

Proposta de implantação do pôlder junto do Pq. Estadual Jd. Helena



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA RIB. ÁGUA VERMELHA E LAJEADO E CÔR. S. MARTINHO

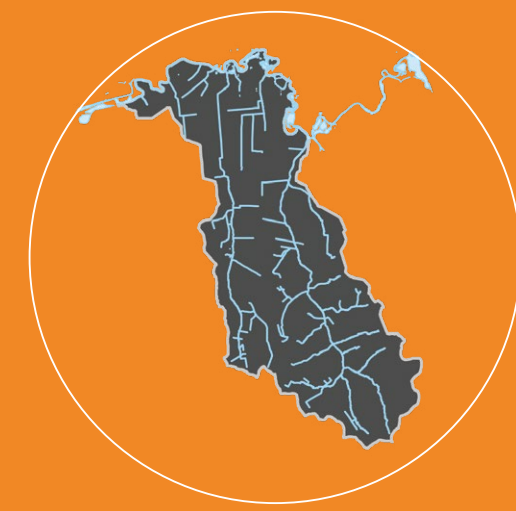
CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA
BACIAS DOS RIBEIRÕES ÁGUA VERMELHA E LAJEADO E DO CÔRREGO SÃO MARTINHO



BACIAS DOS RIBEIRÕES ÁGUA VERMELHA E LAJEADO E DO CÔRREGO SÃO MARTINHO



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

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIAS DOS RIBEIRÕES ÁGUA VERMELHA E LAJEADO E DO CÓRREGO SÃO MARTINHO

São Paulo, 2024



EQUIPE TÉCNICA

Nome	Função
Flavio Conde	Coordenador de Área
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski	Engenheiro Civil
Erika Naomi de Souza Tominaga	Engenheira Ambiental
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Engenheiro Civil
Rodrigo Martins Lucci	Engenheiro Civil
Sara Martins Pion	Engenheira Civil
Caio Gama de Camilo	Pesquisador
Danila Rodrigues	Pesquisadora
Filipe Chaves Gonçalves	Pesquisador
João Pedro Coelho Belini	Pesquisador
Lucas Alves da Costa	Pesquisador
Luiz Filipe Rodrigues Moreira	Pesquisador
Vinicius Lino e Silva	Pesquisador
Adriana Afonso Sandre	Bióloga e Arquiteta Urbanista
Riciane Pombo	Arquiteta Urbanista
Fernando Kenzo Onuki	Renderização de Imagens
Larissa Silvestre Santos de Bessa	Estagiária
Mariana Keiko Yamasaki Rodrigues	Estagiária

Realização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

Projeto gráfico, capa e diagramação: Mayara Menezes do Moinho

Revisão de texto: Simone Oliveira

Foto da capa: FCTH

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2024. 290 p.

ISBN 978-65-89429-17-3

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Água Vermelha, Lajeado e São Martinho (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
1. Definição de diretrizes básicas dos estudos	13
Plano Diretor Estratégico – PDE	15
2. Caracterização da bacia	23
2.1 Localização	23
2.2 Histórico da bacia	26
2.3 Hidrografia	28
2.4 Monitoramento hidrológico	66
2.5 Relevo	76
2.6 Carta geotécnica	80
2.7 Uso do solo	80
2.8 Zoneamento urbano	88
2.9 População	102
2.10 Divisão administrativa municipal	110
2.11 Sistema de esgotamento sanitário	110
2.12 Sistema viário	111
3. Critérios para o estudo	119
3.1 Chuva de projeto	120
3.2 Sub-bacias hidrográficas	125
3.3 Impermeabilização da bacia	128
4. Mapeamento de áreas críticas	135
4.1 Áreas inundáveis	135
4.2 Áreas críticas	138
5. Estudos e projetos existentes para a bacia	145
5.1 Programa Parque Várzeas do Tietê	148
5.2 Obras emergenciais	156
5.3 Estudo para a bacia do ribeirão Lajeado	162
6. Alternativas propostas	165
6.1 Alternativa 1	167
6.2 Alternativa 2	184
6.3 Localização e principais características das obras de reservação	196
6.4 Vistas e perspectivas das medidas propostas nas alternativas	217
6.5 Medidas complementares	232
6.6 Medidas não estruturais	232
6.7 Medidas de drenagem sustentáveis	245
7. Etapas de implantação das alternativas	253
7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa	260
8. Custo estimado	267
9. Indicadores de drenagem urbana	281
10. Considerações finais	285
Glossário	287

Lista de abreviaturas e siglas

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
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CRHI	Coordenadoria de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.
EPA	Environmental Protection Agency
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

FLU	Fluviométrico	PROCAV	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	QA	Quota Ambiental
GPRS	General Packet Radio Service	RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
GSM	Global System for Mobile Communications	SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
IDF	Intensidade-duração-frequência	SbN	Soluções baseadas na Natureza
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social	SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo	SF	Secretaria Municipal da Fazenda
MDC	Mapa Digital da Cidade	SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil	SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
PA	Perímetro de Qualificação Ambiental	SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana
PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model	SMSUB	Secretaria Municipal das Subprefeituras
PDD	Plano Diretor de Drenagem	SMT	Secretaria Municipal de Transportes
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
PMH	Plano Municipal de Habitação	Tc	Duração crítica do evento
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo	Tr	Período de retorno
PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão		

UNDP	United Nations Development Program	ZEPEC	Zona Especial de Preservação Cultural
ZC	Zona Centralidade	ZER	Zona Exclusivamente Residencial
ZCOR	Zona Corredor	ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico	ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social	ZM	Zona Mista
ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana	ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto	ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
ZEP	Zona Especial de Preservação	ZPI	Zona Predominantemente Industrial
ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental	ZPR	Zona Predominantemente Residencial

Apresentação

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

Este estudo desenvolveu-se no âmbito do contrato SIURB-FCTH nº 208/SIURB/2022, 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 das bacias 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 nas bacias hidrográficas serão escalonadas partindo-se da redução das inundações em áreas de risco muito alto.

Este Caderno refere-se às bacias hidrográficas dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, localizadas na margem

esquerda do Rio Tietê, na região Leste 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 de inundação das bacias hidrográficas.

No Capítulo 2, é apresentado o diagnóstico das bacias com a caracterização física e urbanística, o levantamento de inundações e o mapeamento das zonas inundáveis associado ao risco. Ainda neste capítulo, apresenta-se o Memorial Fotográfico, mostrando alguns dos principais problemas de inundação das bacias e pontos de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias.

No Capítulo 3, “Critérios para o estudo”, constam os fatores atuantes na geração do escoamento superficial direto, essencial para 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 das bacias 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 as bacias, e eles, que servem como primeira orientação para a proposição de medidas para o controle de cheias.

No Capítulo 6, são expostas as alternativas estudadas, formadas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas quatro etapas: a primeira etapa é delimitada para proteger as áreas críticas das bacias contra chuvas mais recorrentes; a segunda protege a bacia para chuvas de Tr 10 anos; a terceira etapa foi dimensionada para chuvas de Tr 25 anos; e a quarta etapa, por sua vez, protege a bacia para chuvas de 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 drenagem sustentáveis em função da declividade e da geologia das bacias, indicando seu potencial de implantação.

O Capítulo 7 expõe o sistema implantado em etapas e seu comportamento em cada etapa quando submetido a chuvas de

Tr 100 anos. Uma verificação do desempenho individual das medidas de controle de cheias consideradas na primeira etapa foi realizada, considerando a redução da mancha de inundação quando submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

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

No Capítulo 9 são apresentados os parâmetros para o desenvolvimento dos indicadores de desempenho do sistema de drenagem das bacias em estudo.

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

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.

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.

Em 8 de julho de 2023, entrou em vigor o novo texto do Plano Diretor, decorrente da Revisão Intermediária do Plano Diretor (Lei n. 17.975/2023). Essa lei abrange a revisão intermediária do PDE envolvendo ajustes e adequações nos instrumentos da Política de Desenvolvimento Urbano. Com isso, essa política passa a ser orientada pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Desenvolvimento Sustentável, bem como pelas ações para o enfrentamento das mudanças climáticas, em conformidade com acordos internacionais.

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.

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 viária e elevada concentração de empregos e serviços.
 - Macroárea de qualificação da urbanização – é caracterizada pela existência de usos residenciais e não residenciais instalados em edificações horizontais e verticais, com um padrão médio de urbanização e de oferta de serviços e equipamentos.
- Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana – caracteriza-se pela existência de elevados índices de vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano. É ocupada por uma população predominantemente de baixa renda que se instala em assentamentos precários e irregulares.
2. Macrozona de proteção e recuperação ambiental – é um território ambientalmente frágil devido a suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação. Tem dentre seus objetivos a conservação e a recuperação dos serviços ambientais existentes.
 - Macroárea de redução da vulnerabilidade e recuperação ambiental – caracteriza-se pela predominância de elevados índices de vulnerabilidade socioambiental, baixos índices de desenvolvimento humano e assentamentos precários e irregulares.
 - Macroárea de controle e qualificação urbana e ambiental – caracterizada pela existência de vazios intraurbanos com ou sem cobertura vegetal e áreas

urbanizadas com distintos padrões de ocupação.

- Macroárea de contenção urbana e uso sustentável – caracterizada pela existência de fragmentos significativos de vegetação nativa, entremeados por atividades agrícolas, sítios e chácaras de recreio que protegem e/ou impactam, em graus distintos, a qualidade dos recursos hídricos.
- Macroárea de preservação de ecossistemas naturais – é caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processos ainda conservam suas características naturais. Predominam áreas de remanescentes florestais naturais, várzeas preservadas, cabeceiras de drenagem, nascentes e cursos d’água ainda pouco impactados por atividades antrópicas.

