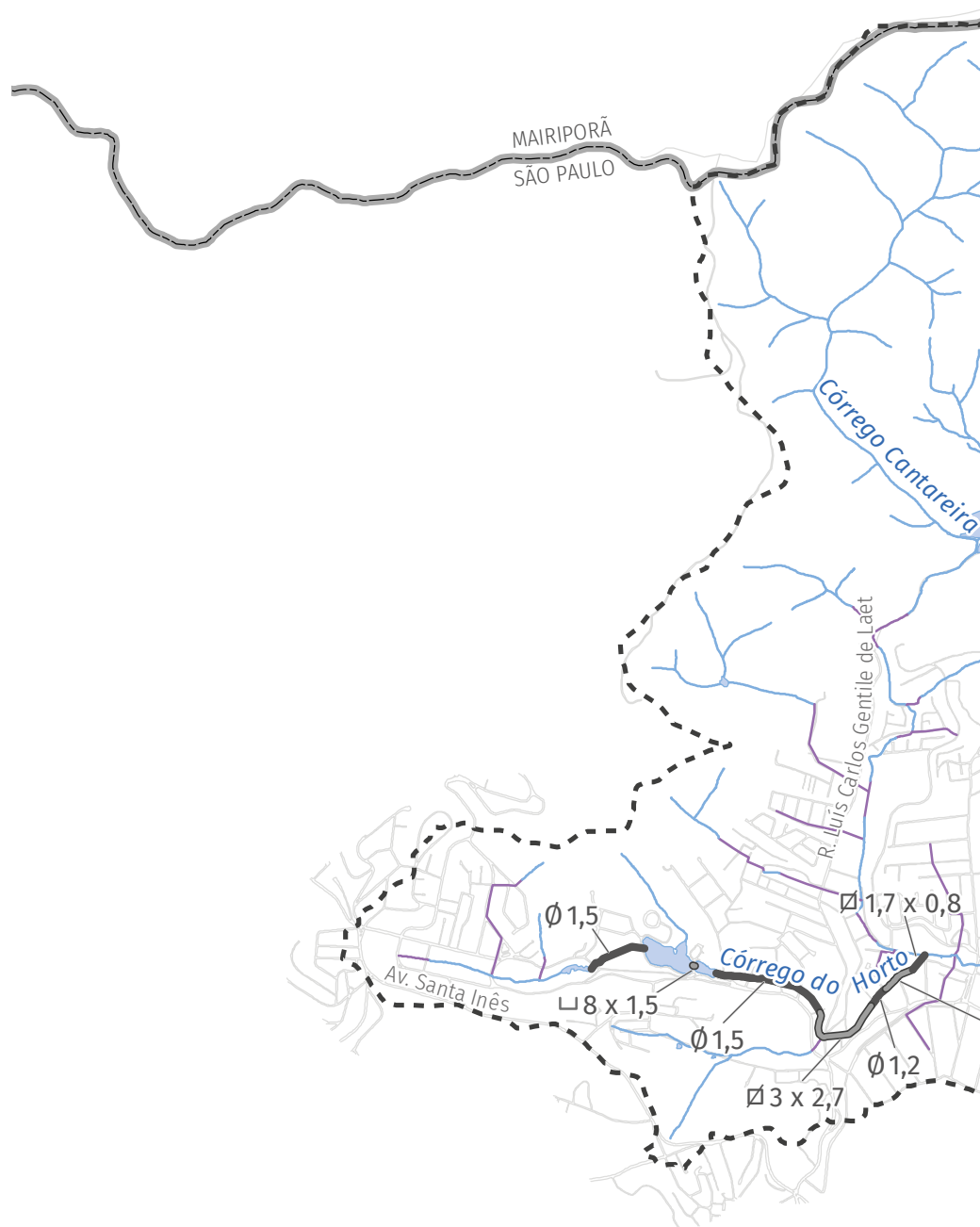








FIGURA 2.8 Dimensões das principais galerias de drenagem da bacia do córrego Tremembé






Convenção

-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Canal/galeria principal

Rede hídrica

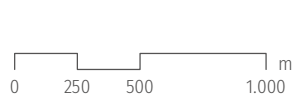
-  Rio e córrego a céu aberto
-  Rio e córrego fechado

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) e
FCTH (2022)



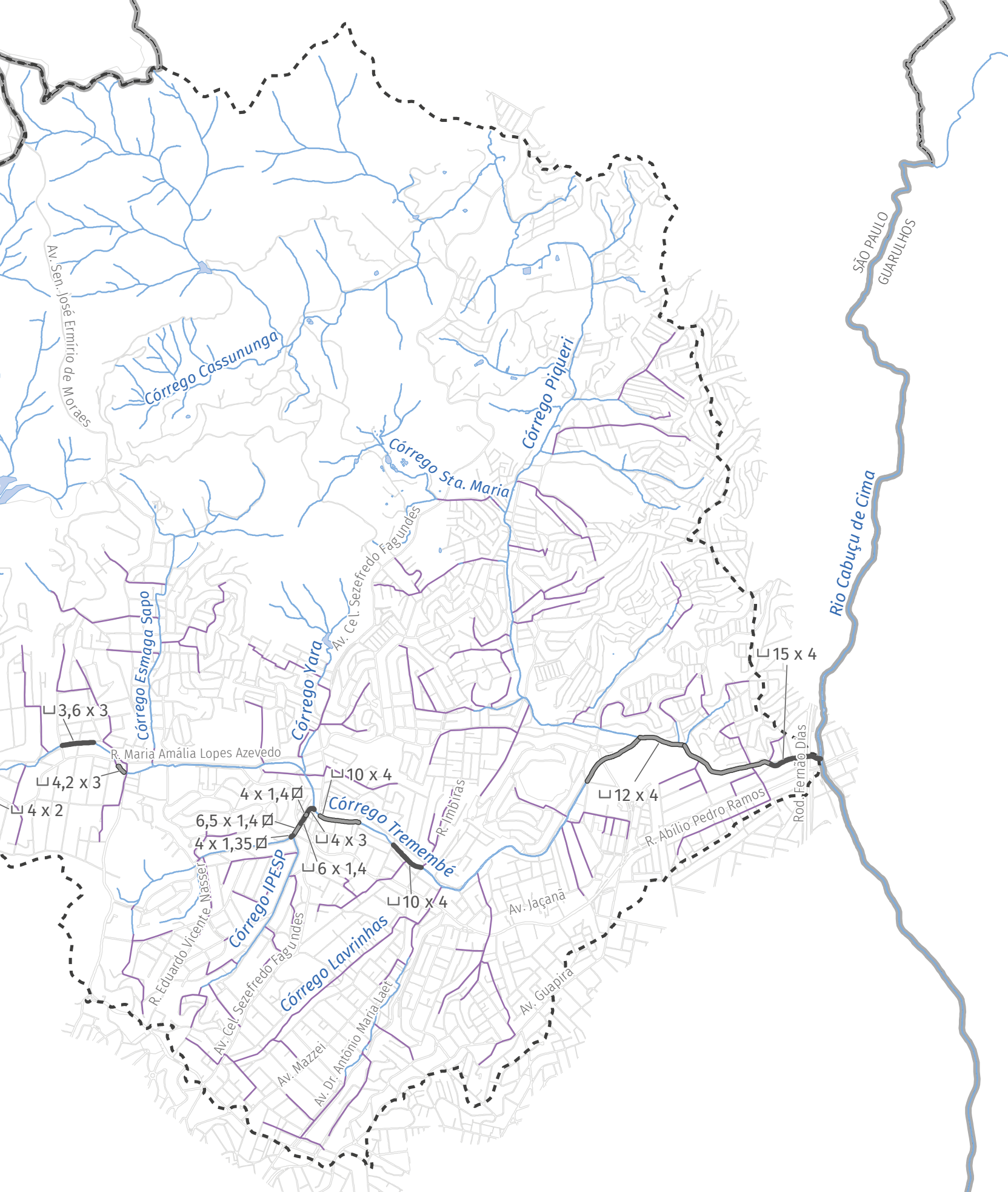
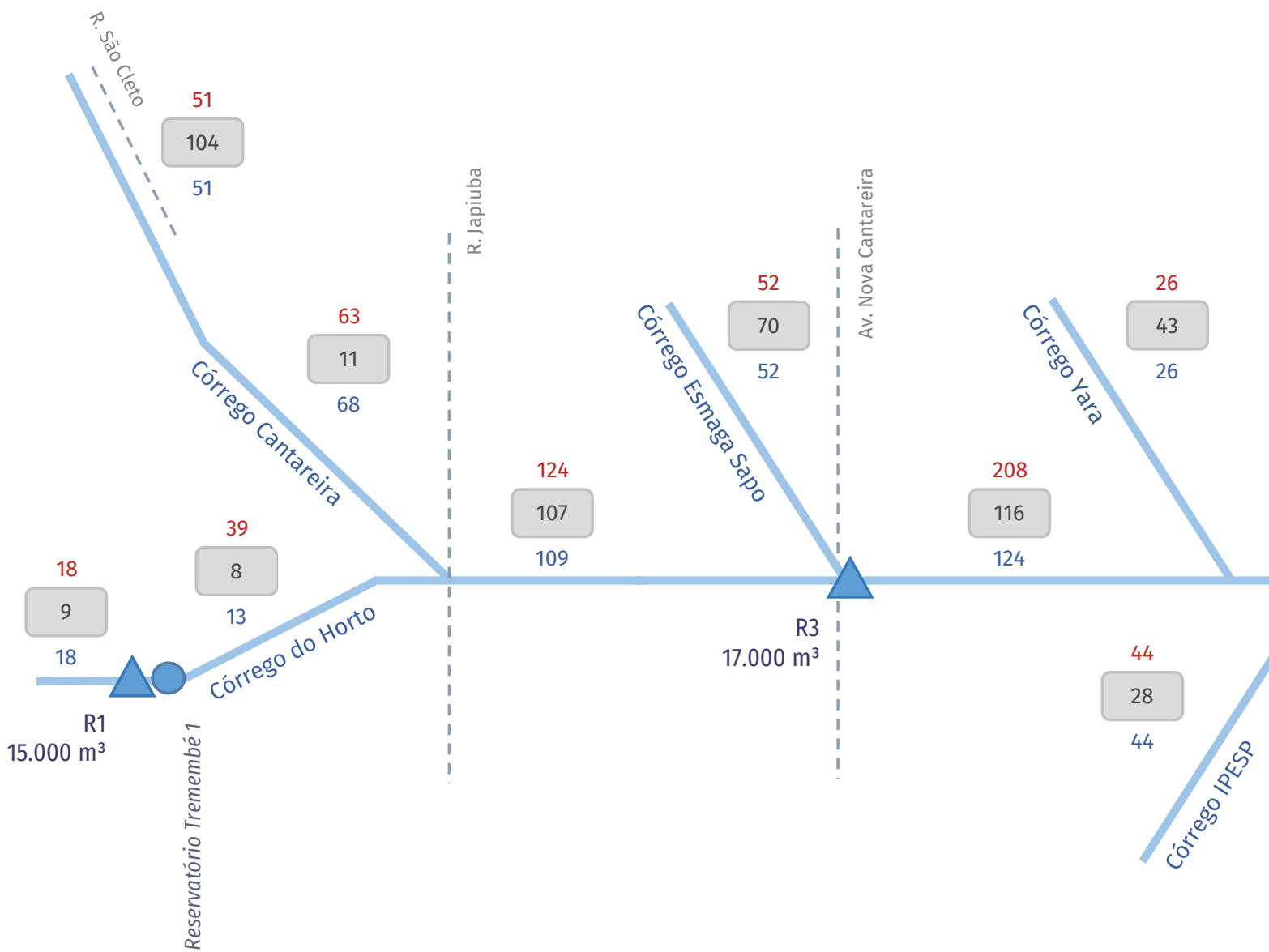


FIGURA 2.9 Diagrama unifilar de vazões da bacia do córrego Tremembé (situação atual)



REDE EXISTENTE

Vazões hidrológicas TR 100 anos (m³/s)

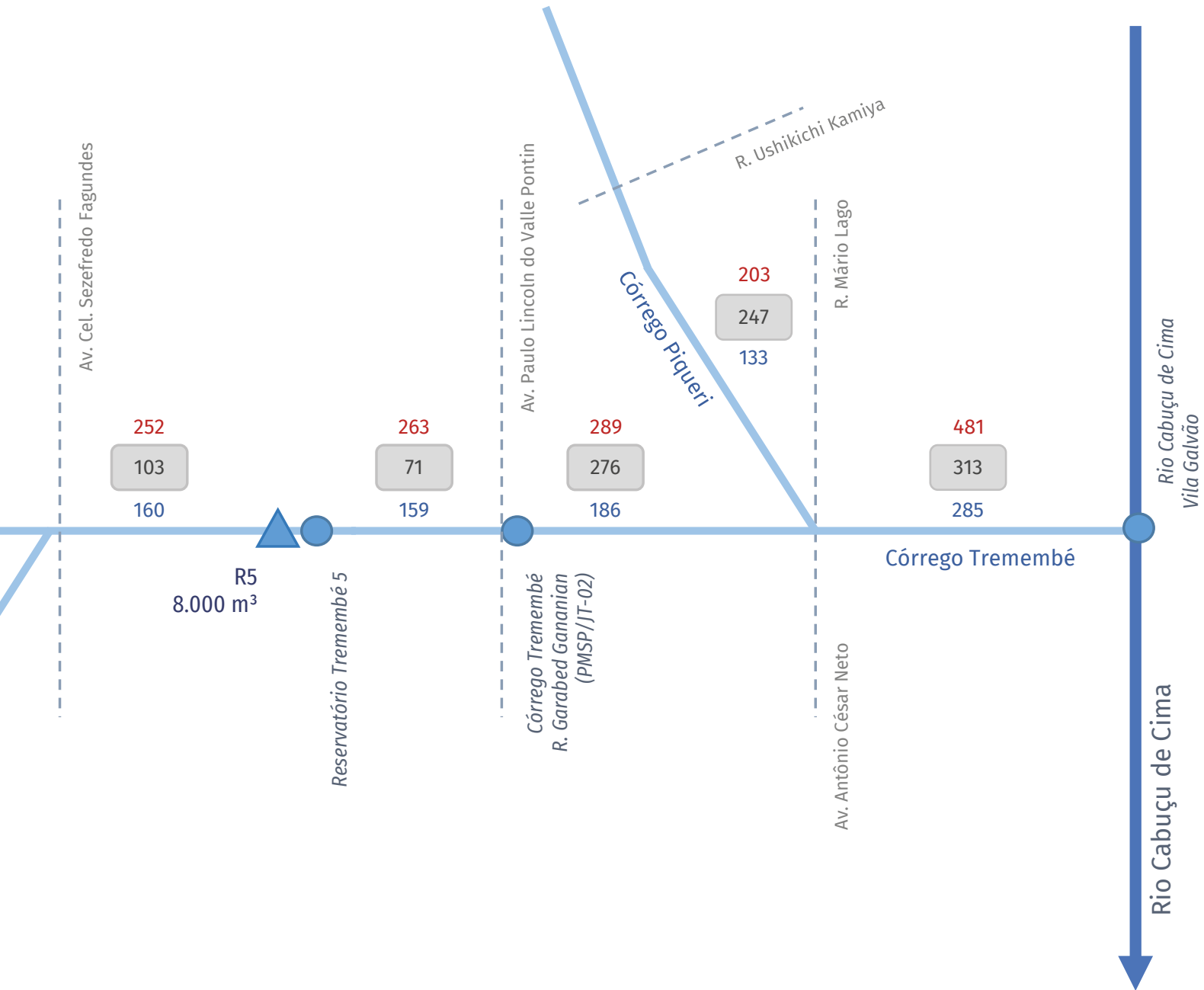
Capacidade da seção (m³/s)

Vazões TR 100 anos (m³/s)

→ Rede de drenagem

● Posto telemétrico

▲ Reservatório



2.3.2 INUNDAÇÕES NA BACIA DO CÓRREGO TREMEMBÉ

Na bacia do córrego Tremembé, 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. A ocupação das margens dos canais principais das sub-bacias constituintes e travessias subdimensionadas ao longo dos canais principais, com inúmeras obstruções e interferências (como locais viciados de descarte), reduzem a capacidade hidráulica das seções, o que ocasiona as inundações observadas na região.

O levantamento dos problemas de inundação na bacia do Tremembé reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2018 a 2021 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.

Na sub-bacia do córrego Piqueri, foram detectados problemas desde os trechos

mais a montante, próximos da Rua Sonho Gaúcho, até as proximidades da Avenida Buenos Aires, perto da confluência com o córrego Tremembé.

Junto à confluência dos córregos do Horto e Cantareira, foram levantados pontos de inundação nas proximidades do cruzamento entre as ruas Francisco Inglês e Vilarinhos e ao longo da Rua Antônio Tornelli e das ruas Muniz Freire e Icamaguã.

As inundações se estendem logo após a confluência dos córregos, pelas ruas Japiuba e Manoel Muniz dos Anjos, extravasando a cota máxima das seções ao longo das ruas Amina Miraglia, Raul de Moraes Victor e Conchilia.

No corpo principal do canal do córrego Tremembé, ao longo da Rua Maria Amália Lopes Azevedo e pela Rua Bernardino d'Áuria, ocorre o extravasamento do canal e o escoamento superficial pelas ruas citadas até seu esgotamento, entre as ruas João Carlos Fortim e José Bergamini.

Além disso, na porção de jusante da bacia, outros pontos de ocorrência de alagamentos foram encontrados, nas imediações das ruas Florinda Barbosa e José Buono, se estendendo até a Avenida Paulo Lincoln do Valle Pontin.

A **FIGURA 2.10** traz o mapa de inundações na bacia do Tremembé.



Córrego Tremembé, na Av. Paulo Lincoln do Valle Pontin (foto: FCTH)

FIGURA 2.10 Diagnóstico das inundações na bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Levantamento de inundações/alagamentos

- Levantamento – FCTH
- Histórico – SIURB

Pontos de alagamento CET/CGE (2004-2021)

- Intransitável
- Transitável

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

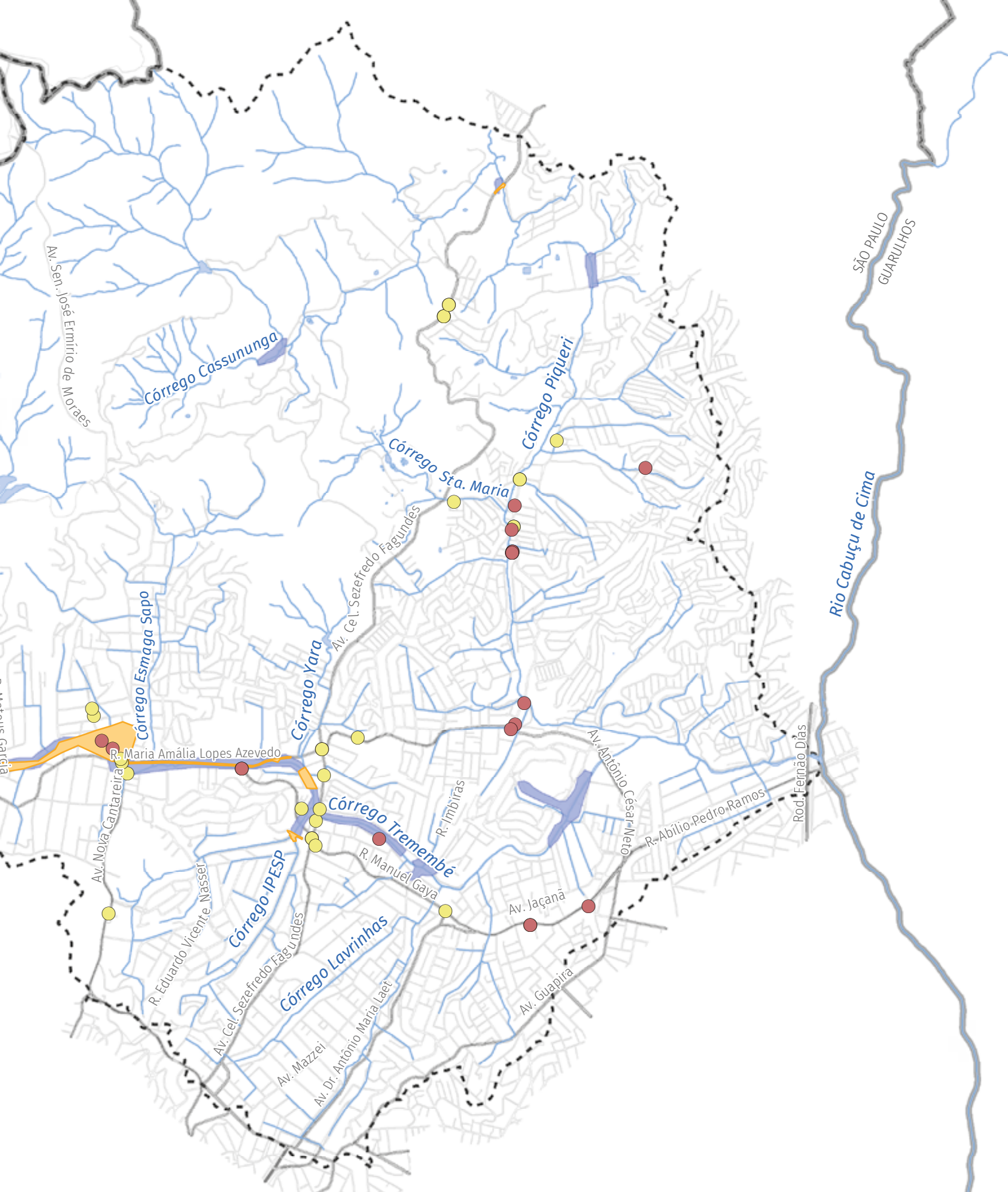
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022), SIURB, FCTH,
e CGE/CET.



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica

0 250 500 1.000 m





2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

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

- Região de cabeceira do córrego Cantareira, nas imediações das ruas Julião Fagundes, Paxaú e Carlota Norberg (**FIGURA 2.11**);
- Região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações da Rua Francisco Inglês (**FIGURA 2.12**);
- Região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Jupiubá e Almeida Mercês e da Travessa Adrian Mazuel (**FIGURA 2.13**);
- Região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Pedro, Maria Amália Lopes Azevedo e Manuel Gaya (**FIGURA 2.14**);
- Trecho médio do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Carlos Fortim, José Bergamini e Maria Amália Lopes Azevedo (**FIGURA 2.15**);
- Região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações da Rua Bernardino Antunes Silva e da Avenida Mario Pernambuco (**FIGURA 2.16**);
- Levantamento de áreas inundáveis nas proximidades do cruzamento das ruas Imbiras e Canatiar (**FIGURA 2.17**);
- Trecho médio do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Carlos Fortim e Maria Amália Lopes Azevedo (**FIGURA 2.18**);
- Região de foz do córrego Tremembé, nas imediações da Rua Anoriaçú, da Rua Lopes da Costa e da Avenida Alfredo Ávila (**FIGURA 2.19**).

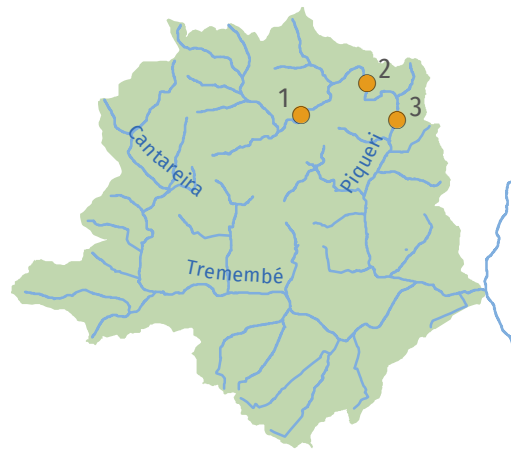


FIGURA 2.11 Fotos da região de cabeceira do córrego Cantareira, nas imediações das ruas Julião Fagundes, Paxaú e Carlota Norberg



FIGURA 2.12 Fotos da região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações da R. Francisco Inglês



FIGURA 2.13 Fotos da região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações da R. Jupiubá, da R. Almeida Mercês e da Tv. Adrian Mazuel

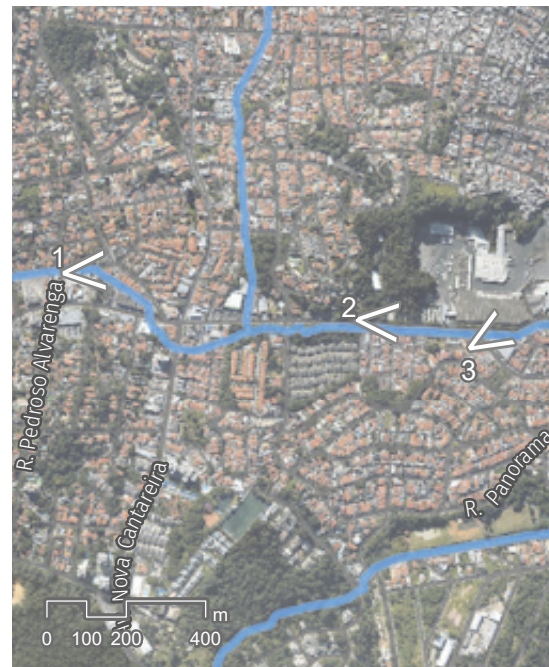


FIGURA 2.14 Fotos da região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Raul de Morais Vitor, Maria Amália Lopes Azevedo e Manuel Gaya



FIGURA 2.15 Fotos da região média do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Carlos Fortim, José Bergamini e Maria Amália Lopes Azevedo

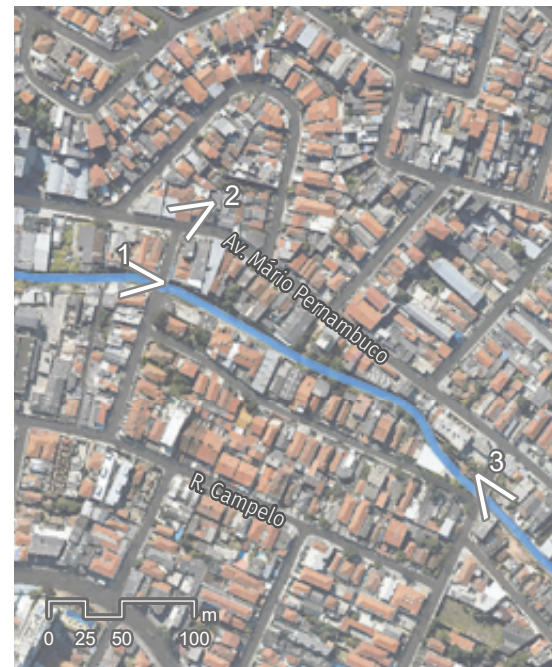


FIGURA 2.16 Fotos da região de cabeceira do córrego Tremembé, nas imediações da R. Bernardino Antunes Silva e da Av. Mario Pernambuco

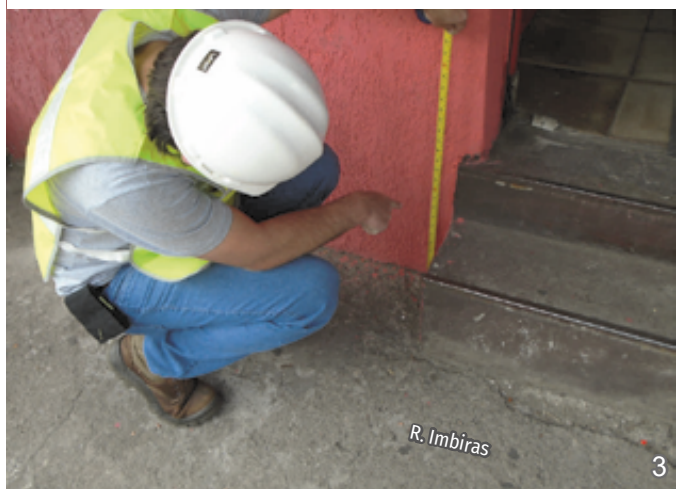


FIGURA 2.17 Fotos do levantamento de áreas inundáveis nas proximidades do cruzamento das ruas Imbiras e Canatiar



FIGURA 2.18 Fotos da região média do córrego Tremembé, nas imediações das ruas Carlos Fortim e Maria Amália Lopes Azevedo



FIGURA 2.19 Fotos da região de foz do córrego Tremembé, nas imediações da R. Anoriacú, da R. Lopes da Costa e da Av. Alfredo Ávila

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.

Na bacia do córrego Tremembé, há quatro postos da rede telemétrica, dois deles, bastante recentes, nos reservatórios R1 e R5, um na porção baixa da bacia e outro posto junto à foz no Rio Cabuçu de Cima, conforme descrição a seguir:

- Posto 859 – Reservatório Tremembé 1: operação com início em maio/2022;
- Posto 861 – Reservatório Tremembé 5: operação com início em abril/2022;

- Posto 632 – Córrego Tremembé – Rua Garabed Gananian: operação com início em julho/2015;
- Posto 282 – Rio Cabuçu de Cima – Vila Galvão: operação com início em agosto/2007 e término em outubro/2018.

Os dados medidos nos postos instalados nos reservatórios R1 e R5 são apresentados nos gráficos da **FIGURA 2.20** e da **FIGURA 2.21**, respectivamente.

A **FIGURA 2.22** indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo. Já a **FIGURA 2.23** e a **FIGURA 2.24** apresentam as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos postos 632 e 282.

Por fim, na **FIGURA 2.25** e na **FIGURA 2.26** estão indicadas as precipitações médias mensais do Posto 632 – Córrego Tremembé – Rua Garabed Gananian e do Posto 282 – Rio Cabuçu de Cima – Vila Galvão, respectivamente.

FIGURA 2.20 Fluviograma e pluviograma histórico do Posto 859 – Reservatório Tremembé 1

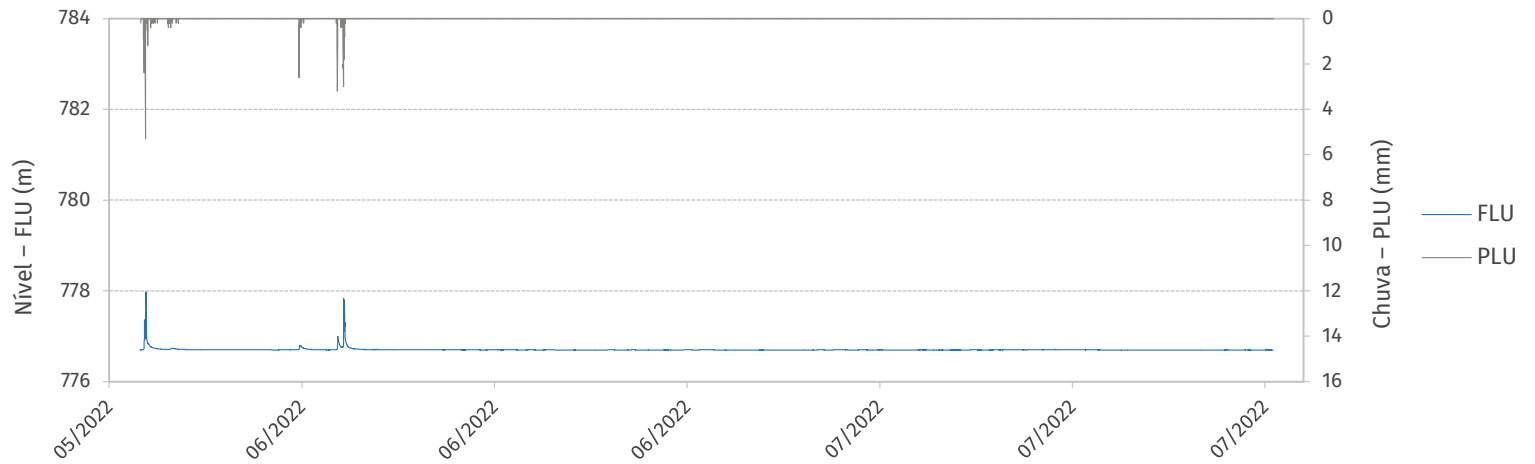
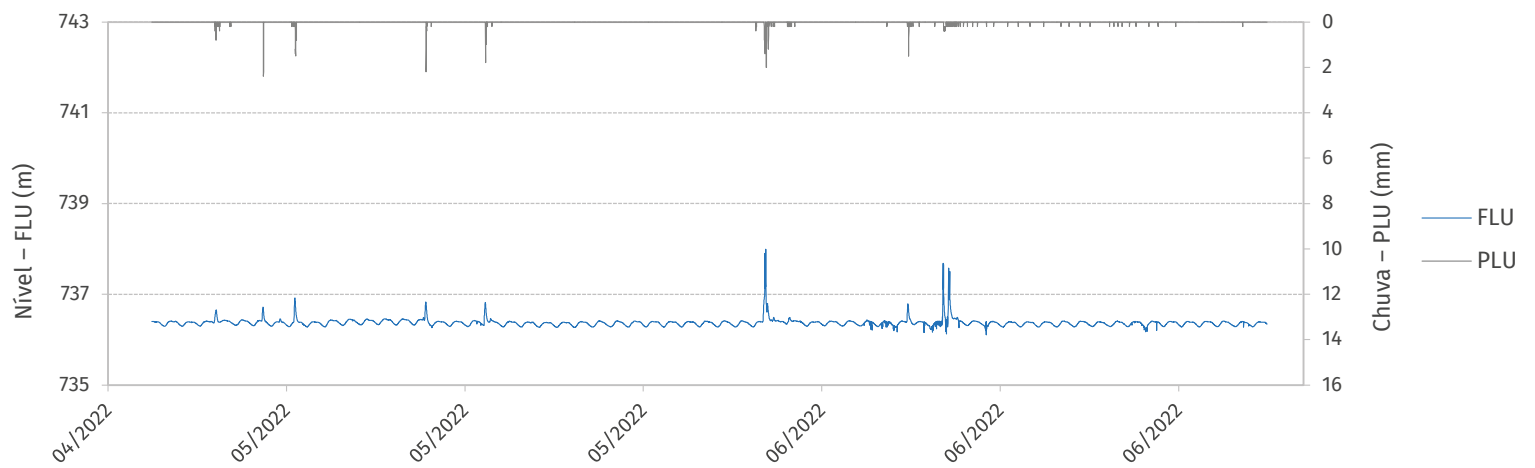


FIGURA 2.21 Fluviograma e pluviograma histórico do Posto 861 – Reservatório Tremembé 5







Posto do reservatório Tremembé 1 (foto: FCTH)

FIGURA 2.22 Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações da bacia do Tremembé



Convenção

 Bacia do Tremembé

 Quadra viária

 Limite municipal

Rede hídrica

 Rio e córrego a céu aberto

 Rio e córrego fechado

 Estação automática SAISP

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)



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Córrego Cassununga

Córrego Piqueri

Córrego Sta. Maria

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

Córrego Tremembé
R. Garabed Gananian
(PMSF/JT-02)

Córrego Tremembé

Córrego IPESP

Córrego Lavrinhas

Reservatório Tremembé 5

Rio Cabuçu de Cima

Rio Cabuçu de Cima
Vila Galvão

SÃO PAULO
GUARULHOS

Av. Sen. José Ermirino de Moraes

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Av. Antônio César Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fernão Dias

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Vicente Nasser

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

R. Manuel Gaya

R. Imbiras

Av. Jaçanã

Av. Guapira

Av. Mazzei

Av. Dr. Antônio Maria Laet

FIGURA 2.23 Fluviograma e pluviograma histórico do Posto 632 – Córrego Tremembé – Rua Garabed Gananian

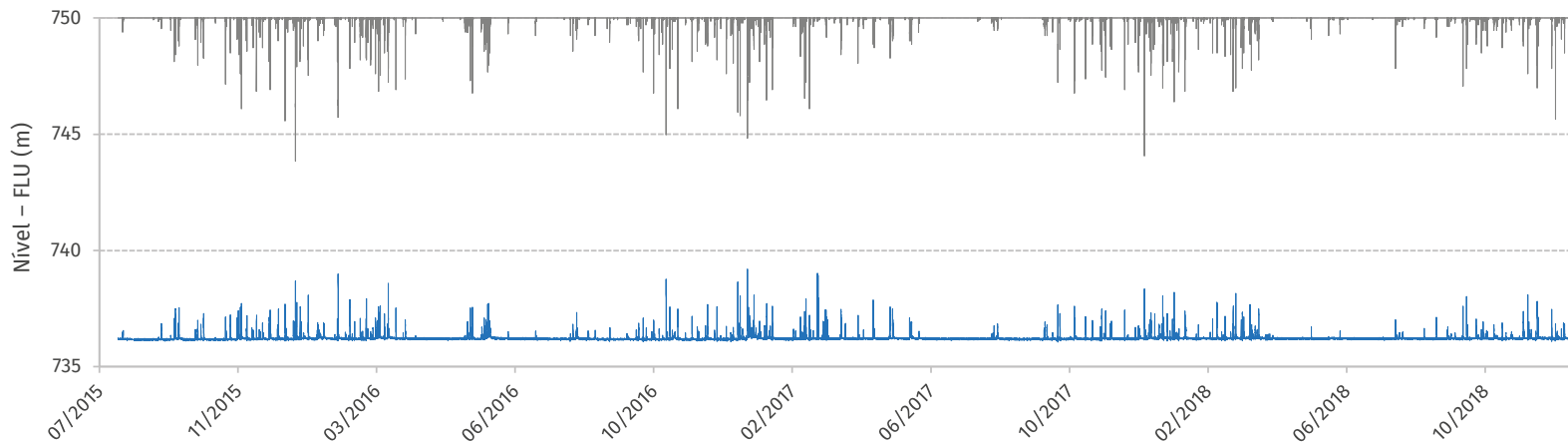
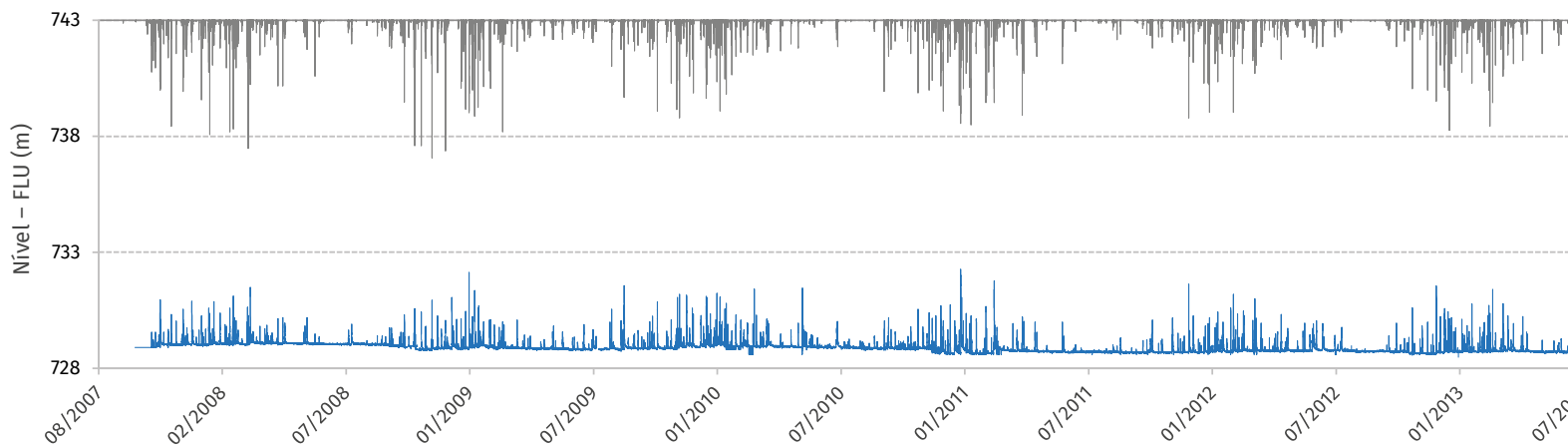


FIGURA 2.24 Fluviograma e pluviograma histórico do Posto 282 – Rio Cabuçu de Cima – Vila Galvão



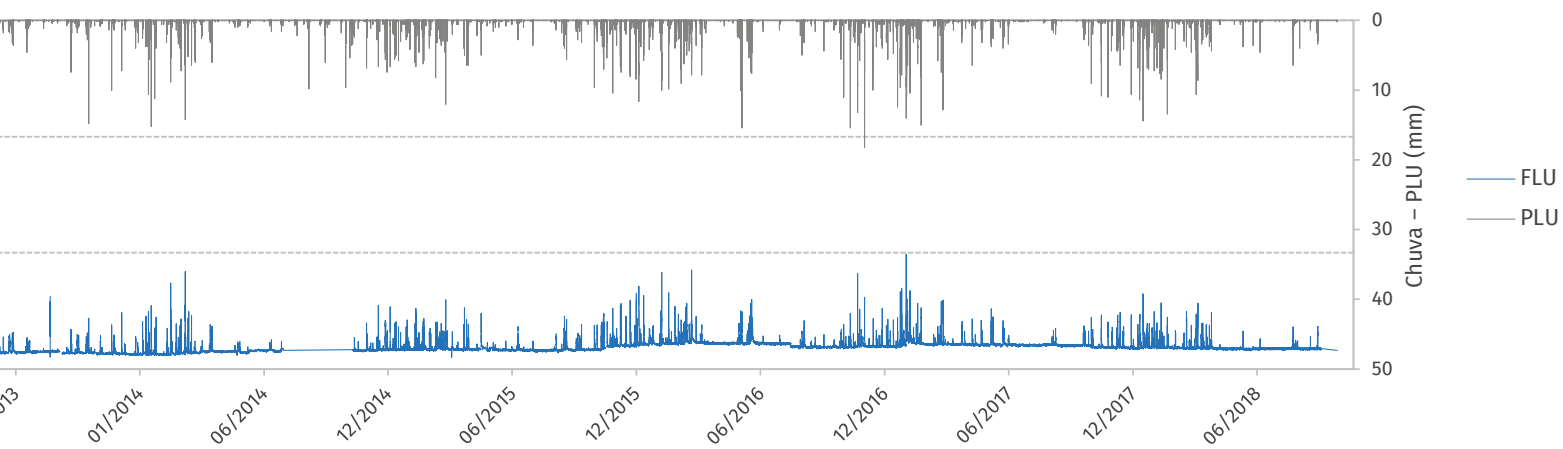
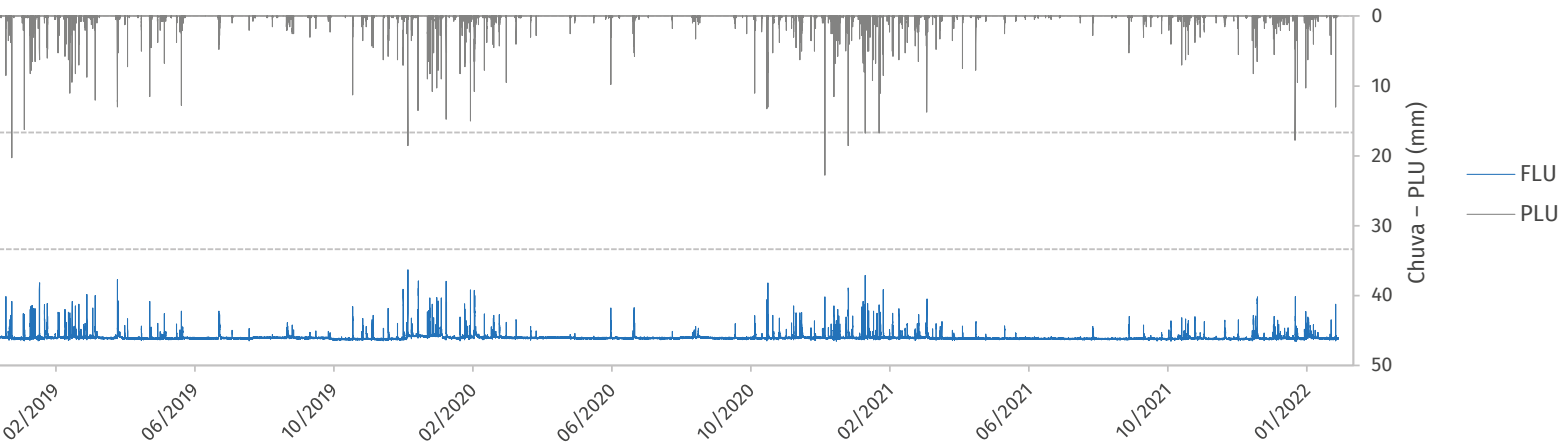


FIGURA 2.25 Precipitação média mensal no Posto 632 – Córrego Tremembé – Rua Garabed Gananian

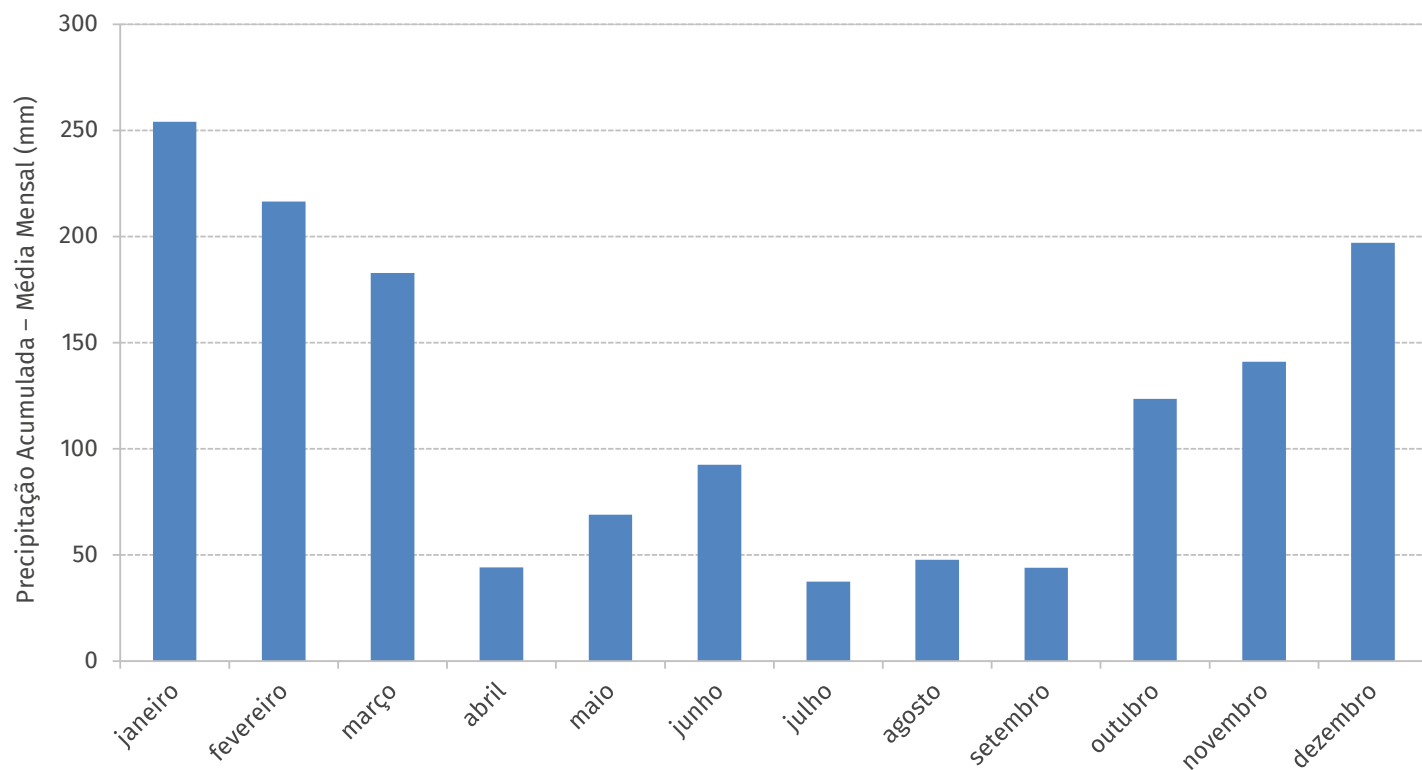
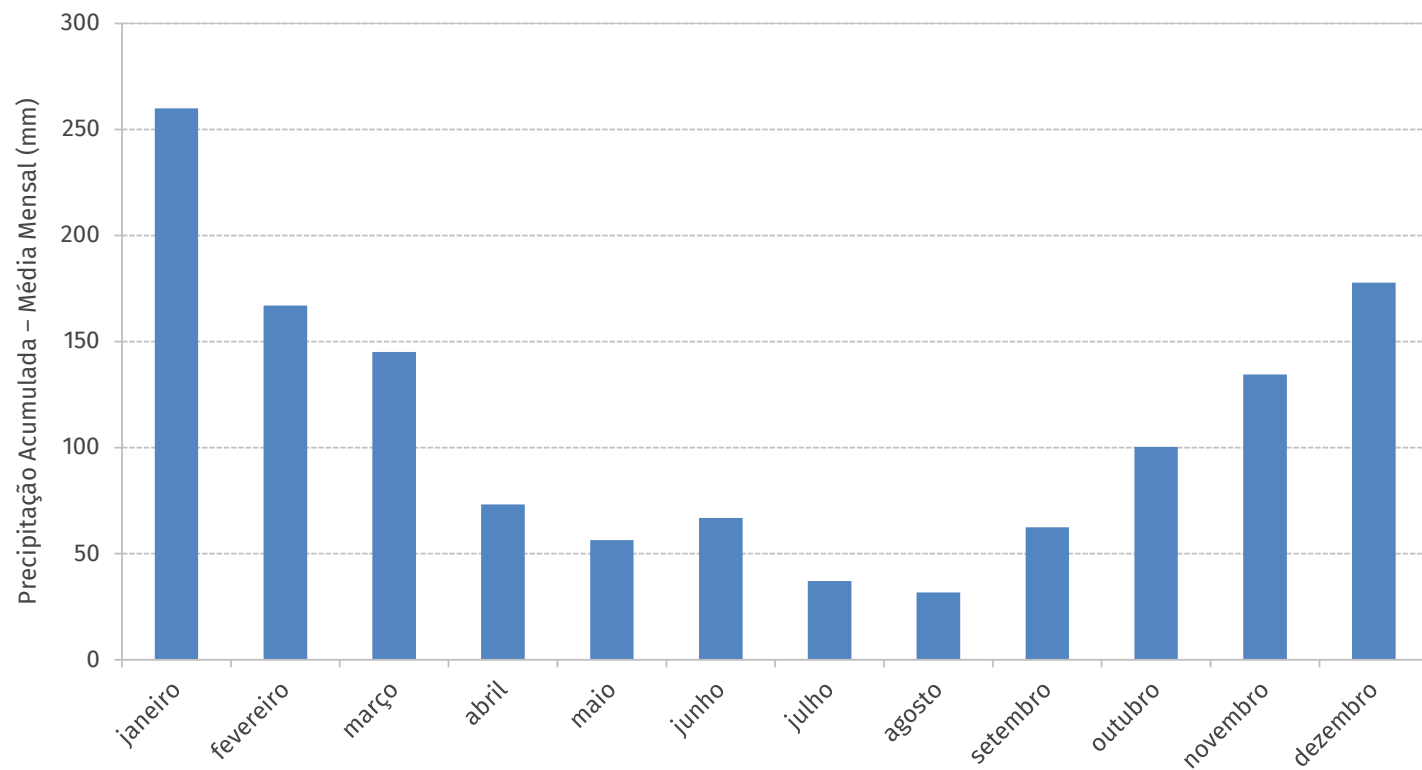


FIGURA 2.26 Precipitação média mensal no Posto 282 – Rio Cabuçu de Cima – Vila Galvão



2.5 RELEVO

Entre os principais fatores que atuam sobre os aspectos hidráulicos e hidrológicos de uma bacia hidrográfica, o estudo do relevo é de extrema importância, uma vez que exerce influência sobre a velocidade do escoamento superficial, determinada pela declividade do terreno. Além disso, o relevo é fundamental para a delimitação das áreas de inundação pelo modelo matemático.