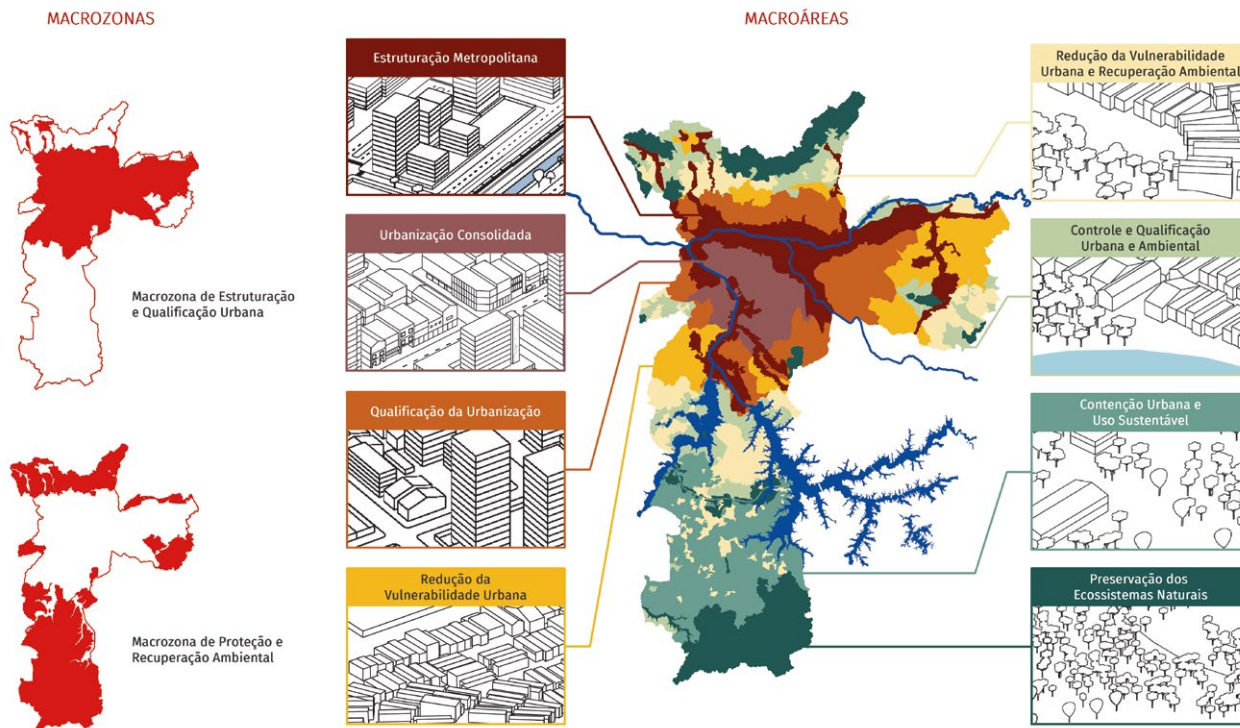
A **FIGURA 1.1** apresenta as macrozonas e macroáreas, elementos estruturantes do ordenamento territorial.

A rede de estruturação e transformação urbana é composta da rede hídrica ambiental (constituída pelo conjunto de cursos d’água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d’água, represas e lagos naturais e artificiais, planícies aluviais e águas subterrâneas) e do conjunto de parques, unidades de conservação, áreas verdes 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 a rede de parques, considerando populações de todas as faixas de renda (inferior, intermediária e alta), de modo a equilibrar a relação entre o ambiente construído, as áreas verdes e os espaços livres, objetivando garantir espaços de lazer, sociabilidade e recreação para a população;
- Proteger nascentes, olhos-d’água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;
- Articular, por meio de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares;
- Adotar Soluções baseadas na Natureza (SbN) nas intervenções, especialmente as do Sistema de Saneamento Ambiental, com o intuito de melhorar a qualidade urbanística e ambiental das bacias hidrográficas.

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



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 talwegues;

- 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:

- Criar um órgão municipal de planejamento e gestão de drenagem e dos recursos hídricos;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações e aprimorar os sistemas de alerta e de emergência;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Implantar sistemas de detenção ou retenção temporária das águas pluviais que contribuam para a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente;
- Implantar o Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, 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;
- 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;

- Implementar medidas de drenagem sustentáveis em áreas privadas e públicas;
- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carregada para os corpos hídricos;
- Adotar pisos drenantes nas pavimentações de vias locais e passeios de pedestres.

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

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

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:

- Consideram a bacia hidrográfica como uma unidade territorial de análise para diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;
- Consideram o impacto do uso e da ocupação do solo na impermeabilização da bacia hidrográfica;
- Estimulam e apontam áreas potenciais para a implantação de medidas de drenagem sustentáveis;
- Respeitam as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;
- Utilizam tecnologia avançada de modelagem hidrológica e hidráulica, que permite o mapeamento das áreas de risco de inundação;
- Produzem o mapeamento georreferenciado dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Propõem sistemas de retenção, retenção e infiltração 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;

- Adotam 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.

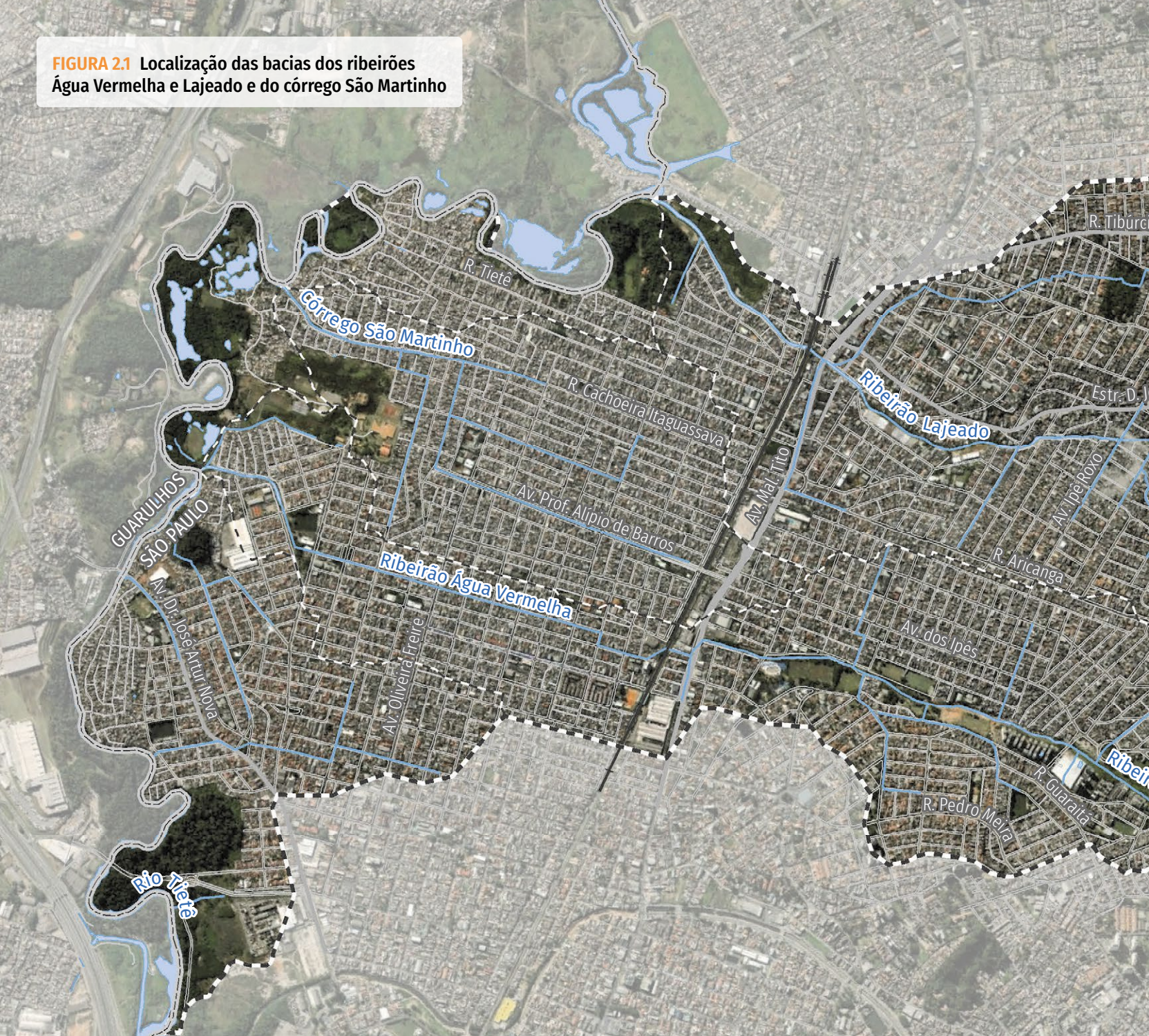
Caracterização da bacia

2.1 LOCALIZAÇÃO






As bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho localizam-se na zona Leste do Município de São Paulo, com 5,1 km², 11,1 km² e 1,8 km², respectivamente. As áreas de contribuição direta ao rio Tietê somam 2,6 km². No total, essas áreas somam 20,6 km², sendo apenas uma pequena parcela, equivalente a 2,1 km², localizada no Município de Ferraz de Vasconcelos. O restante, 18,5 km², está dentro de São Paulo e corresponde a 1,2 % da área total do município. Essas bacias são afluentes da margem esquerda do Rio Tietê, e localizam-se entre as bacias do córrego Itaquera e Itaim-Tijuco Preto.

O mapa da **FIGURA 2.1** apresenta a localização das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho no Município de São Paulo.