A vertente direita do Rio Tietê constitui-se por uma série de outeiros dos espigões secundários (790-810 m) e por flancos e altas colinas, vinculados à Serra da Cantareira. Sendo raros os níveis intermediários e de terraços aluviais (com poucas exceções), não existe uma transição entre os

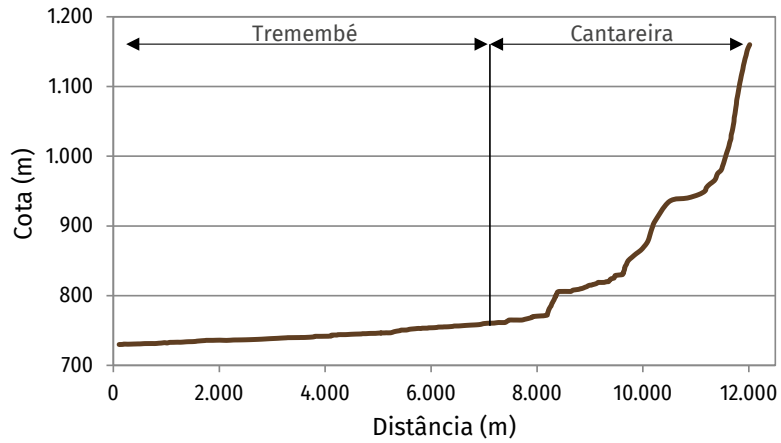
terrenos aluviais e as encostas das colinas e dos outeiros. Geologicamente, na região dos vales e nos flancos das colinas predominam o embasamento representado por xistos e granitos⁷.

Na **FIGURA 2.27** é apresentado o perfil longitudinal do córrego Tremembé. Em média, a declividade do curso d'água formado pelo Cantareira/Tremembé é de 0,035 m/m, enquanto a declividade do curso d'água Piqueri/Tremembé é de 0,036 m/m.

O mapa hipsométrico com as elevações da bacia do córrego Tremembé é apresentado na **FIGURA 2.28**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações dessa bacia variam de 1.170 m na cabeceira até 730 m no exutório.

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

Cantareira/Tremembé



Piqueri/Tremembé

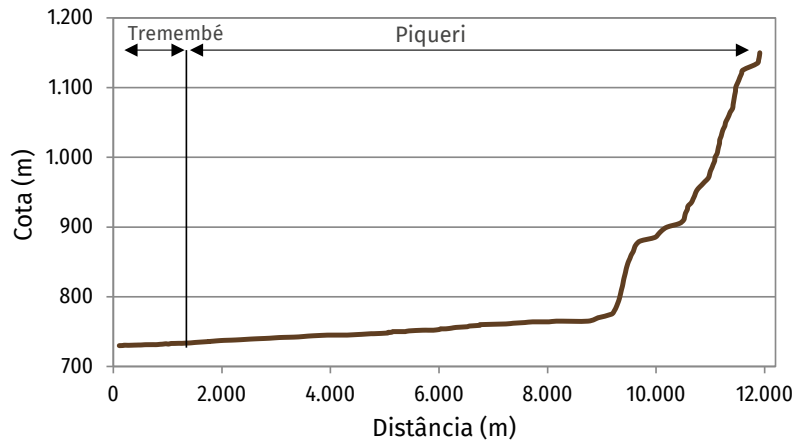


FIGURA 2.27 Perfil longitudinal dos córregos Tremembé, Cantareira e Piqueri



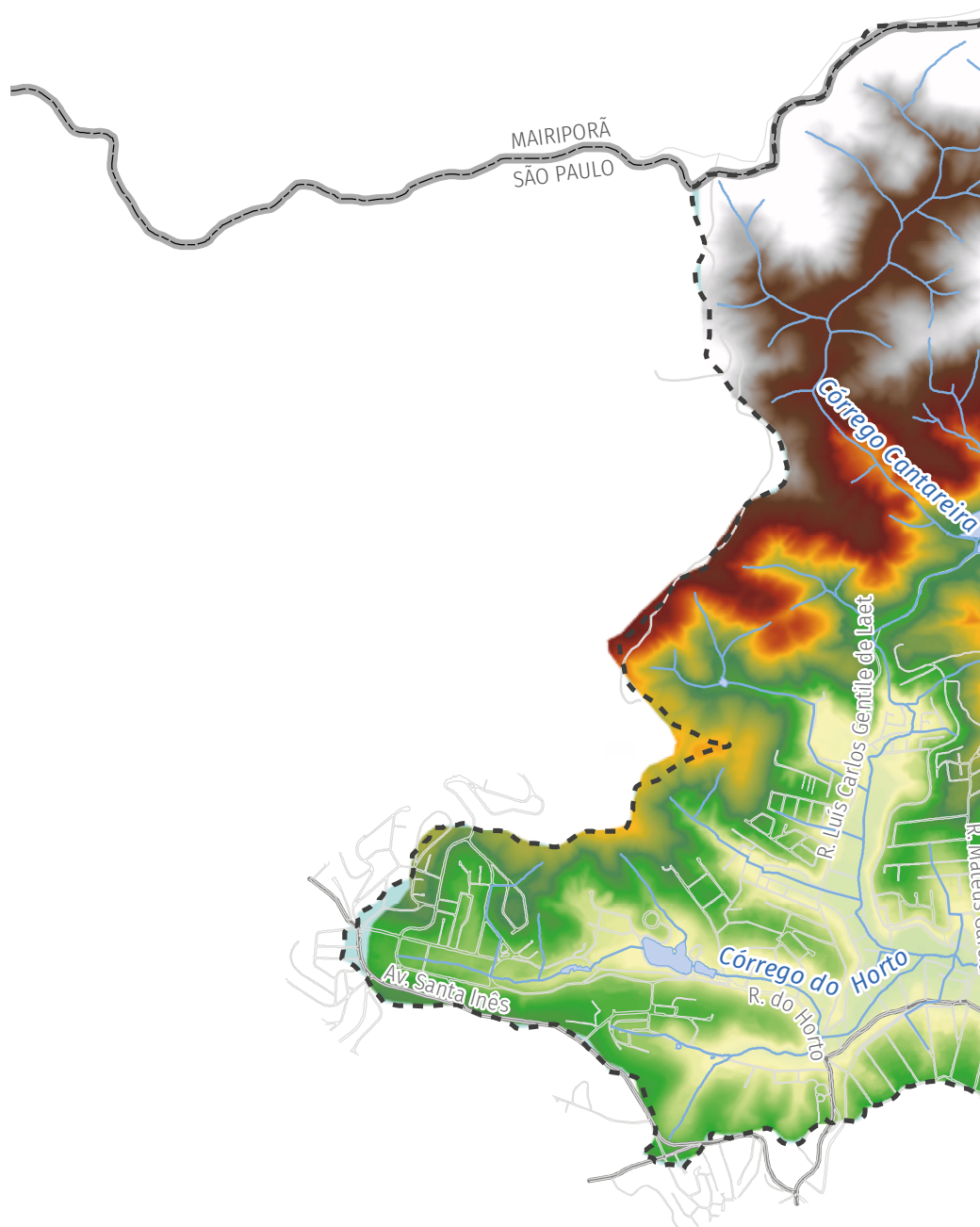
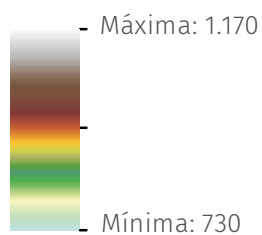
Mapeamento 1930 – Sara Brasil, região do Horto Florestal e do córrego Cantareira (imagens disponíveis no GeoSampa)

FIGURA 2.28 Mapa hipsométrico da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Elevação (m)



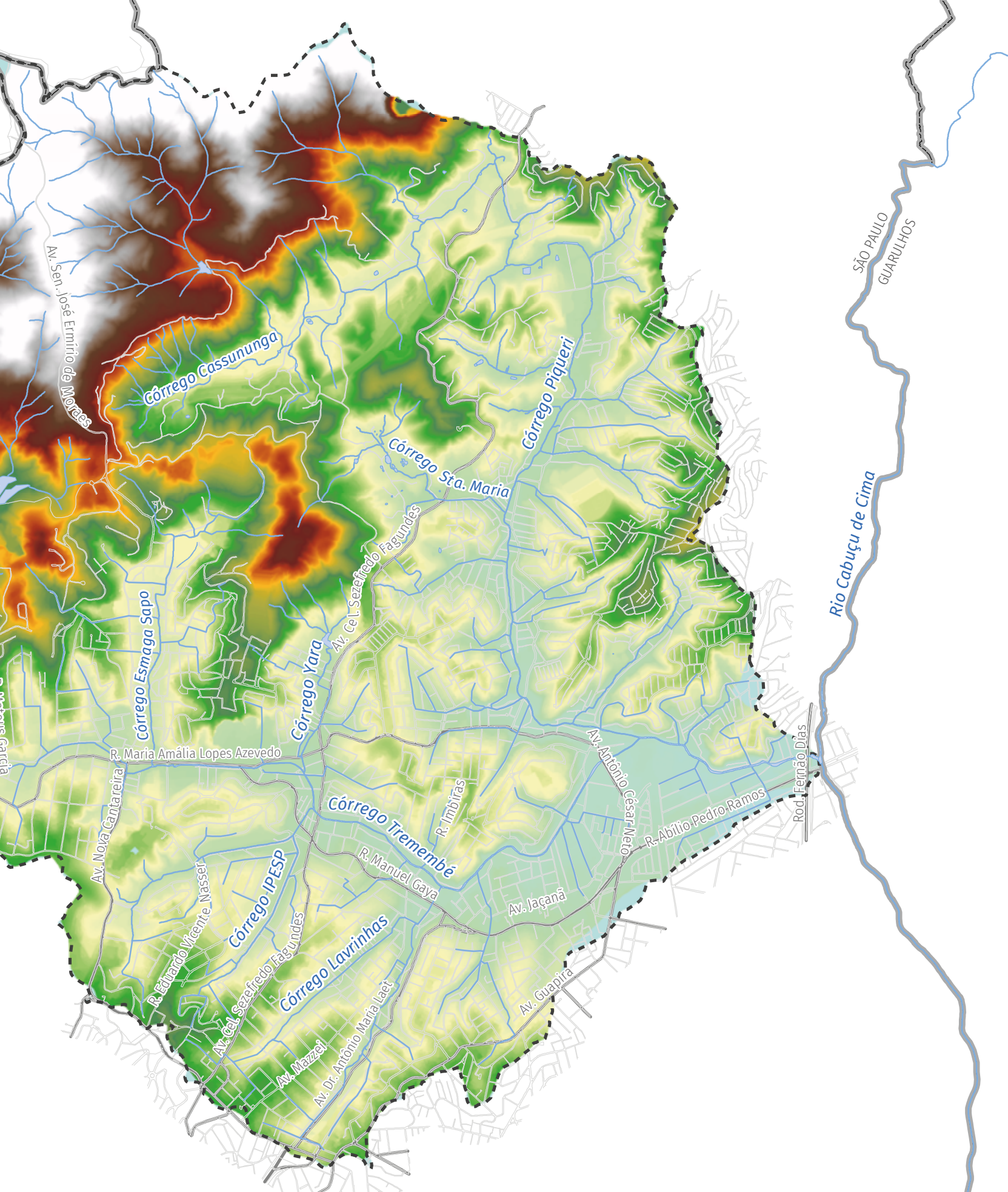
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



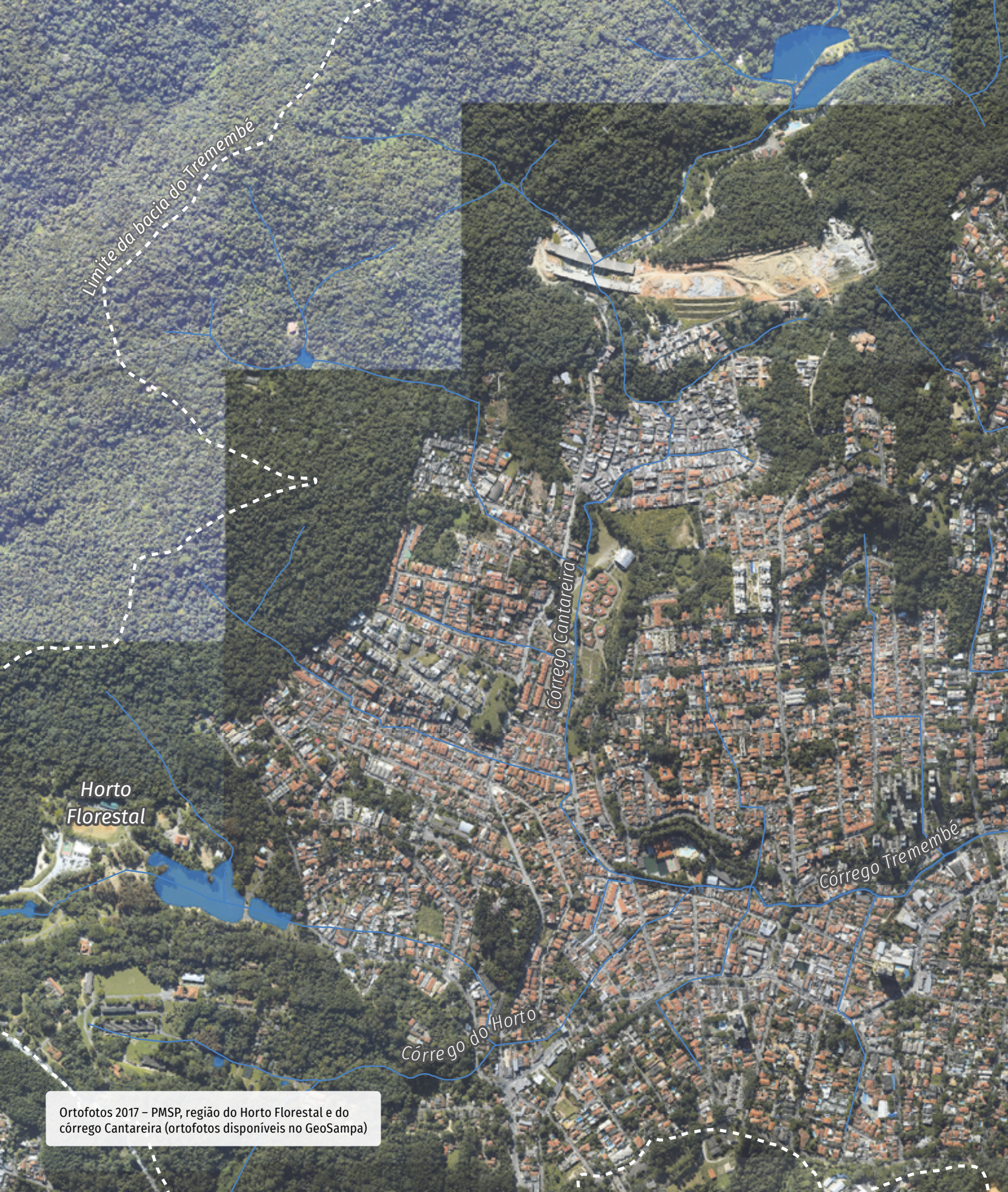


2.6 CARTA GEOTÉCNICA

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 2.29** apresenta a carta geotécnica da área da bacia do Tremembé, com suas unidades geológicas. Destaca-se nesse mapa grandes áreas com predomínio de granitoides. Já a planície aluvial está restrita às faixas que margeiam principalmente os córregos Tremembé e Piqueri. As áreas de planície aluvial caracterizam-se pela baixa declividade (menores que 5%), com predominância de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso.

A bacia é formada predominantemente por micaxistos, filitos, granitoides e sedimentos fluviais. Capeando esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso laterizado, vermelho, denominado tecnicamente de “argila porosa”.



Limite da bacia do Tremembé

Córrego Cantareira

Córrego Tremembé

Córrego do Horto

Horto Florestal

Ortofotos 2017 – PMSP, região do Horto Florestal e do córrego Cantareira (ortofotos disponíveis no GeoSampa)

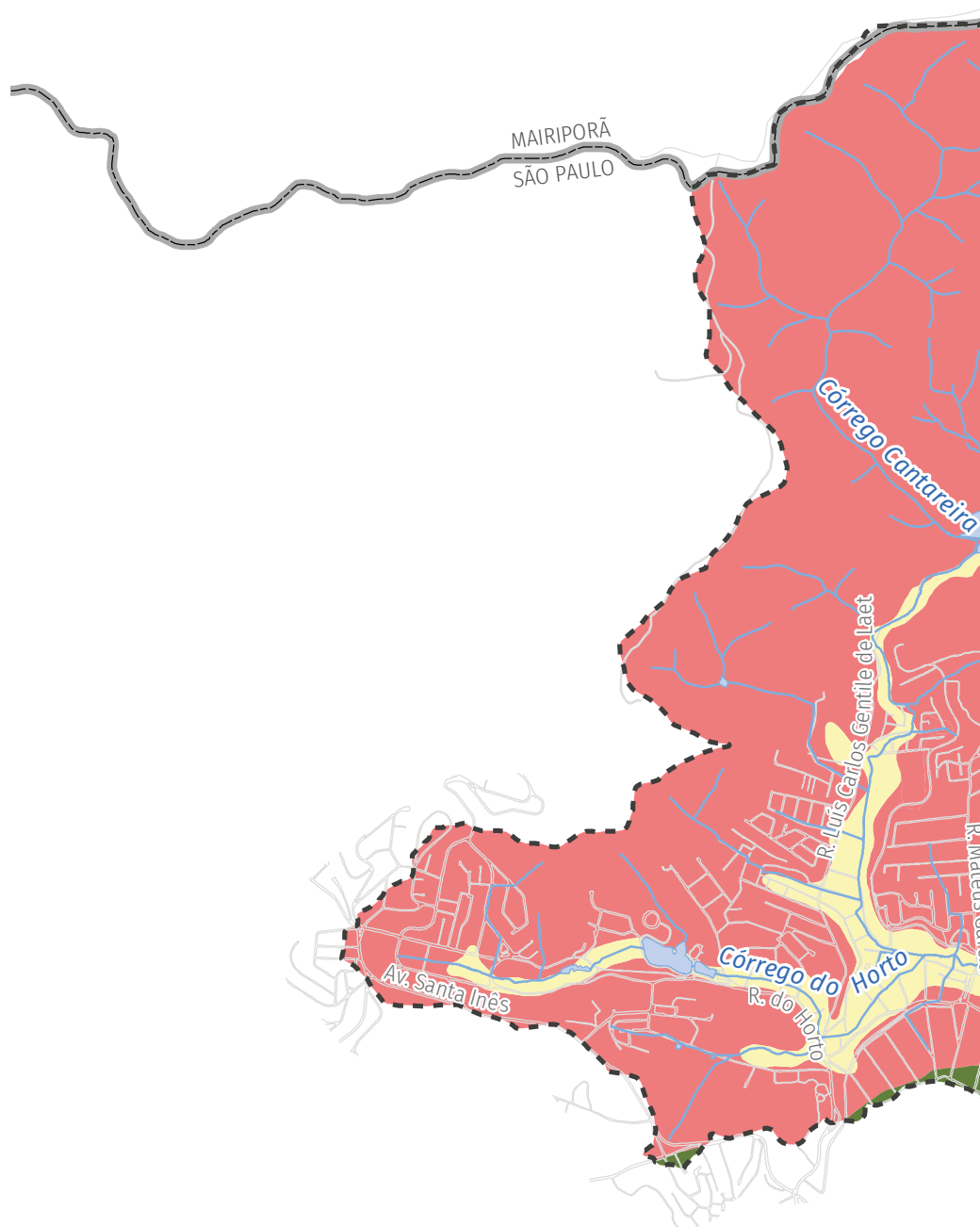
FIGURA 2.29 Carta geotécnica da área da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Carta geotécnica

- Filito
- Gnaisse
- Granitoides
- Planície aluvial
- Sedimento terciário
- Xisto micáceo



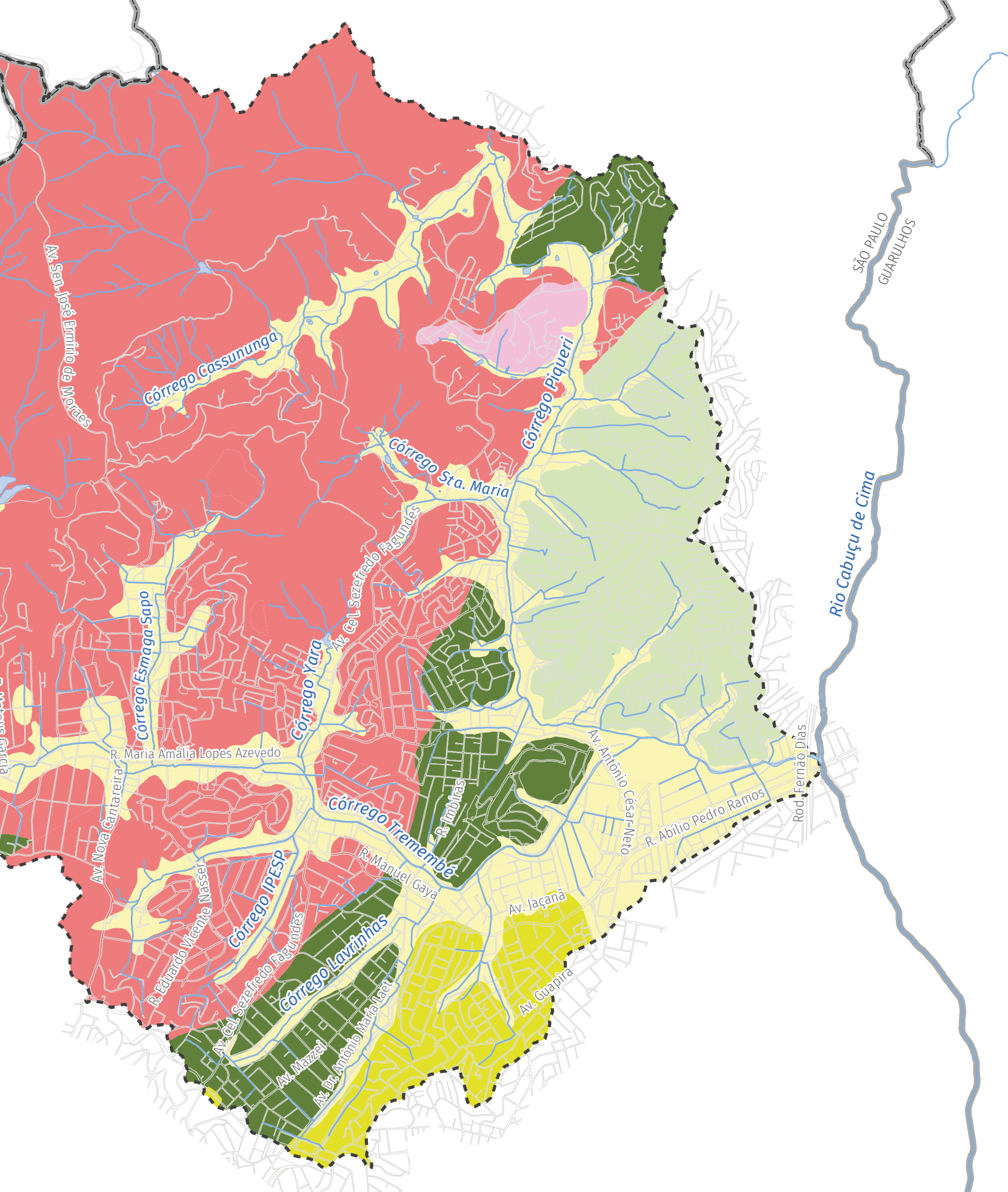
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





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

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





Os parques e as áreas verdes existentes na bacia do Tremembé estão localizados no mapa da **FIGURA 2.31**.

TABELA 2.1 Usos do solo registrados na bacia do córrego Tremembé

Usos do solo	Área (km ²)	Área da bacia (%)
Residencial horizontal médio alto padrão	13,4	38,7
Ruas, áreas pavimentadas e cemitérios	6,9	19,9
Residencial horizontal baixo padrão	4,3	12,4
Residencial, comércio e serviços	3,6	10,4
Espaços abertos	2,7	7,8
Comércio e serviços	1,2	3,5
Equipamento urbano	0,8	2,3
Residencial vertical baixo padrão	0,5	1,4
Residencial, indústria e armazém	0,4	1,2
Residencial vertical médio alto padrão	0,3	0,9
Indústria e armazém	0,3	0,9
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,2	0,6
Total	34,6	100,00

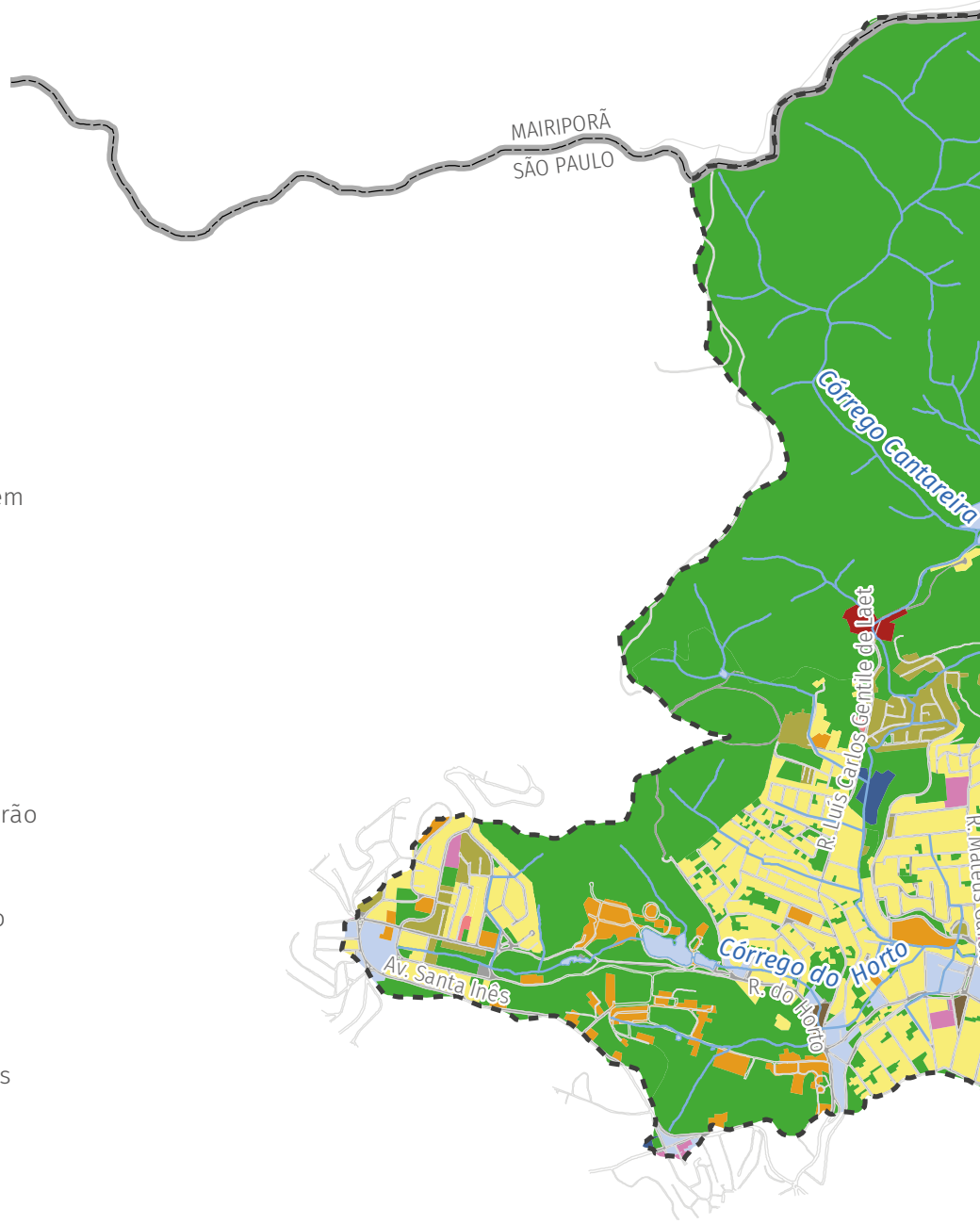
FIGURA 2.30 Mapeamento do uso do solo na bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal

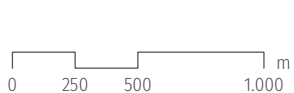
Uso do solo

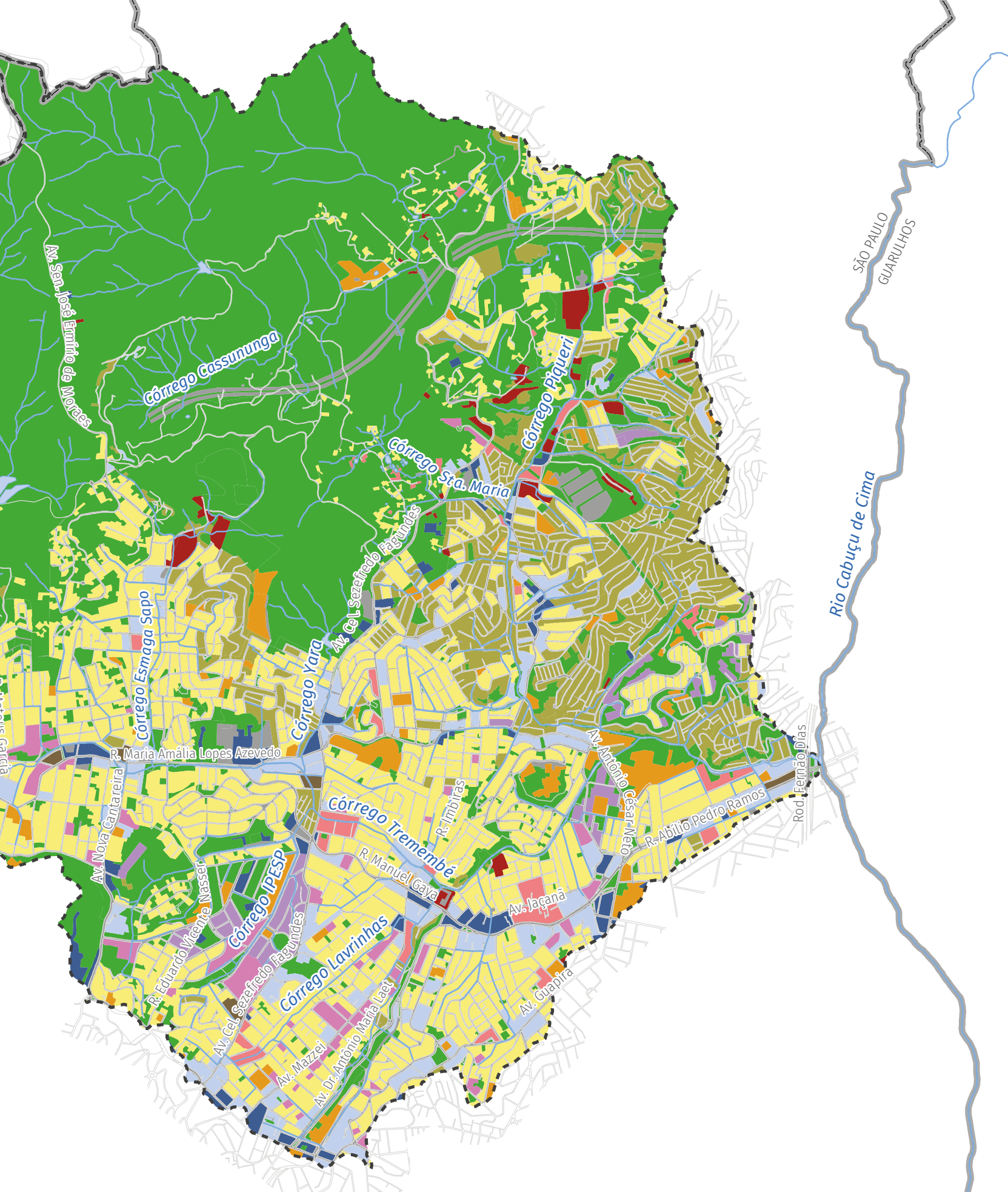
-  Comércio, serviços, indústria e armazém
-  Comércio e serviços
-  Equipamento urbano
-  Espaços abertos
-  Indústria e armazém
-  Residencial horizontal baixo padrão
-  Residencial horizontal médio alto padrão
-  Residencial vertical baixo padrão
-  Residencial vertical médio alto padrão
-  Residencial,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



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)





M. Sen. José Euríbio de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Piqueri

Córrego Sta. Maria

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Vicente Nasser

Córrego IPESP

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

Córrego Lavrinhas

Av. Mazzei

Av. Dr. Antônio Maria Laet

Córrego Tremembé

R. Manuel Gaya

R. Imbiras

Av. Jaçanã

Av. Antônio Cesar Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Av. Guapira






Rod. Fermão Dias

Rio Cabuçu de Cima

SÃO PAULO
GUARULHOS

FIGURA 2.31 Parques e áreas verdes da bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Praça e canteiro

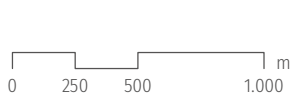
Parques

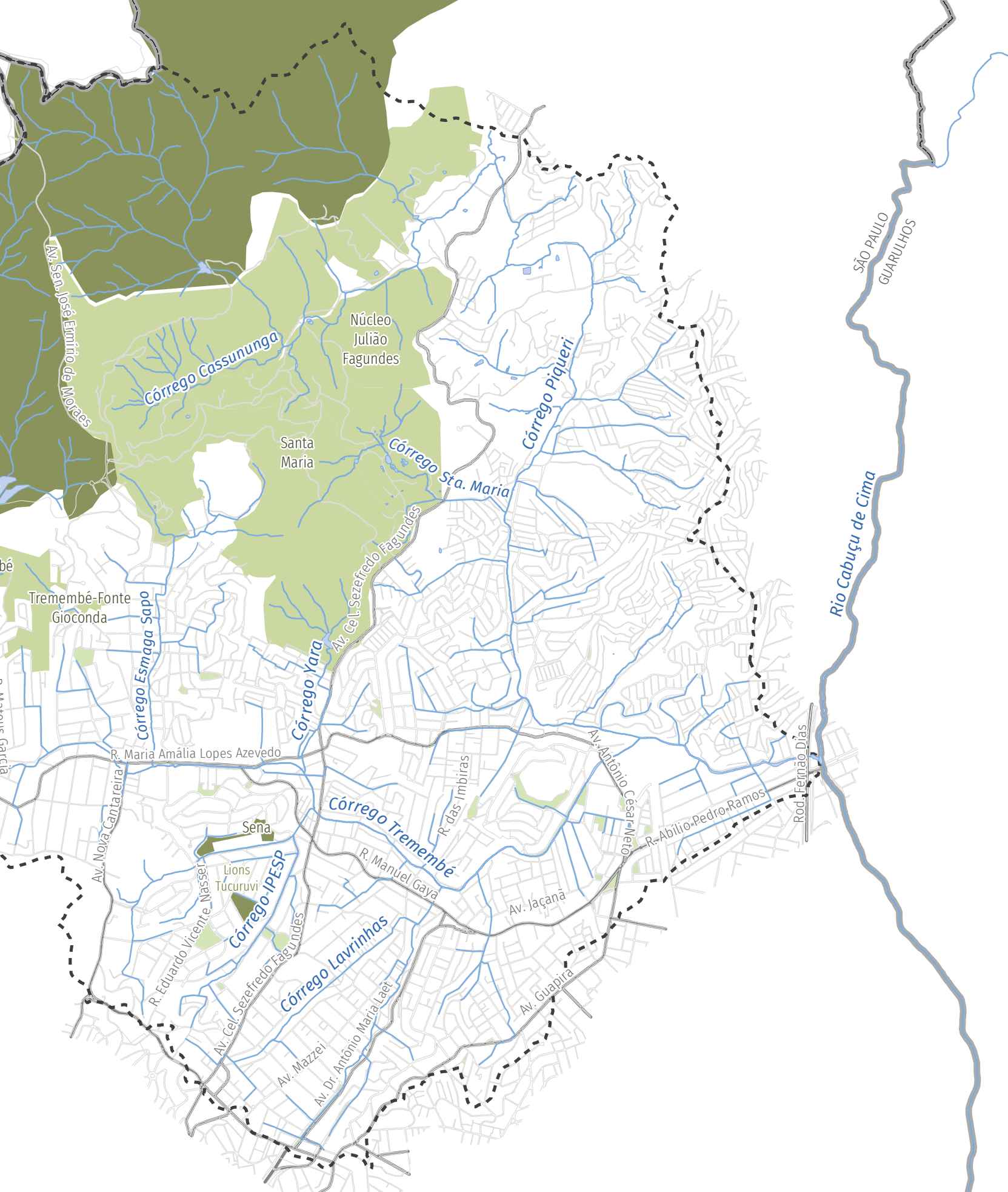
-  Existente
-  Proposto



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 Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)





2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da bacia do córrego Tremembé se insere no contexto do Plano Regional das subprefeituras do Jaçanã-Tremembé e de Santana-Tucuruvi.

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 Tremembé está inserida nas macroáreas de preservação dos ecossistemas naturais, de controle e qualificação urbana e ambiental, de redução da vulnerabilidade e de qualificação da urbanização e da estruturação





metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.32**.

Além disso, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.33**.