FIGURA 2.1 Localização das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

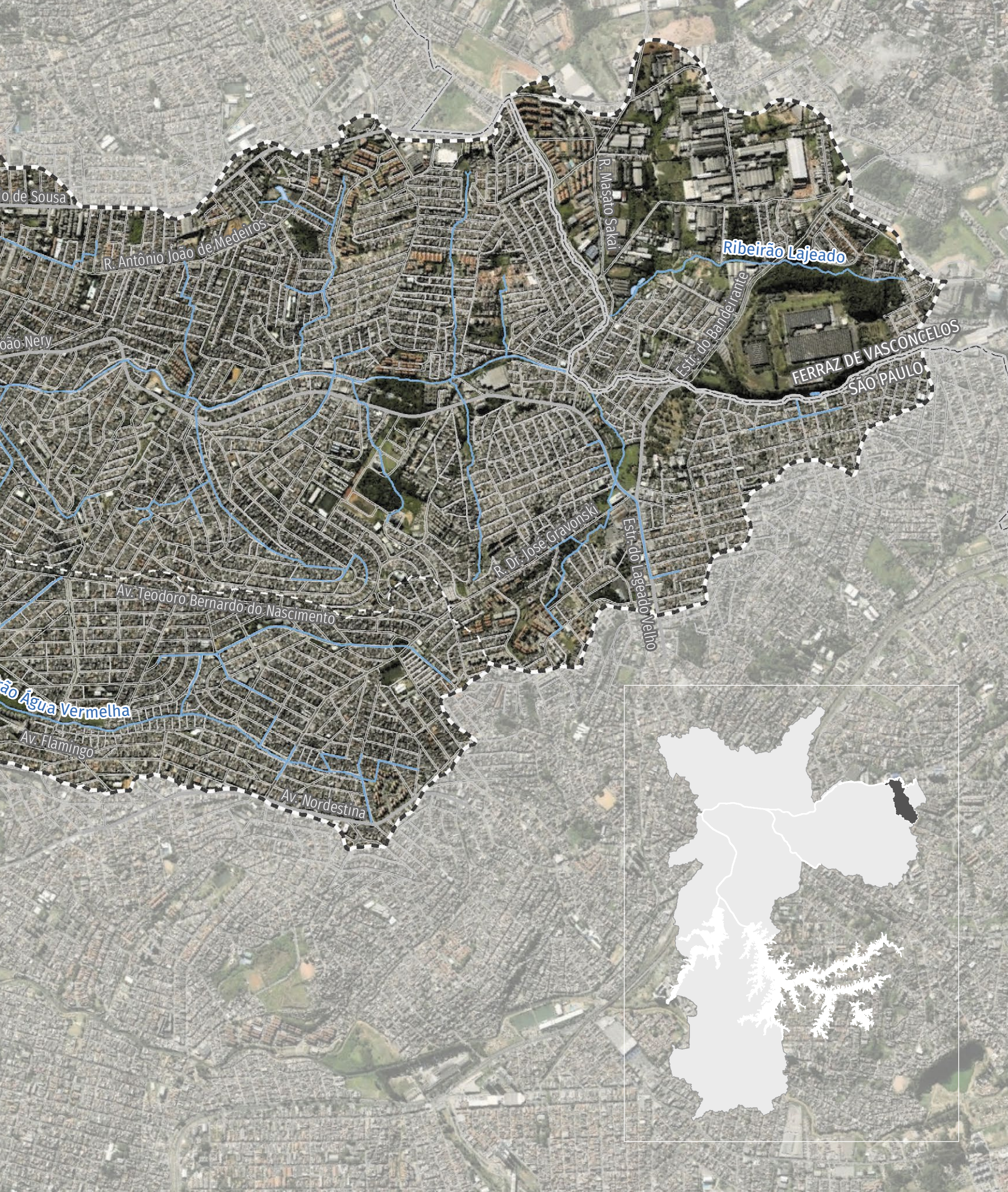
-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

Área de drenagem: 20,6 km²

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)
Imagem: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the
GIS User Community





R. de Sousa

R. João Nery

R. Antônio João de Medeiros

R. Masato Sakai

Ribeirão Lajeado

Est. do Bandeirante

FERRAZ DE VASCONCELOS
SAO PAULO

R. Dr. José Gravovsk

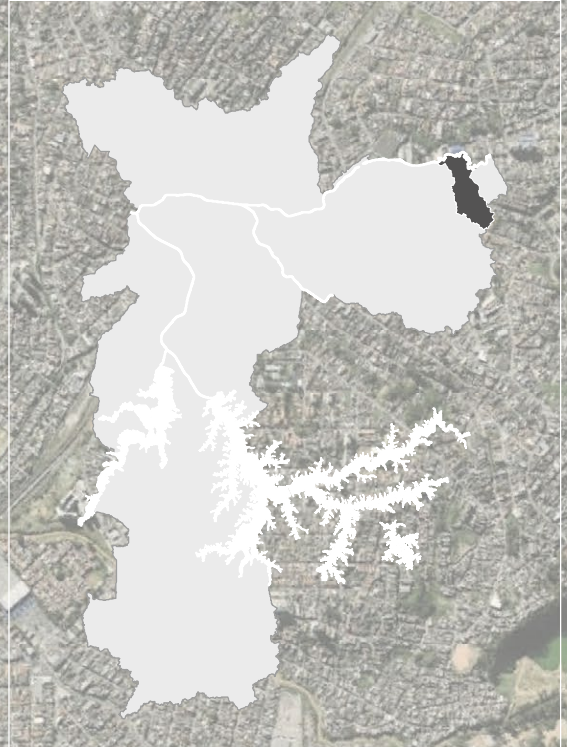
Est. do Lajeado Velho

Av. Teodoro Bernardo do Nascimento

Rio Água Vermelha

Av. Flamengo

Av. Nordestina



2.2 HISTÓRICO DA BACIA

O acelerado processo de urbanização do Município de São Paulo transformou vários rios que cortam a cidade, no intuito de dilatar a malha urbana e minimizar a carência habitacional, intensificada com o aumento da população. Nesse sentido, os rios Água Vermelha e Lajeado e o córrego São Martinho passaram por transformações topográficas, hidrográficas e, também, em suas relações com o contexto urbano.

O ribeirão Água Vermelha percorre os bairros Vila Curuçá e Jardim Helena, no sentido norte-sul, e é afluente do Rio Tietê. Esse curso d'água beneficiou olarias que se instalaram em seu entorno no início do século XX, uma vez que areia e pedregulhos que ali existiam eram extraídos para a construção civil. Essa região, que inclui também o bairro Itaim Paulista, começou a ser povoada no final do século XVIII, com a instalação da ferrovia Estrada do Norte, o que acelerou seu desenvolvimento e facilitou sua emancipação política de São Miguel

Paulista⁵ em 1980, tornando-se, assim, um distrito autônomo.

Já as águas do ribeirão Lajeado fluem pelos distritos de Lajeado e Itaim Paulista. Na época do Império, essa área tornou-se um ponto de parada para o imperador e seus acompanhantes, que costumavam pernoitar no local antes de seguir para as minas de ouro. Em terras da família Bueno, localizadas no vale do Ribeirão Lajeado, foram estabelecidas uma pousada e uma pequena capela para receber os viajantes que atravessavam a região. Atualmente, nessa área há o Cemitério Lajeado. A rota, conhecida como Estrada do Imperador, também ficou famosa como Estrada dos Guaianases, atualmente chamada de Estrada do Lajeado Velho⁶.

O córrego São Martinho, também conhecido como Itaguassava, margeia a Rua Cachoeira Itaguassava, no distrito do Jardim Helena, desaguando no Rio Tietê. Esse córrego é o principal canal de escoamento das águas pluviais do Jardim Pantanal, uma região que enfrenta problemas recorrentes de inundações desde o começo de sua ocupação, iniciada em 1986 e consolidada na

5. São Paulo (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Linear Água Vermelha**, 12 jun. 2024. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/parques/regiao_leste/index.php?p=46666. Acesso em: 7 jul. 2024.

6. São Paulo (Município). Subprefeitura de Guaianases. **Histórico**, 5 jun. 2024. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/guaianases/historico/index.php?p=151>. Acesso em: 7 jul. 2024.



FIGURA 2.2 Modificações na ocupação do território em 1954 e em imagem atual (a primeira imagem é uma foto aérea disponível no GeoSampa)

várzea do Rio Tietê, uma Área de Proteção Ambiental (APA)⁷.

Na região do Itaim Paulista, é possível encontrar o Núcleo Itaim Biacica, um parque inaugurado em 2018 como parte do programa Parque Várzeas do Tietê. Ele está localizado parcialmente na Fazenda Biacica, onde há um casarão do século XVII de arquitetura luso-brasileira, tombado em 1994 pelo Patrimônio Histórico⁸. Em 2020, o Governo de São Paulo iniciou a restauração desse casarão para abrigar atividades educacionais, culturais e de lazer⁹. Outro parque que integra o programa Parque Várzeas do Tietê é o Jardim Helena. Esses parques são componentes de um conjunto de iniciativas propostas ao longo do Rio Tietê com o propósito de proteger e conservar suas várzeas.

Nas bacias aqui estudadas, há ainda outros quatro parques urbanos: Parque Linear Água Vermelha, Parque Chácara das Flores, Parque Quississana e Parque Ecológico Central do Itaim.

2.3 HIDROGRAFIA

O ribeirão Água Vermelha nasce nas proximidades da Avenida Nordeste, nas dependências do condomínio Jardim das Acácias, e segue rodeado por ocupações desordenadas e encoberto por edificações até aproximadamente a travessia da Rua José Augusto Lobo. Com suas margens preservadas a partir desse ponto, escoam a céu aberto até a Avenida Marechal Tito, onde emboca em uma galeria e continua, com seção fechada, até a Rua Cirilo Alves da Silva, a jusante da Praça Craveiro do Campo. Dali, segue a céu aberto até desaguar no Rio Tietê. A extensão total do ribeirão Água Vermelha é de aproximadamente 6.300 metros, e a maior parte de seus trechos está enterrada, em decorrência da ocupação territorial sem planejamento por parte da população.

O ribeirão Lajeado nasce no Município de Ferraz de Vasconcelos, nas proximidades da Estrada João Gaspar Delegado, e percorre a lateral da fábrica Brinquedos Bandeirantes, tendo suas margens preservadas até a

7. INSTITUTO ALANA. **Relatório de atividades do Projeto Urbanizar 2018-2020**. São Paulo: Projeto Urbanizar, 2020.

8. São Paulo (Estado). Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística – Coordenadoria de Parques e Parcerias. **Núcleo de Lazer Itaim Biacica**. Disponível em: <https://www.semil.sp.gov.br/2021/04/nucleo-itaim-biacica-celebratres-anos/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

9. São Paulo (Estado). Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. **Governo de SP restaura casarão do século 17 no Parque Itaim Biacica**, 6 dez. 2020. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/governo-de-sp-restaura-casarao-seculo-17-no-parque-itaim-biacica/>. Acesso em: 28 set. 2023.

travessia da Estrada do Bandeirante. A partir da travessia da Rua Beatriz Maria, segue a céu aberto, com trechos cobertos por edificações, e cruza algumas vias de maior porte, como a Rua Gerônimo Barbosa da Silva, a Estrada Dom João Nery, a Avenida Marechal Tito e a ferrovia. Desse ponto, segue por aproximadamente 1 km até desaguar no Rio Tietê. O comprimento total do ribeirão Lajeado é de aproximadamente 7 km, e seus afluentes são limitados por uma ocupação populacional densa e desorganizada, com a maior parte de seus trechos enterrados.

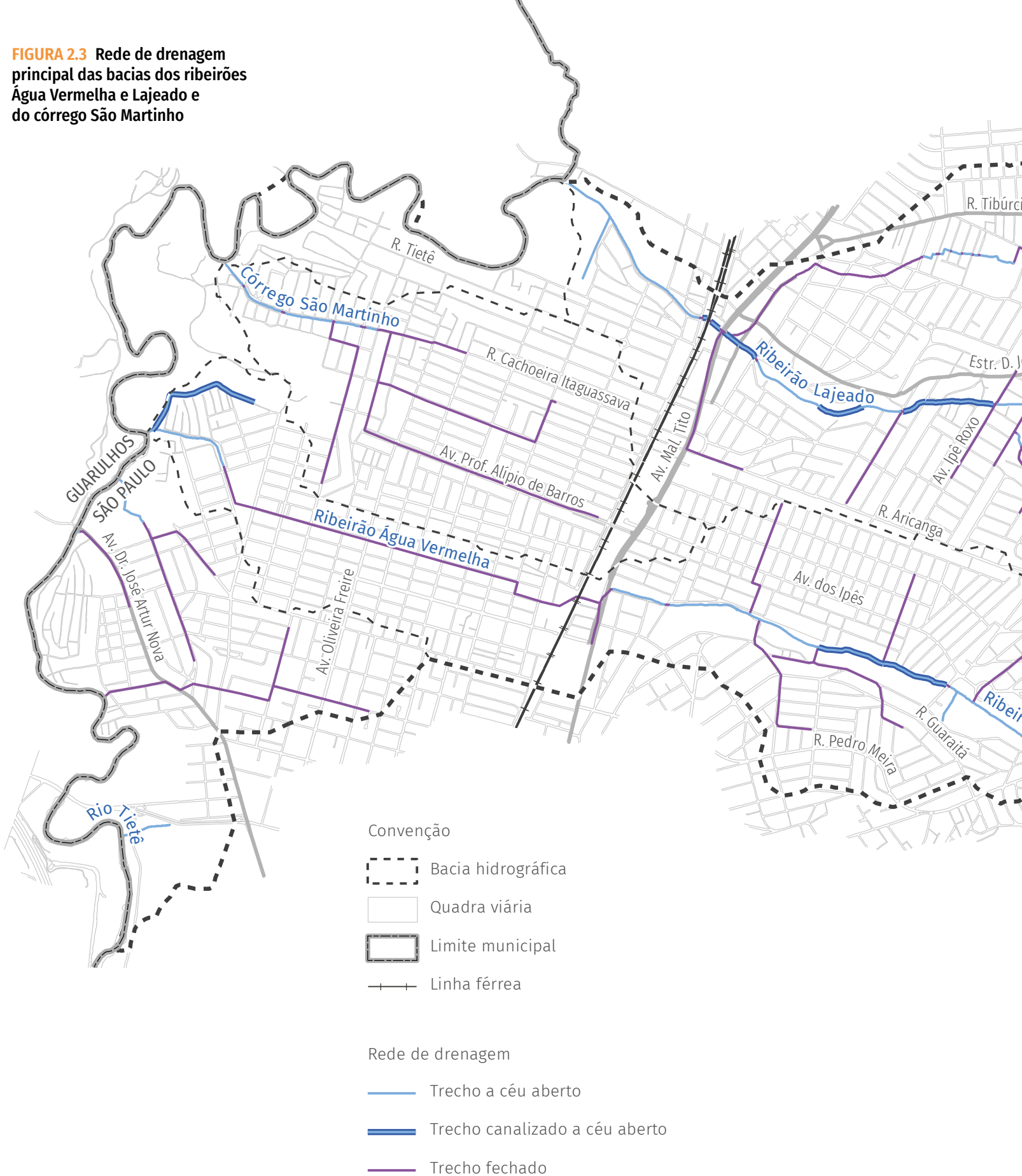
Dos três cursos d'água em estudo, o córrego São Martinho é o de menor extensão, com aproximadamente 2 km. Nasce nas proximidades da Avenida Marechal Tito, segue enterrado pela Avenida Professor Alípio de Barros, faz uma deflexão na Rua Borboleta Amarela e escoar por uma galeria até a Rua Goiabeira Serrana, de onde segue a céu

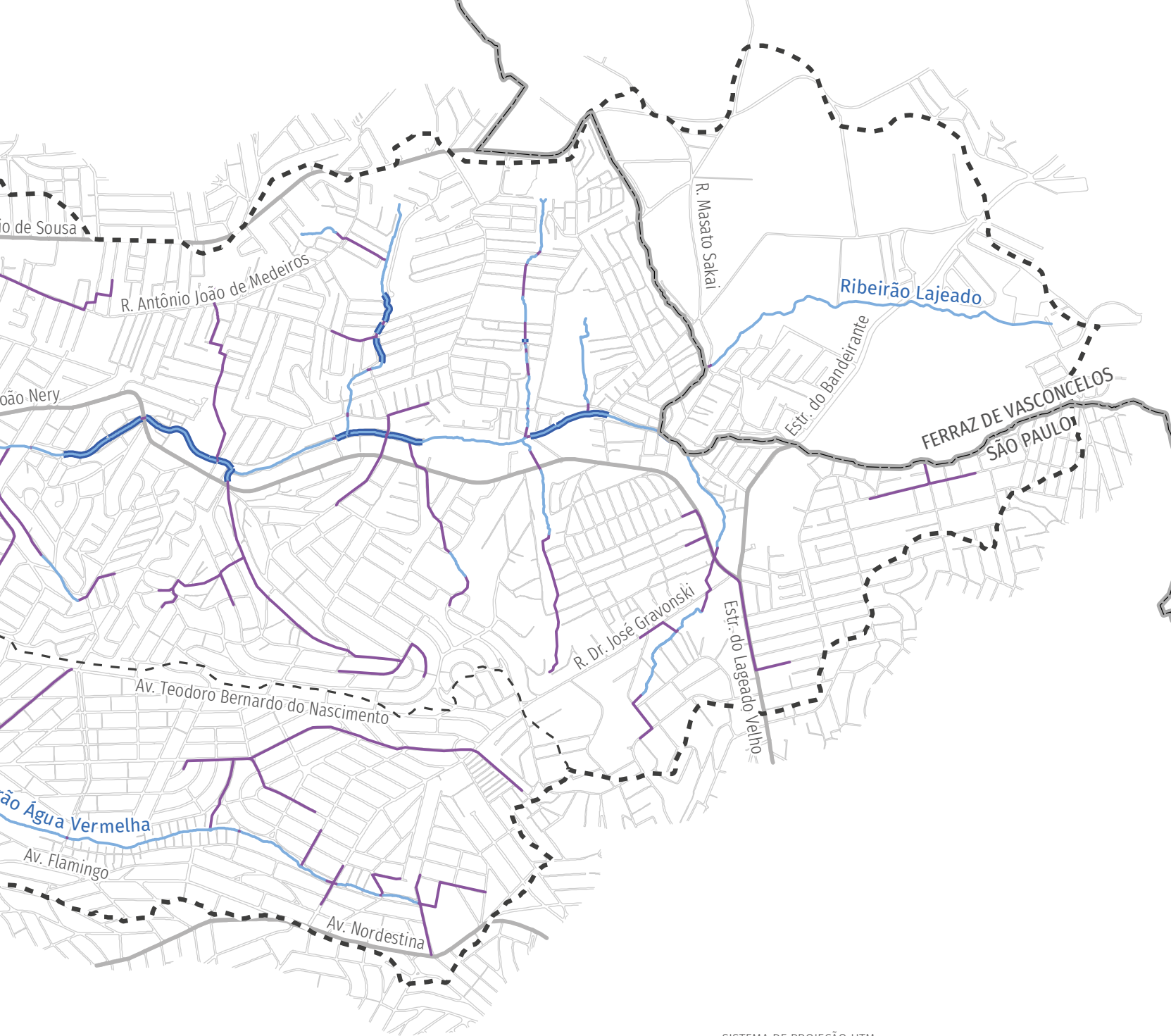
aberto até desaguar no Rio Tietê. Por quase toda a sua extensão a céu aberto, o córrego São Marinho é cercado por ruas e edificações.