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

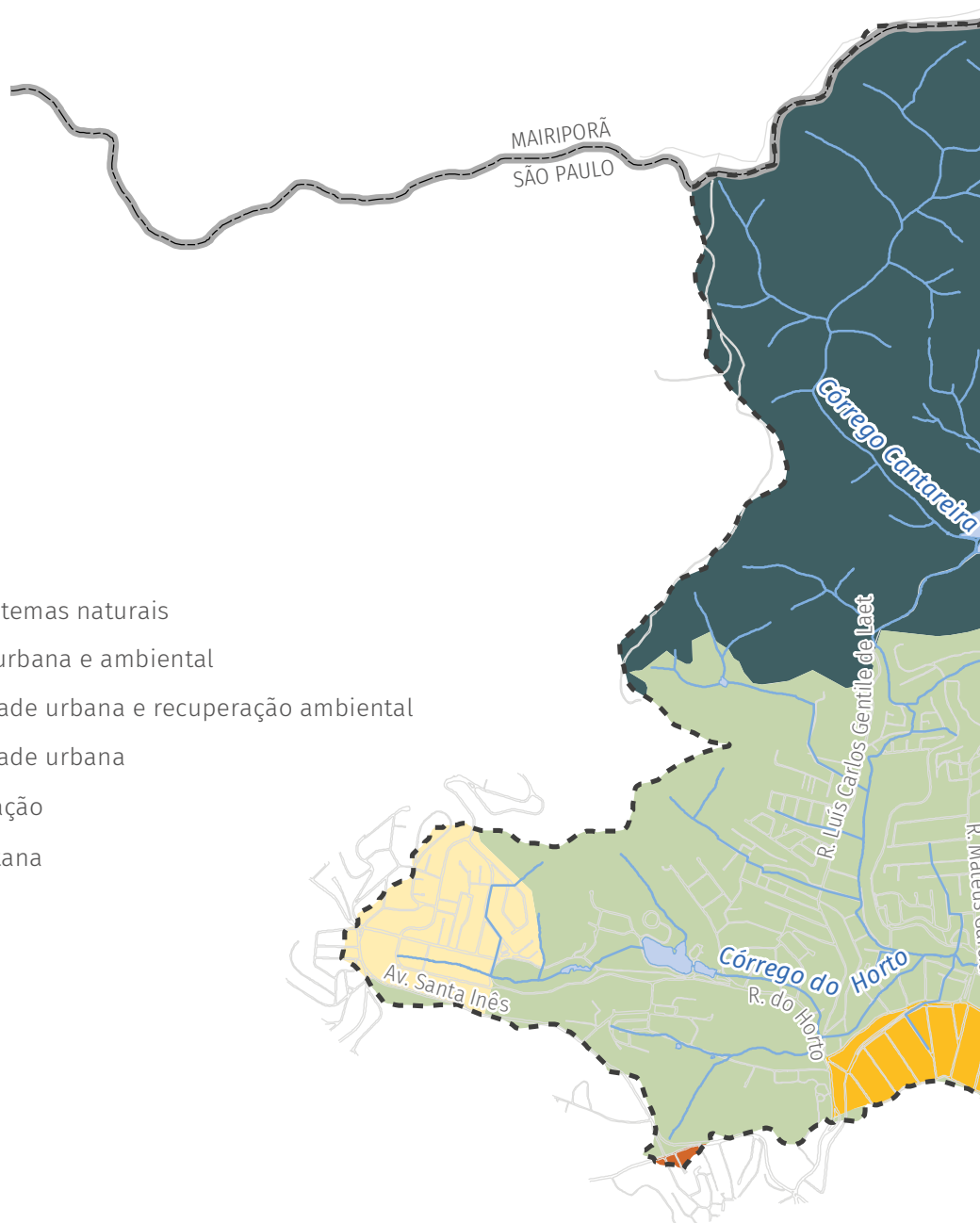
FIGURA 2.32 Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) na bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal

Macroárea

-  Macroárea de preservação dos ecossistemas naturais
-  Macroárea de controle e qualificação urbana e ambiental
-  Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana e recuperação ambiental
-  Macroárea de redução de vulnerabilidade urbana
-  Macroárea de qualificação da urbanização
-  Macroárea de estruturação metropolitana



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)



Fundação
 Centro Tecnológico
 de Hidráulica



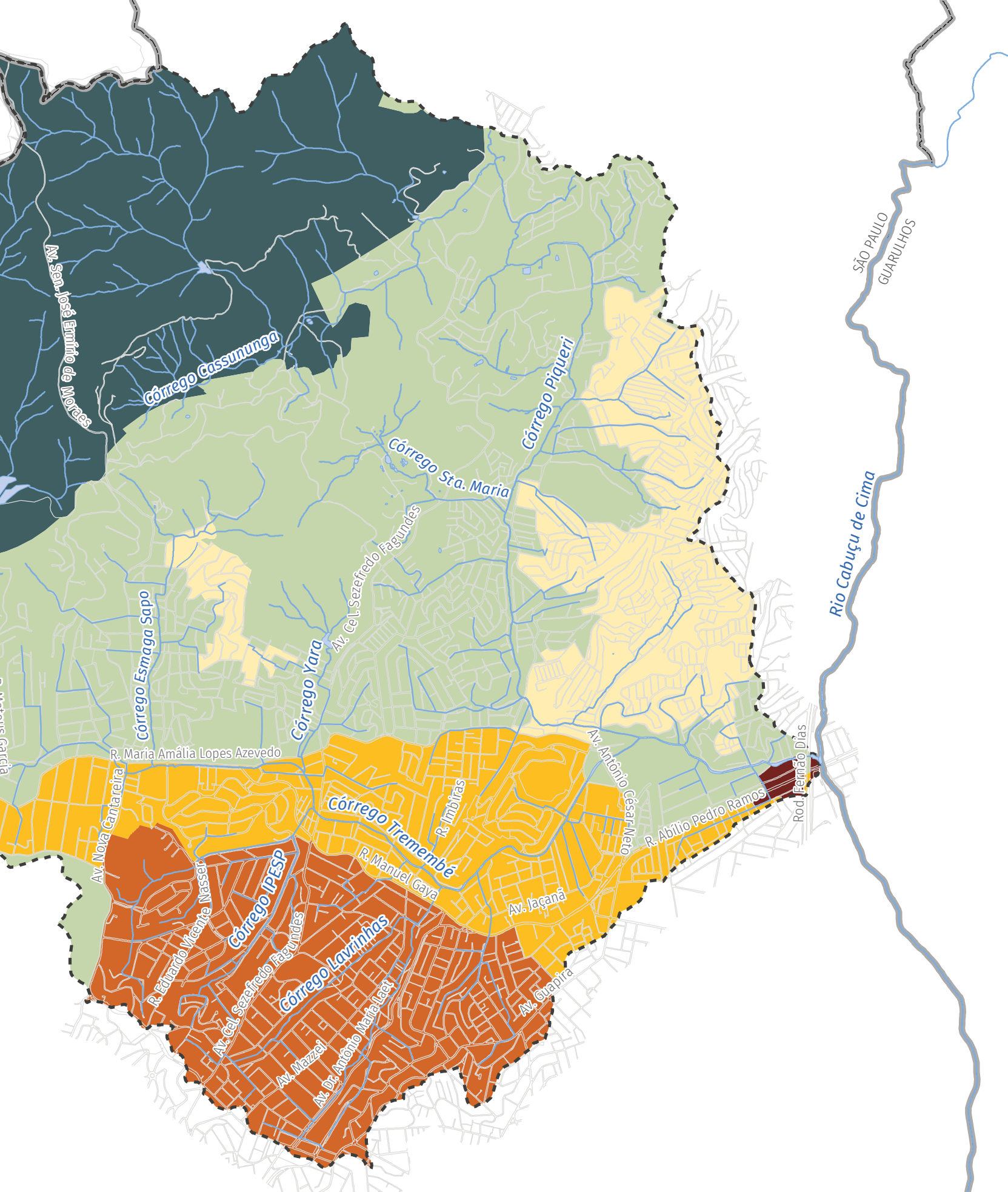































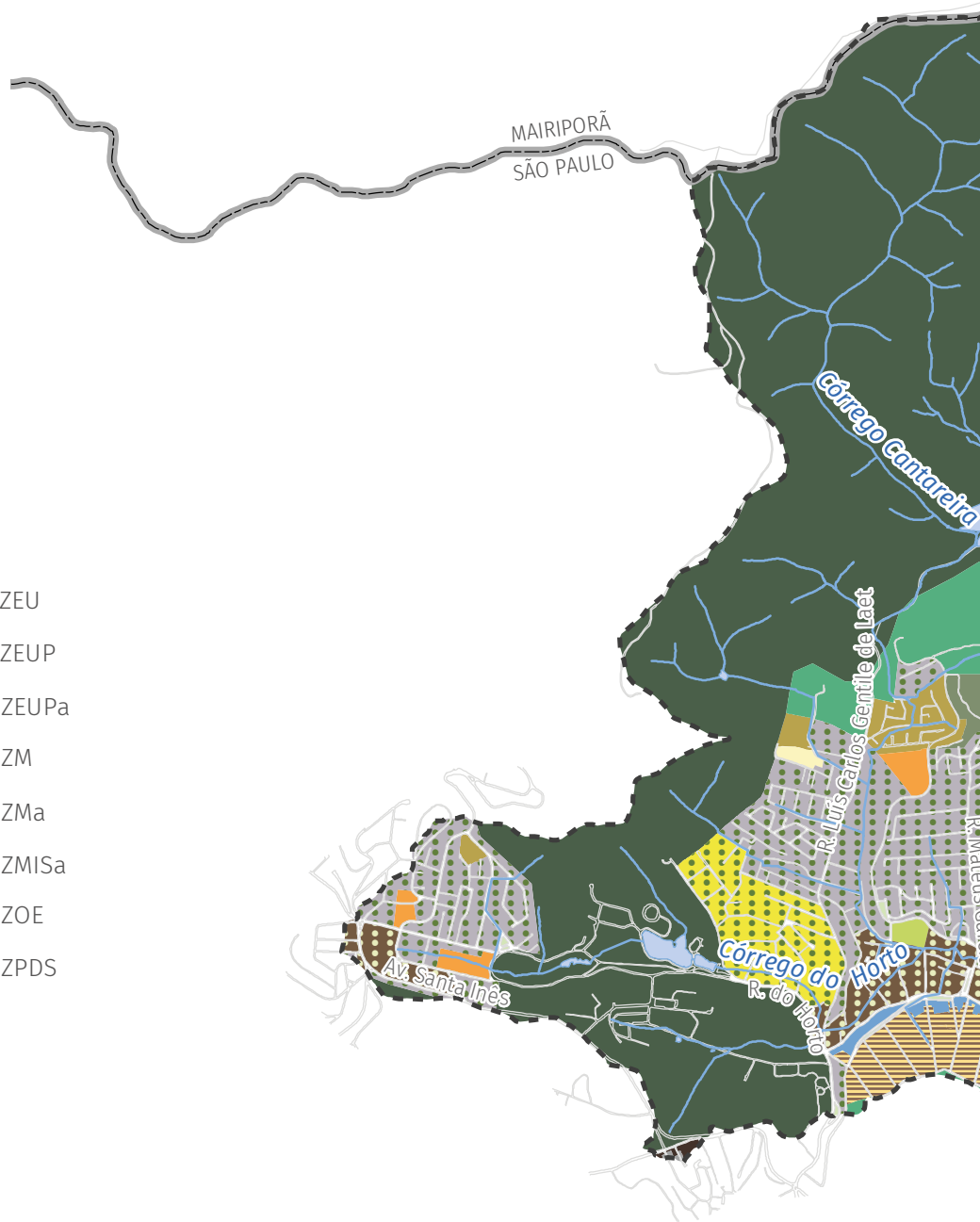
FIGURA 2.33 Zoneamento urbano na bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal

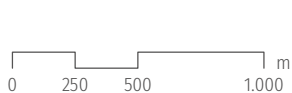
Zoneamento urbano

- | | | |
|---|---|---|
|  AC-1 |  ZEIS-1 |  ZEU |
|  ZC |  ZEIS-2 |  ZEUP |
|  ZC-ZEIS |  ZEIS-5 |  ZEUPa |
|  ZCa |  ZEP |  ZM |
|  ZCOR-1 |  ZEPAM |  ZMa |
|  ZCOR-3 |  ZER-1 |  ZMISa |
|  ZCORa |  ZER-2 |  ZOE |
|  ZDE-2 |  ZERa |  ZPDS |
|  Praça e canteiro | | |



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)



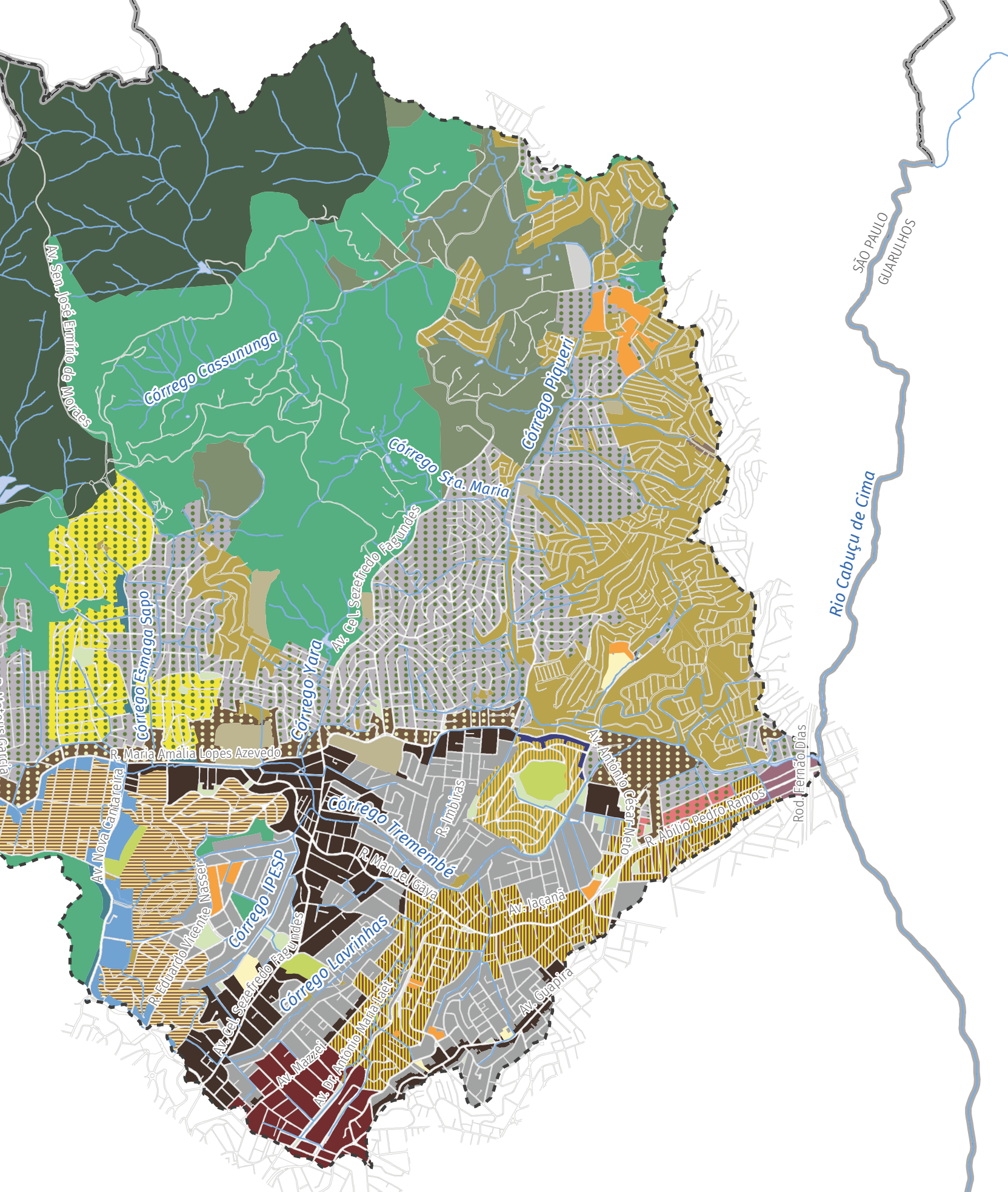


TABELA 2.2 Descrição das zonas de uso e ocupação do solo na bacia do córrego Tremembé

Zonas	Sigla	Área da bacia (%)
Zona Especial de Preservação	ZEP	47,5
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	16,5
Zona Mista Ambiental	ZMa	11,7
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	10,5
Zona Mista	ZM	6,1
Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável	ZPDS	5,4
Zona Centralidade	ZC	3,5
Zona Exclusivamente Residencial 1	ZER-1	3,4
Zona Exclusivamente Residencial ambiental	ZERa	3,1
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana Previsto	ZEUP	3,0
Zona Centralidade ambiental	ZCa	2,4
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana	ZEU	1,2
Zona Corredor 2	ZCOR-3	0,8
Zona de Ocupação Especial	ZOE	0,7
Zona Exclusivamente Residencial 2	ZER-2	0,7
Zona Especial de Interesse Social 2	ZEIS-2	0,7
Praças e Canteiros	PracaCant	0,5
Clubes Esportivos Sociais	AC-1	0,4
Zona Corredor ambiental	ZCORa	0,2
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	0,2
Zona de Desenvolvimento Econômico 2	ZDE-2	0,2
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana Previsto ambiental	ZEUPa	0,2
Zona Mista de Interesse Social	ZMISa	0,1
Zona Corredor 1	ZCOR-1	0,1
Zona Centralidade lindeira à ZEIS	ZC-ZEIS	0,1

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

potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA⁸.

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 Tremembé, estão incluídos os PAs 3, 8, 9, 10, 12 e 13. 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 2.34** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na bacia do Tremembé, e a **FIGURA 2.35** mostra a taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e por zonas específicas. O zoneamento urbano da bacia em estudo indica que as zonas ZEPAM, ZCOR e ZER, pertencentes à bacia, 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.

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

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

Perímetro de qualificação ambiental	Taxa de permeabilidade ^(a)	
	Lote ≤ 500 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.

FIGURA 2.34 Perímetro de qualificação ambiental na bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Perímetro Ambiental

- PA 3
- PA 8
- PA 9
- PA 10
- PA 12
- PA 13

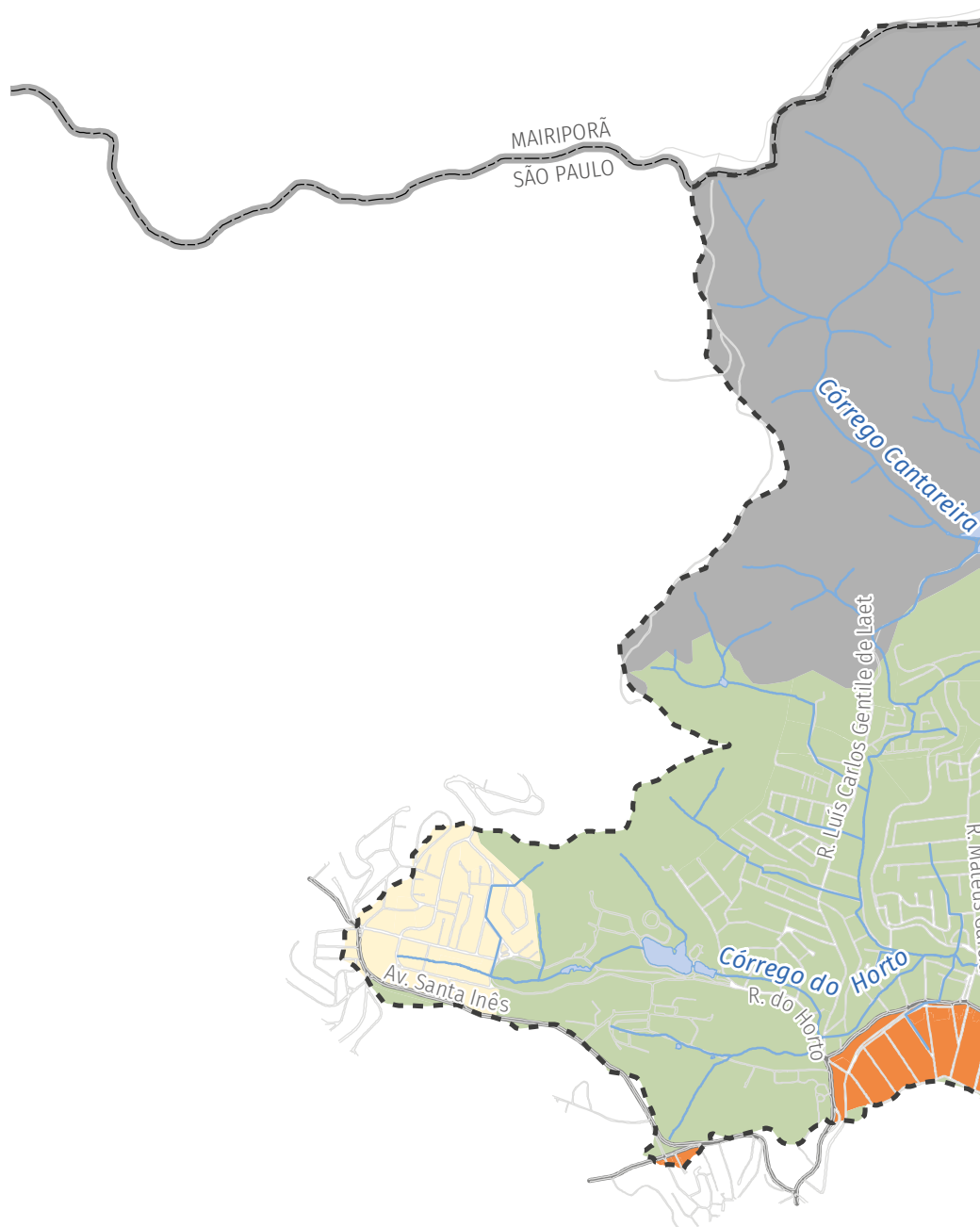
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica

0 250 500 1.000 m



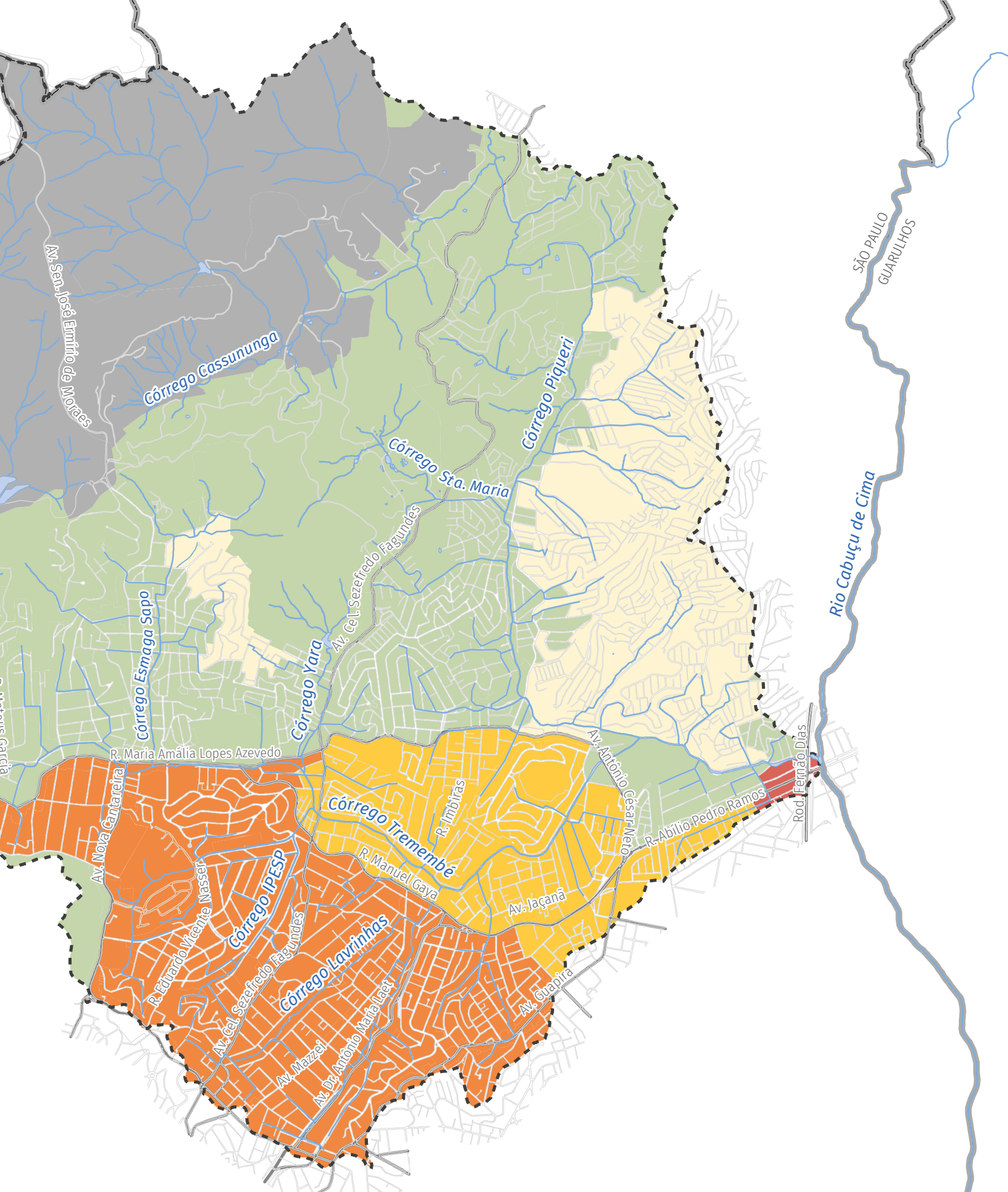


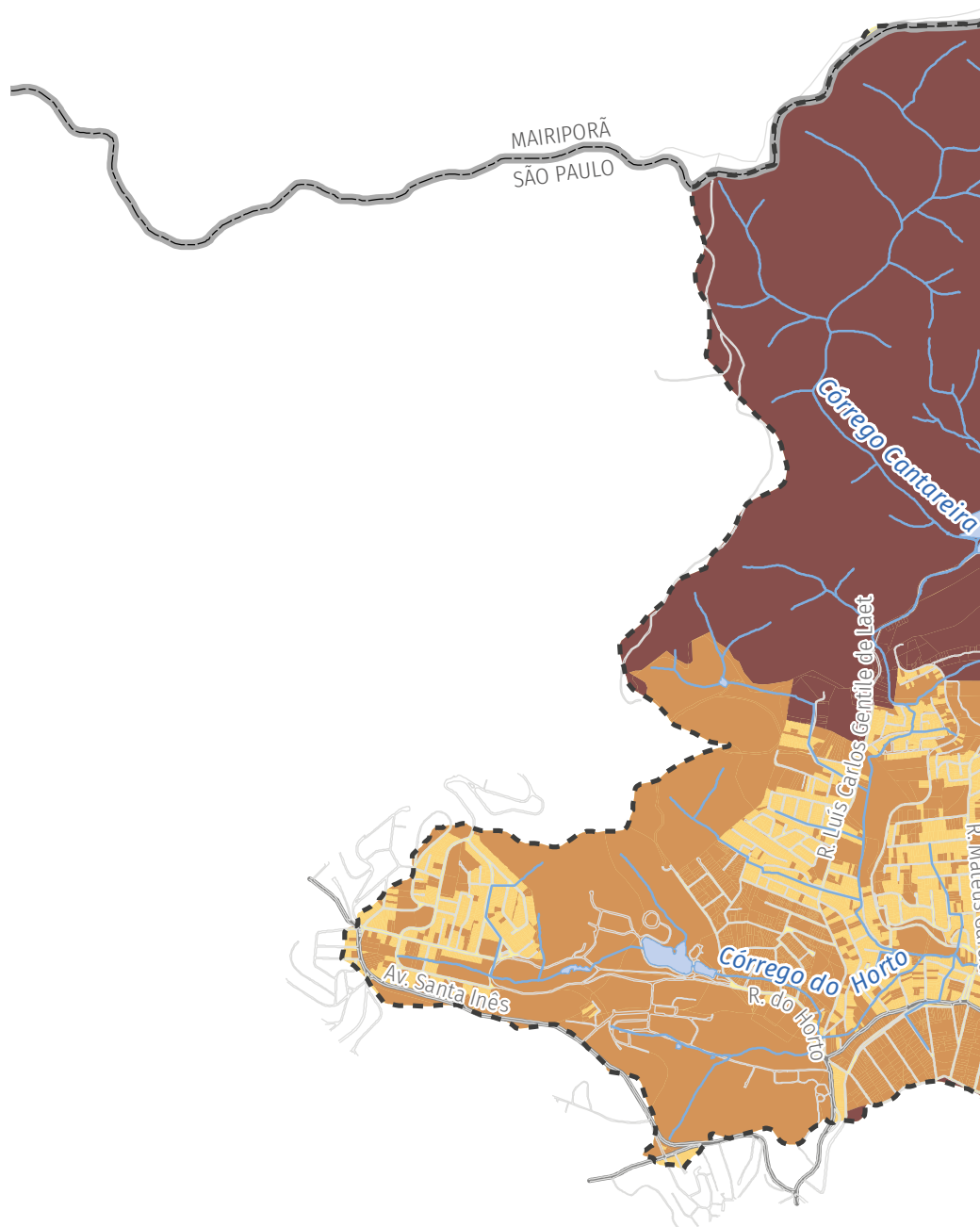
FIGURA 2.35 Taxa de permeabilidade mínima na bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Permeabilidade mínima exigida (%)

- 0 – 14
- 15 – 24
- 25 – 64
- 65 – 100



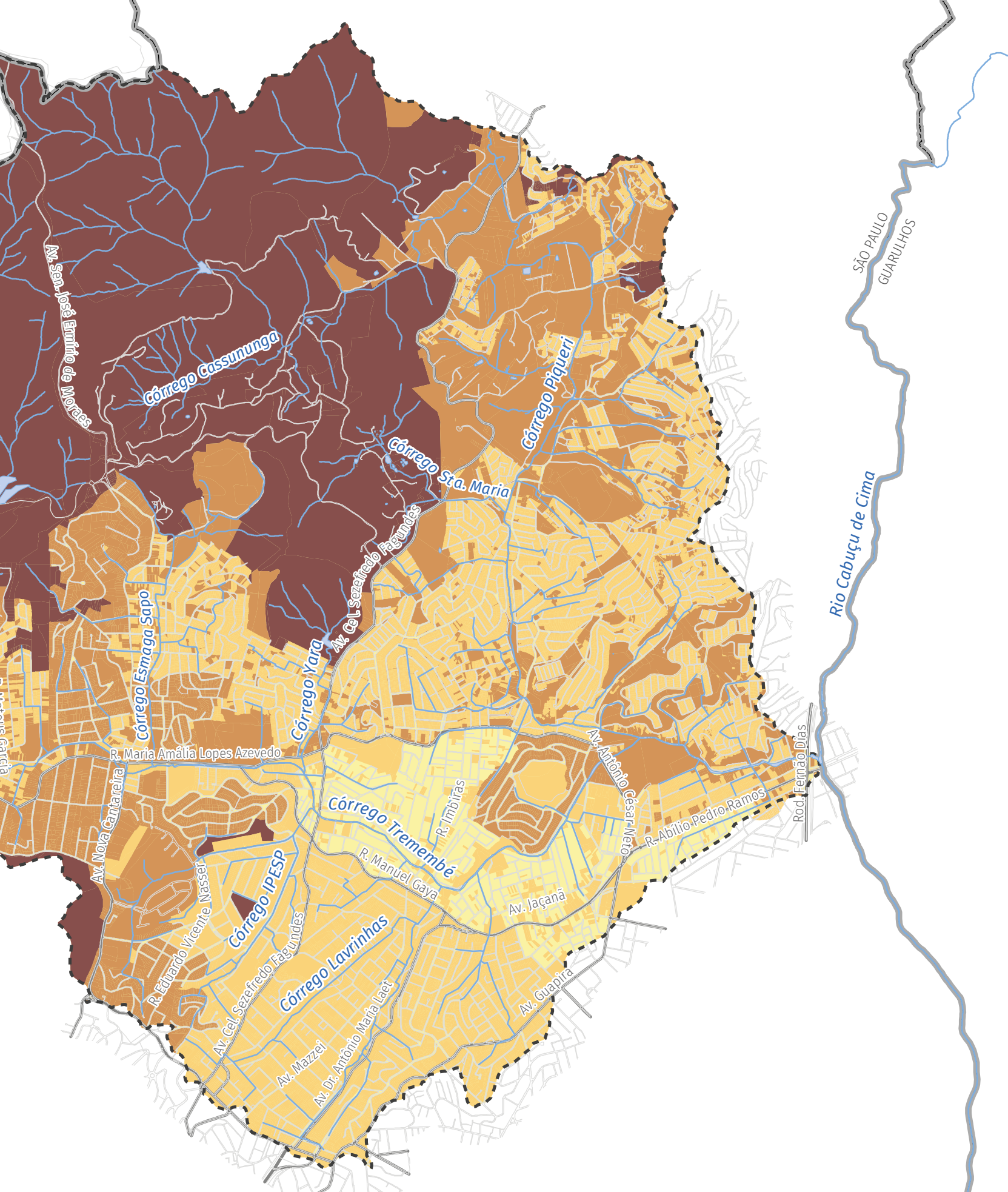
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Av. San. José Emílio de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Piqueri

Córrego Sta. Maria

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Córrego Tremembé

Av. Antônio Cesar Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Vicente Nasser

Córrego IPESP

Córrego Lavrinhas

R. Manuel Gaya

R. Imbiras

Av. Jaçanã

Av. Cel. Sezerfido Fagundes

Av. Mazzei

Av. Di. Antônio Maria Laet

Av. Guapira

Rod. Fernão Dias

SÃO PAULO
GUARULHOS

Rio Cabuçu de Cima

2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.36** apresenta a densidade populacional da bacia do córrego Tremembé, onde residem 273 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)⁹.

2.9.2 ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IPVS

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

Na formulação do índice, assume-se o conceito de que a vulnerabilidade de um indivíduo, família ou grupo social refere-se a sua maior ou menor capacidade de controlar os fatos que afetam seu bem-estar.

Considera que a vulnerabilidade à pobreza não se limita à privação de renda, mas também à composição familiar, às condições de saúde e acesso aos serviços médicos, ao acesso e à qualidade do sistema educacional, à possibilidade de obter trabalho com qualidade e remuneração adequadas, à existência de garantias legais e políticas etc.

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

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

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

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

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

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 Tremembé. Na **FIGURA 2.37**, é apresentado o mapa desse índice na bacia. O grupo designado como “não classificado” representa áreas sem população residente ou com menos de 50 domicílios particulares permanentes, o que, no caso do córrego Tremembé, corresponde a 35% da área da bacia.

2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial da bacia do córrego Tremembé se dá pelas subprefeituras do Jaçanã-Tremembé e de Santana-Tucuruvi.

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

A **FIGURA 2.38** indica a divisão territorial administrativa da bacia do córrego Tremembé.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS na bacia da bacia do Tremembé

Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
0	Não classificado	-	-	-	35,4
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	1,4
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	42,4
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	13,5
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	3,1
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	2,9
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	1,3
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	-



Região do córrego IPESP (foto: Jean M. M. Suplicy)

FIGURA 2.36 Densidade demográfica da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Densidade demográfica (hab/ha)

- 0 – 15
- 16 – 50
- 51 – 150
- 151 – 350
- 351 – 7.500

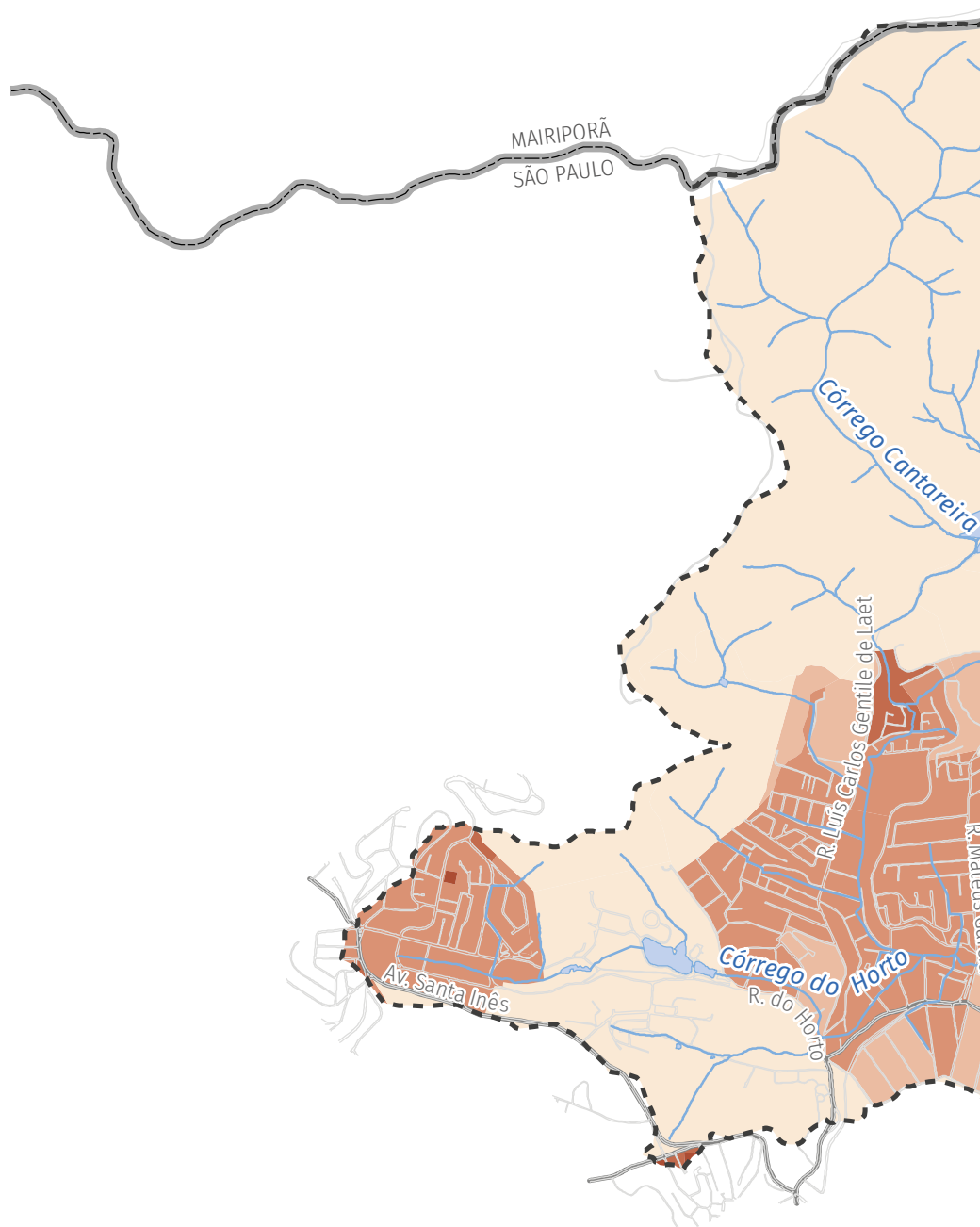
Nº de habitantes: 273 mil (IBGE, 2010)

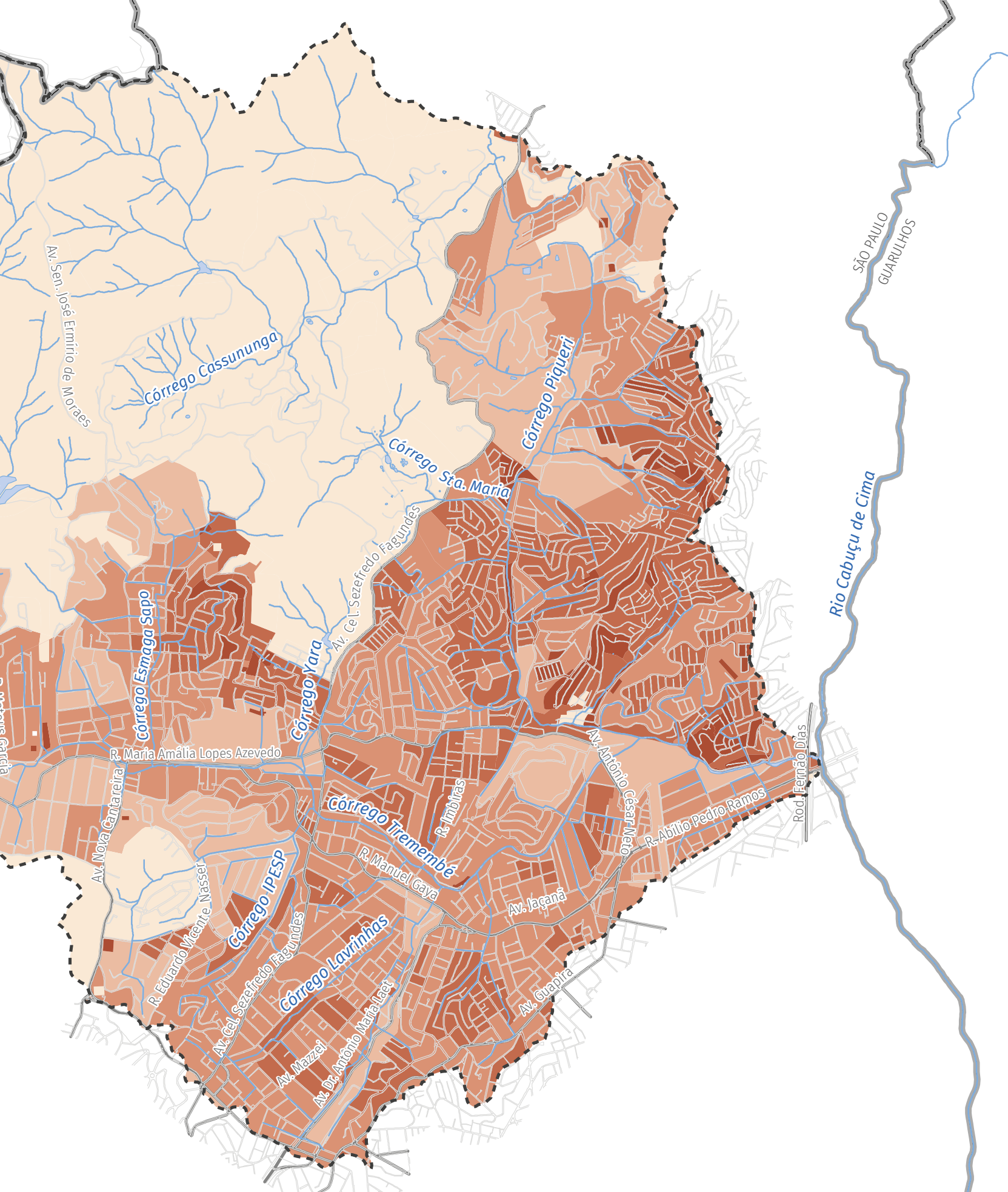
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Av. Sen. José Ermirino de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Esmaga Sapo

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Mente Nasser

Córrego IPESP

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Córrego Lavrinhas

Av. Mazzer

Av. Dr. Antônio Maria Laet

Córrego Tremembé

R. Manuel Gaya

R. Imbitiras

Av. Jaçanã

Av. Guapira

Córrego Sta. Maria

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Córrego Piqueri

Av. Antônio César Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fermão Dias

Rio Cabuçu de Cima

SÃO PAULO
GUARULHOS

FIGURA 2.37 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

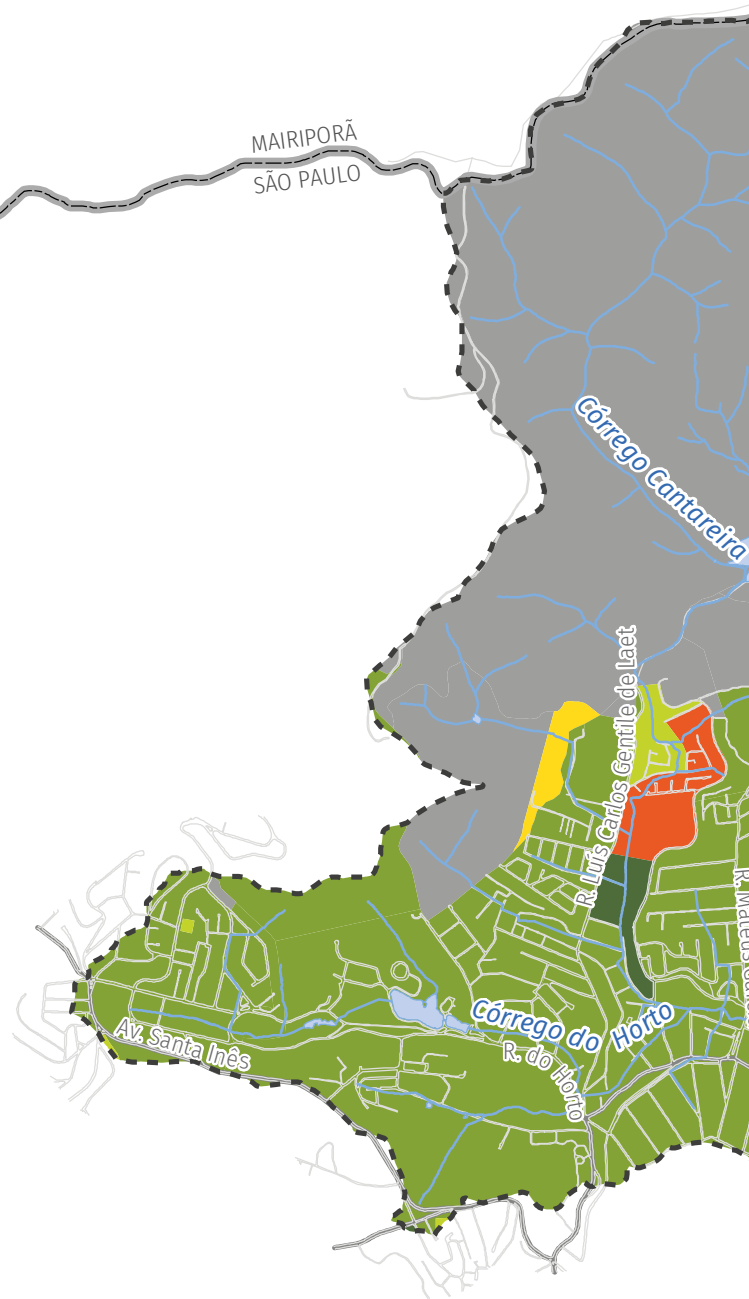
Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

- 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

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

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



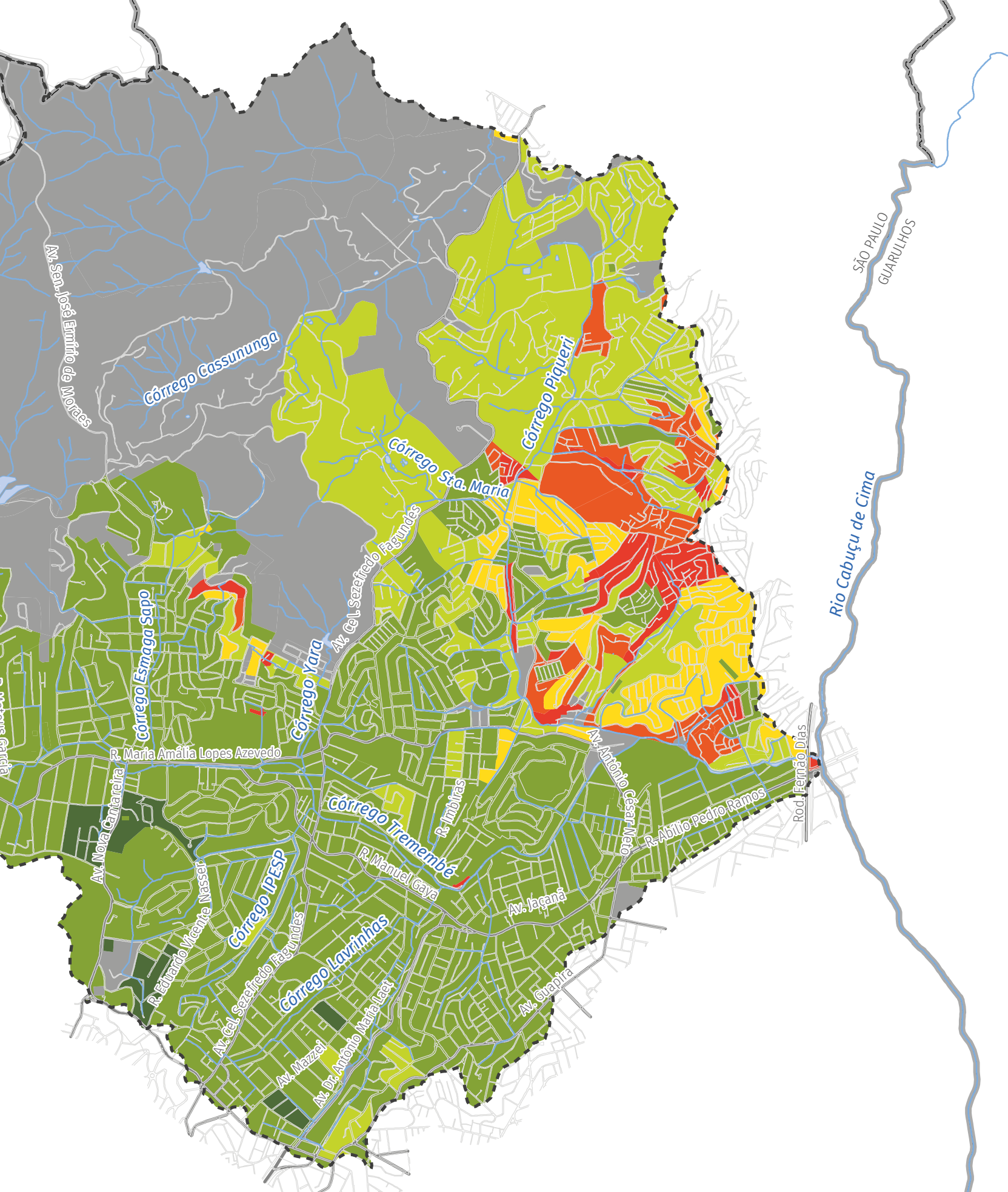


FIGURA 2.38 Divisão territorial administrativa da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Subprefeituras

- Casa Verde-Cachoeirinha
- Jaçanã-Tremembé
- Santana-Tucuruvi
- Vila Maria-Vila Guilherme

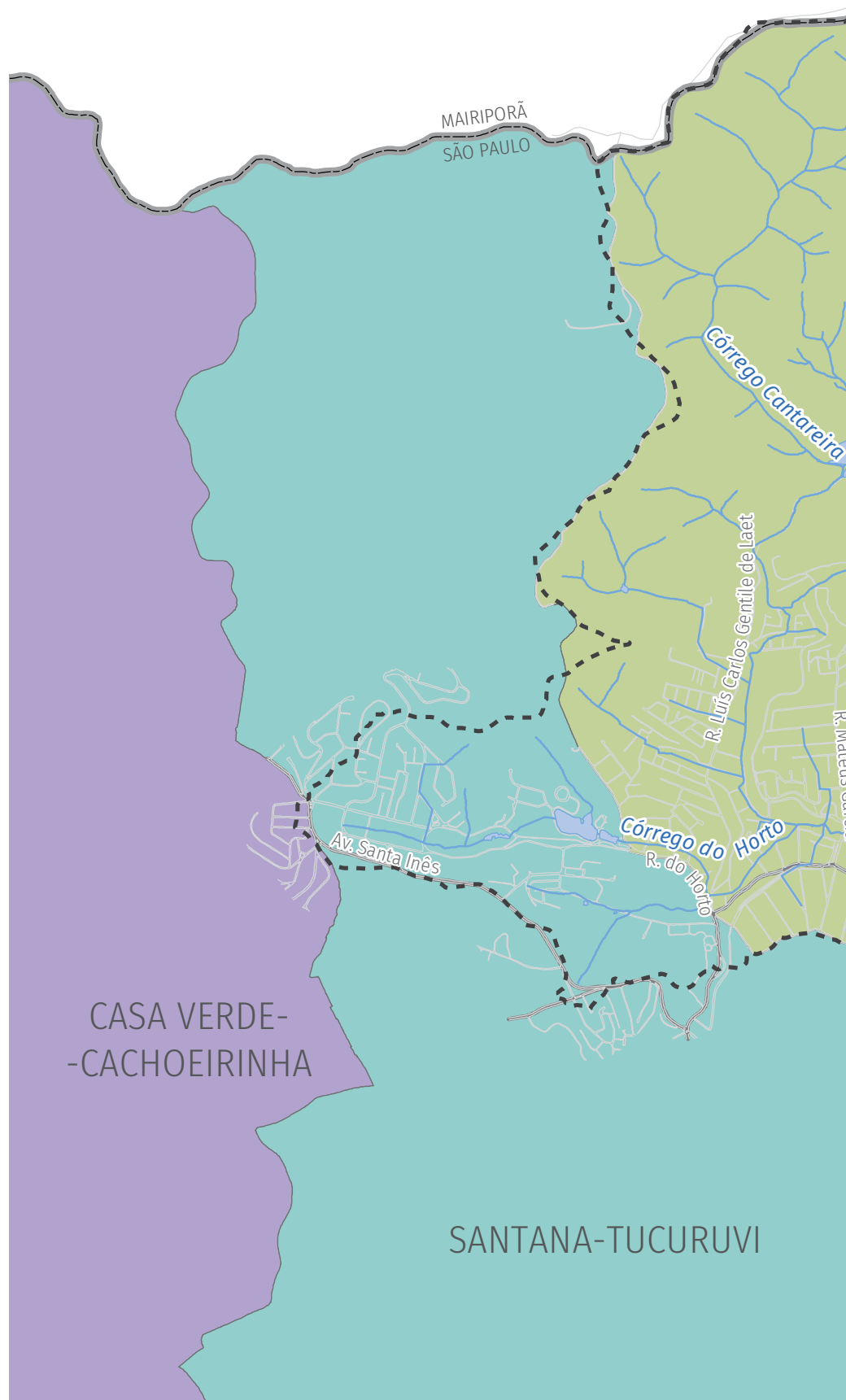
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica

0 250 500 1.000 m



MAIRIPORÃ
SÃO PAULO

Córrego Cantareira

R. Luís Carlos Gentile de Laet

Av. Santa Inês

Córrego do Horto

R. do Horto

CASA VERDE-
-CACHOEIRINHA

SANTANA-TUCURUVI

JAÇANÃ-TREMEMBÉ



SÃO PAULO
GUARULHOS

Rio Cabuçu de Cima

VILA MARIA-
-VILA GUILHERME

M. Sen. José Ermirino de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

Córrego Sta. Maria

Córrego Piqueri

Córrego Tremembé

Córrego Lavrinhas

Córrego IPESP

Av. Nova Cantareira

R. Maria Amália Lopes Azevedo

R. Eduardo Vicente Nasser

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Av. Mazzei

Av. Di. Antônio Maria Laet

R. Manoel Gaya

R. Imbiras

Av. Jaçanã

Av. Guapira

Av. Antônio César Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fernão Dias

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 esgotos¹⁰.

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

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

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

fundos de vale, o que confere grandes desafios aos projetos de ambas as redes.

A **FIGURA 2.39** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos na bacia do córrego Tremembé. Ressalta-se a necessidade de se implementar ações com o objetivo de controlar a poluição hídrica nessa bacia, como a complementação da rede de esgotos, com especial atenção a descontinuidades; a pesquisa por ligações clandestinas de esgotos na rede de drenagem, ou operação caça esgotos; e o controle da poluição difusa.

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.

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).

¹⁰ Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

Dentro do PROCAV foi elaborado um projeto ambicioso de uma avenida de fundo de vale ao longo de todo o curso principal do córrego Tremembé, incluindo sua canalização entre as pistas dessa nova avenida. Esse projeto foi alvo de muitas críticas, principalmente pelos moradores da região, que viam na avenida, se utilizada como alternativa à Avenida Marginal Tietê (ainda não havia o projeto do Rodoanel), o potencial de receber um volume massivo de tráfego, com grande impacto no bairro. Dessa forma, o projeto foi abandonado, não tendo sido implantadas desde então obras viárias de maior porte na bacia.

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

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

As vias N1 são aquelas que estabelecem a ligação da capital com os demais municípios do Estado de São Paulo e Estados da Federação. As N2 são utilizadas como ligação

com os municípios da Região Metropolitana e com as vias do primeiro nível. Já as N3 são aquelas não incluídas nos níveis anteriores, e utilizadas como ligações internas no Município.

A bacia do córrego Tremembé é estruturada de acordo com os seguintes eixos viários: foz na Rodovia Fernão Dias; porção de jusante paralela à Rua Abílio Pedro Ramos e à Avenida Jaçanã; trecho intermediário acompanhando as ruas Manuel Gaya e Maria Amália Lopes Azevedo; e a cabeceira limitada pela Rua do Horto, pela Rua Luís Carlos Gentile de Laet e pela Avenida Santa Inês.

Destaca-se ainda a obra do trecho norte do Rodoanel Mário Covas, que interligará os trechos oeste e leste, com 44 km de extensão, dos quais 6 km estão dentro da bacia do Tremembé.

A **FIGURA 2.40** apresenta o sistema viário estrutural da bacia do córrego Tremembé.

FIGURA 2.39 Sistema de esgotamento sanitário da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Esgotamento sanitário

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



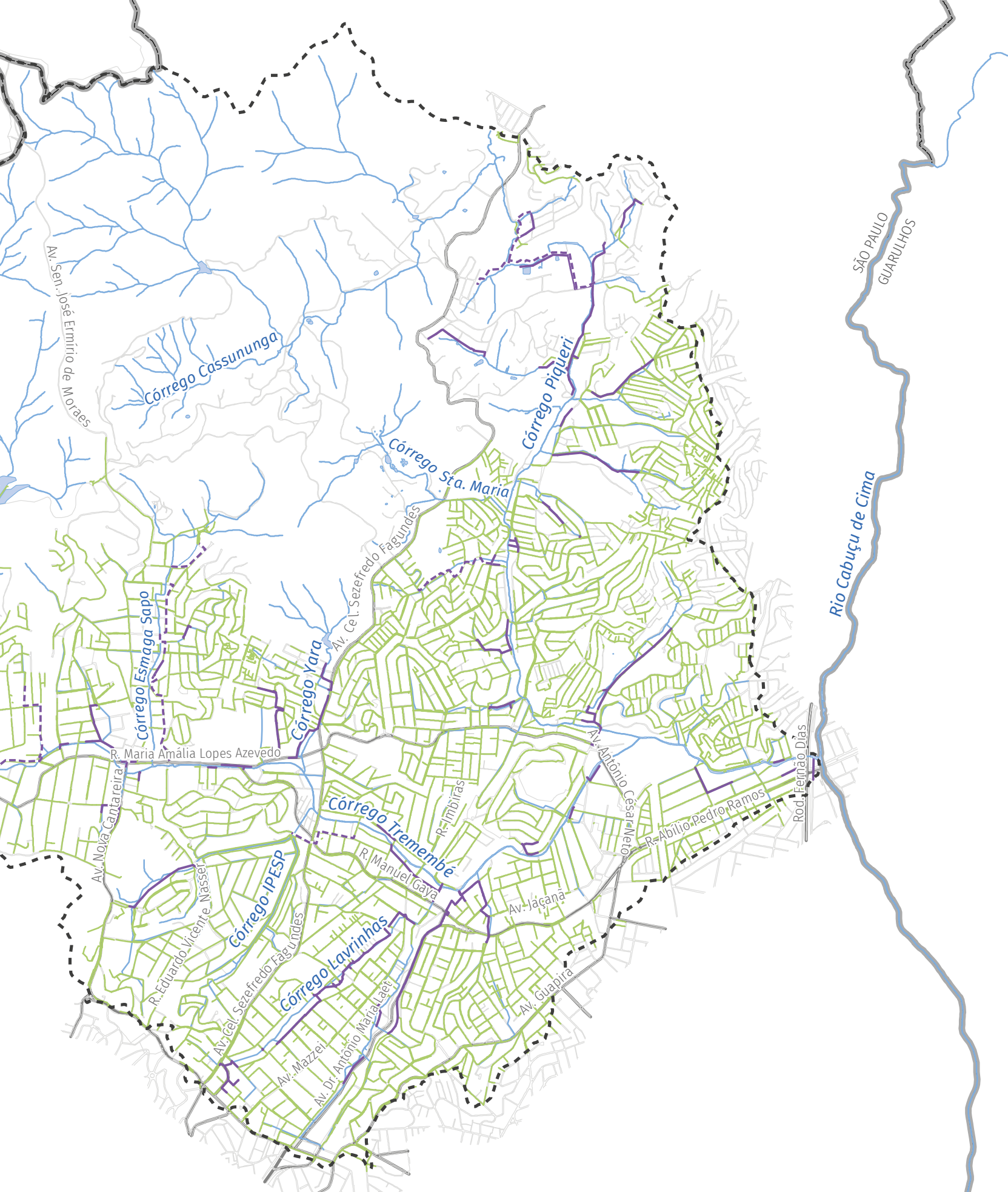
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Av. Sen. José Ermirio de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Esmaga Sapo

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Córrego Yara

Córrego Sta. Maria

Córrego Piqueri

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Av. Nova Cantareira

Córrego Tremembé

R. Imbiras

R. Manuel Gava

Av. Antônio Cesar Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fermão Dias

R. Eduardo Vicente Nasser

Córrego IPESP

Córrego Lavrinhas

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Av. Mazzei

Av. Dr. Antônio Maria Laet

Av. Jaçana






Av. Guapira

Rio Cabuçu de Cima


SÃO PAULO
GUARULHOS

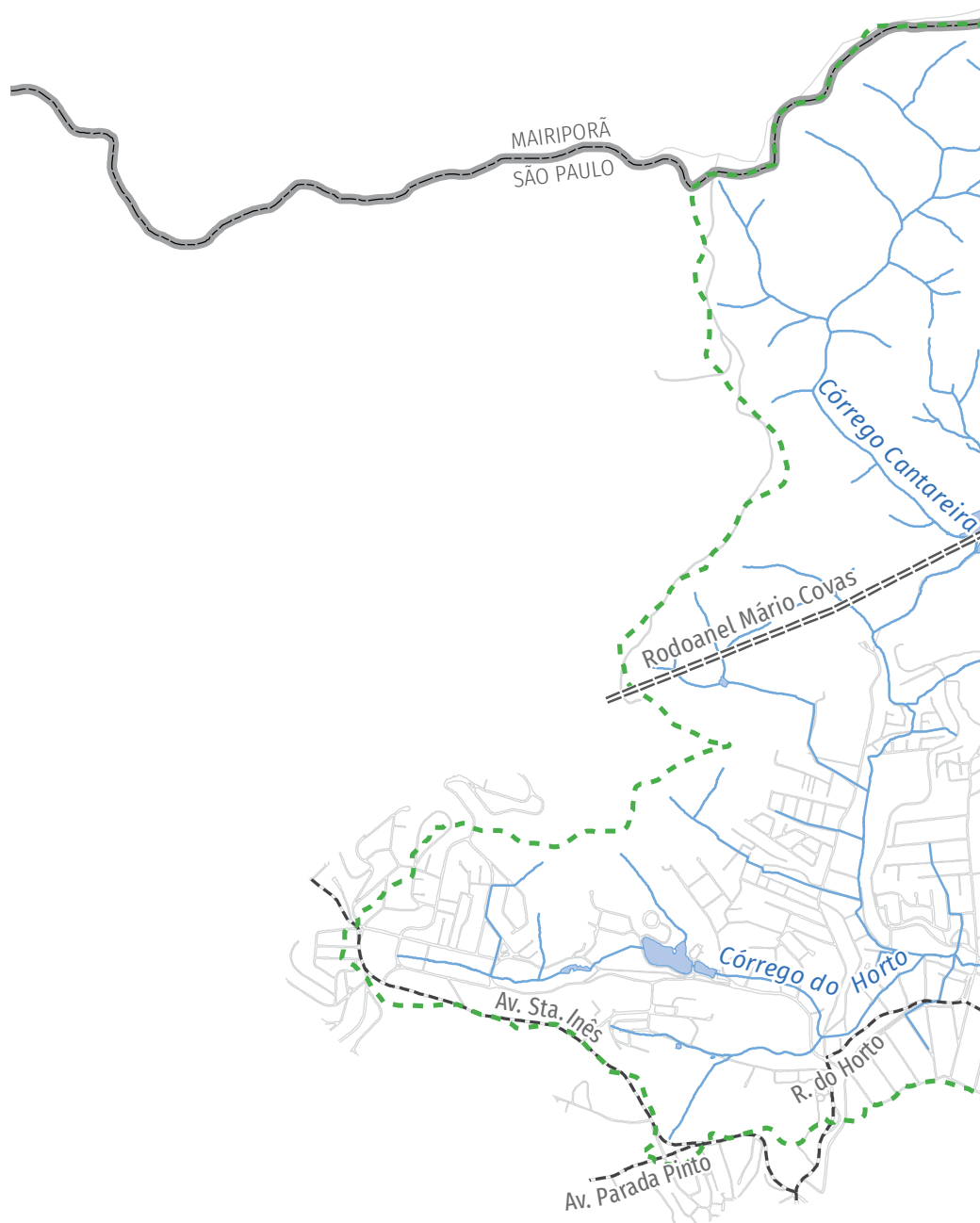
FIGURA 2.40 Sistema viário estrutural da bacia do córrego Tremembé

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Rodoanel (trecho em obras)

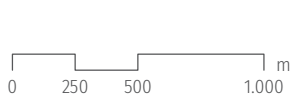
Sistema viário estrutural

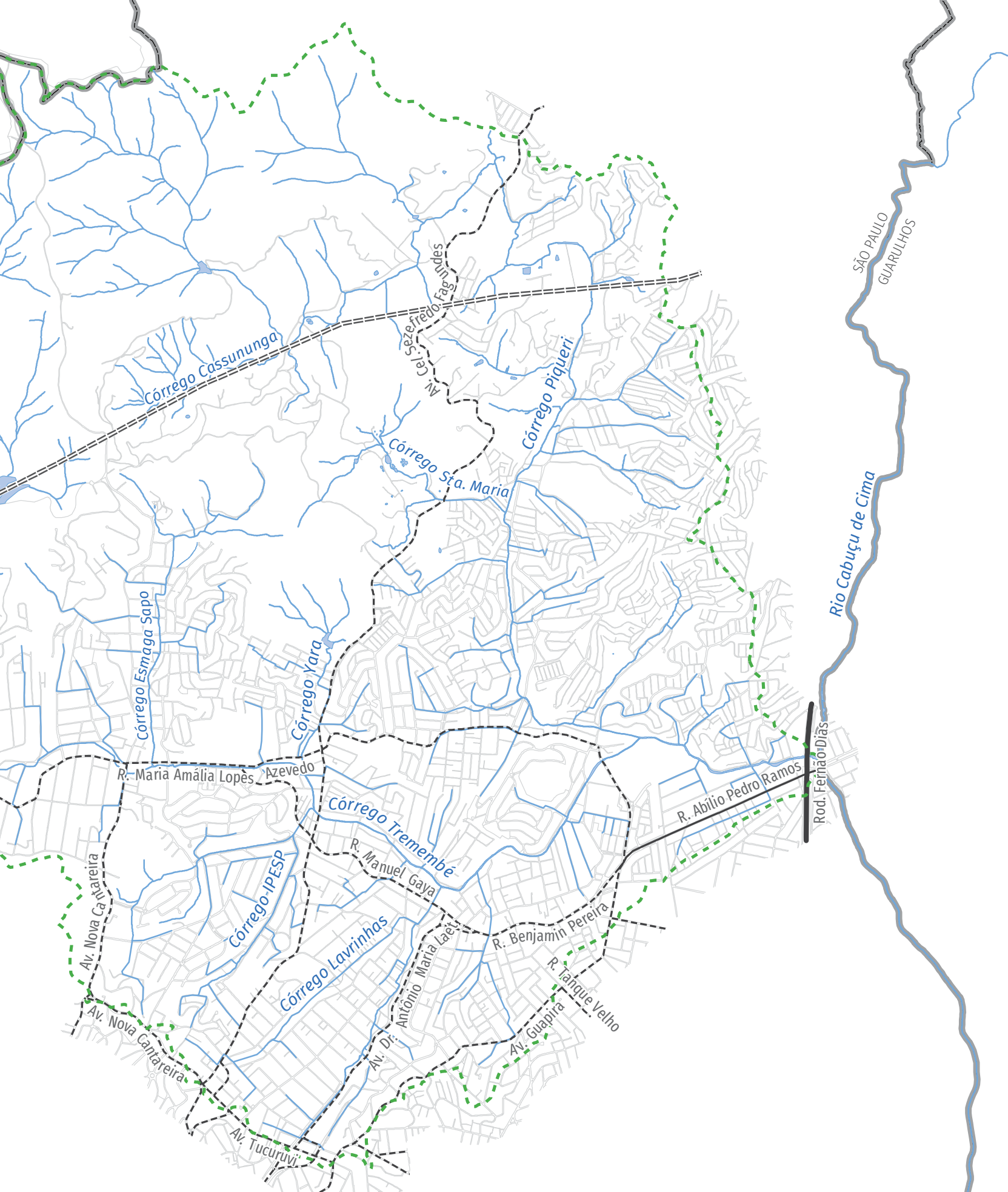
-  N1
-  N2
-  N3



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)





Córrego Cassununga

Av. Cel. Severino Façendes

Córrego Sta. Maria

Córrego Piqueri

Córrego Esmaga Sapo

Córrego Yara

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Córrego Tremembé

R. Manuel Gaya

R. Abílio Pedro Ramos

Córrego IPESP

Córrego Lavrinhas

Av. Di. Antônio Maria Laet

R. Benjamin Pereira

R. Tanguê Velho

Av. Nova Cantareira

Av. Nova Catatereira

Av. Tucuruvi

Av. Guapira

Rod. Fernão Dias

Rio Cabuçu de Cima

SÃO PAULO
GUARULHOS

Critérios para o estudo

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

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

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

Na hidrologia urbana, é fundamental conhecer detalhadamente as características da ocupação da bacia hidrográfica, pois isso influi diretamente nas taxas de infiltração, que resultam na chuva excedente, que, por sua vez, produz a onda de cheia. Além disso, as características fisiográficas da bacia, como área drenada, declividade, forma e o grau de intervenções no sistema de drenagem natural, canais, galerias, reservatórios de detenção etc., determinam a velocidade com que a água 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 Tremembé, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica, e pelo cálculo das chuvas de projeto. Para a obtenção dos hidrogramas de projeto, foram analisados os parâmetros do escoamento superficial por sub-bacia de drenagem, tais como a impermeabilização atual e a impermeabilização máxima permitida segundo a atual LPUOS.

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

3.1 CHUVA DE PROJETO

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

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

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

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

As chuvas intensas para a região da bacia do córrego Tremembé foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 3.1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)¹¹.

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

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

(Equação 3.1)

válida para $10 \leq t \leq 1440$ 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 3 horas.

Desse modo, foram calculadas as precipitações para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 3 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)¹², 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)¹³, em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação

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

13. 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	7,6	10,4	12,3	14,6	18,0
20	9,5	12,9	15,1	18,0	22,2
30	8,0	10,9	12,9	15,3	18,9
40	7,1	9,7	11,4	13,6	16,8
50	5,2	7,1	8,3	9,9	12,3
60	3,9	5,4	6,3	7,5	9,2
70	3,1	4,3	5,0	6,0	7,4
80	2,6	3,5	4,1	4,9	6,0
90	1,9	2,6	3,1	3,6	4,5
100	1,4	1,9	2,3	2,7	3,4
110	1,1	1,4	1,7	2,0	2,5
120	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6
130	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1
140	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
150	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
160	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Precipitação total acumulada	53,1	72,3	85,1	101,1	124,9

é classificada em quartis e determina-se, para cada quartil, as curvas de probabilidade de excedência da precipitação sobre uma precipitação adimensional.

Devido ao comportamento estocástico da precipitação, levanta-se a hipótese de que a distribuição temporal típica deve ter dependência com a região e/ou o clima local, gênese do processo ou mesmo sazonalidade. Dessa maneira, realizou-se um extenso estudo para a determinação da distribuição temporal típica da precipitação no Município de São Paulo, que foi dividido em cinco

regiões, de acordo com os grandes setores hídricos: Tietê – Norte; Tietê – Leste; Tietê – Centro; Pinheiros; e mananciais e áreas de proteção. Para cada uma das áreas de interesse, foram utilizados os postos telemétricos nos respectivos domínios. A **TABELA 3.2** mostra a quantidade de postos analisados para cada um dos setores.

A determinação das distribuições foi efetuada em quatro etapas: separação de eventos; classificação de eventos quanto à duração; cálculo das porcentagens de cada passo de tempo; e cálculo das médias de

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	

porcentagens para cada passo de tempo. Tratando-se da bacia em estudo, localizada no setor hídrico Tietê – Norte, foram analisados 837 eventos com duração entre 2 e 3 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.

3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, a bacia do córrego Tremembé foi dividida em 27 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

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

TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias

Sub-bacia	Área (km ²)	Declividade média do talvegue (%)	Comprimento do talvegue (m)	Sub-bacia	Área (km ²)	Declividade média do talvegue (%)	Comprimento do talvegue (m)
TMB-01	4,8	3,7	3.800	TMB-15	0,2	1,4	243
TMB-02	0,4	2,4	1.040	TMB-16	1,8	1,6	1.700
TMB-03	0,2	1,7	100	TMB-17	0,5	1,3	774
TMB-04	0,7	1,9	1.260	TMB-18	1,0	1,6	2.000
TMB-05	0,3	1,8	389	TMB-19	0,9	1,6	2.000
TMB-06	0,2	1,6	631	TMB-20	0,2	2,3	188
TMB-07	0,5	1,5	1.050	TMB-21	2,0	1,1	1.815
TMB-08	0,2	1,7	580	TMB-22	12,5	2,9	8.324
TMB-09	0,9	1,9	706	TMB-23	0,6	1,5	1.150
TMB-10	0,5	2,1	504	TMB-24	0,3	2,0	539
TMB-11	0,3	1,9	796	TMB-25	0,8	2,9	1.399
TMB-12	2,2	2,8	2.200	TMB-26	0,1	2,3	356
TMB-13	0,6	1,8	1.170	TMB-27	1,0	1,6	1.270
TMB-14	0,9	2,3	1.200				

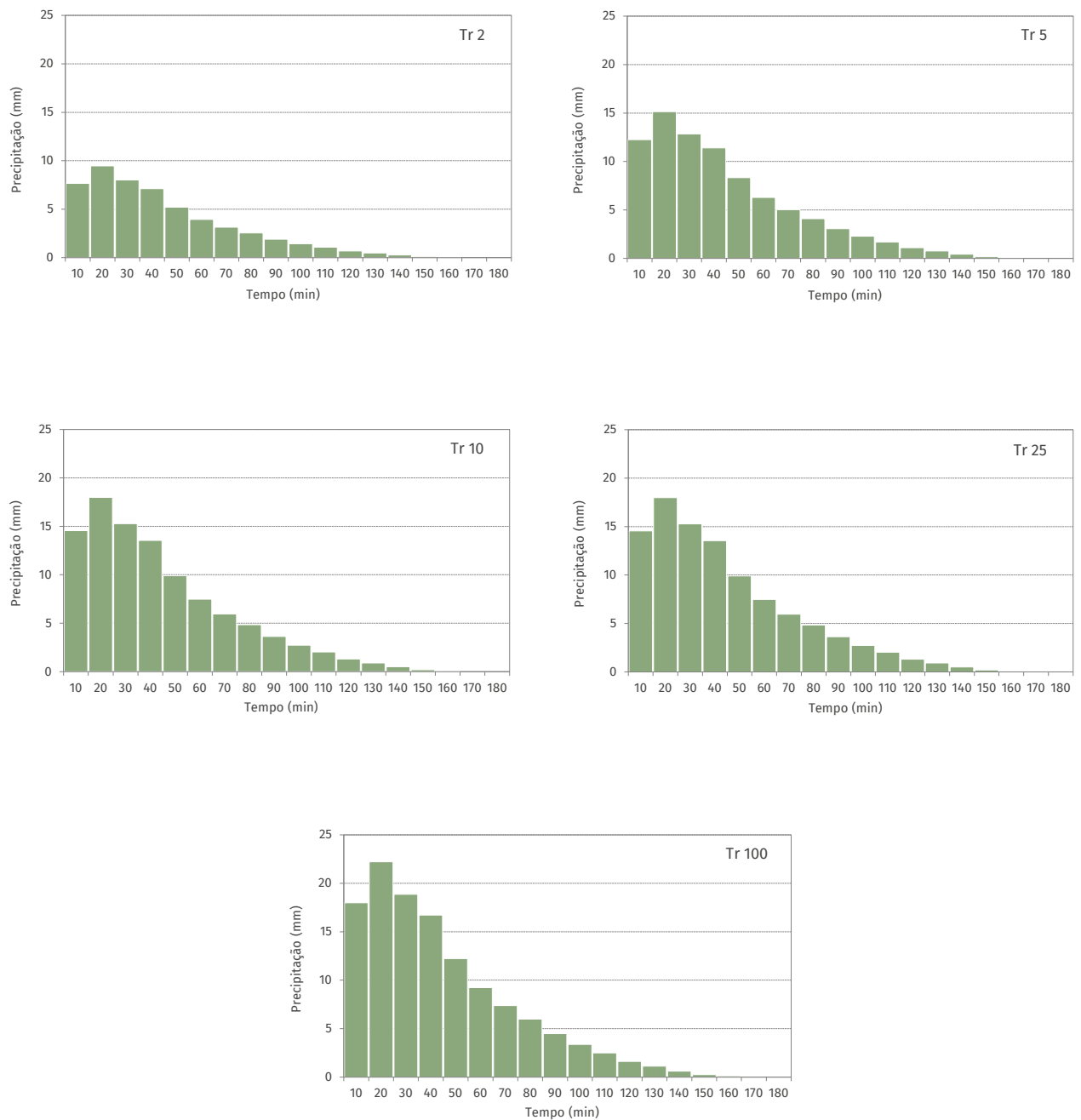




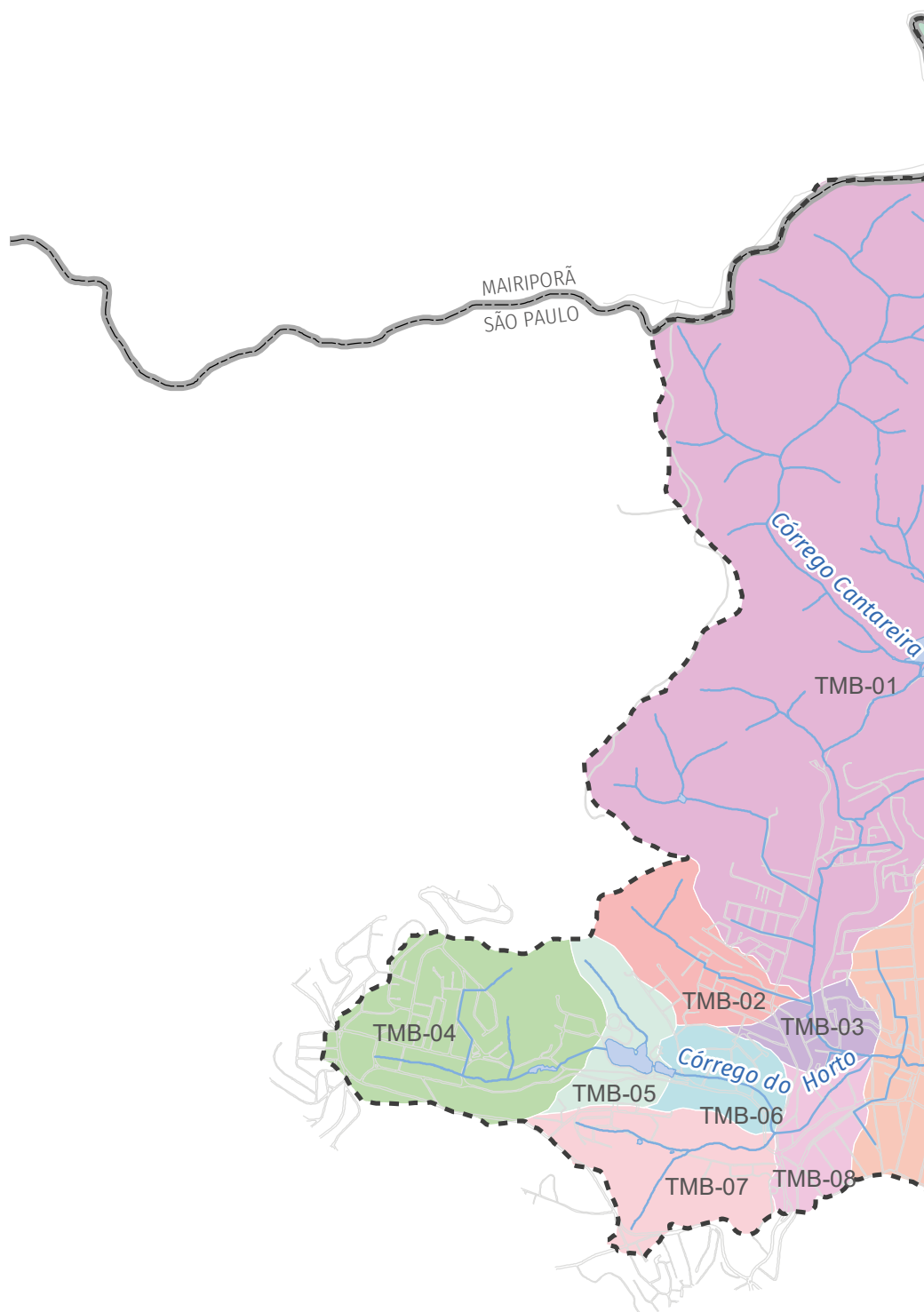


FIGURA 3.1 Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos

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

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal



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

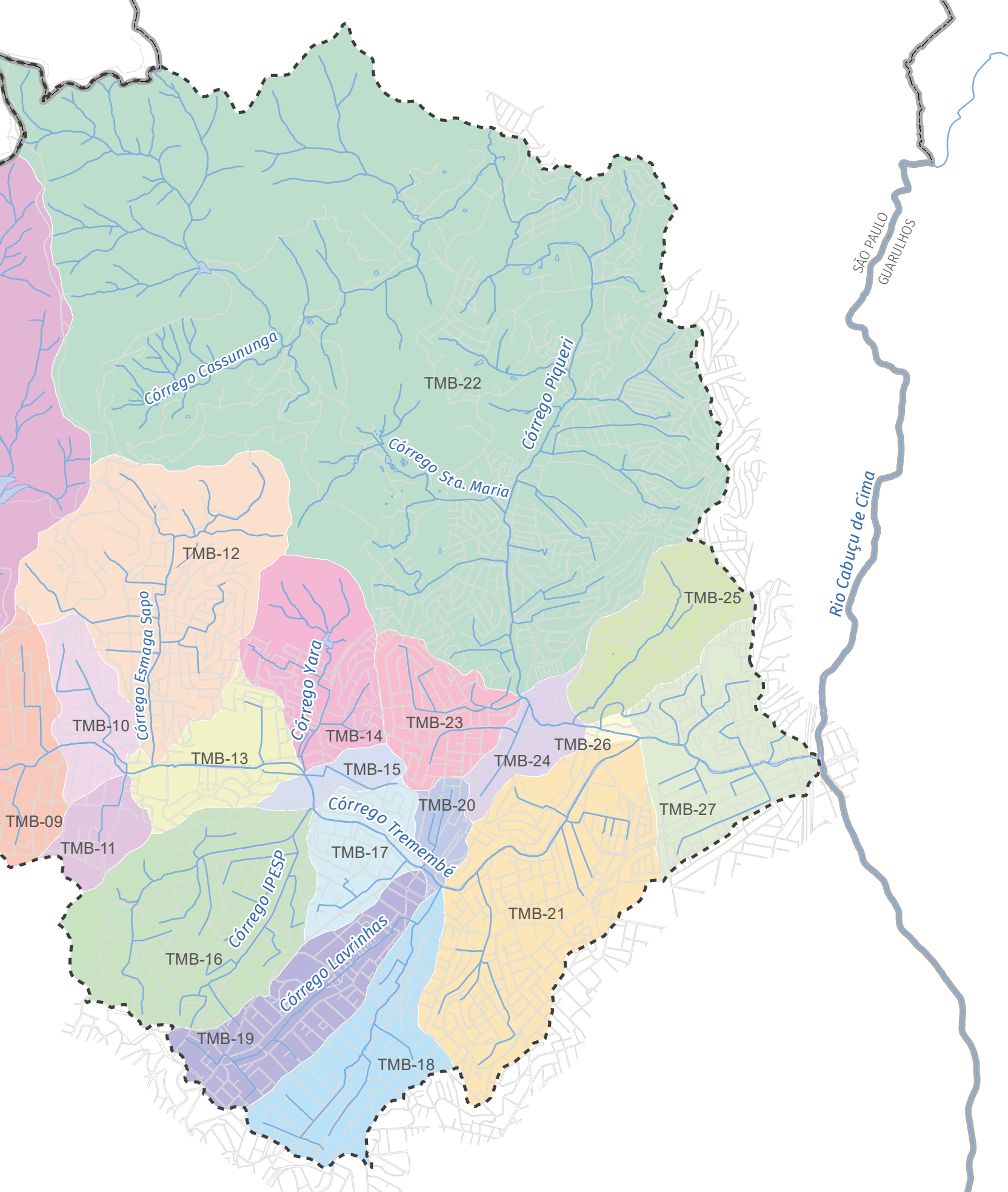
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e FCTH (2022)



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica

0 250 500 1.000 m





3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo¹⁴. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado nessa bacia.

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

A impermeabilização resultante para cada tipologia de uso do solo na bacia do córrego Tremembé, por sua vez, 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
Comércio e serviços	84,5
Equipamento urbano	65,9
Indústria e armazém	80,5
Residencial horizontal baixo padrão	77,3
Residencial horizontal médio alto padrão	81,3
Residencial vertical baixo padrão	70,5
Residencial vertical médio alto padrão	77,1
Espaços abertos	20,7
Mata	15,0

Assim, os valores de impermeabilização atual da bacia do Tremembé 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.

¹⁴. Como base dessa análise, foram utilizadas as ortofotos de alta resolução do Mapa Digital da Cidade (2017).

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

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

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

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

No total das 27 sub-bacias, 5 delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior que a máxima permitida, e as demais estão com valores iguais ou muito próximos do valor máximo permitido por lei.

Quando analisado o valor médio de área impermeável existente, observa-se que a variação possível entre os valores atuais e permitidos é significativa. A impermeabilização atual é de 56,2%, e a permitida, de 67,4%. Analisando esse resultado hidrologicamente, tem-se que os valores estimados podem produzir alterações significativas nos hidrogramas.