O mapa hidrográfico das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho é apresentado na **FIGURA 2.3**. O traçado desse mapa leva em consideração a situação atual dos cursos d'água existentes nas bacias, sendo elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo. Na imagem, é possível verificar que a maior parte dos cursos d'água dessas bacias encontram-se a céu aberto.

A **FIGURA 2.4** indica as dimensões das galerias principais das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias.

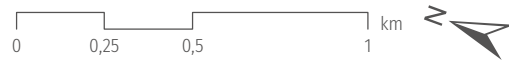
FIGURA 2.3 Rede de drenagem principal das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

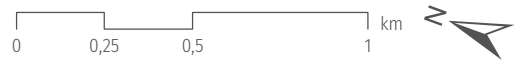
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



2.3.1 O SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL DA BACIA

O sistema de drenagem urbana faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma cidade, como as redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, da pavimentação de ruas, das guias, dos passeios, dos parques, das áreas de recreação e lazer, entre outros. Originalmente, os sistemas convencionais de drenagem urbana objetivavam realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais.

É fato que o planejamento e a gestão das águas urbanas precisam adotar uma abordagem integrada entre as medidas ditas convencionais e os dispositivos de drenagem sustentáveis, na busca por obter um ambiente urbano protegido e equilibrado. Nesse sentido, faz-se necessária a integração de um conjunto de medidas para a minimização dos impactos decorrentes do processo de urbanização sobre o sistema de drenagem. Entre tais medidas, há as tradicionalmente utilizadas – e necessárias

–, como reforço de galeria, canalizações, reservatórios de armazenamento e polders, assim como medidas consideradas mais sustentáveis, como parques lineares com ou sem reservação, abertura de canais, revitalização de cursos d'água, infraestrutura verde, convivência com as cheias e sistema de alerta a inundação.

Apesar de já existirem iniciativas e diversas soluções de drenagem sustentáveis implantadas na cidade de São Paulo¹⁰, os sistemas de drenagem existentes no município ainda são majoritariamente convencionais. Contudo, há que se destacar um dispositivo, implantado no sistema de macrodrenagem, que é o sistema de vertimento controlado do lago do Parque da Aclimação, com benefício direto no abatimento das cheias a jusante do parque, mantendo as características principais de lazer e a fauna e a flora aquáticas locais.

Vale lembrar que os processos resultantes da ocupação desordenada e acelerada, a intensa impermeabilização do solo urbano e a implantação do sistema de drenagem das vias têm impacto significativo no aumento do escoamento superficial e das vazões nos corpos hídricos receptores. A ampliação do

10. São Paulo (Município). Secretaria Municipal Especial de Comunicação. **Prefeitura de São Paulo ultrapassa a marca de 200 jardins de chuva na cidade**, 23 set. 2022. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-de-sao-paulo-ultrapassa-a-marca-de-200-jardins-de-chuva-na-cidade>. Acesso em: 22 jun. 2023.

sistema de macrodrenagem não acompanhou tal crescimento, de forma que se observam insuficiências ao longo do sistema e a ocorrência de inundações e alagamentos. Os danos e prejuízos decorrentes dos eventos de inundação intensificam-se quando considerados os demais problemas econômicos, sociais e ambientais do município.

A insuficiência do sistema de drenagem em determinada seção de escoamento é avaliada pelo hidrograma na seção de

interesse, como apresentado na **FIGURA 2.5**. O hidrograma é a representação gráfica da vazão em função do tempo. As vazões resultantes do processo de urbanização são representadas pela linha cinza do gráfico. Percebe-se que elas ultrapassam o limite de capacidade do sistema e, portanto, na situação apresentada, causariam inundações. A linha cinza pontilhada corresponde ao hidrograma de vazões amortecidas e configura o cenário ideal, no qual o sistema

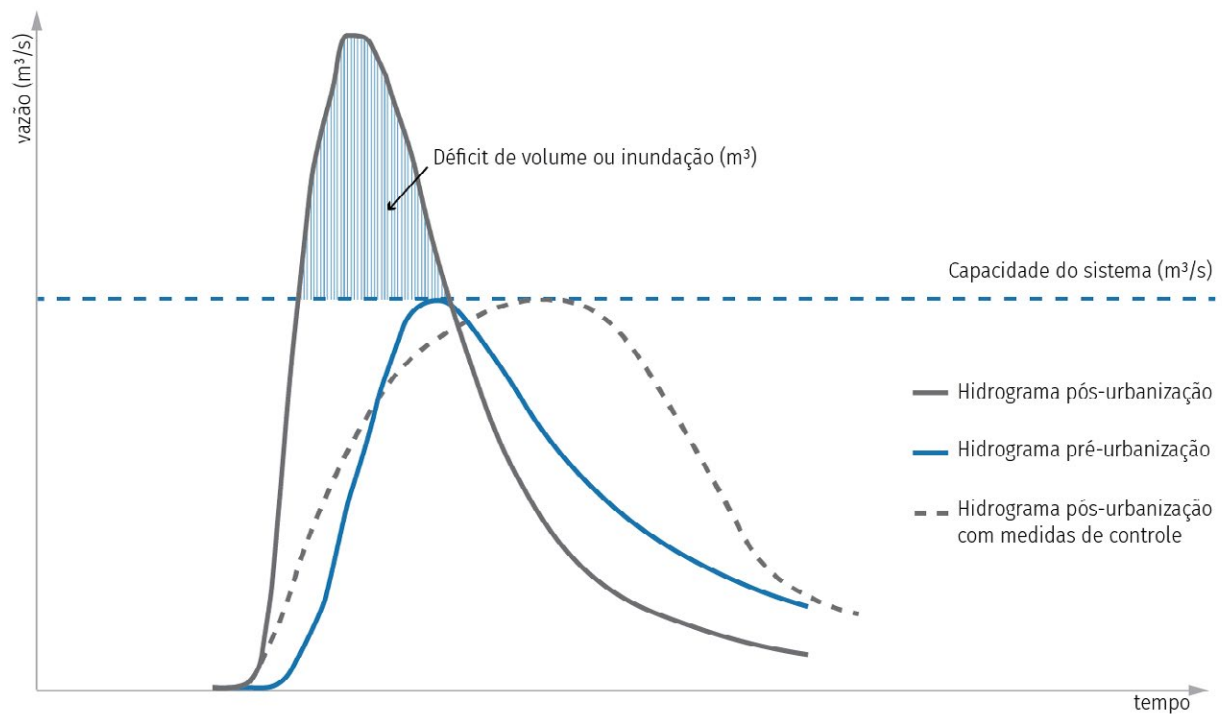


FIGURA 2.5 Hidrograma hipotético do efeito da urbanização

existente apresentaria capacidade suficiente para veicular o escoamento superficial afluente.

Atualmente, as bacias do município já se encontram na condição do hidrograma pós-urbanização, e a combinação da implantação de medidas convencionais e de soluções de drenagem sustentáveis visa aproximá-las das condições do hidrograma amortecido dentro da capacidade do sistema.

Essas medidas atuam de diferentes formas para obter o resultado esperado. Reservatórios, assim como parques lineares e lagoas com função de reservação, têm o papel de amortecer parte do volume dos hidrogramas. Já os trechos de canalização acabam elevando a capacidade de transporte das vazões afluentes, o que aumenta os picos dos hidrogramas, como indicado a seguir.

Esse agravamento dos picos de vazão ocorre em função da redução da rugosidade e da retificação dos canais, com consequente aumento das velocidades e dos volumes transportados.

As soluções de drenagem sustentáveis, por sua vez, têm características que promovem o acúmulo de volume de forma dispersa pela área da bacia, aumentando a reservação e a infiltração dos volumes retidos. O

impacto dessas medidas é apresentado na figura **FIGURA 2.6**.

Assim, o uso das medidas de drenagem convencionais integrado às soluções de drenagem sustentáveis é uma ferramenta bem-sucedida para a redução dos impactos do processo de urbanização e para o controle das cheias nas bacias hidrográficas.

Outra forma de avaliar e representar o sistema de drenagem existente são os diagramas unifilares. Nesses esquemas sintéticos dos cursos d'água, são inseridos, 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. Nos diagramas unifilares, é representada a posição física sequencial dos componentes da rede, mostrada no organograma esquemático unifilar.

Por conseguinte, o diagrama unifilar das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho é exibido na **FIGURA 2.7**. Nesse diagrama, são indicadas as vazões geradas pelo modelo hidráulico-hidrológico, que representa a situação hidráulica da rede existente para uma chuva de Tr 100 anos. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões máximas registradas nas galerias para a mesma chuva de Tr 100 anos. Ressalta-se que, para o

cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento do escoamento nos condutos hidráulicos.

No diagrama unifilar é possível verificar que, de forma geral, a capacidade dos canais e galerias atuais é insuficiente para as vazões máximas afluentes em diversos trechos da rede de drenagem.

No trecho a montante da Rua Victório Capelano, o ribeirão Água Vermelha apresenta capacidade de transportar as vazões

de Tr 100 anos. A jusante deste ponto, da Avenida Marechal Tito até o Rio Tietê, o ribeirão Água Vermelha tem sua capacidade reduzida, atingindo aproximadamente um terço da vazão centenária.

O sistema de drenagem da bacia do córrego São Martinho apresenta déficit de capacidade de descarga. No ponto de menor déficit as galerias transportam uma vazão 3 vezes menor que a vazão de Tr 100 anos, e no ponto com maior déficit 5 vezes menor.