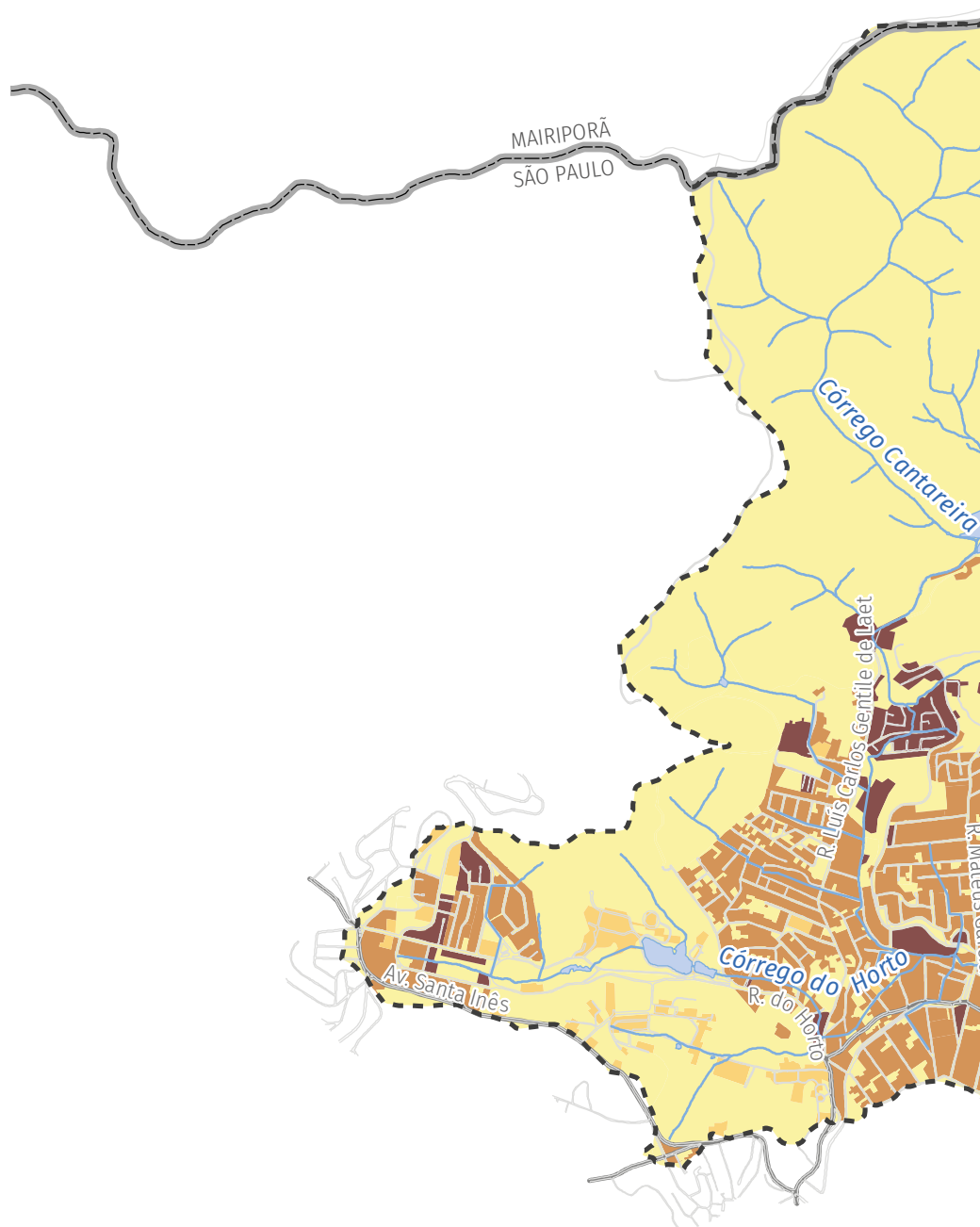
FIGURA 3.3 Impermeabilização atual da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Área impermeável atual (%)

- 0 – 35
- 36 – 75
- 76 – 85
- 86 – 100



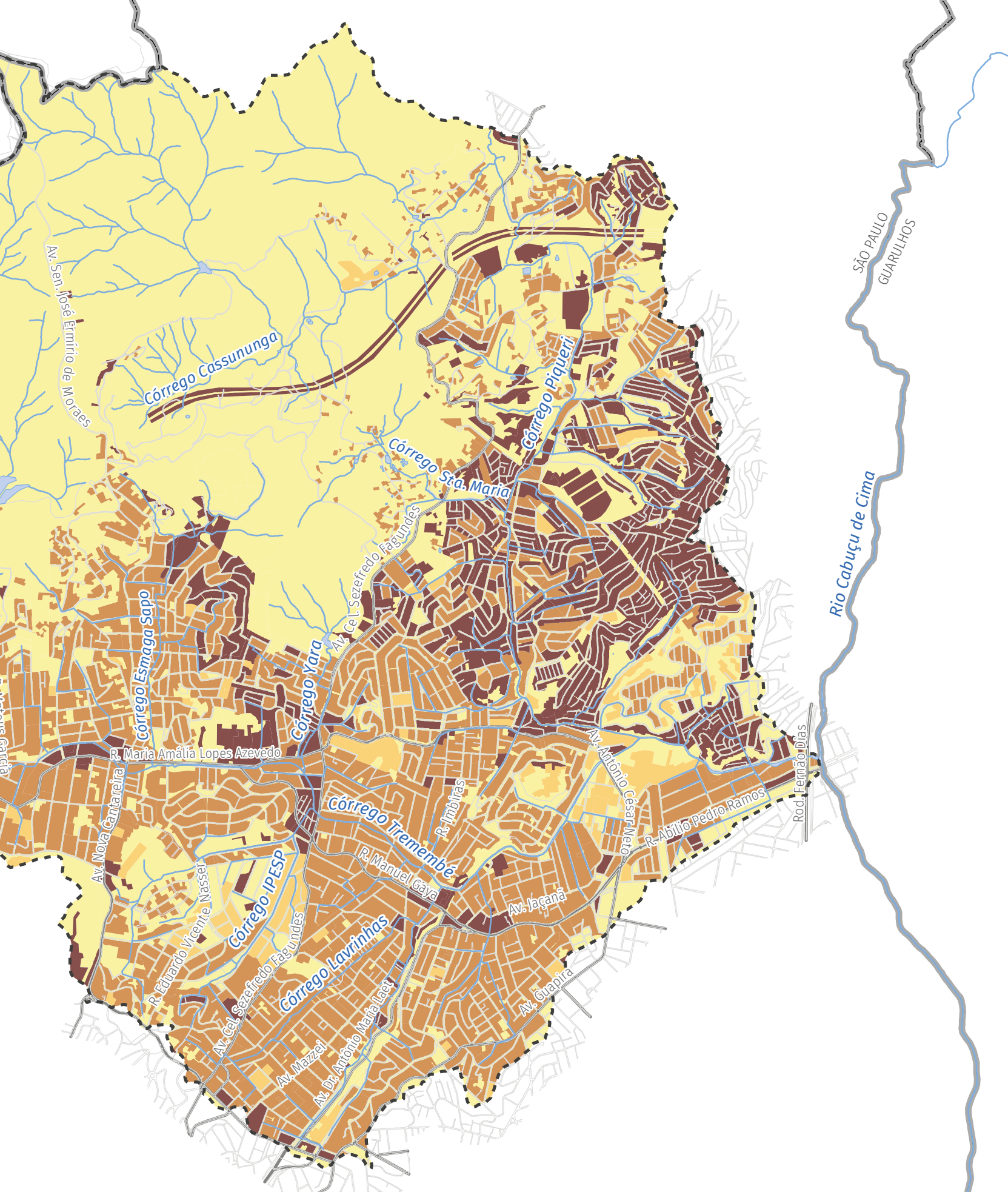
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Av. Sen. José Ermirino de Moraes

Córrego Cassununga

Córrego Esmaga Sapo

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Vicente Nasser

Córrego IPESP

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Córrego Lavrinhas

Av. Marzell

Av. Dr. Antônio Maria Laet

Córrego Sta. Maria

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Córrego Yara

Córrego Tremembé

R. Manuel Gaya

R. Imbiras

Av. Jaçanã

Av. Guapira

Córrego Piqueri

Av. Antônio César Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fermão Dias

SÃO PAULO
GUARULHOS

Rio Cabuçu de Cima

FIGURA 3.4 Impermeabilização máxima permitida da bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Área impermeável máxima permitida por lei (%)

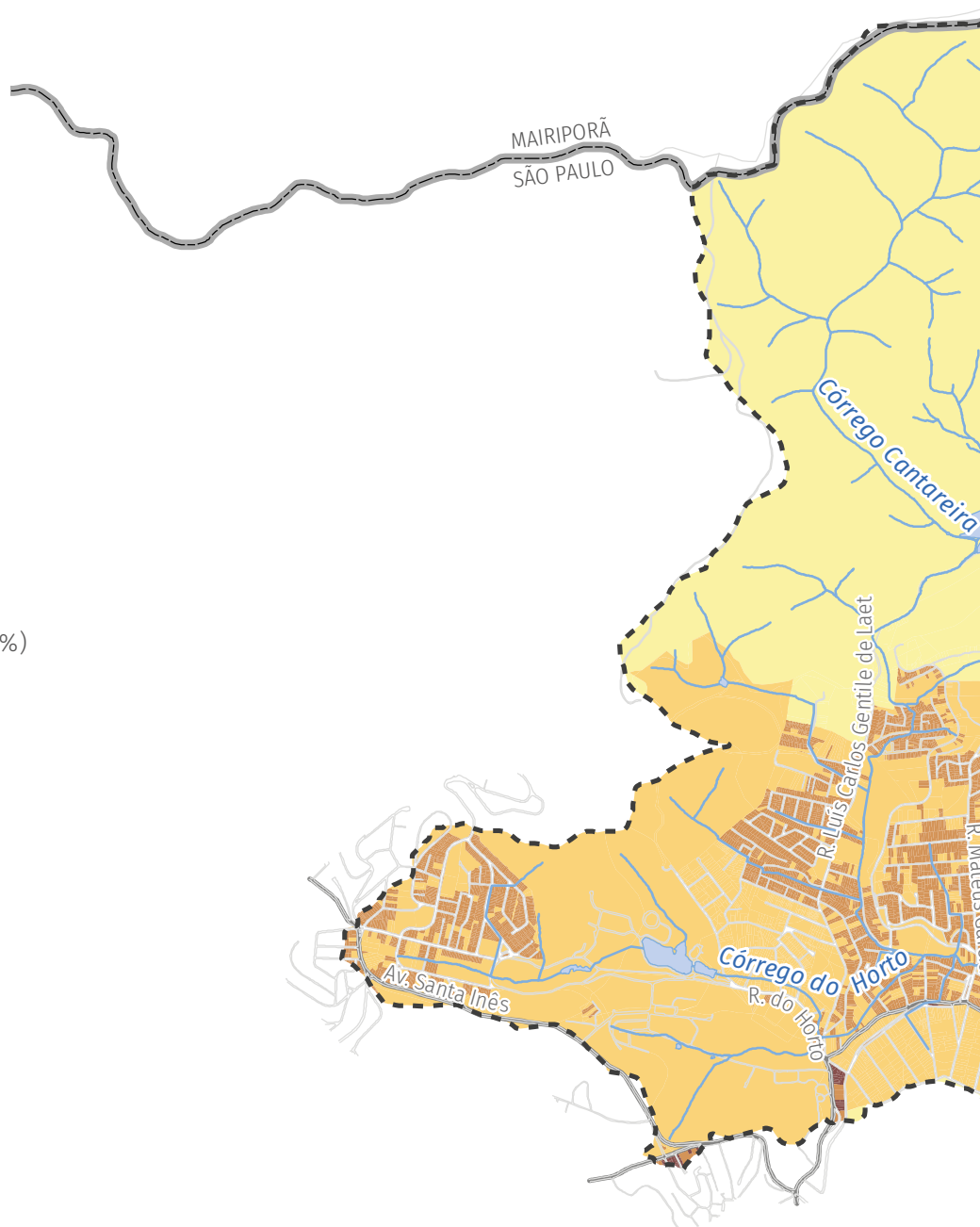
- 0 – 35
- 36 – 75
- 76 – 85
- 86 – 100

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

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



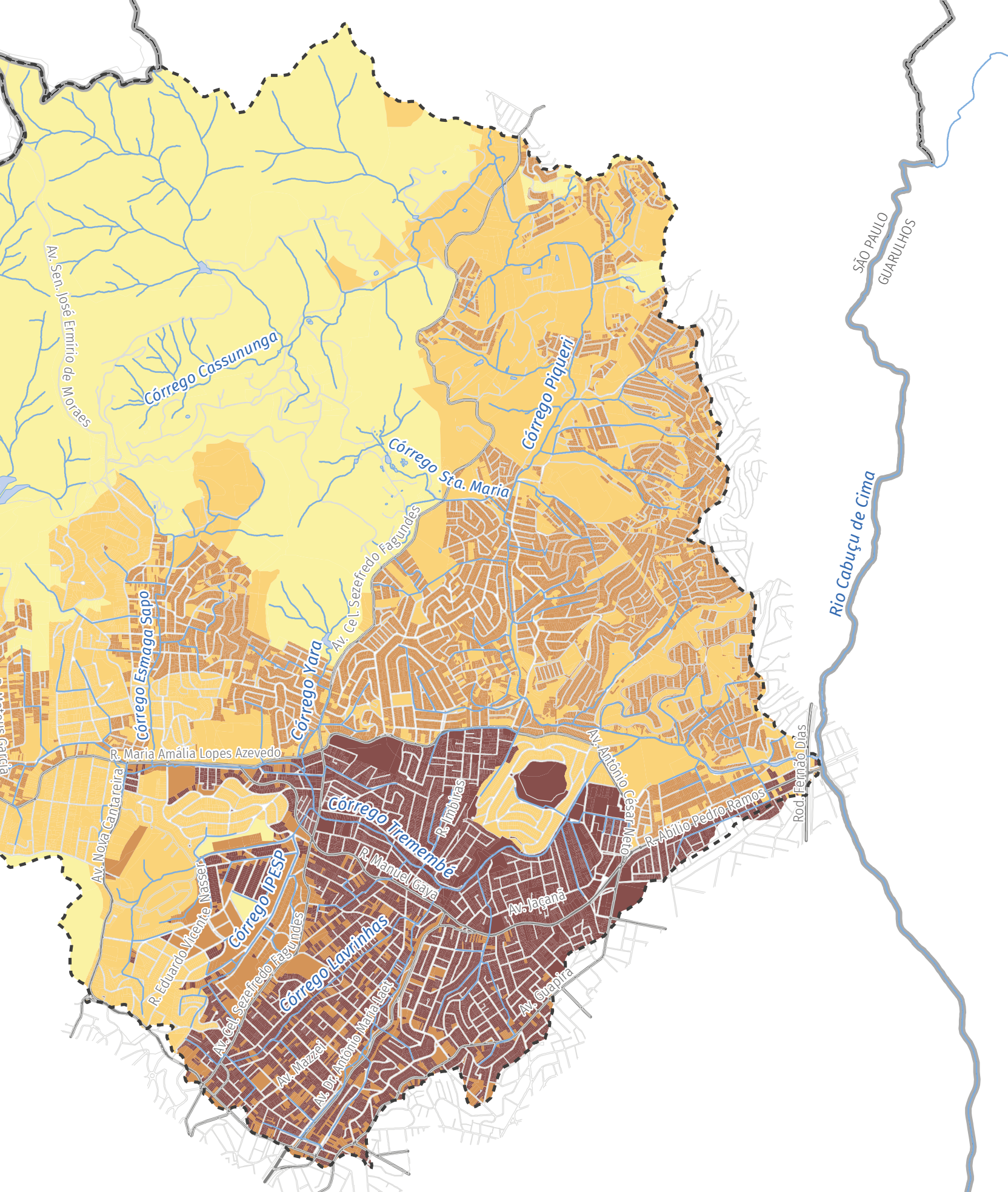


TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei

Sub-bacia	Área impermeável (%)		Sub-bacia	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
TMB-01	22,2	24,0	TMB-15	78,9	87,2
TMB-02	48,1	73,4	TMB-16	62,7	71,7
TMB-03	76,7	77,5	TMB-17	82,8	88,0
TMB-04	51,0	75,4	TMB-18	77,9	85,3
TMB-05	31,3	70,5	TMB-19	79,9	84,7
TMB-06	57,7	72,0	TMB-20	80,3	89,7
TMB-07	28,7	70,6	TMB-21	75,9	85,1
TMB-08	70,5	74,3	TMB-22	37,5	37,5
TMB-09	74,5	74,5	TMB-23	80,8	83,3
TMB-10	74,9	74,9	TMB-24	73,3	79,5
TMB-11	65,9	65,9	TMB-25	69,7	78,1
TMB-12	55,6	58,0	TMB-26	62,7	76,1
TMB-13	73,2	76,9	TMB-27	70,3	79,6
TMB-14	56,2	56,2	Média	56,2	67,4

Mapeamento de áreas críticas

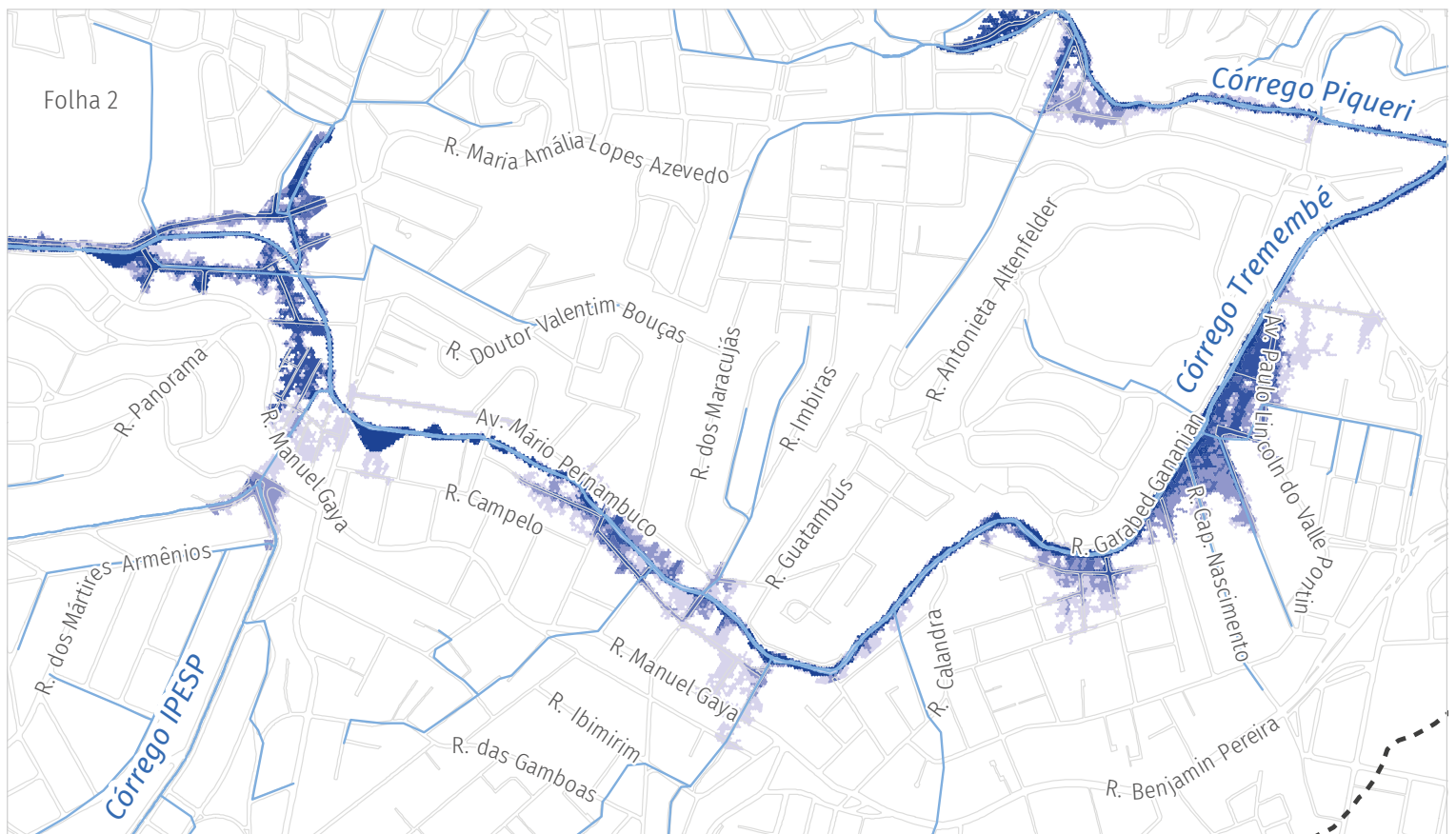
Como metodologia para auxiliar a tomada de decisão quanto às ações prioritárias no controle de cheias no Município de São Paulo, foi produzido o mapa de áreas críticas. Esse mapa considera as áreas inundáveis associadas ao risco hidrológico, o risco de inundação, o sistema viário estrutural e o uso do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

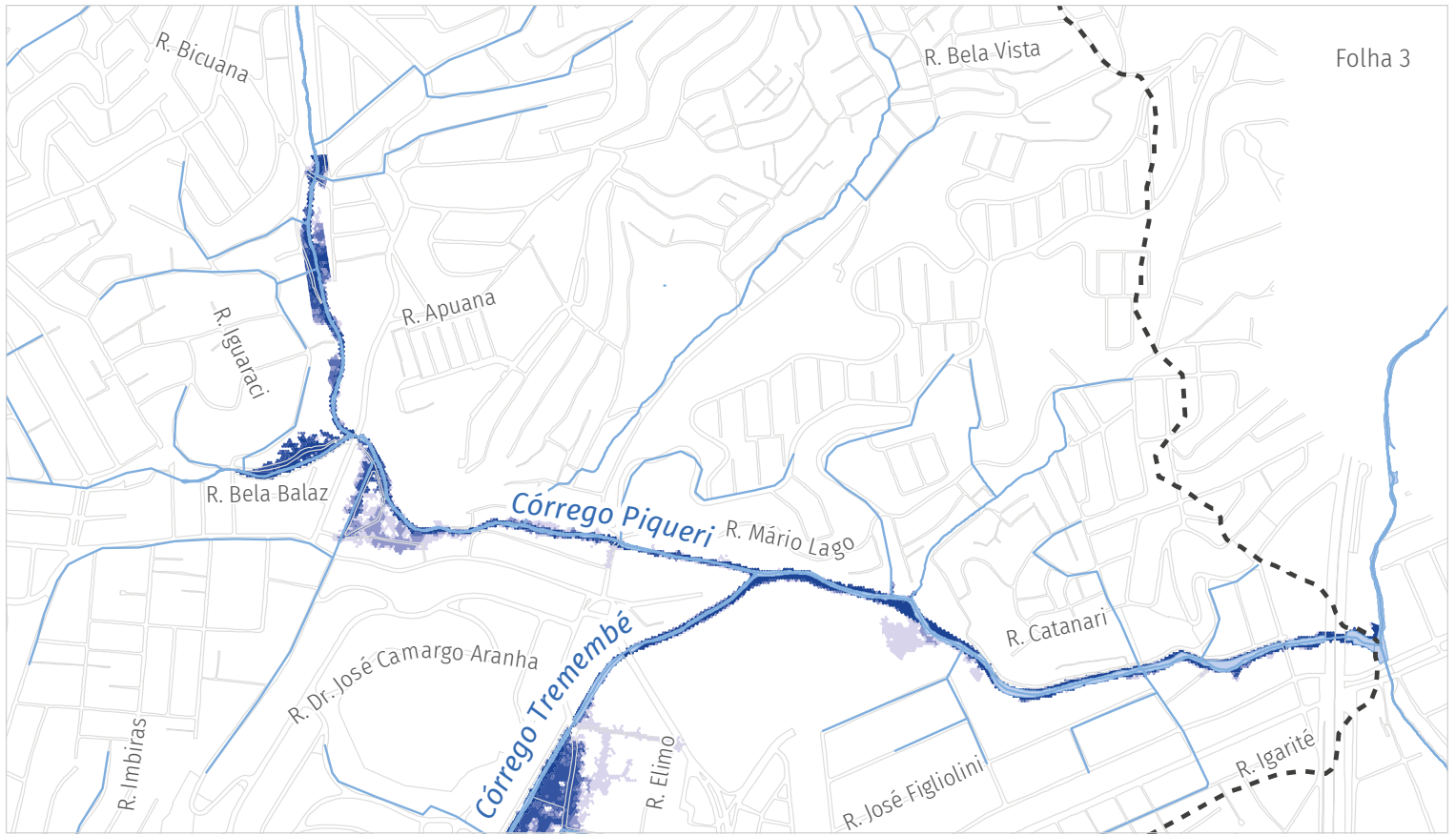
4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

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

A regulamentação do uso das áreas inundáveis, conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo, componente do Plano Diretor de Drenagem (PDD), pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico. Esse zoneamento permite o estabelecimento de regras para

FIGURA 4.1 Mapeamento das áreas inundáveis na bacia do córrego Tremembé














Folha 3



Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Folha de referência

TR (anos)

-  2
-  5
-  10
-  25
-  100

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

4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis da bacia próximas aos córregos. Dentre essas áreas, foram considerados os equipamentos urbanos vulneráveis, cortiços e favelas, o sistema viário estrutural (**FIGURA 2.40**) e as áreas de risco de inundação.

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

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

4.2.1 RISCO DE INUNDAÇÃO

O conceito de risco é variável em função do contexto em que ele é aplicado, porém, está associado às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Podemos definir o risco como a probabilidade de ocorrer danos ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004¹⁵).

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

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

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

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

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

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

TABELA 4.1 Graus de risco de inundação		
Grau de risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	33
Médio	0,002 – 0,01	27
Alto	0,01 – 0,04	26
Muito alto	0,04 – 1	14

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

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

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

Por fim, 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

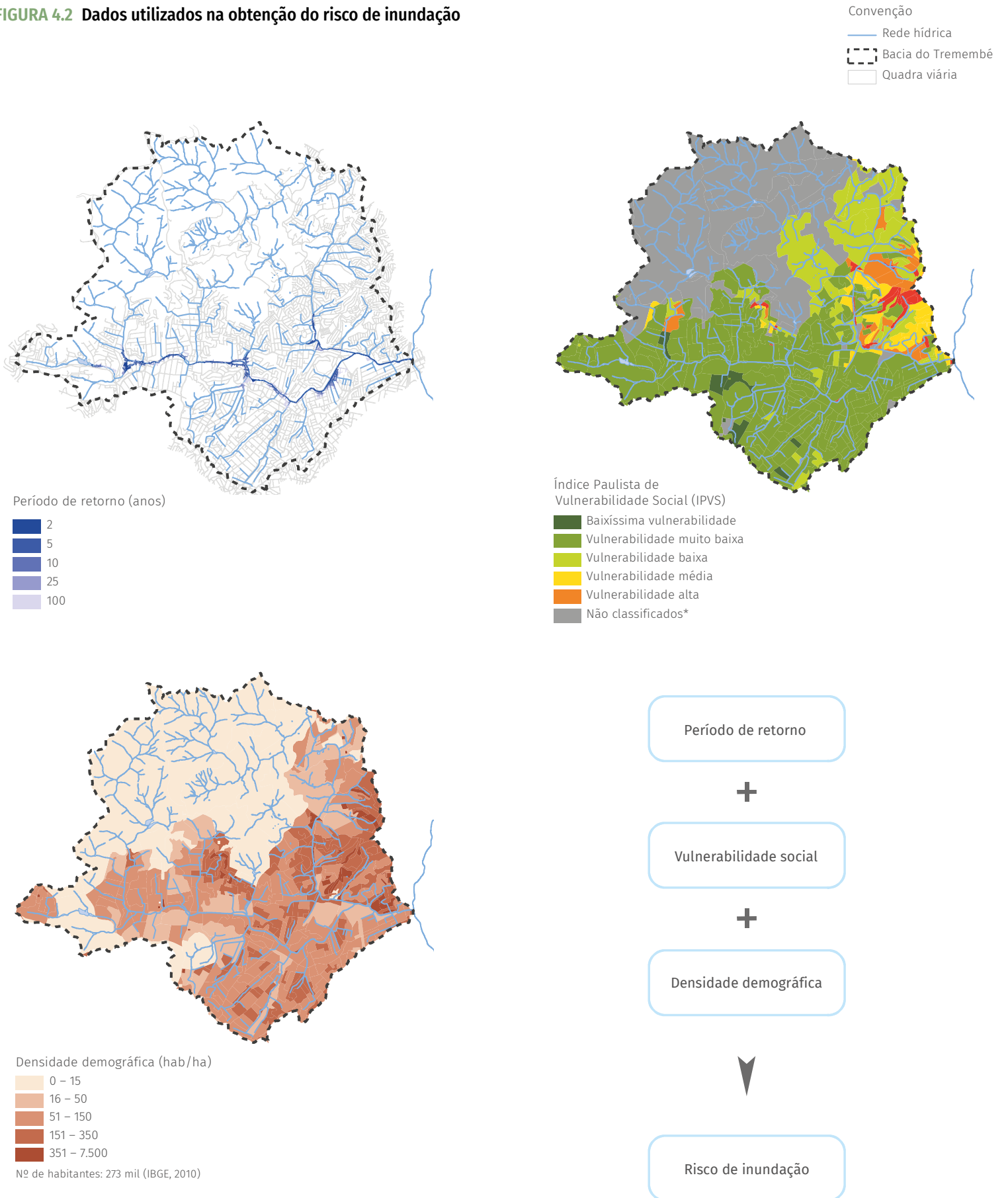
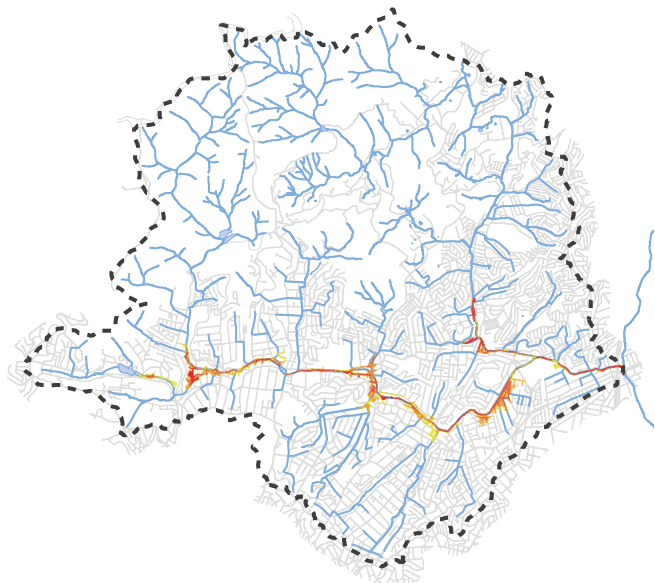


FIGURA 4.3 Dados utilizados na obtenção das áreas críticas

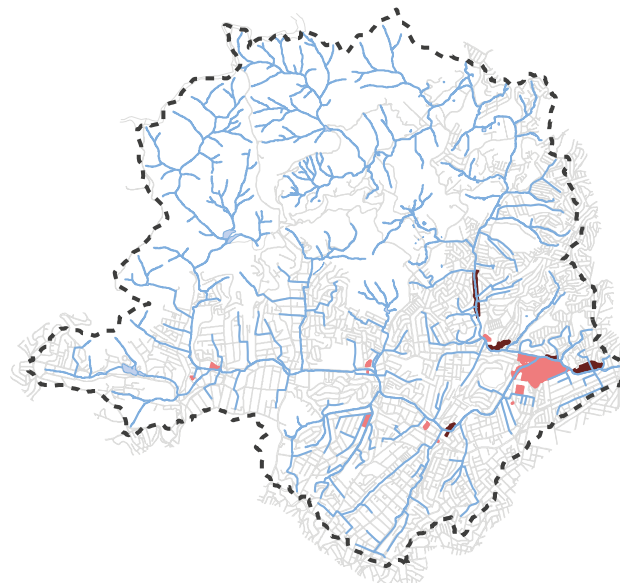
Convenção

- Rede hídrica
- - - - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária

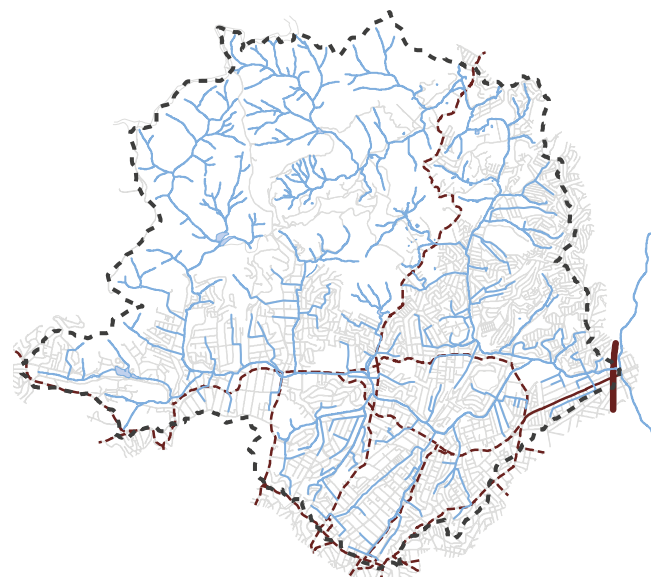


Risco de inundação

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto



- Equipamento urbano vulnerável
- Favela



Sistema viário estrutural

- N1
- N2
- - - - - N3

Risco de inundação

+

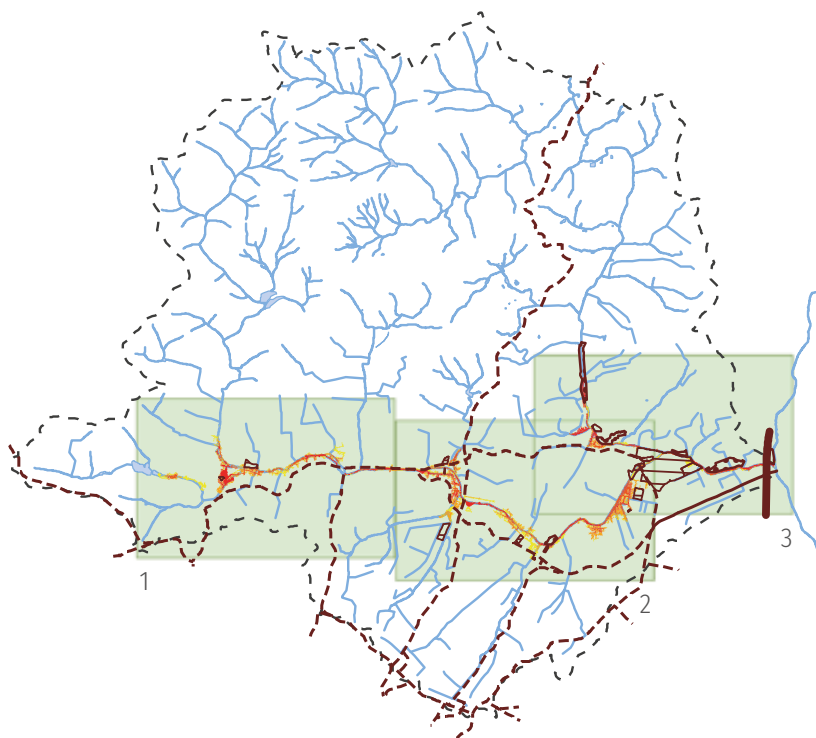
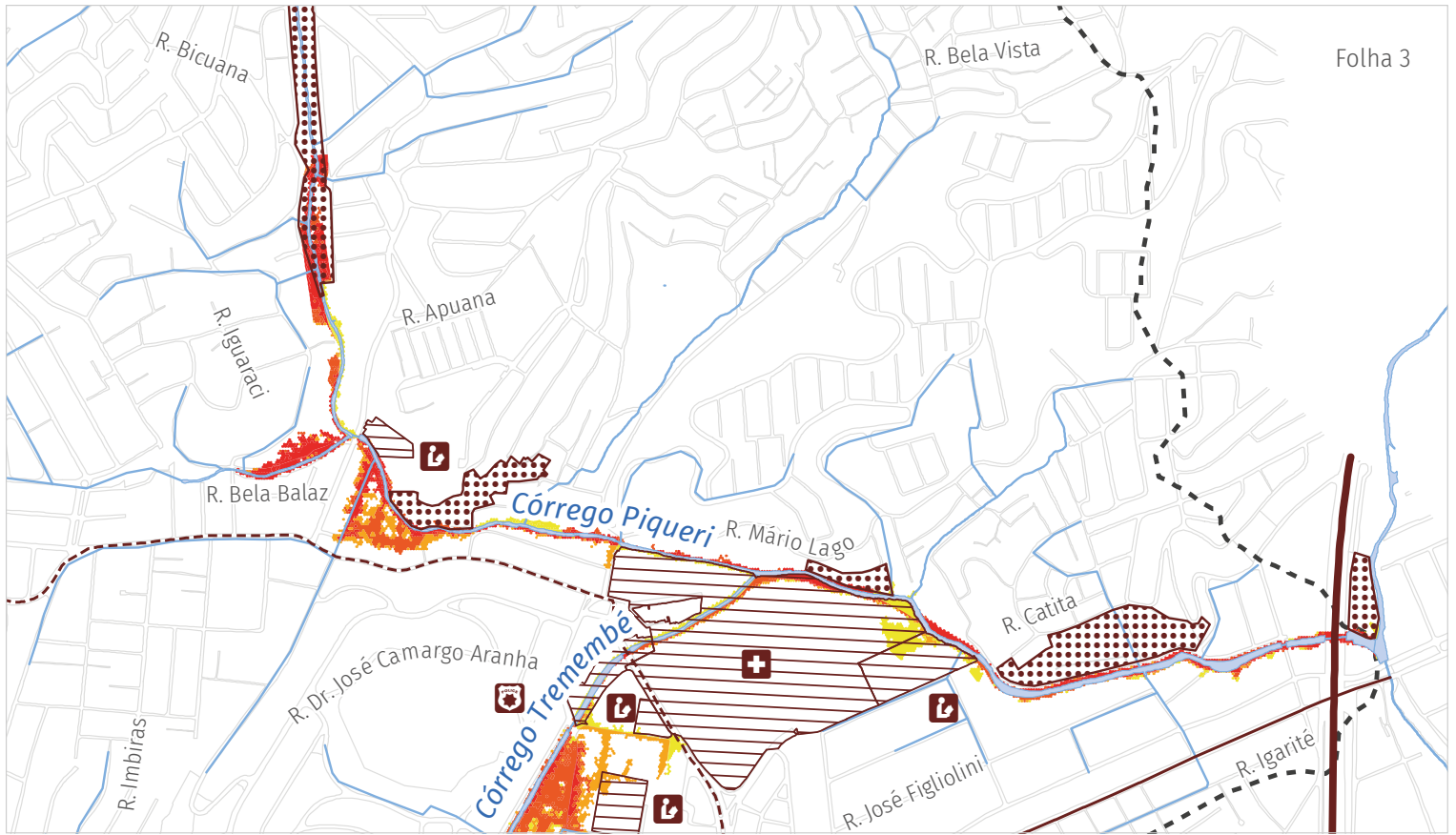
Equipamento urbano vulnerável
e favela

+

Sistema viário estrutural



Áreas críticas



Convenção

- Rede hídrica
- Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- Folha de referência
- Favela
- Equipamento urbano vulnerável
- Unidade de ensino
- Serviços de saúde
- Segurança pública
- Áreas críticas**
- Risco de inundação (classificação)**
 - Baixo
 - Médio
 - Alto
 - Muito alto
- Sistema viário estrutural**
 - N1
 - N2
 - N3

Estudos e projetos existentes para a bacia

O sistema de macrodrenagem na bacia do córrego Tremembé vem sendo desenvolvido ao longo dos anos pelo interesse em reduzir os impactos das inundações nos fundos de vale, nos lotes vizinhos ao córrego, nos locais de grande importância, nos espaços urbanos bastante frequentados pela população e nas vias de tráfego intenso, essenciais para o transporte e o deslocamento de veículos e pessoas.

Os projetos para o controle de cheias existentes nessa bacia têm como principal objetivo a proteção das áreas inundáveis dos principais córregos da bacia, a saber: trecho junto à confluência dos córregos do Horto e Cantareira, nas proximidades do cruzamento entre as ruas Francisco Inglês e Vilarinhos; ao longo da Rua Antônio Tornelli e das ruas Muniz Freire e Icamaguã; trecho logo após a confluência dos córregos do Horto e Cantareira pelas ruas Japiuba e Manoel Muniz dos Anjos, e ao longo das ruas Amina Miraglia, Raul de Morais Vitor e Conchilia; ao longo da Rua Maria Amália Lopes Azevedo e pela Rua Bernardino d'Áuria e imediações das ruas Florinda Barbosa e José Buono, onde se situa o corpo principal do canal do córrego Tremembé; e o trecho do córrego Piqueri que vai da

Estrada de Furnas até a confluência com o córrego Tremembé.

Os estudos existentes foram desenvolvidos em 2012 pela Drenatec e disponibilizados pela SIURB. Neles, consta a construção de 6 reservatórios, sendo 4 em configuração *off line* e 2 em configuração *in line*, além da canalização de 7 trechos do canal principal do córrego Tremembé. Foram desenvolvidos projetos para 3 dos reservatórios: R1, R3 e R5 – cujas obras foram executadas no período 2019-2020. Todas as propostas e suas dimensões são elencadas a seguir.

- **Reservatório R1** – Com volume proposto de 15.000 m³, configura o lago de montante do Horto Florestal e aproveita o volume desse lago a partir da construção de estruturas de vertimento para o controle das vazões, sendo possível represar, assim, 15.000 m³ de água da chuva em sua estrutura. O reservatório já está construído.



FIGURA 5.1 Projeto do reservatório R1 (adaptado de Drenatec)

- **Reservatório R2** – Com volume proposto de 20.000 m³, estaria localizado no córrego Cantareira, na Rua São Cleto, dentro do terreno de um asilo. Ele foi proposto em formato *off line*.



FIGURA 5.2 Local proposto para o reservatório R2 (adaptado de Drenatec)

- **Reservatório R3** – Com volume proposto de 18.000 m³, está localizado na confluência do córrego Esmaga Sapo com o canal principal do córrego Tremembé, na altura da Avenida Maria Amália Lopes de Azevedo. É *in-line* e com duas células, conseguindo reservar um volume total de 18.000 m³, com o auxílio de uma restrição de seção a jusante. O reservatório já está construído.



FIGURA 5.3 Projeto do reservatório R3 (adaptado de Drenatec)

- **Reservatório R4** – Com volume proposto de 15.000 m³, sua construção é prevista na Rua Manuel Gaya, sob o estacionamento de uma loja de materiais de construção. Ele se configura por um reservatório *off line* do córrego IPESP, antes de sua confluência com o córrego Tremembé.



FIGURA 5.4 Local proposto para o reservatório R4 (adaptado de Drenatec)

- **Reservatório R5** – Com volume proposto de 12.000 m³, está localizado na Rua Florinda Barbosa e conta com esgotamento por gravidade. O reservatório já está construído.



FIGURA 5.5 Projeto do reservatório R5 (adaptado de Drenatec)

- **Reservatório R6** – Com volume proposto de 51.000 m³, foi pensado para estar situado na Rua Ushikichi Kamiya, aproveitando um terreno previamente desocupado. Seria *off line* e com esgotamento por gravidade.
- Trecho 1 de canalização entre a Rua Francisco Inglês e o córrego do Horto – 513 m;
- Trecho 2 de canalização entre o córrego do Horto e a Rua Almeida Mercês – 163 m;
- Trecho 3 de canalização entre a Rua Almeida Mercês e a Rua Manuel M. Pontes – 456 m;
- Trecho 4 de canalização entre a Rua Manuel M. Pontes e a Rua Pedro – 107 m;
- Trecho 5 de canalização entre a Rua Pedro e a Avenida Nova Cantareira – 383 m;
- Trecho 6 de canalização entre a Avenida Nova Cantareira e o córrego Esmaga Sapo – 141 m;
- Trecho 7 de canalização entre a Avenida Sezefredo Fagundes e a Rua Imbiras – 781 m (executado).



FIGURA 5.6 Local proposto para o reservatório R6 (adaptado de Drenatec)

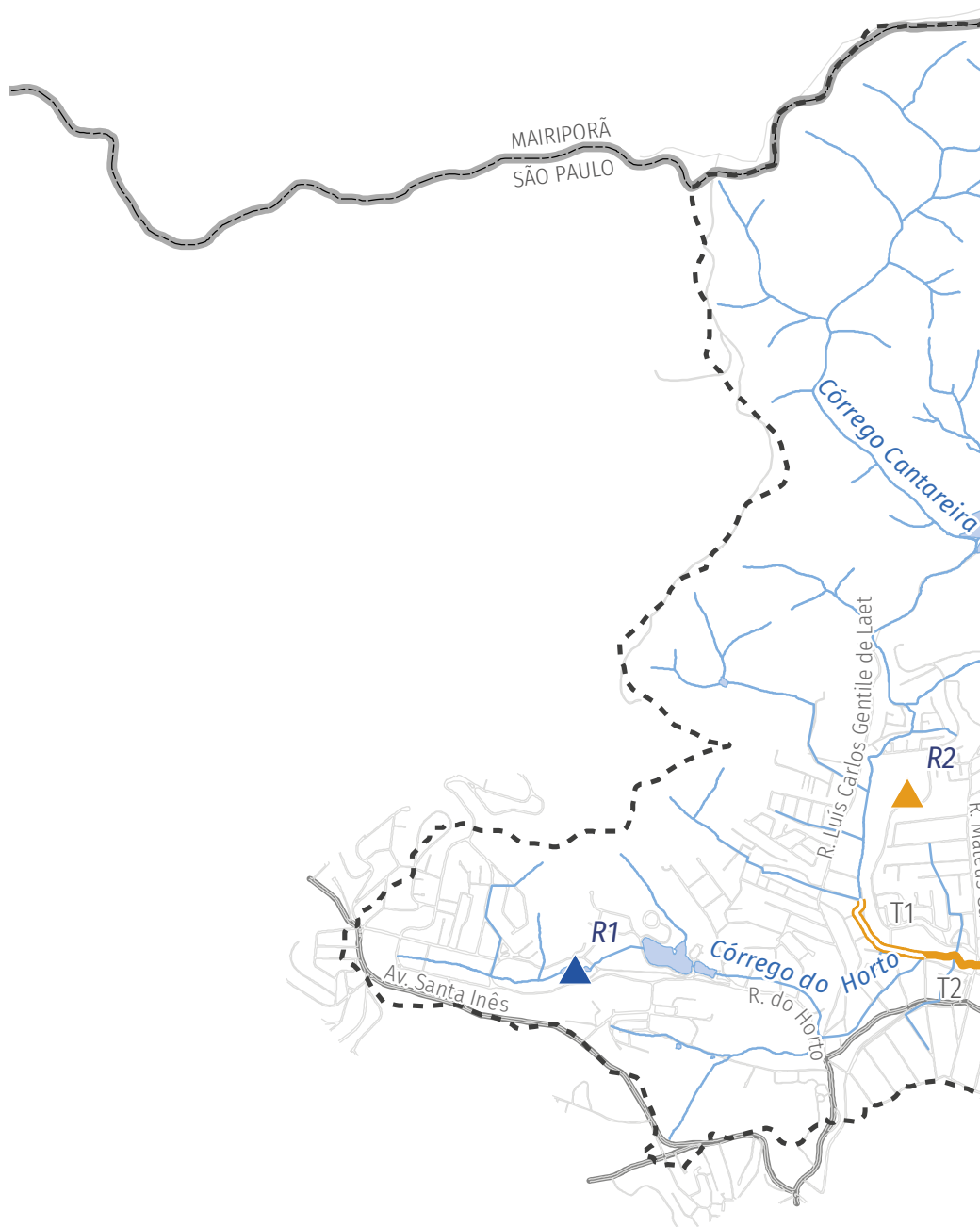
FIGURA 5.7 Estudos e projetos existentes na bacia do córrego Tremembé

Convenção

- Rede hídrica
- - - Bacia do Tremembé
- Quadra viária
- ▭ Limite municipal

Projetos existentes

- ▲ Reservatório proposto (já executado)
- ▲ Reservatório proposto
- ▬ Trecho de canalização



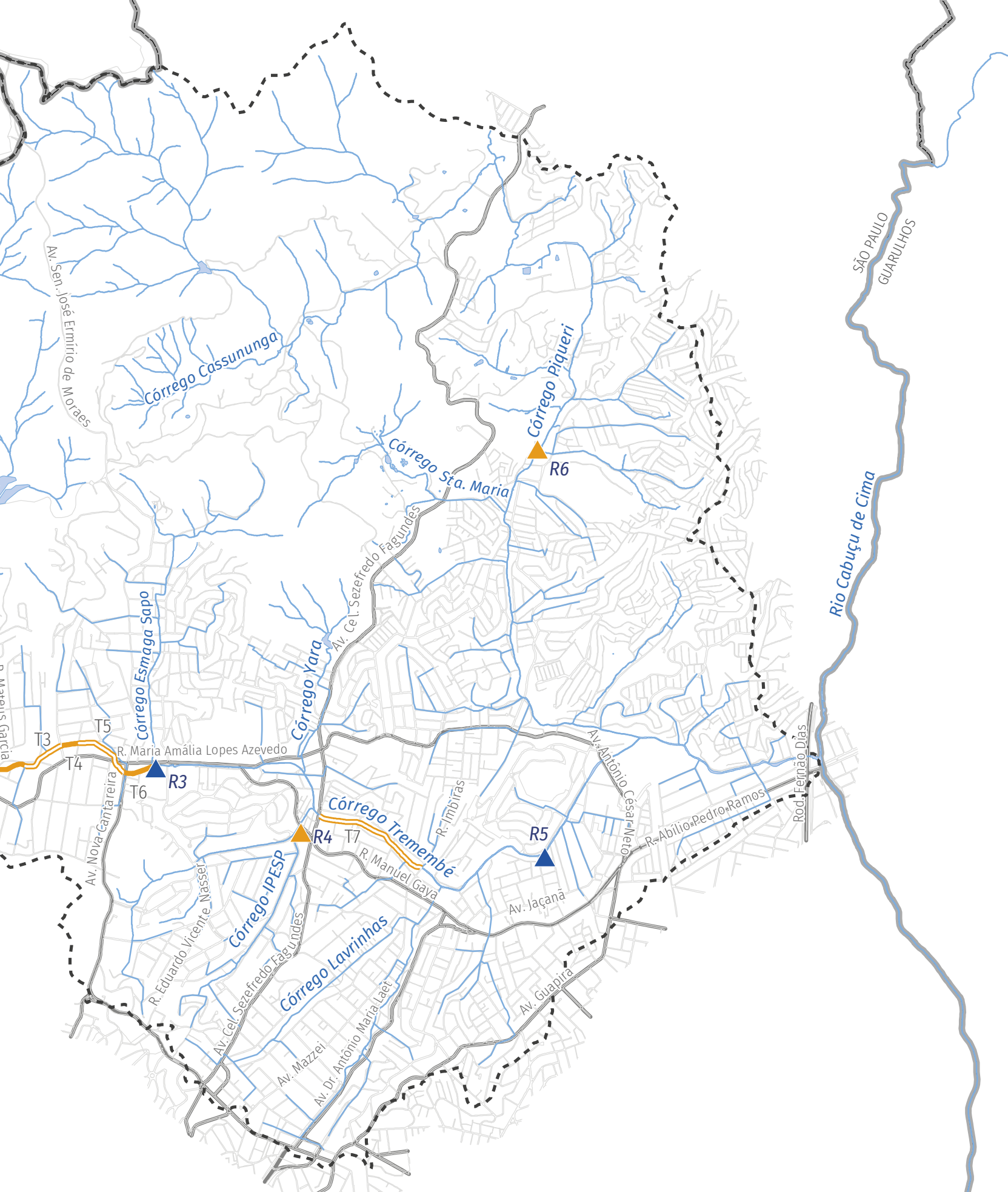
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2022),
Mapa Hidrográfico do Município (2022) e Drenatec (2002)



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





6

Alternativas propostas

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

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

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais situadas nos córregos da bacia do Tremembé. Essas ações estruturais propostas tiveram como premissa a possibilidade de serem intercambiáveis entre as alternativas aqui presentes, não restringindo sua aplicação a um único conjunto de ações.

Além de novas intervenções na bacia, foram estudadas as obras hidráulicas existentes, com o objetivo de avaliar seu desempenho hidráulico e propor melhorias, especialmente nos reservatórios implantados.

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 Tremembé, foi considerada a possibilidade de reservatórios de armazenamento abertos, pela redução dos custos de implantação e manutenção e pela possibilidade de integração com as estruturas urbanas existentes;
- Retenção em lago – implantação de sistema de controle de nível em lago composto por um vertedor com área restrita, para manutenção do nível de vazante, e um extravasor para vazões máximas. Desse modo, uma parcela da vazão de cheia fica retida no lago. O volume de retenção obtido corresponde à área do lago multiplicada pela diferença de altura entre o nível d'água mínimo, mantido pelo vertedor, e o nível d'água máximo, admitido pelo extravasor. Tal intervenção pode ser complementada pelo alteamento das margens do lago, como forma de aumentar o volume de reservação.
- Parques lineares com função de reservação – funcionam como reservatórios de armazenamento linear, no próprio

canal do córrego. A função de reservação é introduzida por meio de estruturas de restrição de seção ao longo do canal, dimensionadas para controlar o escoamento para jusante;

- Canalização – substitui trechos de canal existentes ou implanta um canal ao longo do trecho demarcado, com a função de aumentar a capacidade de escoamento da seção alterada.

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 quatro etapas de implantação: a primeira etapa é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em locais frequentemente afetados pelas cheias, ou naqueles caracterizados pelas áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana (**FIGURA 4.4**); a segunda etapa foi composta por obras que protejam a bacia para chuvas de Tr 10 anos; a terceira etapa visa à proteção para chuvas de Tr 25 anos; e a quarta etapa engloba obras para uma proteção de Tr 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos extraordinários com Tr maiores que 100 anos, a bacia não estará protegida.

Além das quatro etapas de implantação de obras para o controle de cheias, foi prevista uma etapa complementar de requalificação urbanística, comum às duas alternativas, e que se refere à revitalização do reservatório RTR-05.

Para o Caderno da bacia do córrego Tremembé, adotou-se na primeira etapa obras caracterizadas como prioritárias e/ou projetos previamente aprovados pela prefeitura.

As medidas de controle de cheias foram propostas considerando a condição máxima permitida de uso e ocupação do solo na bacia, conforme indicada na Lei nº 16.402/2016.

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

6.1 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 foi concebida priorizando a implantação de reservatórios de armazenamento localizados em terrenos com pouca ou nenhuma ocupação, minimizando interferências e custos associados à desapropriação de lotes. Como referência para a alternativa proposta, foram utilizados os locais já definidos para os projetos existentes. Em razão da ocupação da bacia estudada, a solução proposta distribuiu o volume reservado

necessário em múltiplos reservatórios, preferencialmente nas cabeceiras dos córregos do Horto, Cantareira, IPESP e Piqueri. Para o córrego Tremembé, a alternativa se restringiu à canalização e à adaptação de travessias ao longo de todo o canal principal.

A Alternativa 1 contempla a implantação de quatro reservatórios de armazenamento (247,5 mil m³), de um parque linear (60 mil m³), e de canalizações (5.050 m), além da ampliação do reservatório do Horto Florestal (volume final de 23,9 mil m³), que consiste no desassoreamento dos lagos 2 e 3 e instalação de uma estrutura de controle de vazão, proporcionando o armazenamento, em caso de cheias, de um volume adicional de 8,9 mil m³. Os quatro reservatórios propostos seriam em configuração *off line*.

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.

Em seguida, a **FIGURA 6.1** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as quatro etapas de implantação das ações, bem como a localização do reservatório RTR-05, para o qual é feita uma proposta de revitalização.. As siglas dos reservatórios existentes, R1, R2 e R3, passam a ser RTR-01, RTR-02 e RTR-03, respectivamente. Já na **FIGURA 6.2**, está indicado 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 Tremembé 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	Horto	Reservatório RTR-01A (ampliação do RTR-01)	Horto Florestal	-	-	22.000	8.900
	Cantareira	Reservatório RTR-02	R. Luís Carlos Gentile de Laet com a R. Nossa Sra. Aparecida	-	-	7.000	80.000
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Imbiras e a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05)	950	40	-	-
		Canalização	Entre a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05) e a Av. Antônio César Neto	700	48	-	-
2ª Etapa	Cantareira	Canalização	Entre a R. Francisco Inglês e a R. Japiuba	400	12,6	-	-
	Horto	Canalização	Entre a R. Bravox e a R. Japiuba	750	8	-	-
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Japiuba e a R. Prof. Pedro Pedreschi	550	11,2	-	-
		Canalização	Entre a R. Prof. Pedro Pedreschi e a Av. Nova Cantareira	800	18	-	-
		Reservatório RTR-07	R. Maria Amália Lopes Azevedo	-	-	7.500	22.500
	Afluente IPESP	Reservatório RTR-04	Av. Ver. Ângelo Bortolo	-	-	5.700	25.000
3ª Etapa	Piqueri	Reservatório RTR-06	R. Vicente Querol	-	-	34.200	120.000
4ª Etapa	Esmaga Sapo	Parque linear PTR-01	Entre a R. Padre Mocari e a R. Jean Castronis	450	-	13.600	60.000
	Piqueri	Canalização	Entre a Tv. Rio Butiá e a R. Mário Lago	900	17,5	-	-



Reservatório 1, Horto Florestal (foto: Jean M. M. Suplicy)




FIGURA 6.1 Medidas de controle de cheias da Alternativa 1

Convenção



-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Reservatório existente

Alternativa 1

1ª etapa (áreas críticas)

-  Reservatório
-  Ampliação de reservatório
-  Canalização

2ª etapa (Tr 10 anos)

-  Reservatório
-  Canalização

3ª etapa (Tr 25 anos)

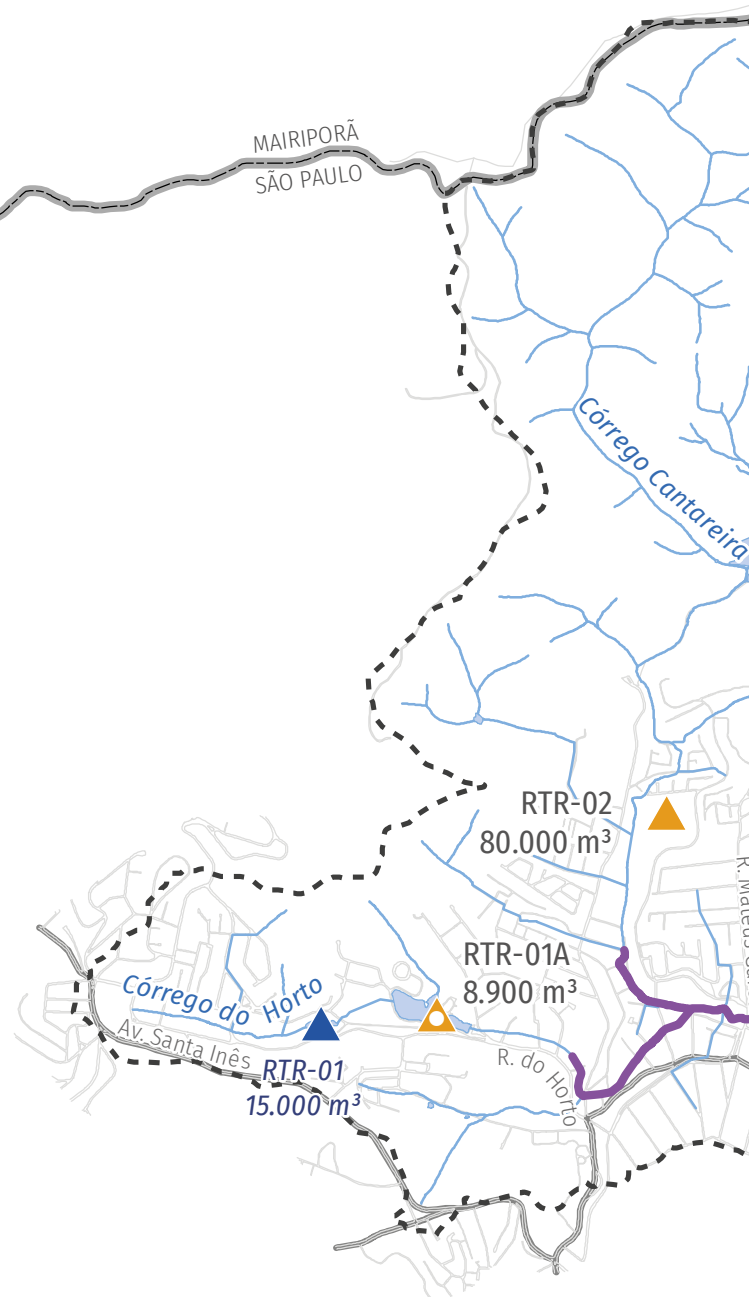
-  Reservatório

4ª etapa (Tr 100 anos)

-  Parque linear
-  Canalização

Etapa complementar de requalificação urbanística

-  Revitalização do reservatório

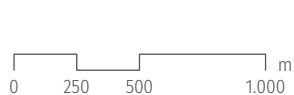


SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica



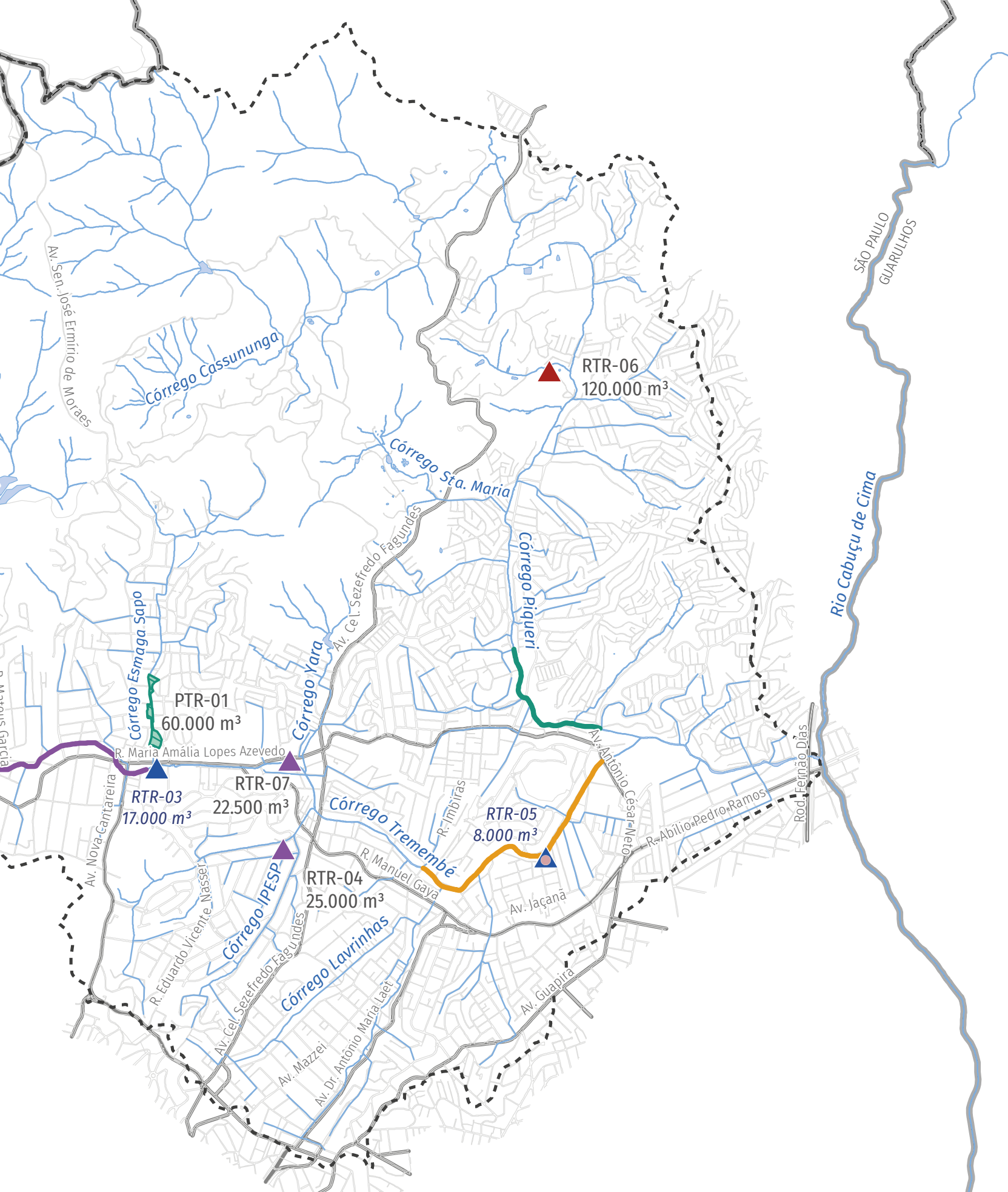
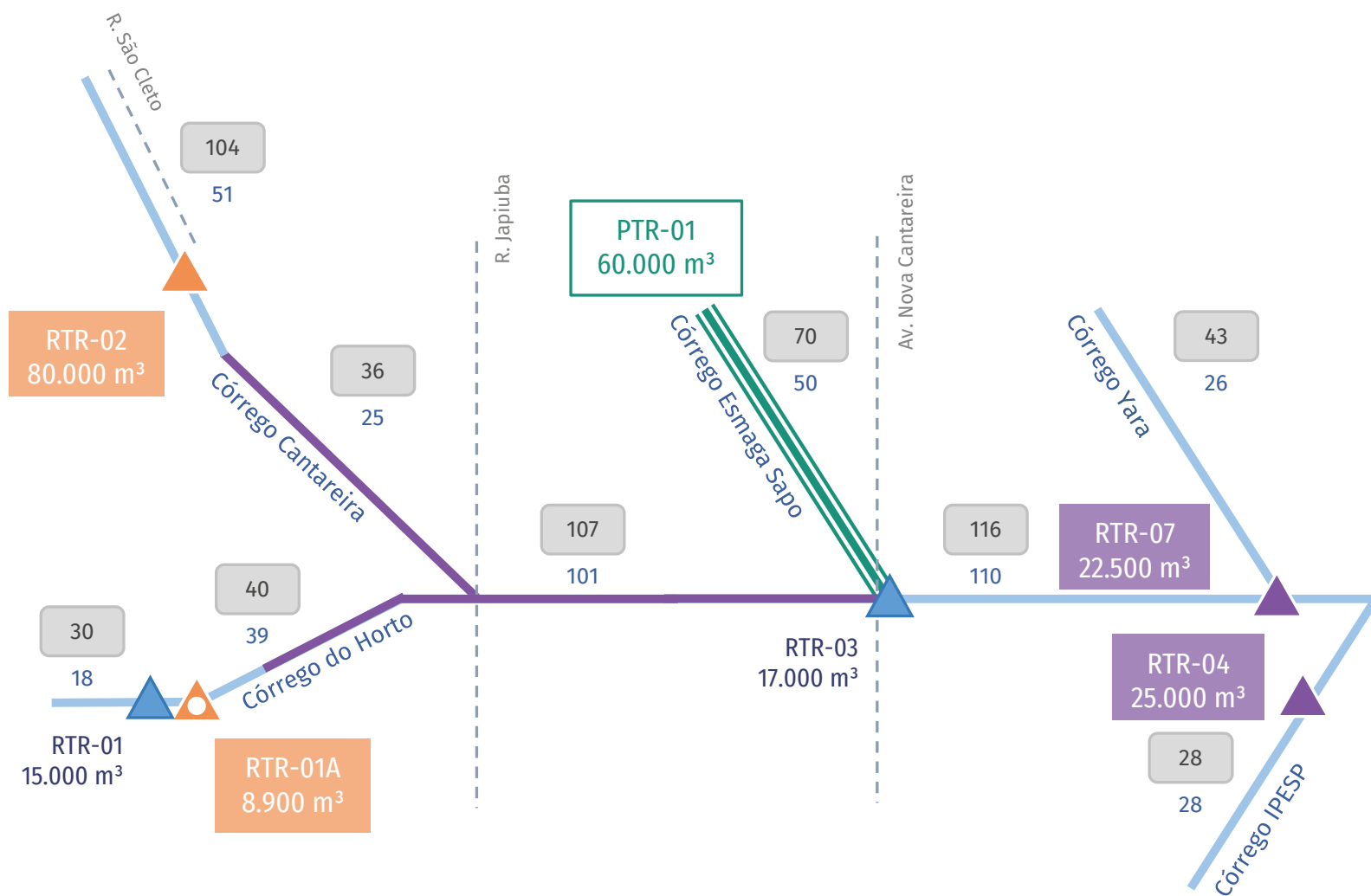


FIGURA 6.2 Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas



REDE EXISTENTE

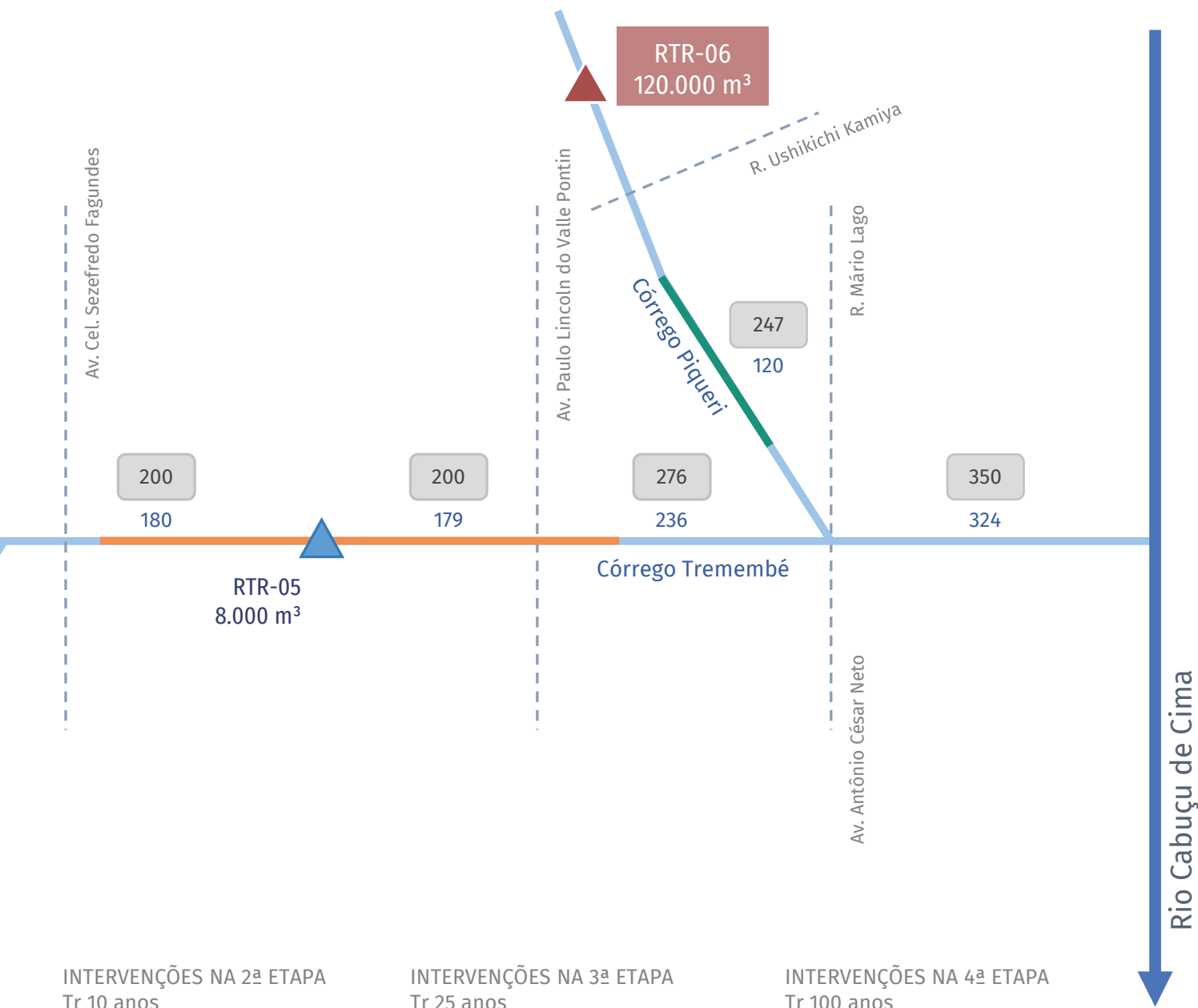
- Rede de drenagem
- Posto telemétrico
- Reservatório

INTERVENÇÕES NA 1ª ETAPA
Áreas críticas

- Reservatório
- Ampliação de reservatório
- Canalização

Capacidade da seção (m³/s)

Vazões Tr 100 anos (m³/s)



INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 10 anos

-  Reservatório
-  Canalização

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 25 anos

-  Reservatório

INTERVENÇÕES NA 4ª ETAPA
Tr 100 anos

-  Parque linear
-  Canalização

6.2 ALTERNATIVA 2

Diferentemente da Alternativa 1, a Alternativa 2 deu prioridade à implantação de parques lineares com armazenamento ao longo de sua extensão. A escolha privilegia a conservação dos espaços públicos de convivência com as águas, proporcionando o abrigo para a fauna urbana, melhorando o conforto térmico e abarcando as funções de outras infraestruturas urbanas.

A Alternativa 2 contempla a implantação de dois reservatórios de armazenamento (102,5 mil m³), de três parques lineares (293 mil m³), e de canalizações (5.050 m), além da ampliação do reservatório do Horto Florestal (volume final de 23,9 mil m³), conforme descrito no 6.1. Os três parques foram propostos com estruturas de controle a jusante, para funcionarem como reservatórios apenas quando solicitados, integrando essa solução à paisagem.

Com o intuito de facilitar a implantação das medidas, sem impacto na proteção hidrológica, foram propostas algumas medidas que podem ser intercambiáveis

entre si. Nesse caso, estas devem necessariamente obedecer à posição e ao impacto na sub-bacia para a qual foram destinadas. As medidas com essa possibilidade são os parques lineares PTR-02 e PTR-03, que podem ser substituídos pelos reservatórios RTR-04 e RTR-06 sem que haja prejuízo para proteção da bacia.

Assim, 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.






Em seguida, na **FIGURA 6.3** é indicada a localização das obras previstas na Alternativa 2, apontando as quatro etapas de implantação das ações, além da indicação do local da proposta de revitalização do reservatório RTR-05. Como na Alternativa 1, as siglas dos reservatórios existentes R1, R2 e R3 passam a ser RTR-01, RTR-02 e RTR-03, nessa ordem. Por fim, na **FIGURA 6.4** está indicado o diagrama unifilar de vazões escoadas e, também, a capacidade de escoamento das estruturas de drenagem a partir das intervenções propostas na Alternativa 2.

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Horto	Reservatório RTR-01A (ampliação do RTR-01)	Horto Florestal	-	-	22.000	8.900
	Cantareira	Reservatório RTR-02	R. Luís Carlos Gentile de Laet com a R. Nossa Sra. Aparecida	-	-	7.000	80.000
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Imbiras e a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05)	950	40	-	-
		Canalização	Entre a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05) e a Av. Antônio César Neto	700	48	-	-
2ª Etapa	Cantareira	Canalização	Entre a R. Francisco Inglês e a R. Japiuba	400	12,6	-	-
	Horto	Canalização	Entre a R. Bravox e a R. Japiuba	750	8	-	-
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Japiuba e a R. Prof. Pedro Pedreschi	550	11,2	-	-
		Canalização	Entre a R. Prof. Pedro Pedreschi e a Av. Nova Cantareira	800	18	-	-
		Reservatório RTR-07	R. Maria Amália Lopes Azevedo	-	-	7.500	22.500
Afluente IPESP	Parque linear PTR-02	Av. Ver. Ângelo Bortolo	-	-	33.000	63.000	
3ª Etapa	Esmaga Sapo	Parque linear PTR-01	Entre a R. Padre Mocari e a R. Jean Castronis	-	-	14.000	60.000
	Piqueri	Parque linear PTR-03	R. Ushikichi Kamiya	-	-	27.600	170.000
4ª Etapa	Piqueri	Canalização	Entre a Tv. Rio Butiá e a R. Mário Lago	900	17,5	-	-




FIGURA 6.3 Medidas de controle de cheias da Alternativa 2

Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Reservatório existente

Alternativa 1


1ª etapa (áreas críticas)

-  Reservatório
-  Ampliação de reservatório
-  Canalização

2ª etapa (Tr 10 anos)

-  Reservatório
-  Parque linear
-  Canalização

3ª etapa (Tr 25 anos)

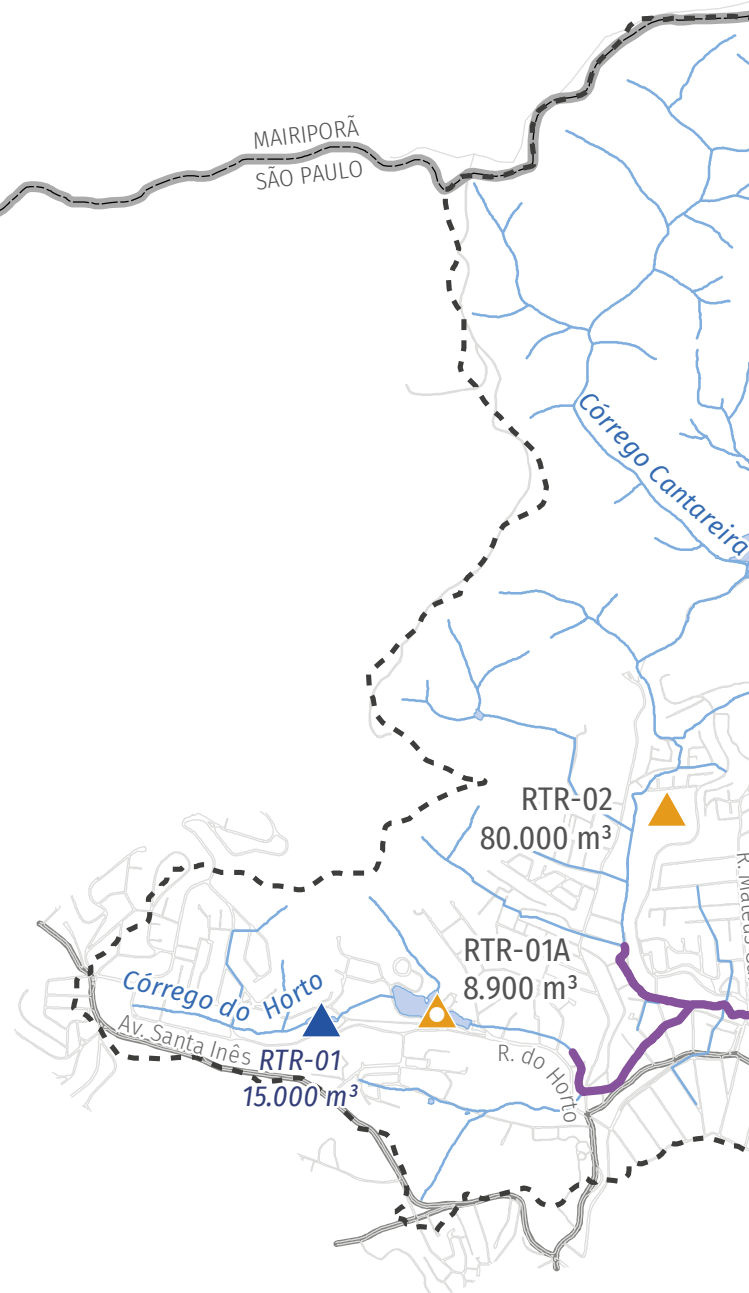
-  Parque linear

4ª etapa (Tr 100 anos)

-  Canalização

Etapa complementar de requalificação urbanística

-  Revitalização do reservatório

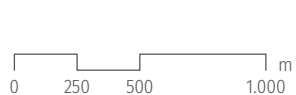


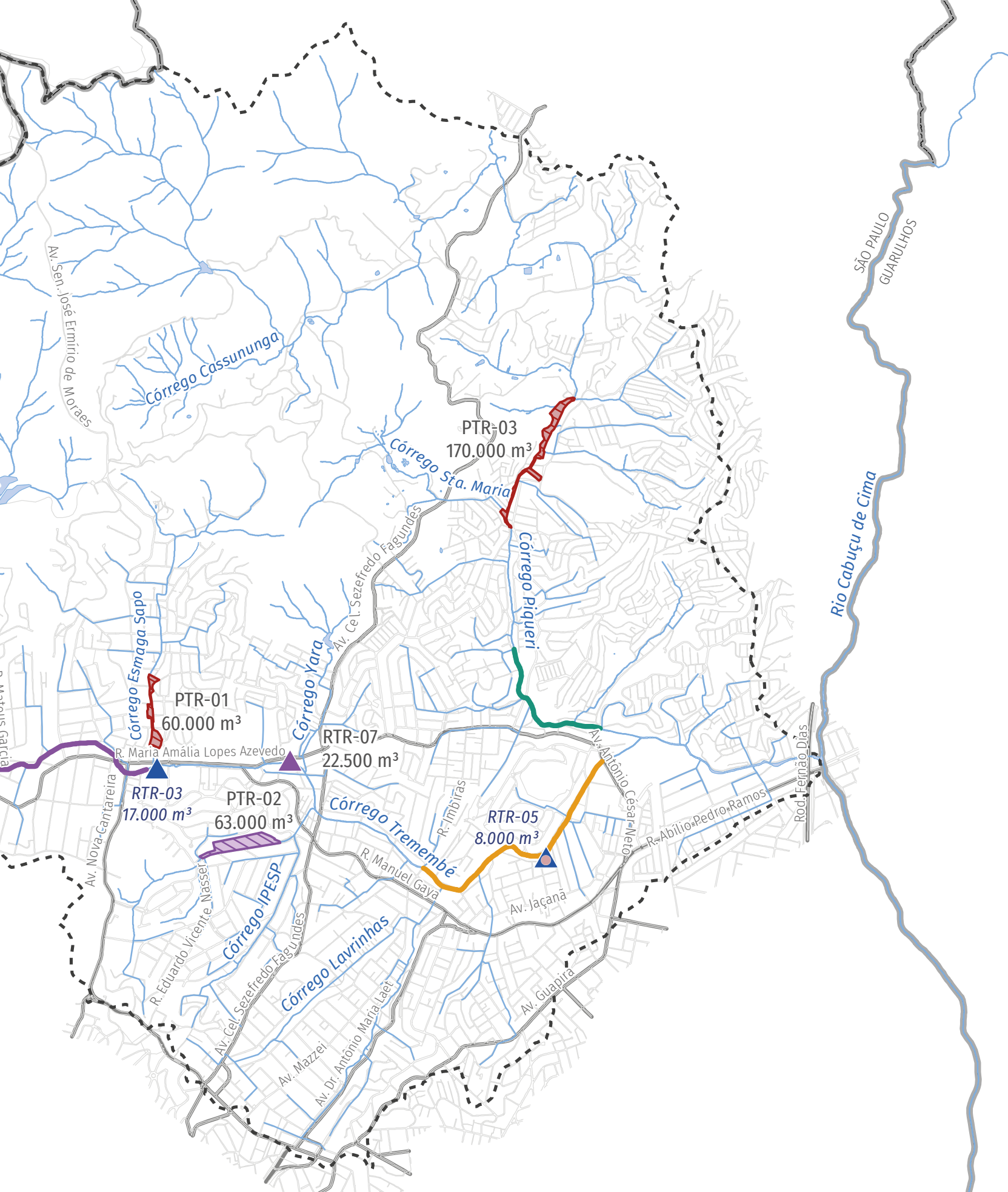
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

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



Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica





Córrego Cassununga

Av. Sen. José Emílio de Moraes

PTR-03
170.000 m³

Córrego Sta. Maria

Córrego Piqueri

Rio Cabuçu de Cima

Córrego Esmaga Sapo

PTR-01
60.000 m³

R. Maria Amália Lopes Azevedo

Córrego Yara

RTR-07
22.500 m³

Córrego Tremembé

RTR-05
8.000 m³

Córrego IPESP

Córrego Lavrinhas

RTR-03
17.000 m³

PTR-02
63.000 m³

Av. Nova Cantareira

R. Eduardo Vicente Nassel

Av. Cel. Sezefredo Fagundes

Av. Mazzei

Av. Dr. Antônio Maria Laet

R. Imbiras

R. Manuel Gaya

Av. Jaçana

Av. Guapira

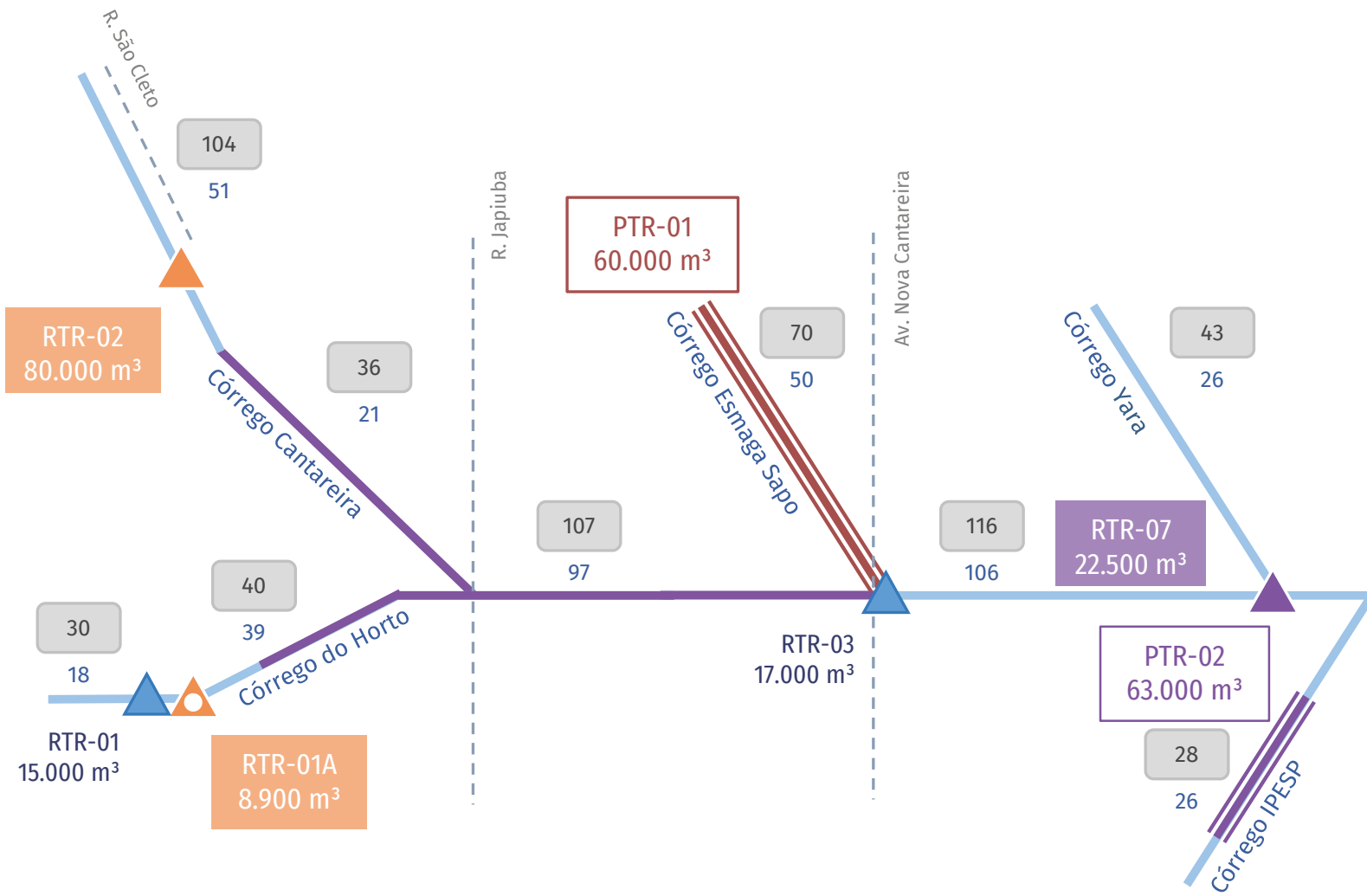
Av. Antônio Cesar Neto

R. Abílio Pedro Ramos

Rod. Fermão Dias

SÃO PAULO
GUARULHOS


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



REDE EXISTENTE

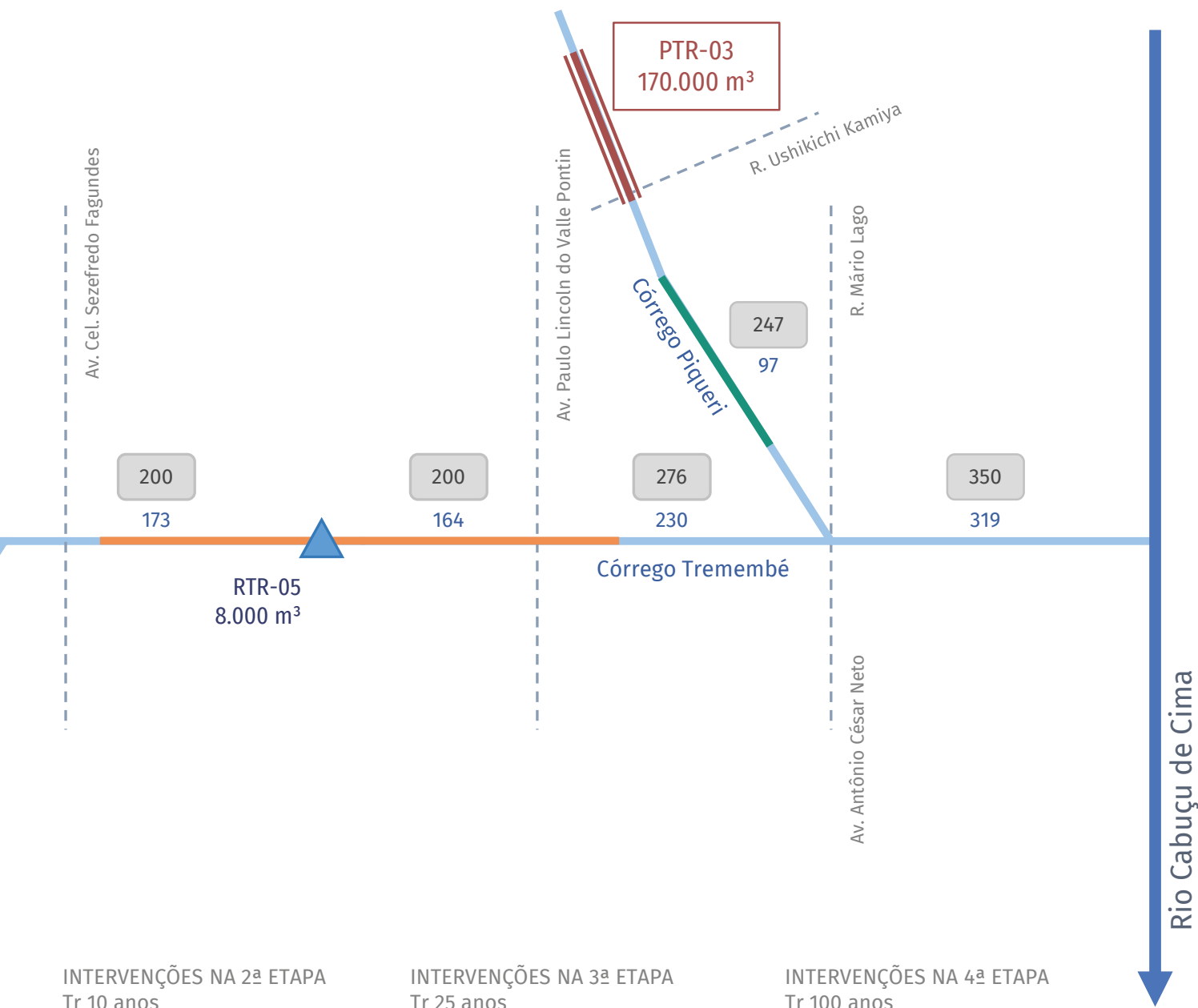
-  Rede de drenagem
-  Posto telemétrico
-  Reservatório

INTERVENÇÕES NA 1ª ETAPA
Áreas críticas




-  Reservatório
-  Ampliação de reservatório
-  Canalização

Capacidade da seção (m³/s)

Vazões Tr 100 anos (m³/s)



INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 10 anos

-  Reservatório
-  Parque linear
-  Canalização

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 25 anos

-  Parque linear

INTERVENÇÕES NA 4ª ETAPA
Tr 100 anos

-  Canalização

6.3 LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS NA BACIA

Este item indica a localização das áreas dos quatro reservatórios e dos quatro parques lineares com função de reservação propostos nas alternativas apresentadas. Indica-se ainda a localização da área de ampliação do reservatório RTR-01.



FIGURA 6.5 Localização do reservatório RTR-01A, a ser ampliado – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.6 Localização do reservatório RTR-02 – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.7 Localização do reservatório RTR-04 – Alternativa 1



FIGURA 6.8 Localização do reservatório RTR-06 – Alternativa 1



FIGURA 6.9 Localização do reservatório RTR-07 – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.10 Localização do parque linear PTR-01 – Alternativas 1 e 2



FIGURA 6.11 Localização do parque linear PTR-02 – Alternativa 2



FIGURA 6.12 Localização do parque linear PTR-03 – Alternativa 2

6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DA REVITALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO RTR-05

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte da revitalização do Reservatório RTR-05, localizado na Rua Florinda Barbosa, e do canal de jusante que vai do reservatório até a Avenida Paulo Lincoln do Valle Pontin.

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.

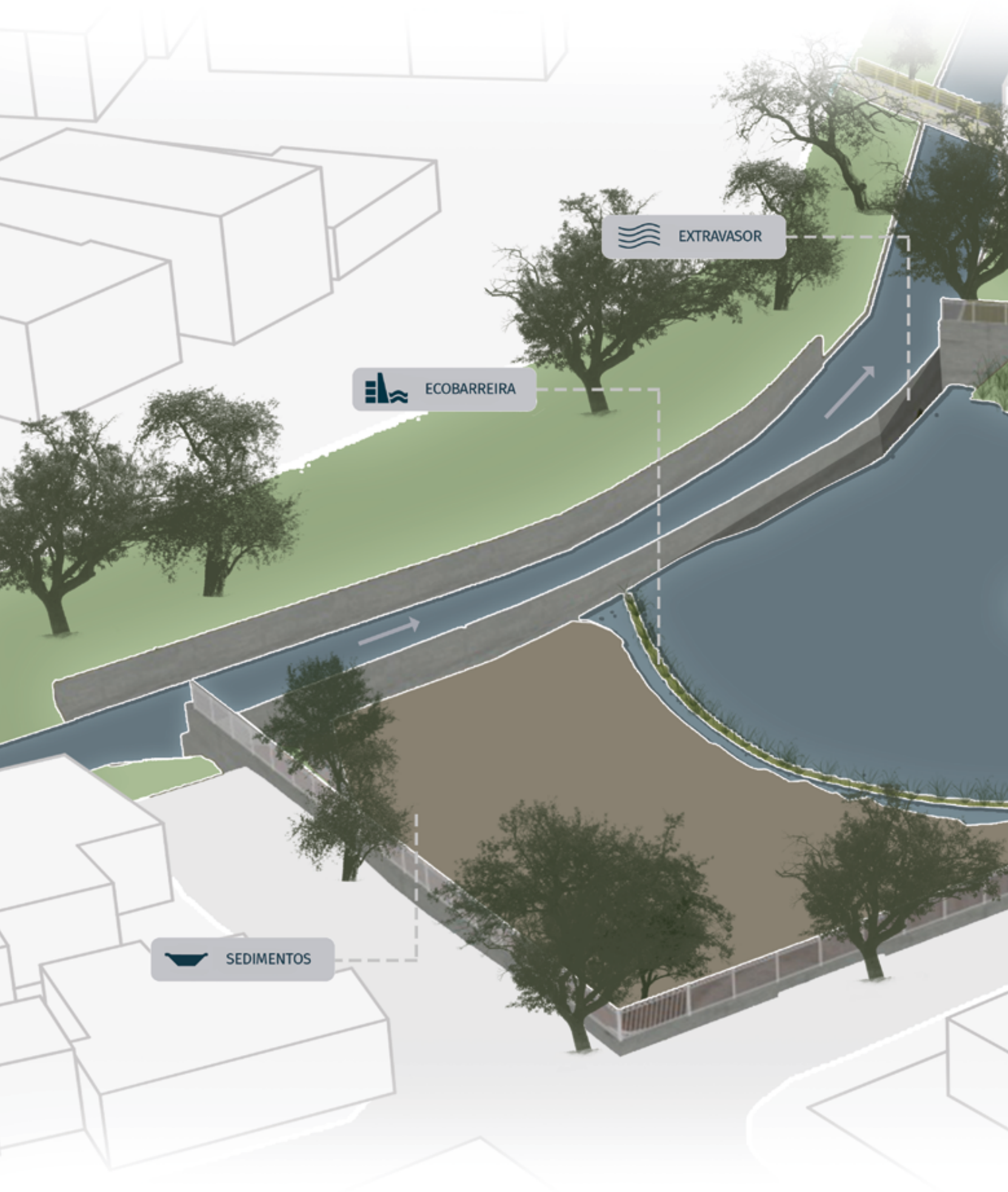
REVITALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO RTR-05 E DE TRECHO DO CANAL DO TREMEMBÉ

O projeto teve como objetivo revitalizar um trecho do córrego Tremembé, junto da Rua Garabet Gananian, e o reservatório RTR-05, localizado à Rua Florinda Barbosa. Esse reservatório entrou em operação em 2020, com o objetivo de reter até 8 mil m³ de água em eventos de chuva extremos. O projeto prima por revitalizar esse reservatório, mantendo o volume de reservação, mas propondo uma lâmina d' água permanente, criando um espaço de contemplação das águas do Tremembé.