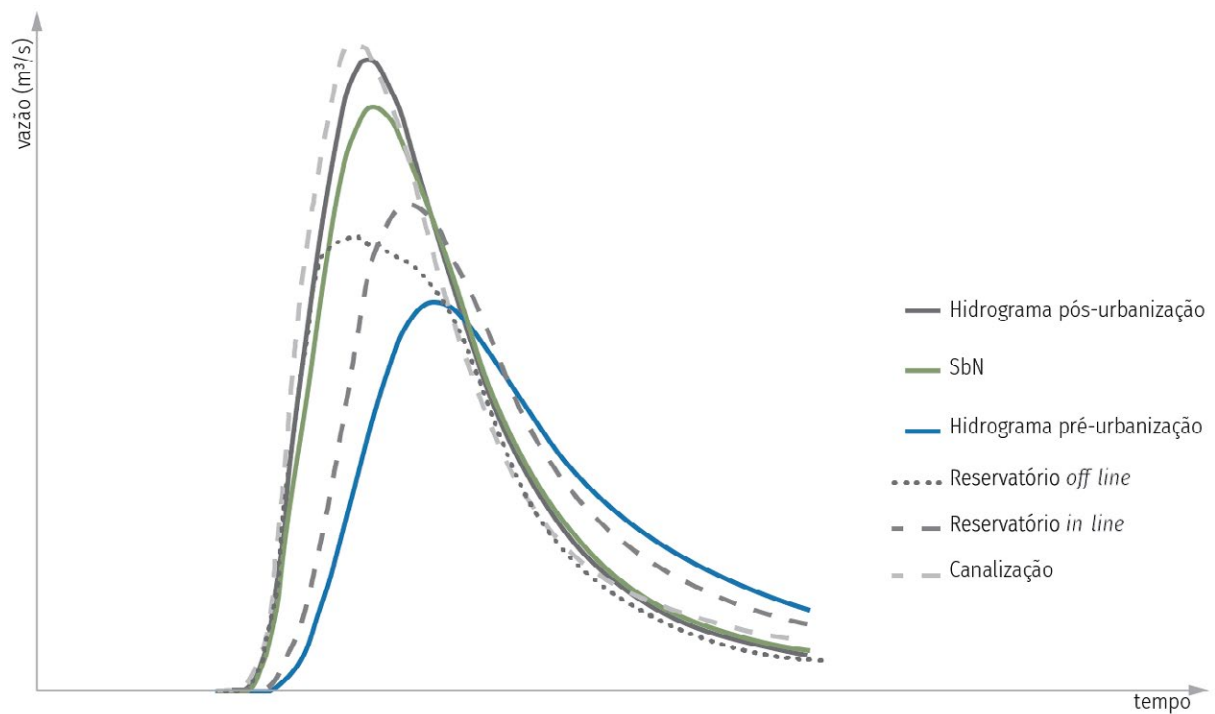
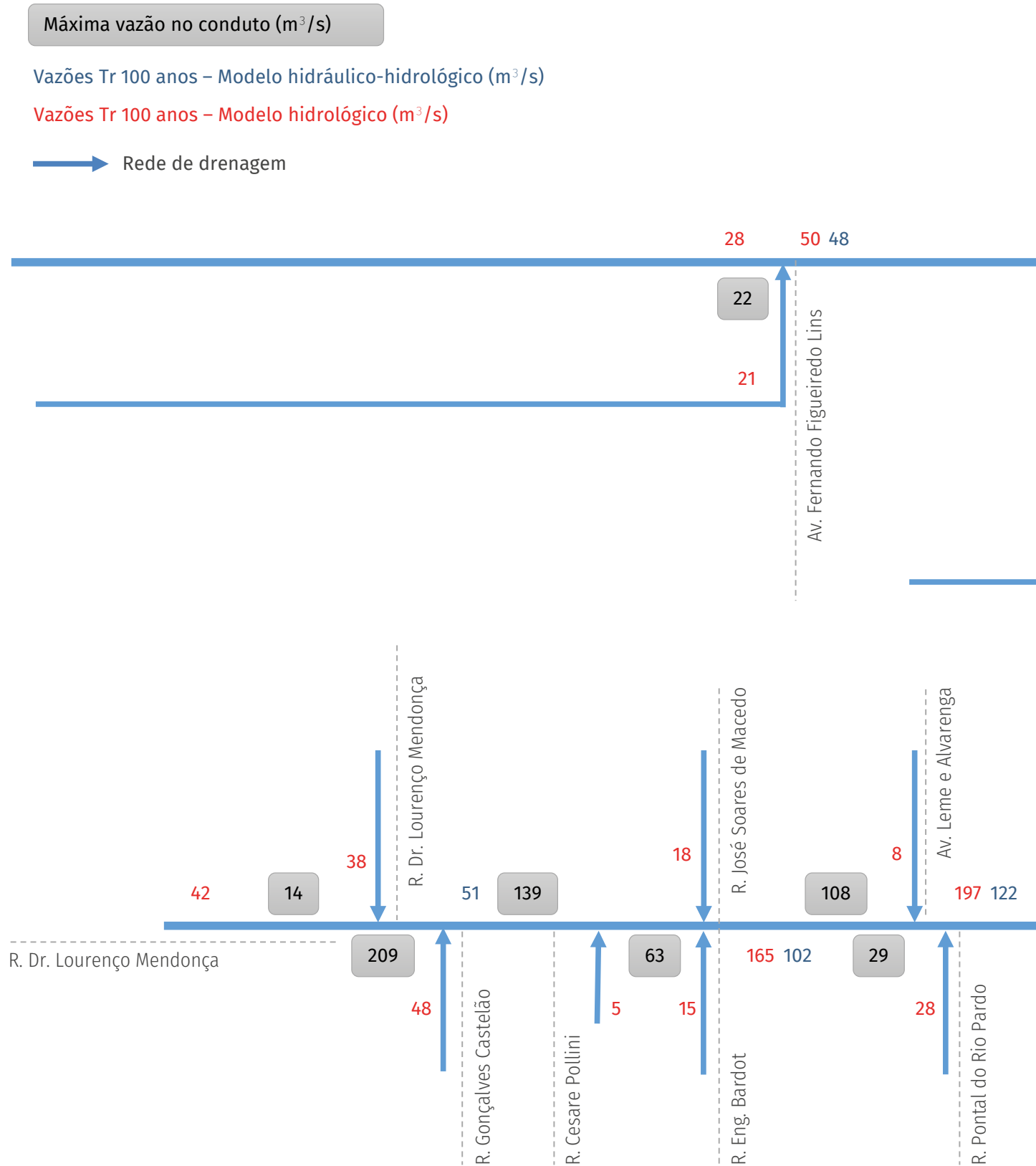
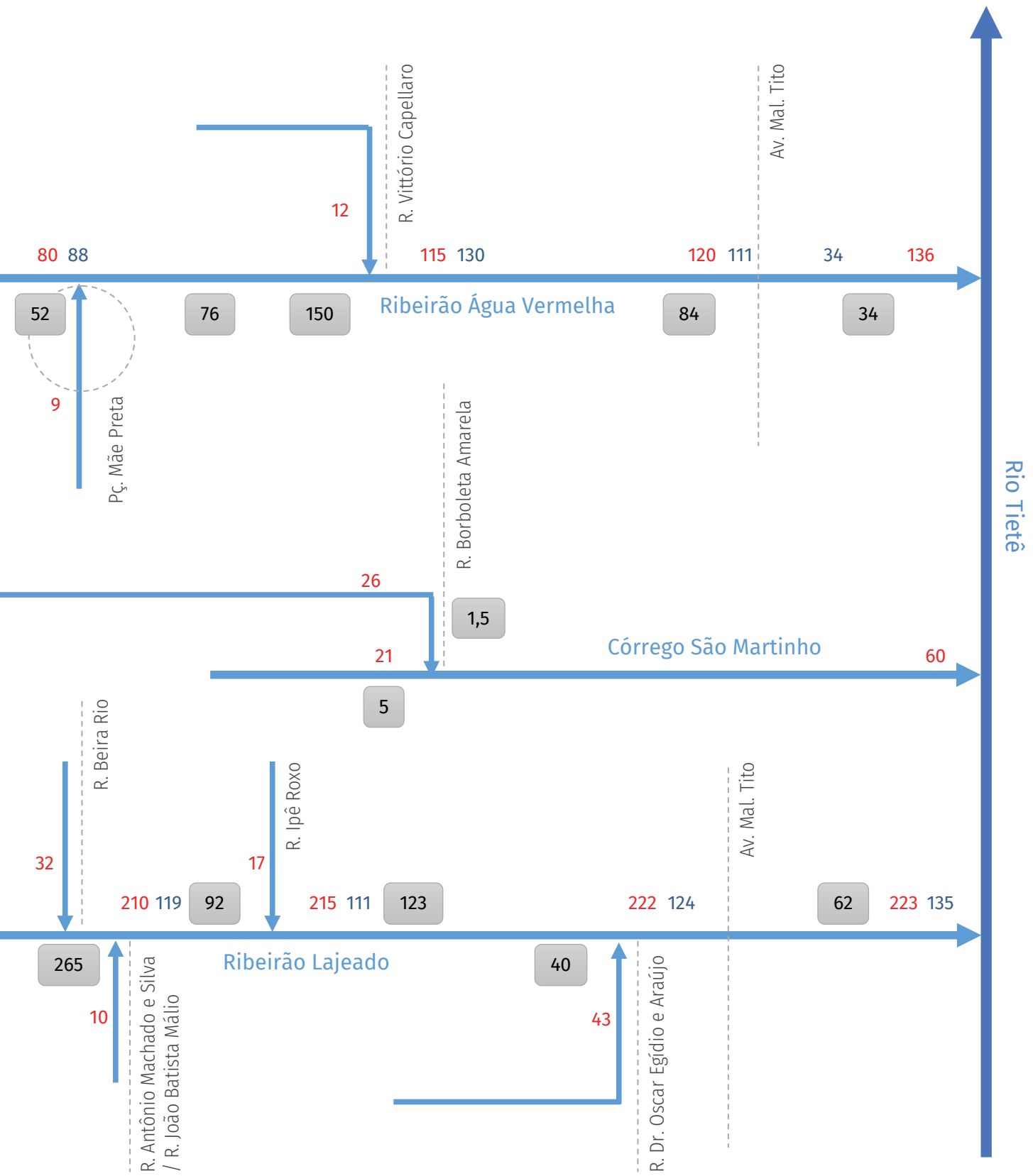