Para conduzir as águas de forma segura em um evento de chuva extremo, uma vez

que ultrapassem o nível do vertedor, elas são inicialmente direcionadas a uma área para contenção de possíveis sedimentos. Depois, passam por uma ecobarreira, para contenção de sólidos grosseiros, e se encaminham para o lago, cuja vazão é controlada por um extravasor de saída. A limpeza da área de sedimentação deverá ser feita periodicamente, e o acesso das máquinas se dará pela rampa. Por fim, os possíveis poluentes diluídos ainda podem ser retidos por processo de fitorremediação na ilha flutuante.

Já no trecho do córrego Tremembé junto do reservatório, propõe-se de forma inovadora uma seção mista ao longo do percurso do córrego, de forma a se obter a melhor solução para cada trecho. Na seção do tipo 1, limítrofe ao reservatório, foi projetada uma parede mais alta, em pedra argamassada, para contenção da lateral íngreme e, na outra margem, optou-se pela manutenção da vegetação. Na seção do tipo 2, subsequente à 1, foi projetada uma base de concreto e pedra argamassada na lateral íngreme. No trecho final, foi mantido o gabião preexistente. O projeto prima por compreender a paisagem e os espaços livres a partir de uma multifuncionalidade inerente a esses locais. Essa estratégia entende que um equipamento público pode considerar a retenção e o tratamento das águas pluviais e fluviais associados a um espaço de lazer e contemplação para a população.



EXTRAVASOR

ECOBARREIRA

SEDIMENTOS



ILHA
FLUTUANTE



LAGOA
PERMANENTE



ACESSO DE
VEÍCULOS



ACESSO PARA
REMOÇÃO DE LODO

Prever caminho que
possibilite o acesso
ao lago

FIGURA 6.13 Perspectiva aérea atual do reservatório RTR-05 e do canal do córrego Tremembé





FIGURA 6.14 Perspectiva aérea da revitalização do reservatório RTR-05 e do canal do Tremembé





FIGURA 6.15 Perspectiva aérea atual do reservatório RTR-05 atual do reservatório RTR-05





FIGURA 6.16 Perspectiva aérea da revitalização do reservatório RTR-05





FIGURA 6.17 Perspectiva atual do reservatório RTR-05, com destaque para a lagoa





FIGURA 6.18 Perspectiva da revitalização do reservatório RTR-05, com destaque para a lagoa



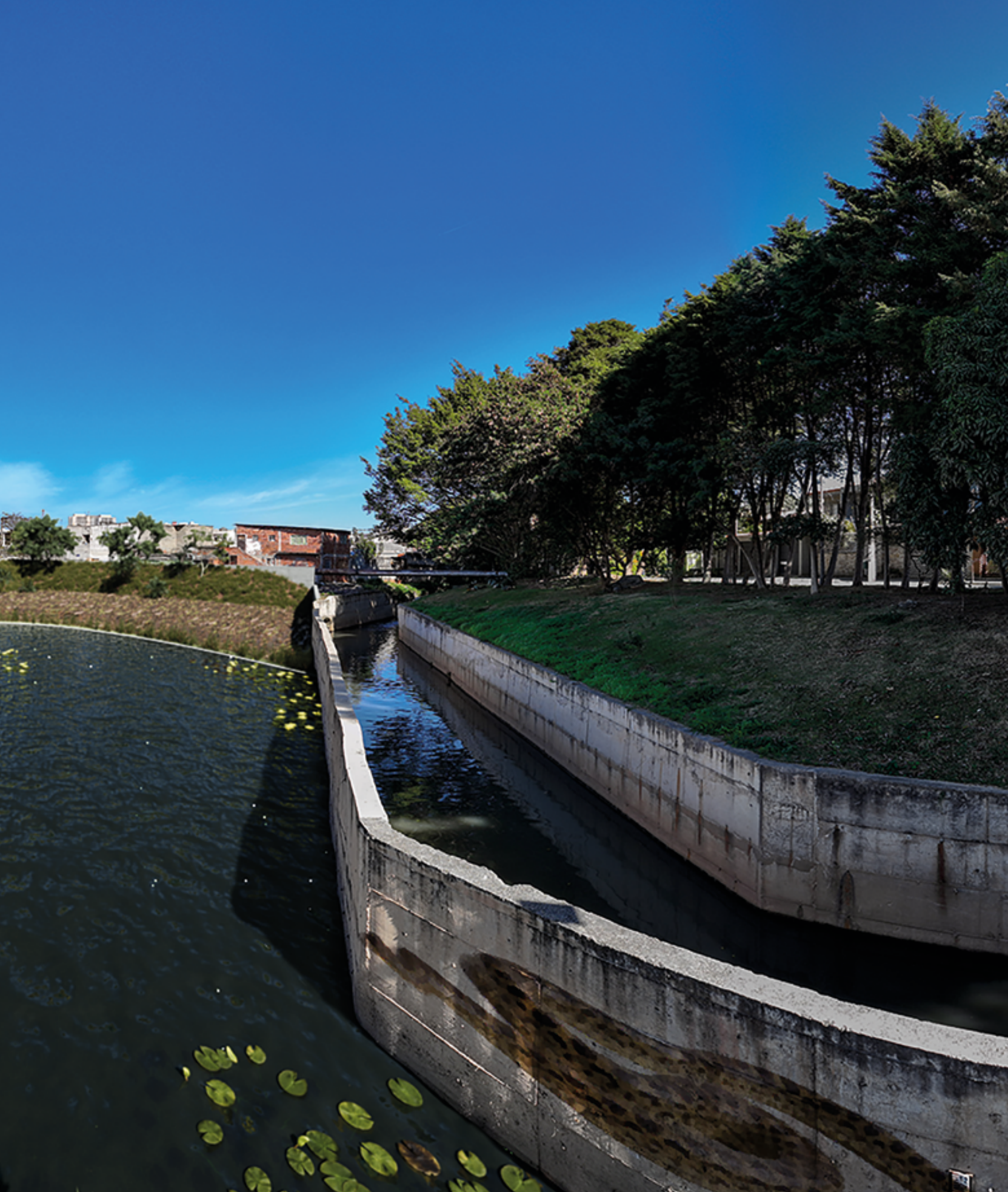


FIGURA 6.19 Planta do reservatório e do canal do Tremembé, com proposta de revitalização



Gabião existente

Córrego Tremembé

Ponte acessível

Mobiliário urbano

Ponte acessível

Canal híbrido

Ponte acessível

Ponte acessível

Revitalização do reservatório

SEÇÃO TIPO 1

Paredes mais altas e laterais com pedra argamassada.
Taludes e vegetação mantidos.
Base de concreto.

SEÇÃO TIPO 2

Talude e vegetação naturais.
Base de concreto e pedra argamassada.

GABIÃO MANTIDO

SEÇÃO TIPO 2

SEÇÃO TIPO 1

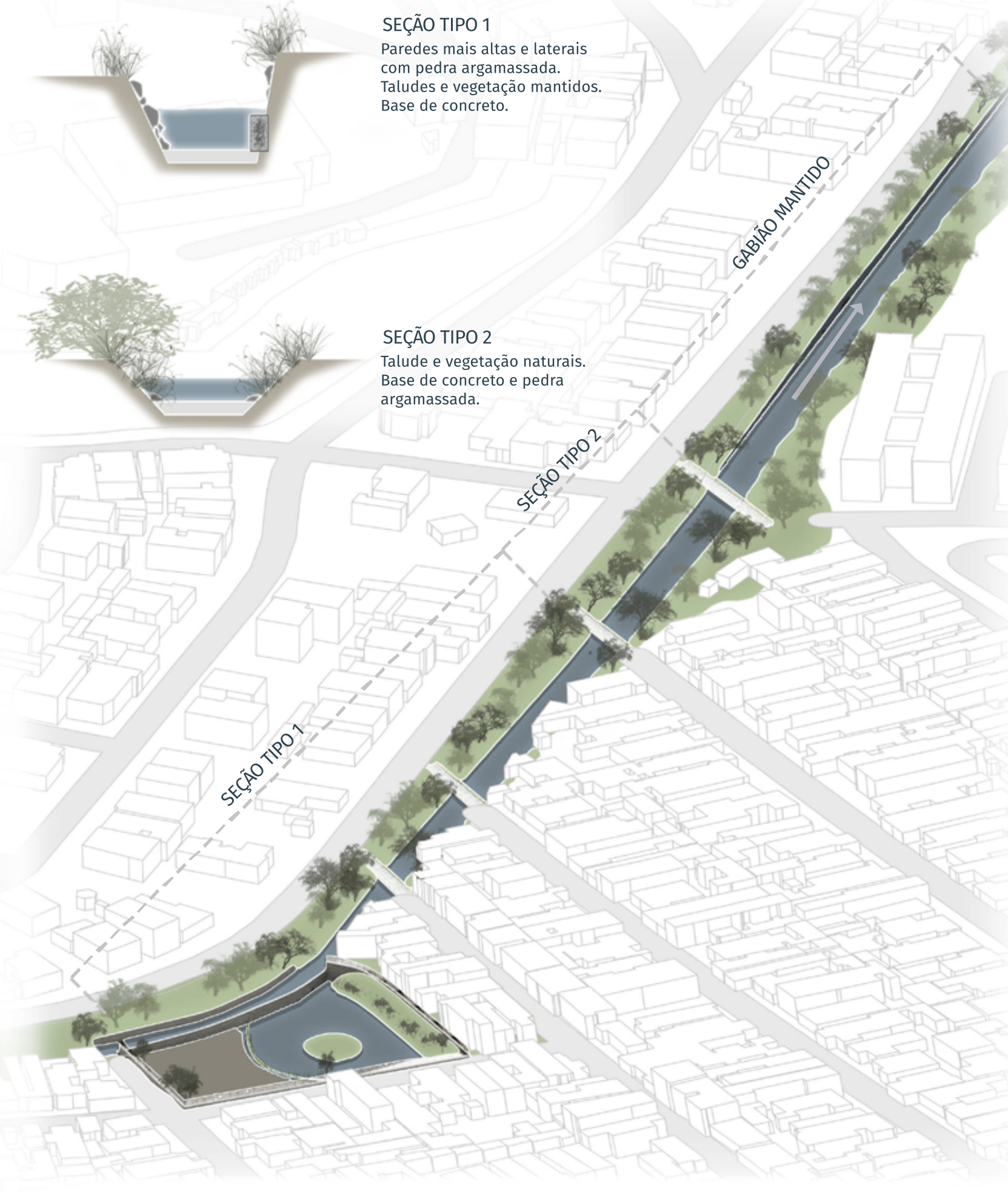
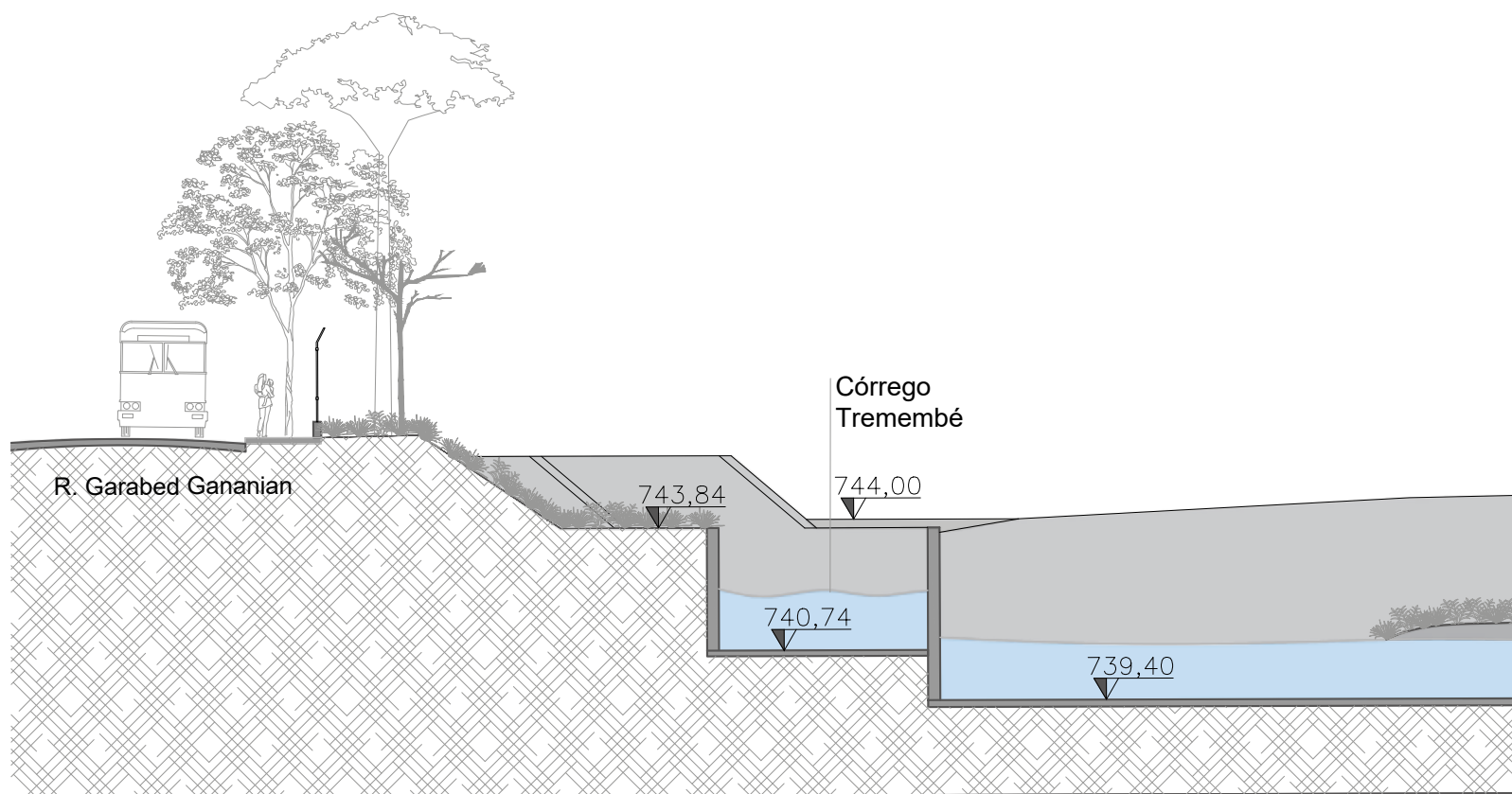
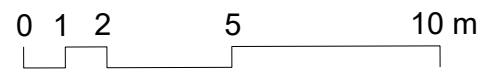
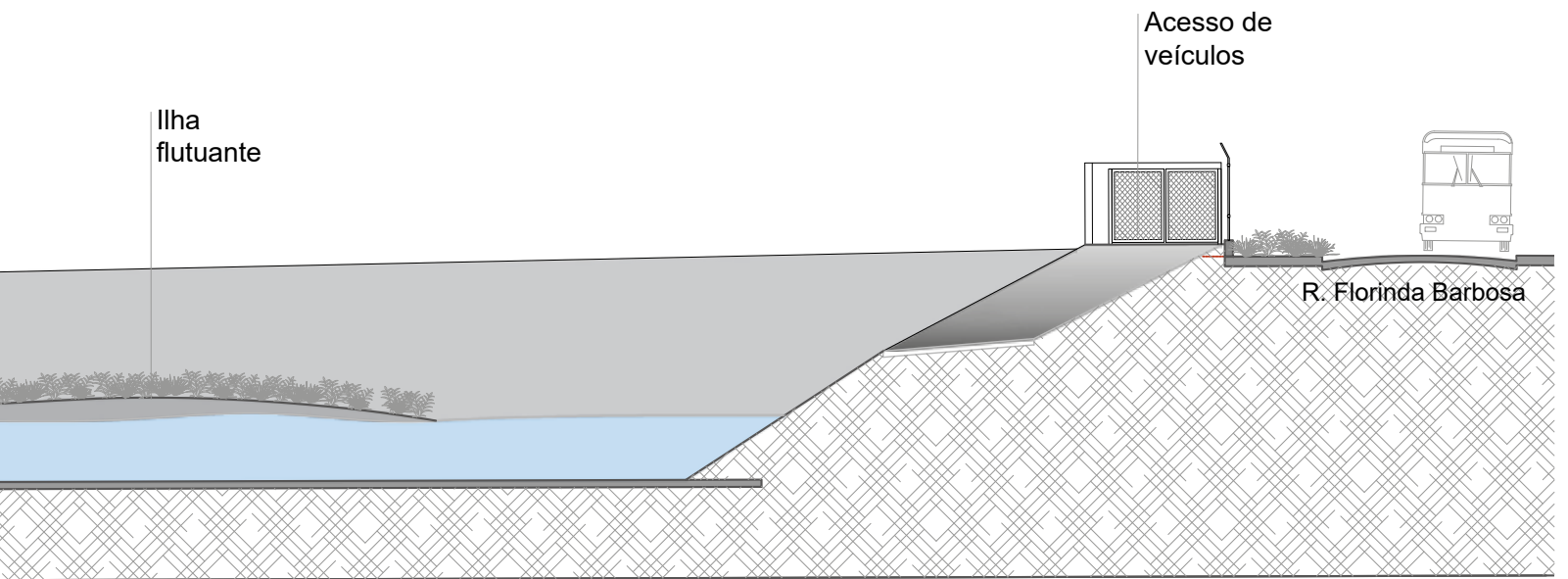


FIGURA 6.20 Corte do reservatório RTR-05 e do canal do córrego Tremembé, com proposta de revitalização



Corte AA



6.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

Recomenda-se uma inspeção ao longo dos canais abertos já instalados nos córregos Tremembé, Cantareira e Piqueri, que podem conter pontos de desmoronamento de margens e assoreamento. Tais problemas devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, dando condição necessária para um bom desempenho das demais medidas propostas.

6.6 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

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

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

Ao introduzir o zoneamento de inundações, devem ser abordadas ações complementares, como o desenvolvimento do plano

de contingência e a expansão do sistema de alerta para todas as áreas do Município.

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



FIGURA 6.21 Imagens do córrego Tremembé (fotos: FCTH)

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 segue¹⁶:

- 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 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.

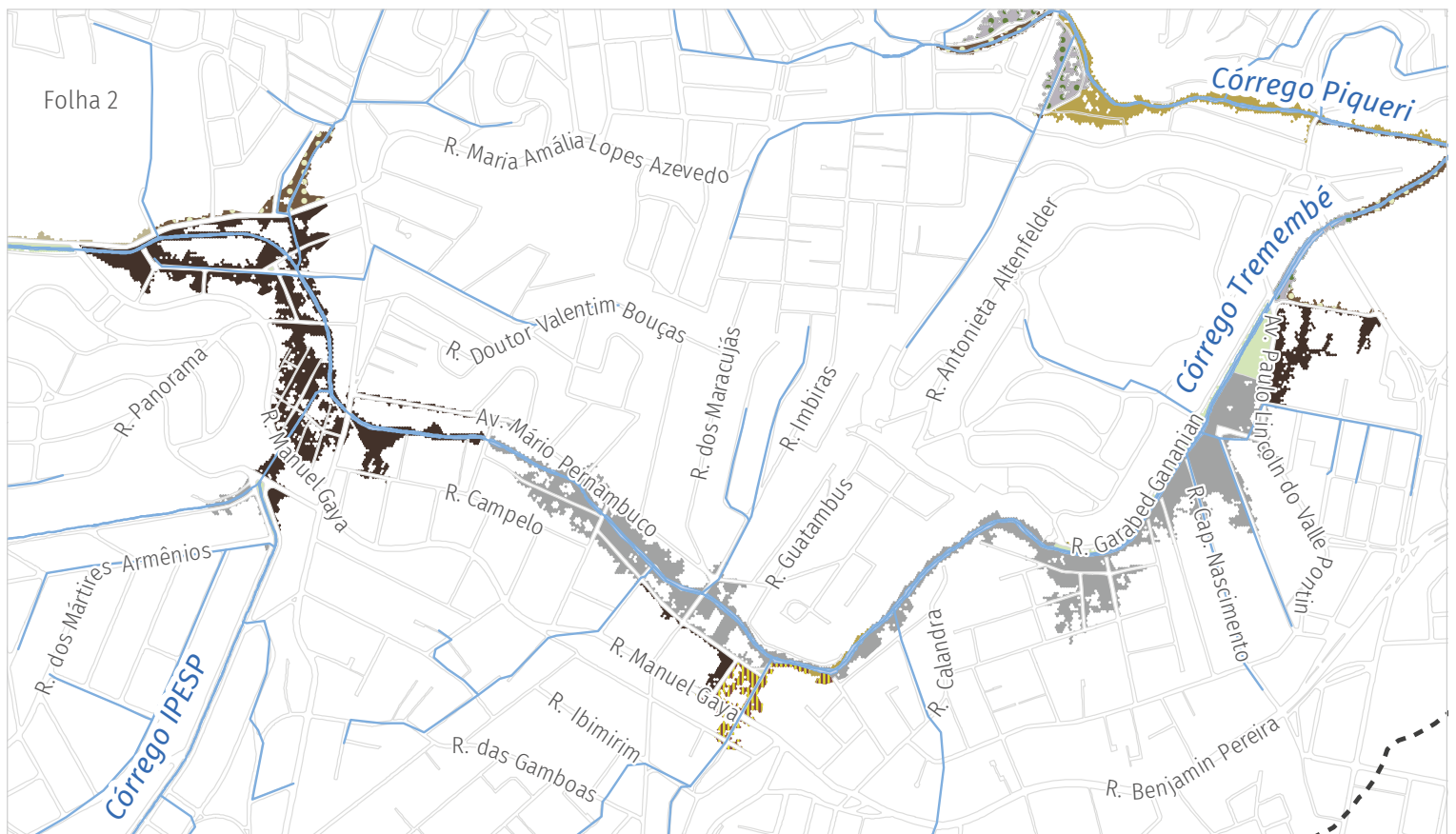
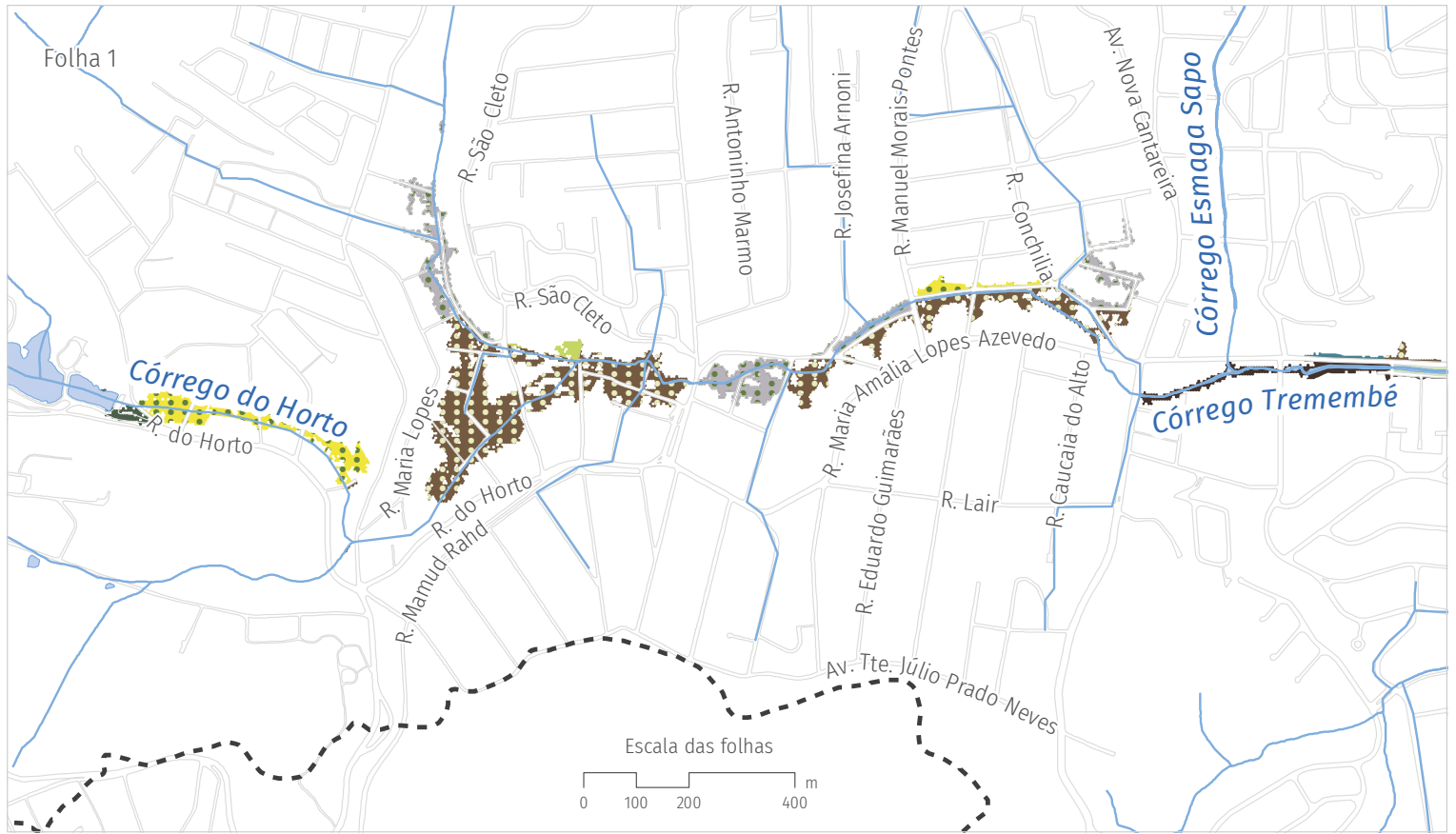
16. SILVA, C. V. F. **Planejamento do uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação**. 166 f. Dissertação (mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

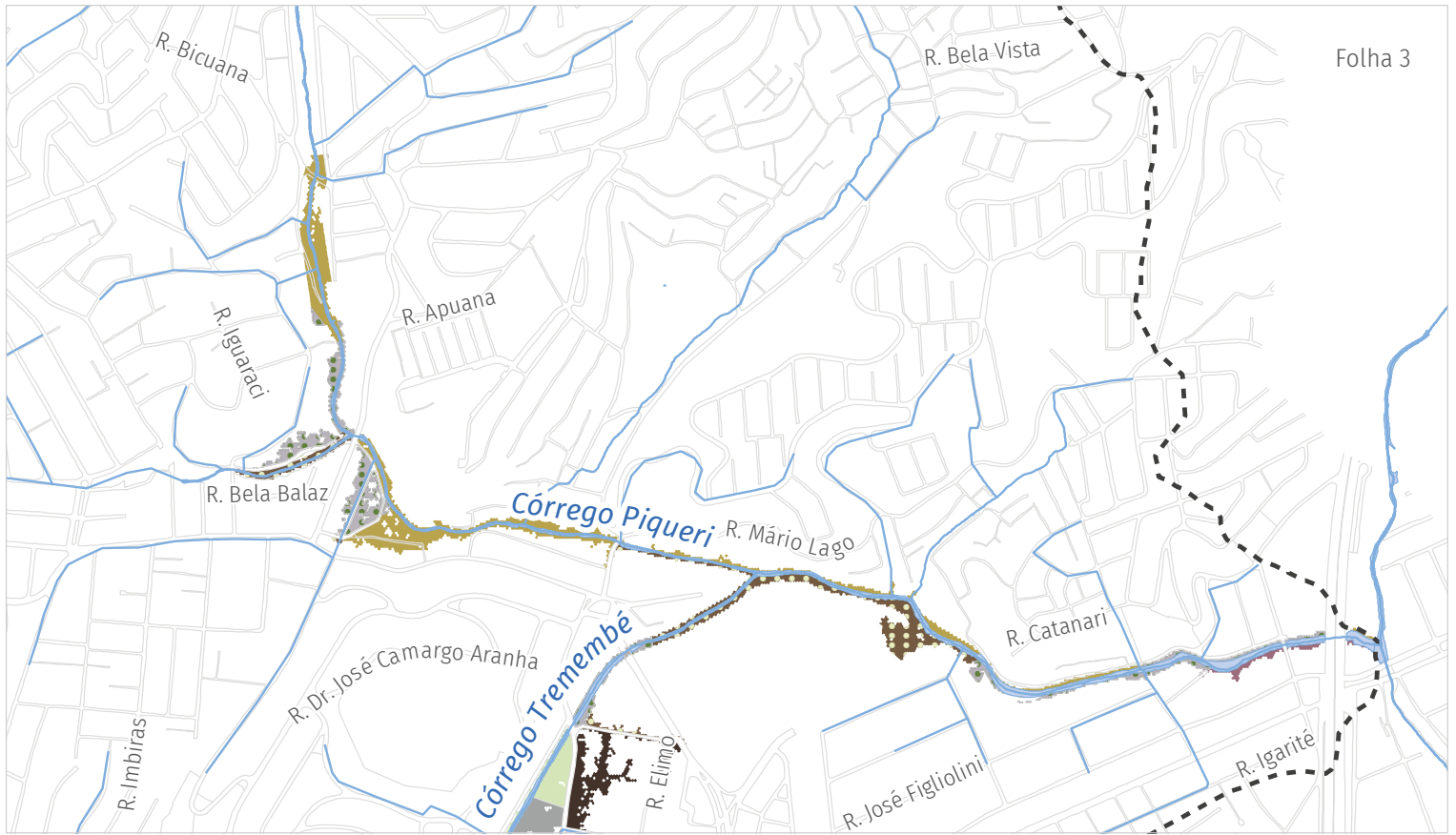
A **FIGURA 6.22** indica as zonas de uso que devem passar por regulamentação junto à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS). Para as zonas originais indicadas na Figura, deve ser mantido o tipo de uso e acrescentada a condição de restrição.

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





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

FIGURA 6.22 Zonas de inundação passíveis de regulamentação na bacia do córrego Tremembé



















Convenção

-  Rede hídrica
-  Bacia do Tremembé
-  Quadra viária
-  Folha de referência

Zoneamento urbano

- | | |
|--|--|
|  AC-1 |  ZER-2 |
|  ZC |  ZERa |
|  ZCa |  ZEUP |
|  ZCORa |  ZM |
|  ZDE-2 |  ZMa |
|  ZEIS-1 |  ZOE |
|  ZEP |  Praça e canteiro |

6.6.2 DIRETRIZES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

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

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

- Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE). Órgão vinculado à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB). Atua na interpretação dos dados hidrometeorológicos e na previsão de chuvas que possam causar alagamentos, inundações ou transbordamentos de córregos ou rios;
- Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Vinculada à Secretaria Municipal de Segurança Urbana (SMSU). Monitora a

ocorrência de problemas com base nas previsões e observações do CGE, emite avisos para as demais unidades operacionais do Município e aciona instâncias de mobilização de recursos humanos e materiais. Atua em estreita ligação com a alta administração municipal e com os órgãos de segurança pública. Em casos de calamidade, incumbe-se de notificar as instâncias superiores e da Defesa Civil estadual. Também vinculado ao monitoramento e repasse de informações sobre as ocorrências da cidade de São Paulo, destaca-se o Centro de Controle Operacional Integrado (CCOI);

- Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras (SMSP). Ao identificar emergências, mobiliza recursos humanos e materiais alocados nas subprefeituras para o atendimento de ocorrências previamente avaliadas pelas equipes precursoras de campo. As subprefeituras costumam ser acionadas através de suas coordenações de projetos e obras, que mantêm equipes permanentes capacitadas para atuar no atendimento das necessidades decorrentes dos alagamentos, inundações e ocorrências de desastres em razão de chuvas intensas;
- Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB). Identificadas necessidades de relocação ou transferência temporária

- de bens e pessoas afetados pelas inundações, a SEHAB proporciona soluções que podem ser adotadas para preservar a segurança e o bem-estar das populações atingidas pelas inundações;
- Secretaria Municipal de Assistência Social (SMADS). Atua diretamente na assistência da população quando necessário, compreendendo medidas como a alocação temporária de desabrigados e a prestação de assistência com recursos para a preservação da saúde pública.

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

A articulação entre as instituições envolvidas nas ações emergenciais do Município de São Paulo é representada na **FIGURA 6.23**.

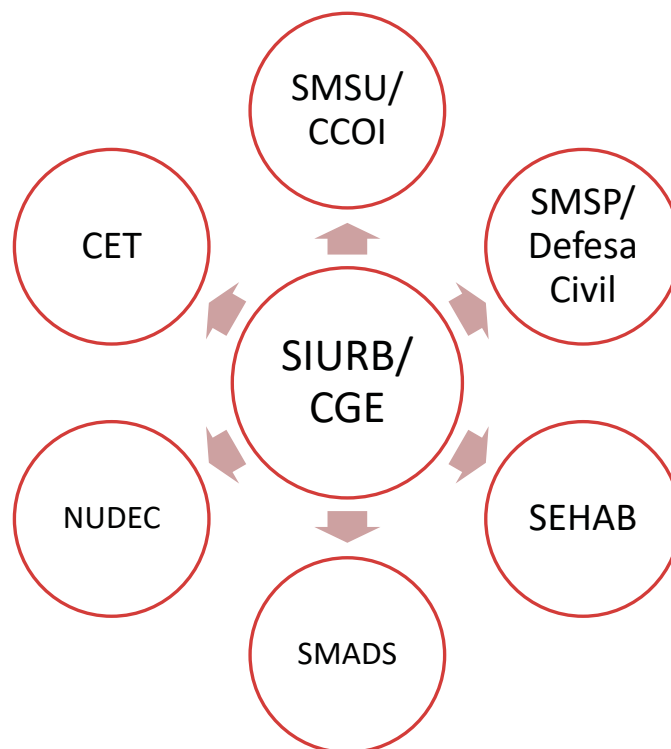


FIGURA 6.23 Articulação institucional em situações de emergência

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.

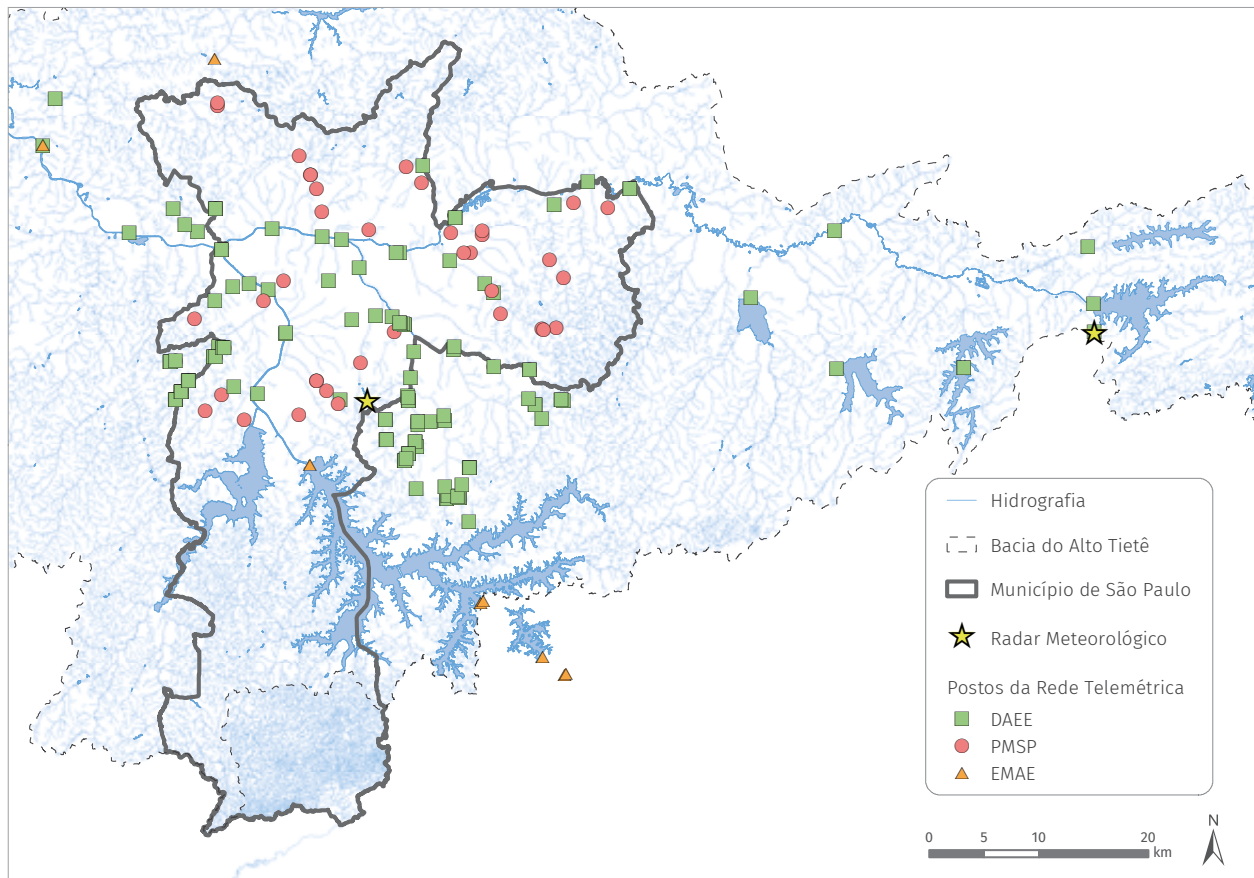


FIGURA 6.24 Postos da rede telemétrica do SAISP

O mapa da **FIGURA 6.25** 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.

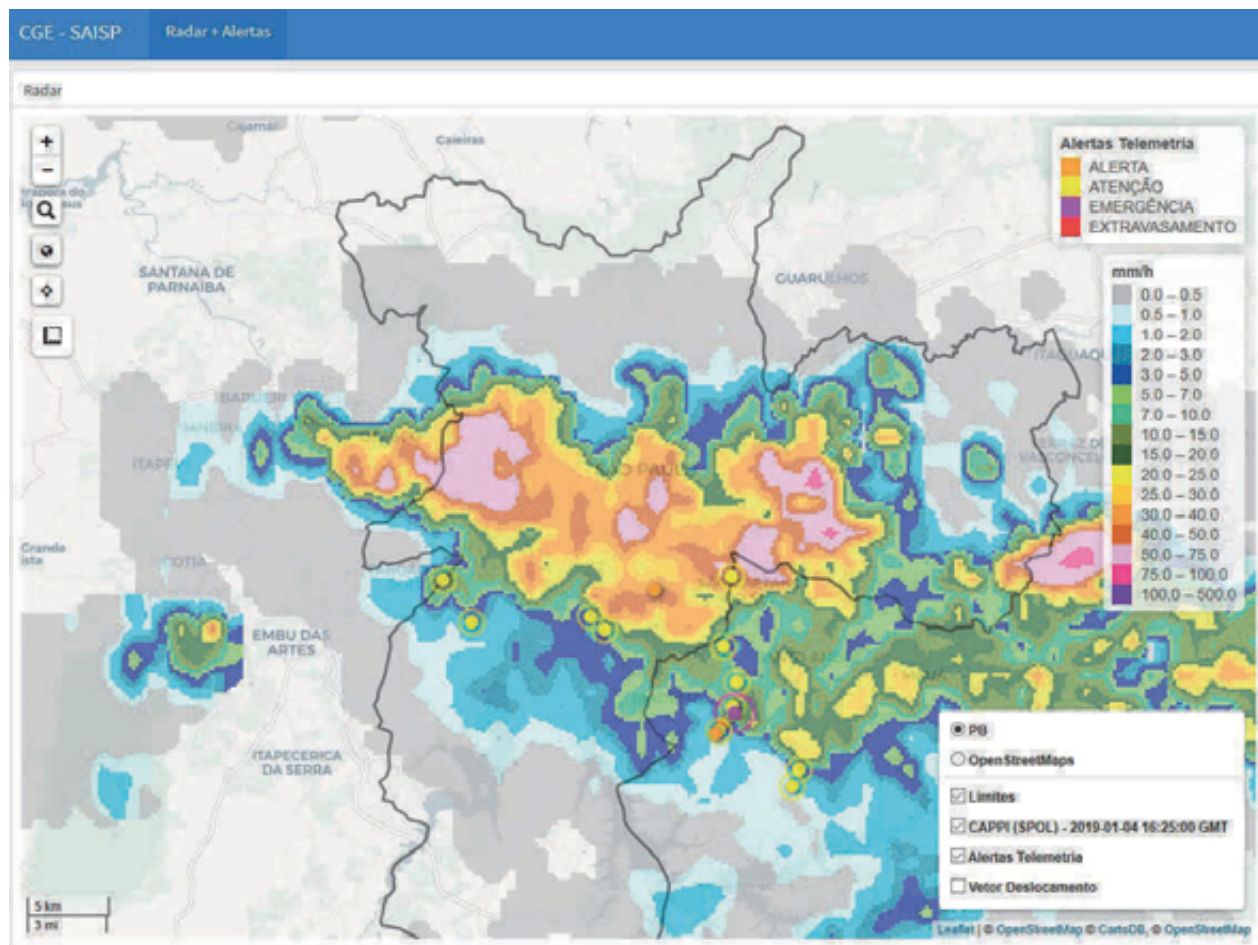


FIGURA 6.25 Mapa de chuva observada e alertas da telemetria

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 6.27** indica o nível do córrego Tremembé durante a passagem da onda de cheia no evento de 12 de janeiro de 2021 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.

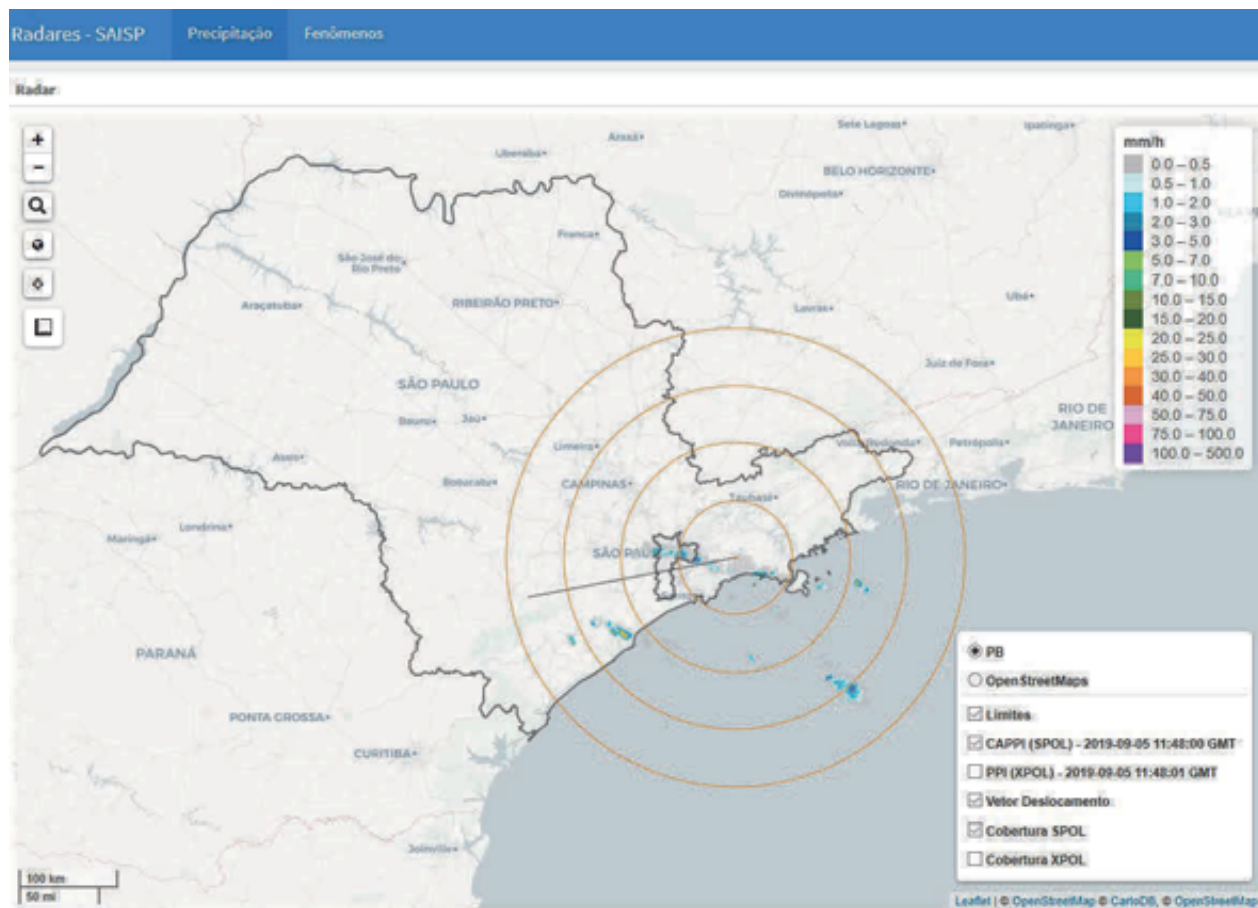


FIGURA 6.26 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

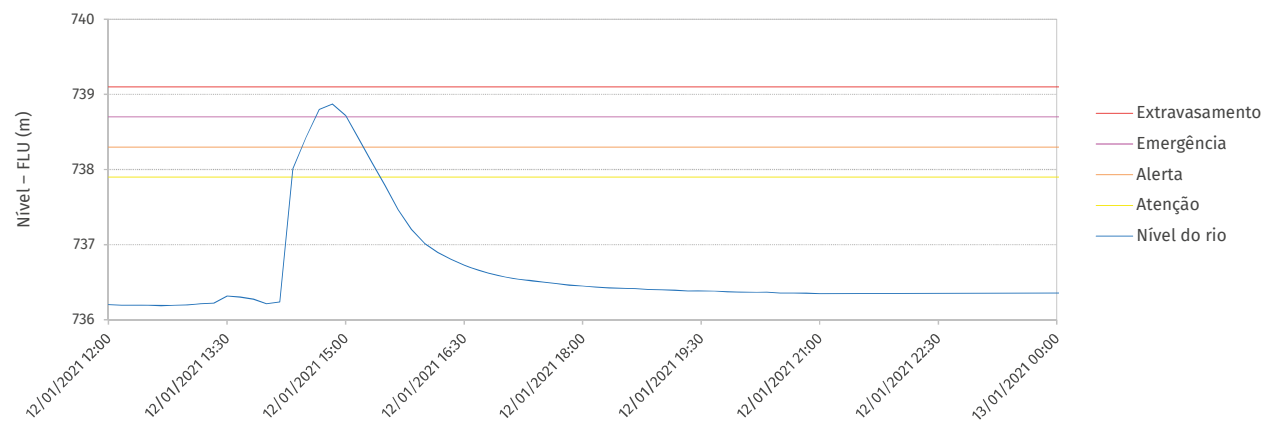


FIGURA 6.27 Fluviograma da cheia de 12 de janeiro de 2021 do posto 632 – córrego Tremembé – R. Garabed Gananian

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 escoar 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.

Esse manual considera ainda que, no planejamento dos sistemas públicos de drenagem, os efeitos desse tipo de medida sobre a redução dos picos de vazão e dos volumes de escoamento geralmente não são considerados. Por serem intervenções que dependem de diversas condicionantes técnicas e, também, de ações de controle e fiscalização nem sempre simples de serem colocadas em prática, é muito difícil prever se, em determinada bacia, elas serão ou não implantadas de acordo com os critérios de dimensionamento adotados. Por isso são consideradas medidas complementares, mas ainda assim importantes para aumentar a segurança do sistema.

No que tange à aplicabilidade das medidas de controle na fonte, é apresentado na **FIGURA 6.28** um mapa que, em função da declividade e da geologia da bacia, indica o potencial de implantação das medidas

indicadas. Salienta-se que, na região da planície aluvial, não é indicada a implantação de medidas infiltrantes, 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 não é aconselhável, sendo mais indicadas medidas de retenção, tais como as chamadas “piscininhas” ou a implantação de medidas de retenção escalonadas, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

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

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



Reservatório 1, Horto Florestal (foto: FCTH)

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte
(PMSP, 2012¹⁷; UACDC, 2010¹⁸ e MPCA, 2019¹⁹)

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>

17. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.

18. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.

19. 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, 2012¹⁷; UACDC, 2010¹⁸ e MPCA, 2019¹⁹)


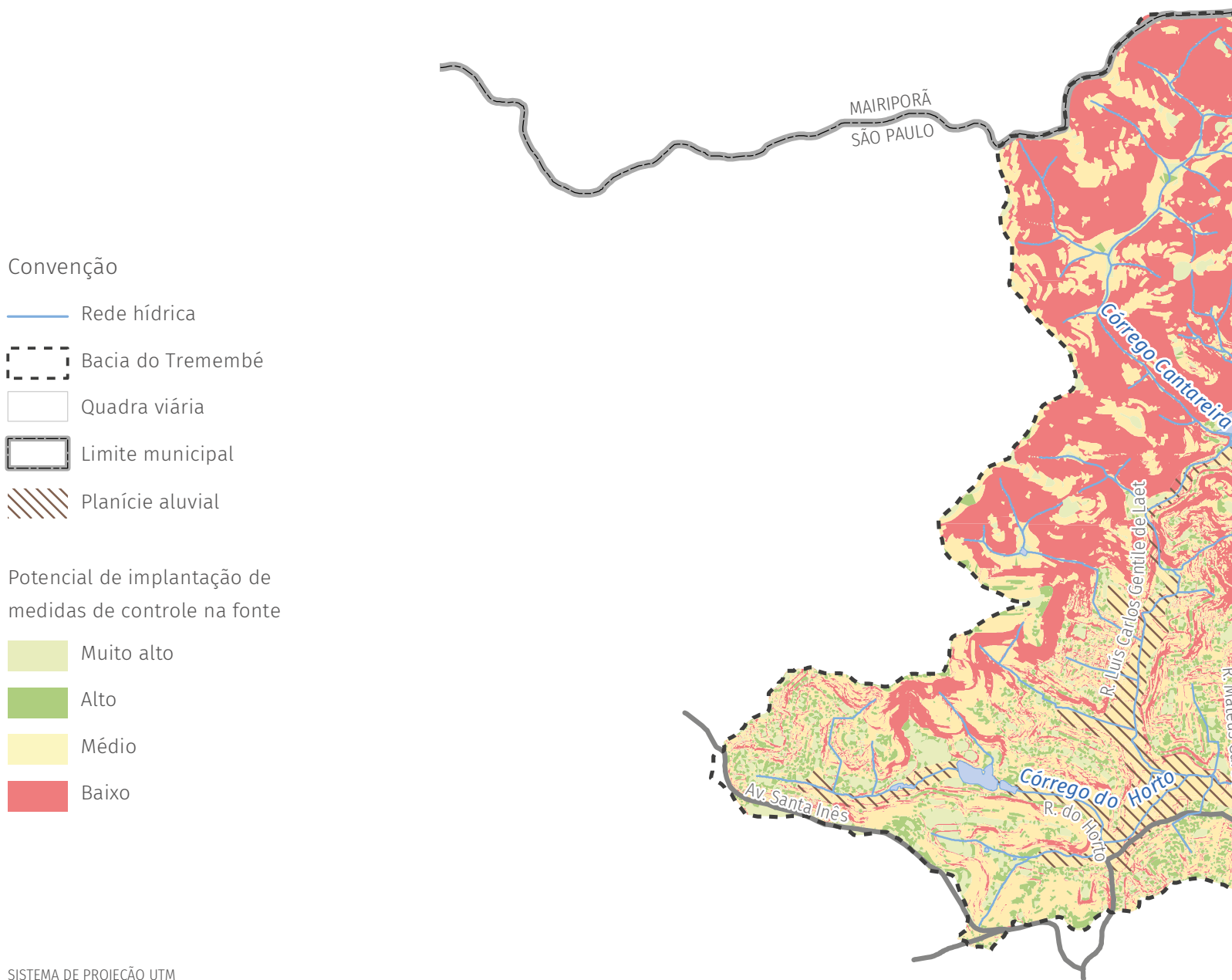
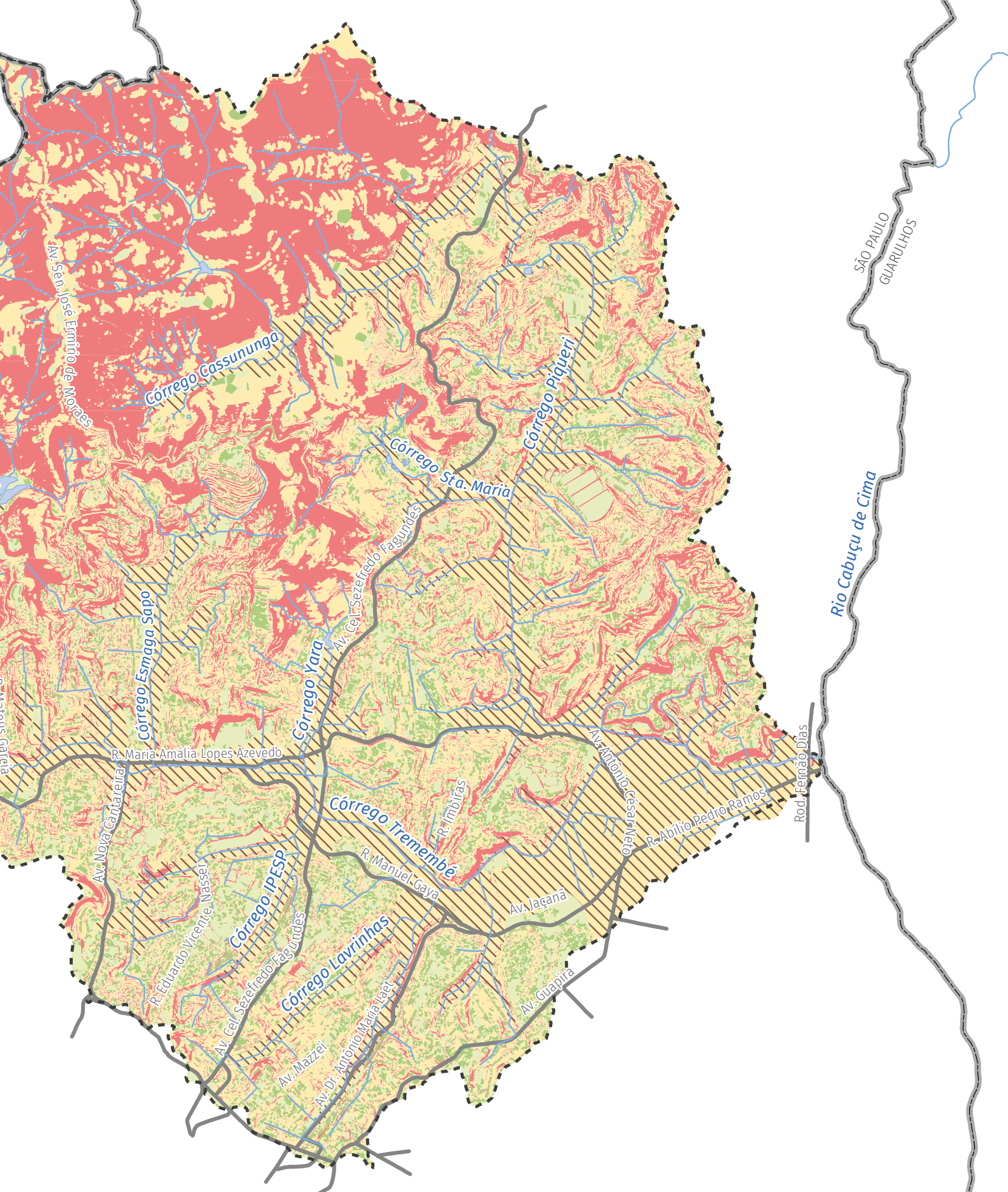
Medida	Descrição
<p>Trincheiras de infiltração</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>Valas de infiltração com material poroso sobre solo permeável são implantadas na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento. 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>

FIGURA 6.28 Potencial de implantação de medidas de controle na fonte na bacia do córrego Tremembé





Etapas de implantação das alternativas

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

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

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

A **FIGURA 7.1** apresenta as manchas de inundação resultantes de uma chuva de Tr 100 anos para a condição sem intervenções e para as quatro etapas da Alternativa 1. A **FIGURA 7.2** apresenta as mesmas informações para a Alternativa 2.

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

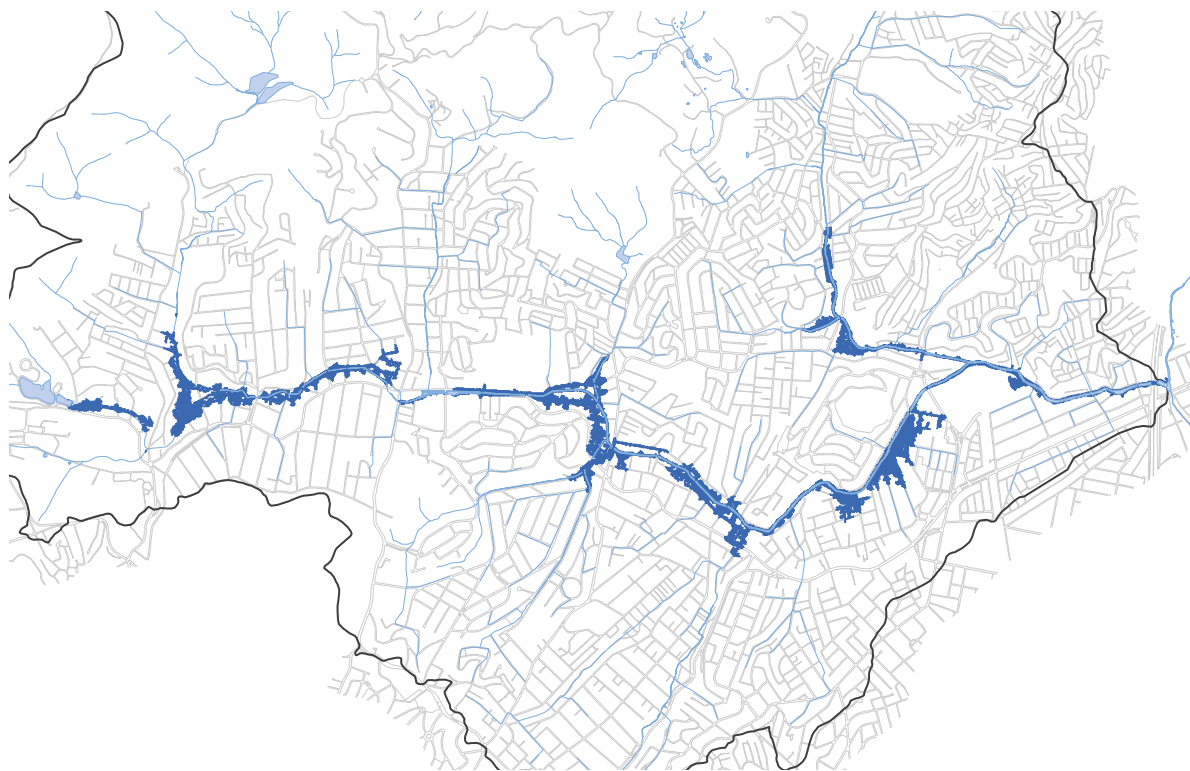
Destaca-se que, para eventos hidrológicos com períodos de retorno maiores que 100 anos, ocorrerão inundações.

TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre a bacia			
Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km ²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	0,414	2.271
1ª Etapa (Tr 5 anos)	Alternativa 1	0,246	1.481
	Alternativa 2	0,246	1.481
2ª Etapa (Tr 10 anos)	Alternativa 1	0,165	1.089
	Alternativa 2	0,220	1.272
3ª Etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,134	918
	Alternativa 2	0,144	859
4ª Etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0	0
	Alternativa 2	0	0

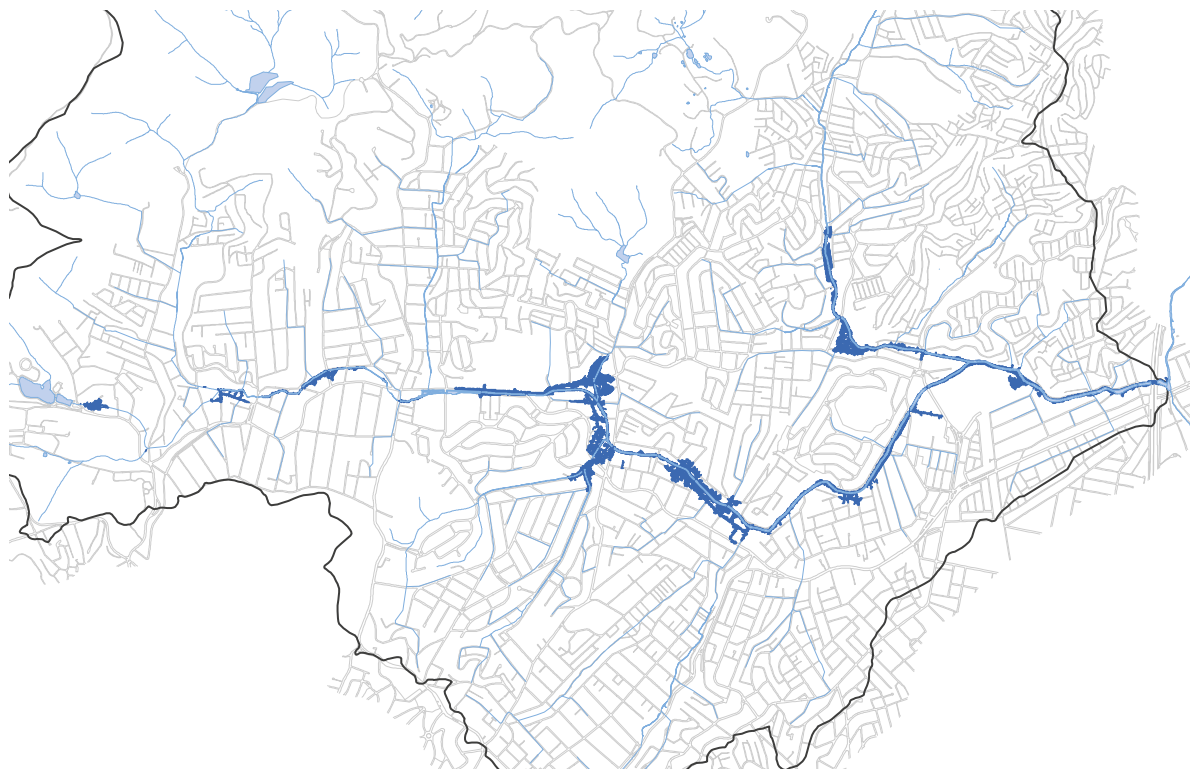


Córrego Tremembé, junto do reservatório 3 (foto: FCTH)

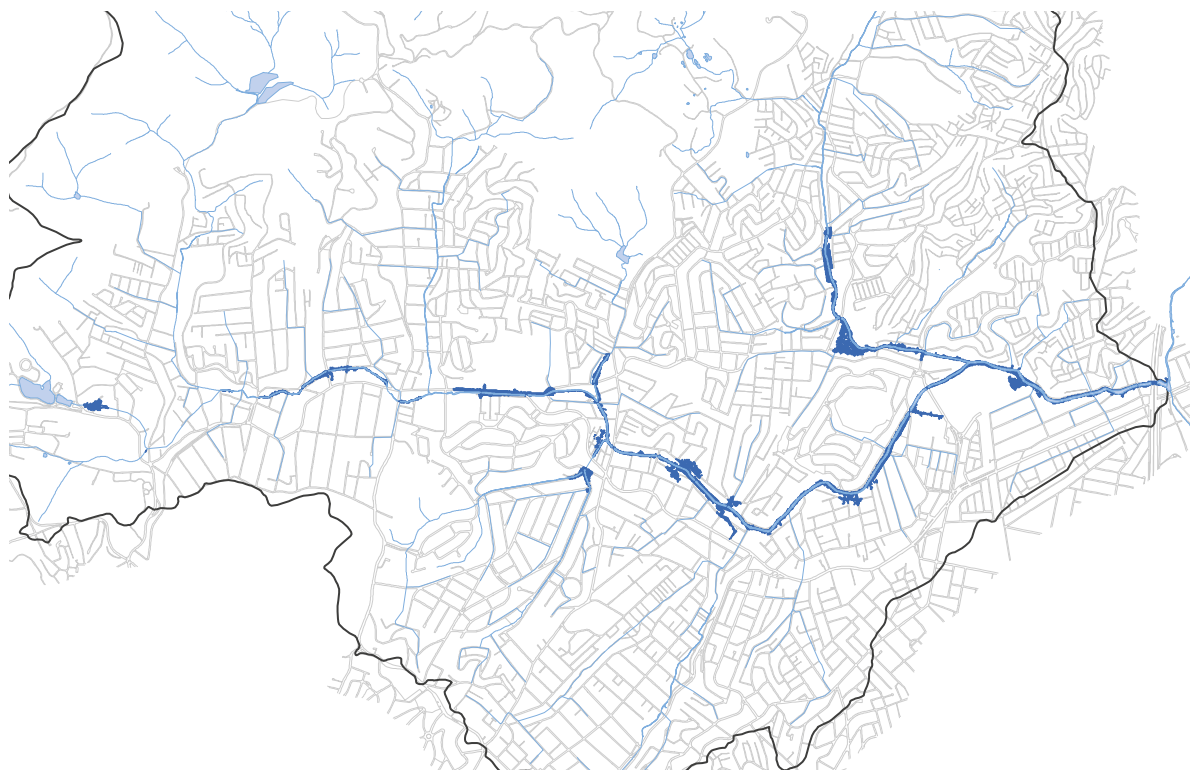
Sem intervenção - chuva de Tr 100 anos



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



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



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

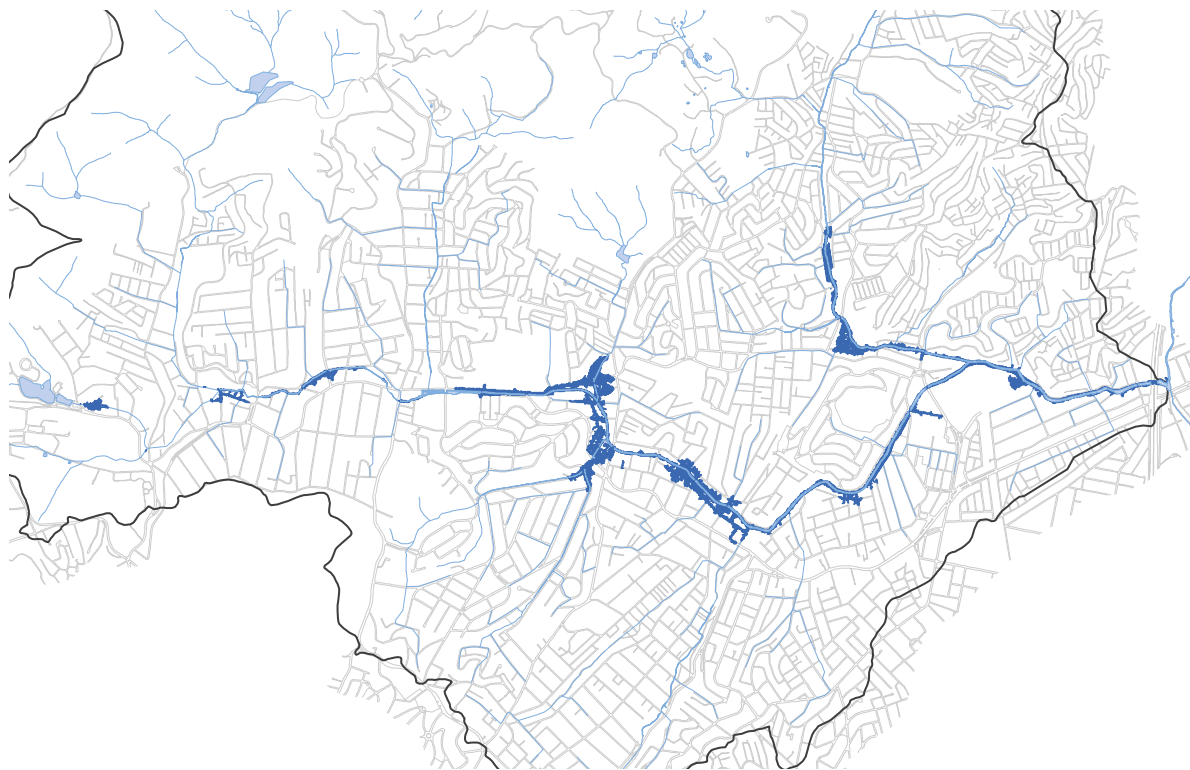


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1

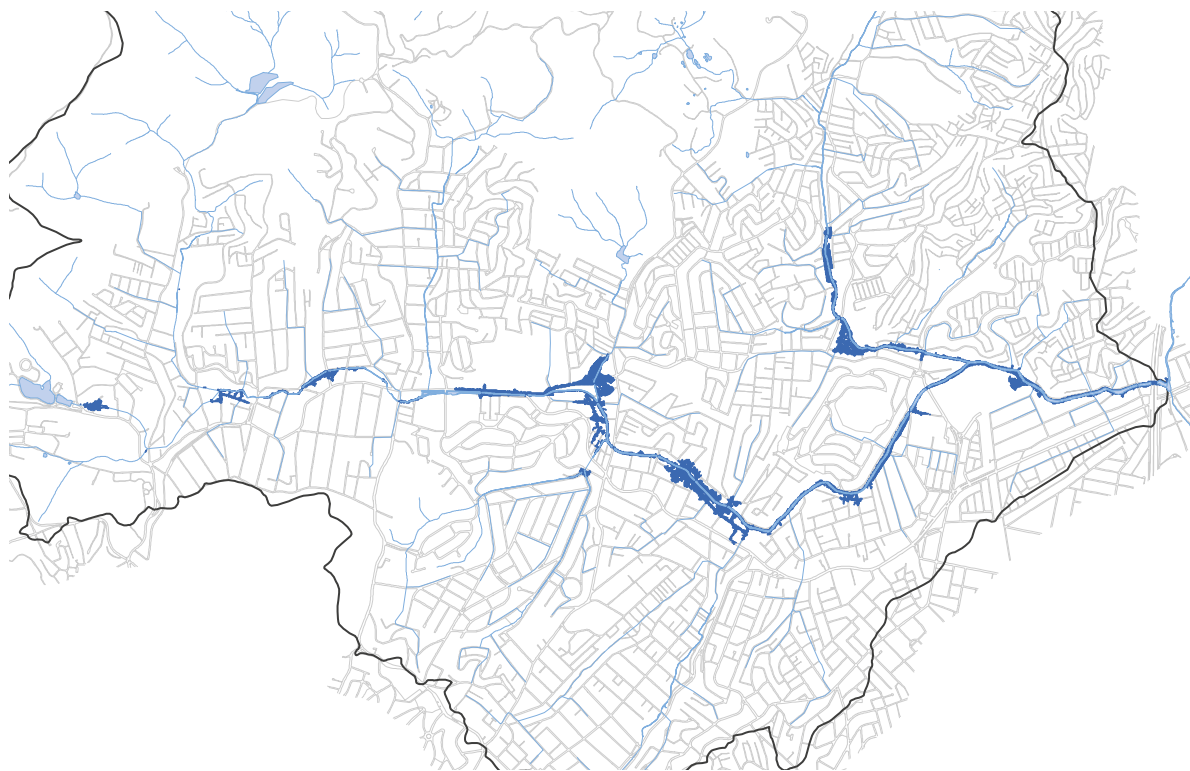
Sem intervenção - chuva de Tr 100 anos



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



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



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

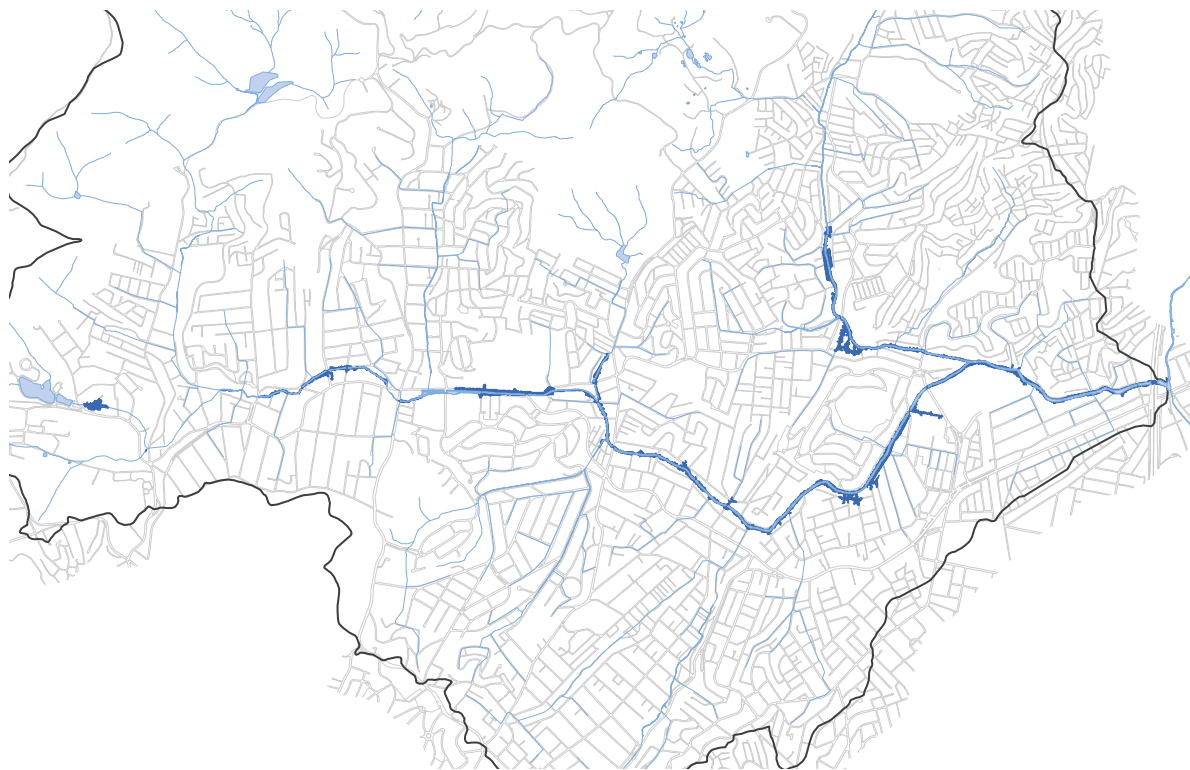


FIGURA 7.2 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

7.1 DESEMPENHO DAS INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA

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

A **FIGURA 7.3** ilustra a mancha de inundação originada de uma chuva com Tr 5 anos para a situação atual e após implantação das obras de 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 área da mancha de inundação na configuração da rede atual para uma chuva de Tr 5 anos na bacia é de 0,17 km². Com a implantação da 1ª etapa de obras essa mancha reduz para 0,08 km².

Para essa verificação, foi realizada a simulação no modelo PCSWMM considerando as obras de 1ª etapa das alternativas 1 e 2, a saber:

- Ampliação do reservatório no Horto Florestal – RTR-01A (8.900 m³ de volume adicional);
- Reservatório na Rua Luís Carlos Gentile de Laet com a Rua Nossa Sra. Aparecida – RTR-02 (80.000 m³);
- Canalização no córrego Tremembé entre a Rua Imbiras e a Avenida Antônio César Neto (1.650 m).

Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos



1ª etapa das alternativas – chuva de Tr 5 anos

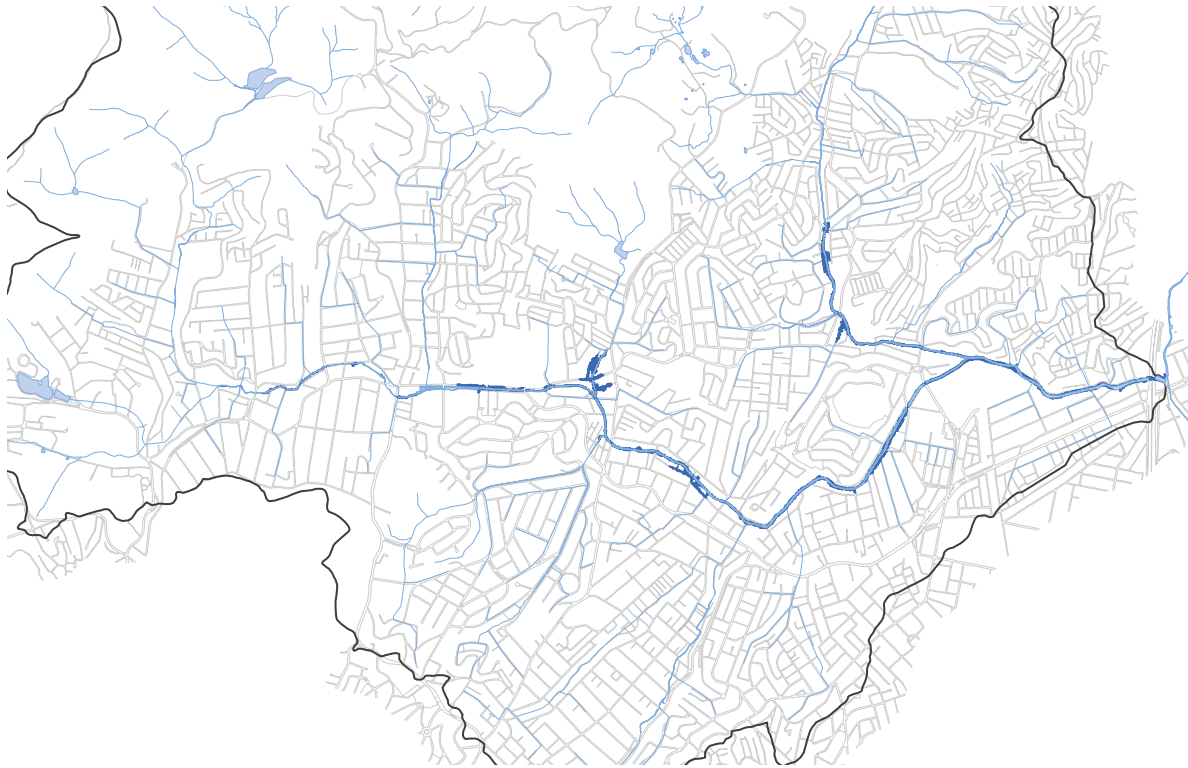


FIGURA 7.3 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos: cenário sem intervenção e com as obras da etapa inicial

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

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

- Reservatório aberto: custo médio de reservatório com bombas por m^3 de reservação;
- Parque linear: 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;
- Canalização: custo médio por m^3 , considerando canais com revestimento em concreto armado.

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

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

É importante ressaltar que as estimativas apresentadas são avaliações preliminares de custos, que devem ser detalhados durante a elaboração dos projetos quando estes forem contratados. Apesar de as estimativas apontarem custos menores para a Alternativa 2, eles devem ser observados com cautela, uma vez que não se consideraram os impactos e custos associados às interferências no sistema viário.

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

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Horto	Reservatório RTR-01A (ampliação do RTR-01)	Horto Florestal	6.300.000,00	0,00	6.300.000,00
	Cantareira	Reservatório RTR-02	R. Luís Carlos Gentile de Laet com a R. Nossa Sra. Aparecida	56.000.000,00	5.200.000,00	61.200.000,00
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Imbiras e a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05)	34.200.000,00	0,00	34.200.000,00
		Canalização	Entre a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05) e a Av. Antônio César Neto	30.300.000,00	0,00	30.300.000,00
2ª Etapa	Cantareira	Canalização	Entre a R. Francisco Inglês e a R. Japiuba	4.600.000,00	0,00	4.600.000,00
	Horto	Canalização	Entre a R. Bravox e a R. Japiuba	5.400.000,00	0,00	5.400.000,00
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Japiuba e a R. Prof. Pedro Pedreschi	5.600.000,00	0,00	5.600.000,00
		Canalização	Entre a R. Prof. Pedro Pedreschi e a Av. Nova Cantareira	13.000.000,00	0,00	13.000.000,00
		Reservatório RTR-07	R. Maria Amália Lopes Azevedo	15.800.000,00	10.500.000,00	26.300.000,00
Afluente IPESP	Reservatório RTR-04	Av. Ver. Ângelo Bortolo	17.500.000,00	11.400.000,00	28.900.000,00	
3ª Etapa	Piqueri	Reservatório RTR-06	R. Vicente Querol	84.000.000,00	12.700.000,00	96.700.000,00
4ª Etapa	Esmaga Sapo	Parque linear PTR-01	Entre a R. Padre Mocari e a R. Jean Castronis	42.000.000,00	12.800.000,00	54.800.000,00
	Piqueri	Canalização	Entre a Tv. Rio Butiá e a R. Mário Lago	14.200.000,00	0,00	14.200.000,00
TOTAL				328.900.000,00	52.600.000,00	381.500.000,00

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

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Horto	Reservatório RTR-01A (ampliação do RTR-01)	Horto Florestal	6.300.000,00	0,00	6.300.000,00
	Cantareira	Reservatório RTR-02	R. Luís Carlos Gentile de Laet com a R. Nossa Sra. Aparecida	56.000.000,00	5.200.000,00	61.200.000,00
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Imbiras e a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05)	34.200.000,00	0,00	34.200.000,00
		Canalização	Entre a R. Athos Ribeiro (reservatório RTR-05) e a Av. Antônio César Neto	30.300.000,00	0,00	30.300.000,00
2ª Etapa	Cantareira	Canalização	Entre a R. Francisco Inglês e a R. Japiuba	4.600.000,00	0,00	4.600.000,00
	Horto	Canalização	Entre a R. Bravox e a R. Japiuba	5.400.000,00	0,00	5.400.000,00
	Tremembé	Canalização	Entre a R. Japiuba e a R. Prof. Pedro Pedreschi	5.600.000,00	0,00	5.600.000,00
		Canalização	Entre a R. Prof. Pedro Pedreschi e a Av. Nova Cantareira	13.000.000,00	0,00	13.000.000,00
		Reservatório RTR-04	R. Maria Amália Lopes Azevedo	15.800.000,00	11.400.000,00	27.200.000,00
	Afluente IPESP	Parque linear PTR-02	Av. Ver. Ângelo Bortolo	28.800.000,00	12.500.000,00	41.300.000,00
3ª Etapa	Esmaga Sapo	Parque linear PTR-01	Entre a R. Padre Mocari e a R. Jean Castronis	22.200.000,00	12.800.000,00	35.000.000,00
	Piqueri	Parque linear PTR-03	R. Ushikichi Kamiya	59.300.000,00	10.410.000,00	69.710.000,00
4ª Etapa	Piqueri	Canalização	Entre a Tv. Rio Butiá e a R. Mário Lago	14.200.000,00	0,00	14.200.000,00
TOTAL				295.700.000,00	52.310.000,00	348.010.000,00

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa				TOTAL (milhões R\$)
	1 ^a (milhões R\$)	2 ^a (milhões R\$)	3 ^a (milhões R\$)	4 ^a (milhões R\$)	
Alternativa 1	132,0	83,8	96,7	69,0	381,5
Alternativa 2	132,0	97,1	104,7	14,2	348,0

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

O investimento estimado para a primeira etapa proporcionaria uma redução da área de inundação de recorrência de 100 anos de 41%, o que representa em torno de 35% dos custos totais nas duas alternativas.

A demanda por recursos para a implantação da segunda e terceira etapas, equivalente a 47% e 58%, para as alternativas 1 e 2 respectivamente, em um prazo de 20 anos.

Estima-se que o custo marginal para que se cumpra a quarta etapa (proteção de Tr 100 anos em toda a bacia) seja de 18% e 4% do total a ser investido, respectivamente para as alternativas 1 e 2.

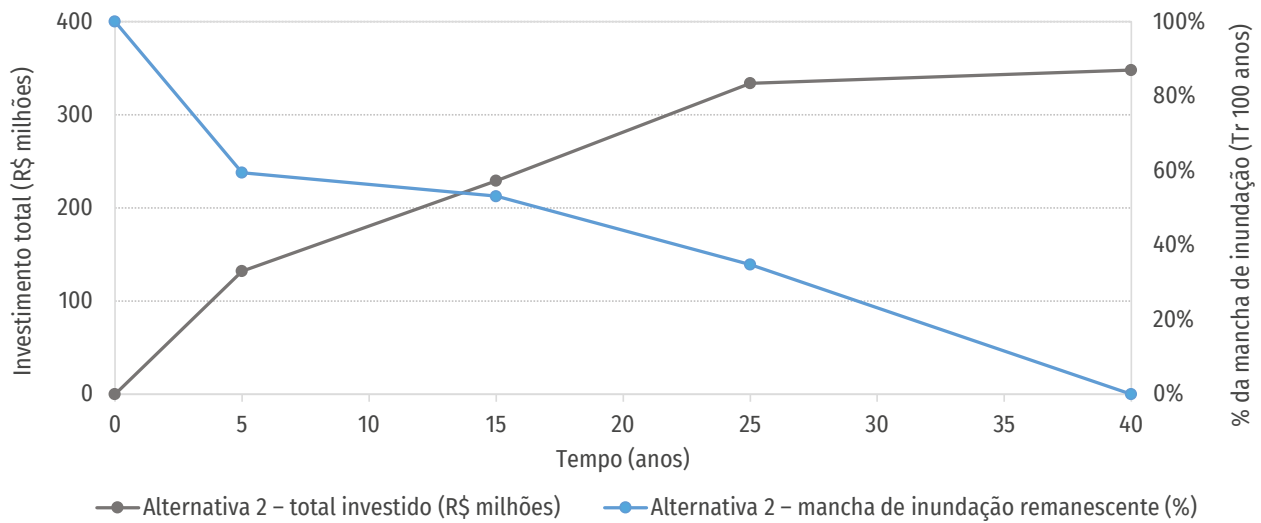
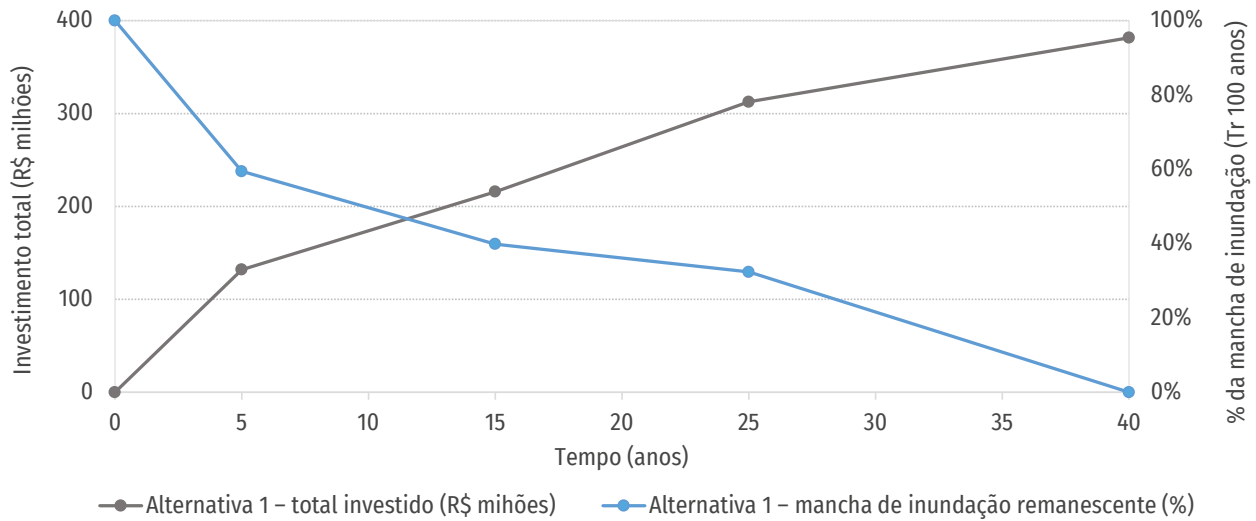


FIGURA 8.1 Curvas de investimento e de redução da mancha de inundação ao longo do tempo

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 Tremembé.

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

Parâmetro		Valor
Área da bacia		34,6 km ²
Perímetro da bacia		31,4 km
Extensão total de córregos		134,1 km
Extensão do curso principal		12,2 km
Extensão de córregos fechados		49,4 km
Declividade média do talvegue		0,036 m/m
Reservatórios existentes	Número de reservatórios	3
	Volume	35.000 m ³
Área inundável (situação atual)	Tr 5 anos	0,173 km ²
	Tr 10 anos	0,216 km ²
	Tr 25 anos	0,292 km ²
	Tr 100 anos	0,418 km ²
Risco de inundação	Muito alto	0,092 km ²
	Alto	0,112 km ²
	Médio	0,110 km ²
	Baixo	0,106 km ²
Área impermeável média	Atual	56,2%
	Máxima permitida	67,4%
Espaços abertos (% da área da bacia)		35,0%
Número de habitantes		273 mil habitantes
Vulnerabilidade média (excluídas as áreas não classificadas)		2,5 (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, canalizações e parques lineares. 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 medidas 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 Tremembé. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento localizados em áreas desocupadas e públicas, minimizando interferências com o tráfego de veículos e os custos associados à desapropriação de lotes. A Alternativa 2 priorizou a implantação de parques lineares ao longo dos córregos, armazenando o volume excedente das áreas próximas ao canal, de forma a preservar as praças e minimizar os custos de desapropriação.

As duas alternativas protegem a bacia para Tr 100 anos. Isso indica que, para eventos hidrológicos maiores que 100 anos, ocorrerão inundações, ou seja, a bacia não está protegida para eventos de tamanha magnitude.

A concepção das alternativas partiu da minimização das inundações. 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 10 anos, e a terceira etapa, com obras para proteção de Tr 25 anos. Por fim, a quarta etapa de obras protege a bacia para 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 do Jaçanã-Tremembé e de Santana-Tucuruvi.

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 ambientais²⁰.

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.

20. 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) 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 abaixa. 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.