FIGURA 2.6 Hidrograma representativo da ação das medidas de controle

FIGURA 2.7 Diagrama unifilar de vazões das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho – situação atual





O ribeirão Lajeado apresenta deficiência na capacidade de descarga em todo o trecho estudado, que se inicia na Rua Doutor Lourenço de Mendonça e segue até a foz no Rio Tietê. No trecho de montante o déficit é de 24 m³/s, no trecho intermediário da bacia o déficit atinge cerca de 120 m³/s. No trecho de jusante próximo ao Rio Tietê, o ribeirão do Lajeado atinge um déficit de 160 m³/s, quando comparada a capacidade de descarga com a vazão hidrológica.

Salienta-se que as bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado, na porção a jusante da Avenida Marechal Tito, e toda a bacia do São Martinho, sofrem a influência dos níveis d'água do Rio Tietê. Desta forma, para o cenário de Tr 100 anos com o nível d'água do Rio Tietê entre as cotas 729,38 m e 730,90 m, que representam valores máximos observados entre os anos de 2009 e 2023, o sistema de drenagem destas bacias apresentam a capacidade de descarga ainda mais comprometida.

2.3.2 INUNDAÇÕES NAS BACIAS DOS RIBEIRÕES ÁGUA VERMELHA E LAJEADO E DO CÓRREGO SÃO MARTINHO

Nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, a

exemplo de outras áreas do Município de São Paulo, a evolução do sistema de drenagem não acompanhou a urbanização intensificada e a impermeabilização do solo urbano. Além de travessias subdimensionadas ao longo dos canais principais, com inúmeras obstruções e interferências – como pontos viciados de descarte de resíduos sólidos, por exemplo –, mais a ocupação das margens dos canais principais das bacias contribuintes reduzem a capacidade hidráulica das seções, ocasionando as inundações observadas na região.

O levantamento de inundações nas bacias reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2004 a 2023, ocorrências de alagamentos registradas por moradores de dezembro de 2021 a fevereiro de 2022 (disponibilizados pelo Instituto Alana) e, também, levantamentos recentes feitos 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. Esses levantamentos também tiveram como objetivo verificar a permanência dos pontos de inundação na bacia registrados no histórico.

No ribeirão Lajeado foram registrados problemas de inundações a montante da

Avenida Marechal Tito atingindo parte da Rua Dr. Oscar Egídio de Araújo, transversal ao curso d'água, e inundações também a jusante das ferrovias até a foz no Rio Tietê, com cheias em ruas transversais como Doutor Antônio Dias de Moura e Tite de Lemos, e paralelas, como Rua Pedro Ferraz Barreto e Estrada da Biacica.

No córrego São Martinho foram registrados pontos críticos de inundação ao longo das ruas Cachoeira Itaguassava e Beira Rio (**FIGURA 2.8**). Destacam-se ainda duas áreas: a primeira, mais pontual, se estende em um quarteirão ao longo do córrego, com inundações na Rua da Goiabeira Serrana e na Avenida José Martins Lisboa; a segunda se estende por aproximadamente 500 metros, desde a Rua Jetaíba até a foz no Rio Tietê.

Do levantamento disponibilizado pelo Instituto Alana, destacam-se pontos críticos de alagamento na Rua Tietê, localizada na área de contribuição direta entre o córrego São Martinho e o ribeirão Lajeado. Outra área bastante afetada pelas inundações é o Parque Estadual Jardim Helena, junto do Rio Tietê (**FIGURA 2.9**).

No ribeirão Água Vermelha, as inundações registradas localizam-se inicialmente a montante da ferrovia, atingindo as ruas Tomás dos Reis, Godofredo Viana, Gendiroba e Alberto Bello, e as avenidas Euclides Fonseca e Marechal Tito.

A **FIGURA 2.10** traz o mapa de inundações das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho.

FIGURA 2.8 Inundação na Av. Beira Rio (foto: Instituto Alana)



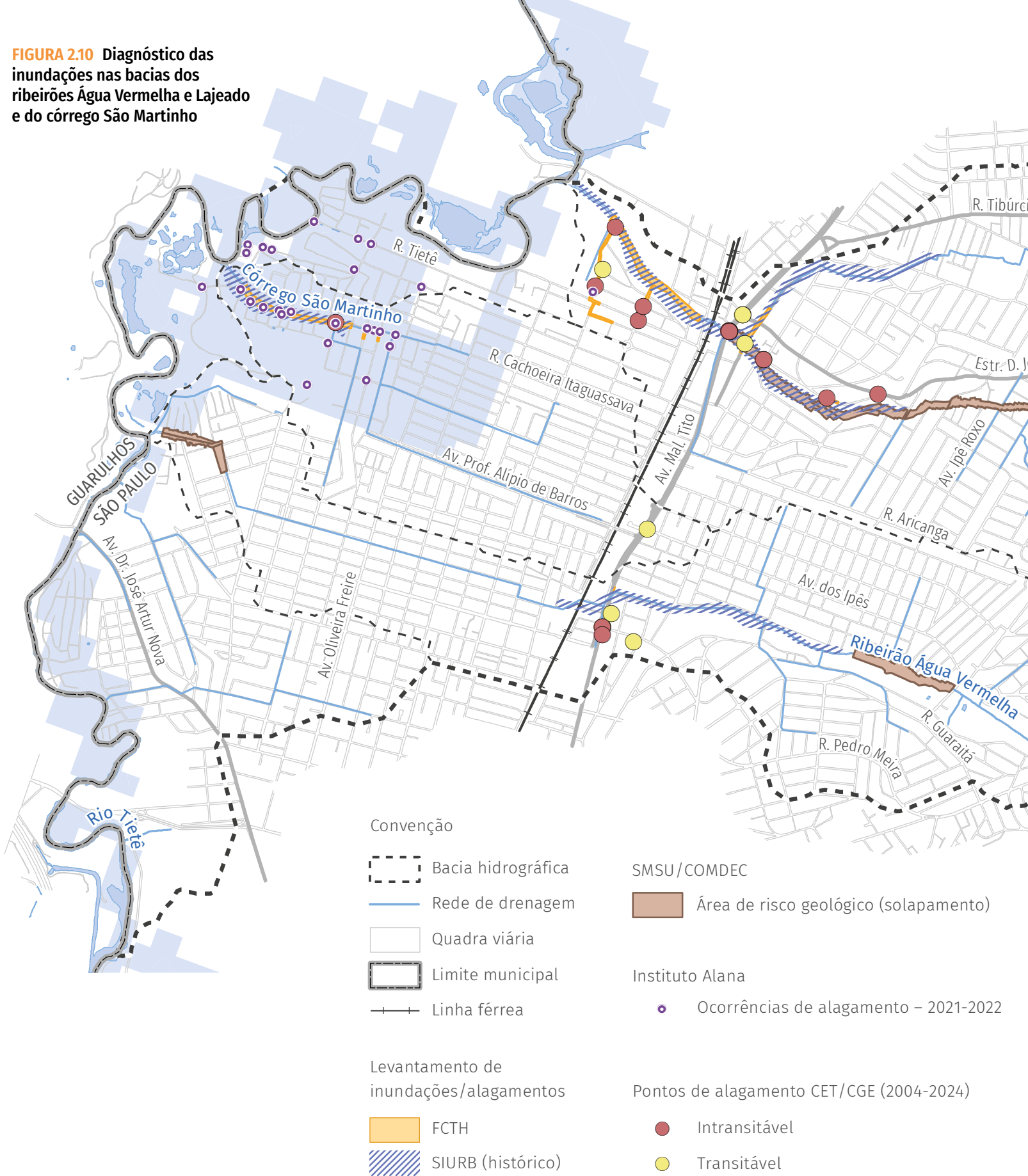
FIGURA 2.9 Pq. Estadual Jd. Helena inundado (foto cedida pela administração do parque)





Várzea do Rio Tietê nas proximidades do Pq. Estadual Jd. Helena (foto: FCTH)

FIGURA 2.10 Diagnóstico das inundações nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





PDMAT3

Área inundável (Tr 100 anos)

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024), Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024), SIURB (histórico), Instituto Alana (2021-2022), CGE/CET (2004-2024) e SMSU/COMDEC



2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, iniciando de montante para jusante, conforme a localização indicada no mapa de referência ao lado das fotos e respectivas visadas. As imagens representam os pontos críticos das bacias em termos de inundação e alagamento, bem como os locais de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias. São eles:

- Trecho médio do ribeirão Água Vermelha, com obra emergencial de canalização entre a Avenida Dama Entre-Verdes e a Rua Bejuco, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.11**);
- Trecho médio do ribeirão Água Vermelha e nas imediações da Rua Gendiroba e da Avenida Marechal Tito, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.12**);
- Trecho médio do ribeirão Água Vermelha na travessia com a linha férrea, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.13**);
- Canal junto ao Parque Estadual Jardim Helena, que circunda o parque e a Favela da Paz, fotos de abril de 2023 (**FIGURA 2.14**);
- Parque Estadual Jardim Helena, com campo de futebol alagado dentro do parque, fotos de abril de 2023 (**FIGURA 2.15**);
- Parque Estadual Jardim Helena na área junto da Rua Beira Rio e do Rio Tietê, fotos de abril de 2023 (**FIGURA 2.16**);
- Trecho médio do córrego São Martinho, nas imediações da Avenida José Martins Lisboa, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.17**);
- Trecho médio do córrego São Martinho nas proximidades do Parque Estadual Jardim Helena, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.18**);
- Região da foz do córrego São Martinho no Rio Tietê, fotos de abril de 2023 (**FIGURA 2.19**);
- Trecho alto do ribeirão Lajeado, obra emergencial de canalização entre as ruas São Miguel e Gerônimo Barbosa da Silva, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.20**);
- Afluente do ribeirão Lajeado próximo da Rua Pontal do Rio Pardo, obra emergencial de canalização junto à Avenida Carlos Carneiro de Souza e travessias a jusante nas ruas Luís Garambeu e Basílio Salazar, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.21**);
- Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obras emergenciais de canalização nas imediações das ruas Pontal do

- Rio Pardo e João Batista Malio, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.22**);
- Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obra emergencial de canalização entre a Avenida Ipê Roxo e a Travessa Açucena Formosa, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.23**);
 - Trecho médio do ribeirão Lajeado, nas imediações da Rua Igarapu, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.24**);
 - Trecho médio do ribeirão Lajeado, nas imediações da Rua Doutor Oscar Egídio de Araújo e da Avenida Marechal Tito, fotos de setembro de 2021 (**FIGURA 2.25**);
 - Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obra emergencial de canalização entre a Rua Monte Camberela e a Avenida Marechal Tito, fotos de outubro de 2023 (**FIGURA 2.26**);
 - Trecho baixo do ribeirão Lajeado nas imediações da Rua Antônio Dias de Moura, registrado em fotos após chuva de 18 de abril de 2023 (**FIGURA 2.27**);
 - Parque Estadual Biacica e ribeirão Lajeado, fotos de abril de 2023 (**FIGURA 2.28**).



FIGURA 2.11 Trecho médio do ribeirão Água Vermelha, com obra emergencial de canalização entre a Av. Dama Entre-Verdes e a R. Bejuco, em outubro de 2023



FIGURA 2.12 Trecho médio do ribeirão Água Vermelha, nas imediações da R. Gendiroba e da Av. Mal. Tito, em setembro de 2021



FIGURA 2.13 Trecho médio do ribeirão Água Vermelha na travessia com a linha férrea, em setembro de 2021



FIGURA 2.14 Canal junto ao Pq. Estadual Jd. Helena, na Favela da Paz, em abril de 2023

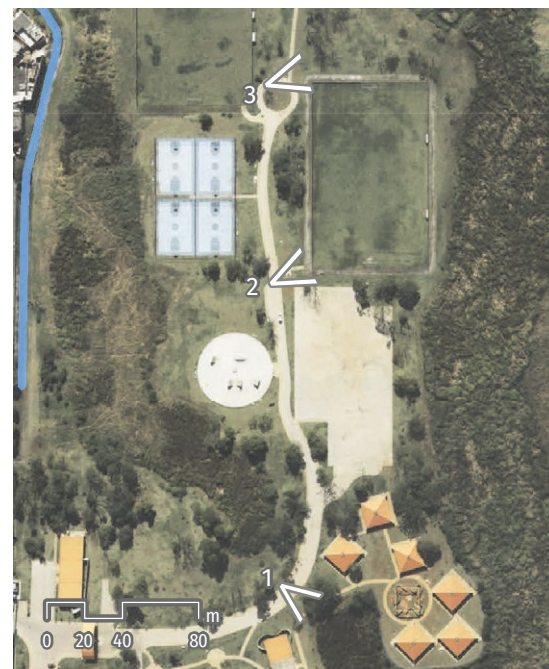


FIGURA 2.15 Pq. Estadual
Jd. Helena, em abril de 2023



FIGURA 2.16 Pq. Estadual Jd. Helena, junto do Rio Tietê e da R. Beira Rio, em abril de 2023

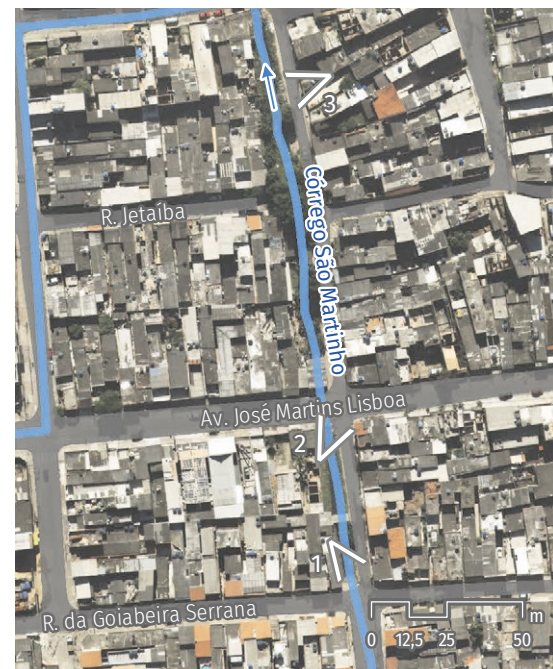


FIGURA 2.17 Trecho médio do córrego São Martinho, nas imediações da Av. José Martins Lisboa, em setembro de 2021

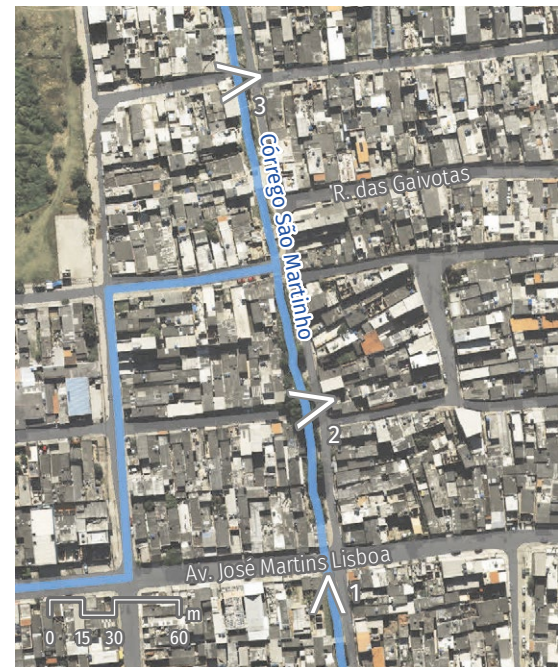


FIGURA 2.18 Trecho médio do córrego São Martinho, nas proximidades do Pq. Estadual Jd. Helena, em setembro de 2021



FIGURA 2.19 Região da foz do córrego São Martinho no Rio Tietê, em abril de 2023

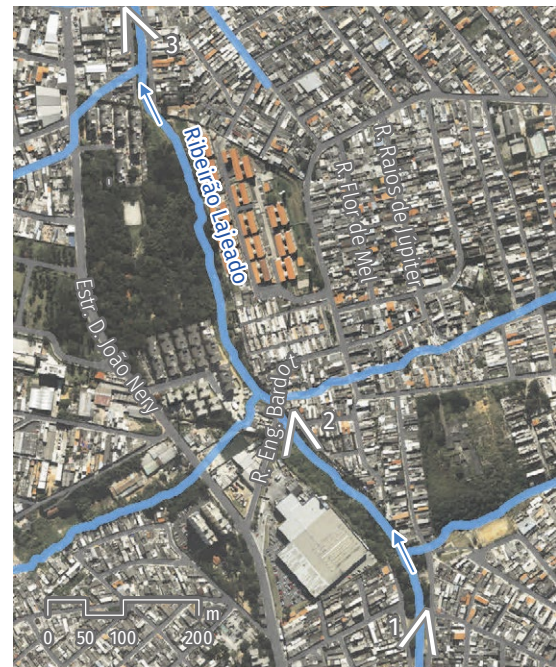


FIGURA 2.20 Trecho alto do ribeirão Lajeado, com obra emergencial de canalização entre as ruas S. Miguel e Gerônimo Barbosa da Silva, em outubro de 2023

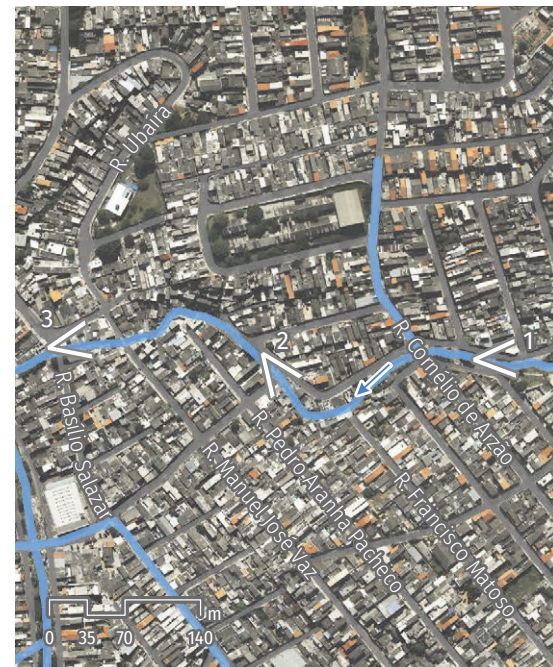


FIGURA 2.21 Afluente do ribeirão Lajeado próximo da R. Pontal do Rio Pardo, com obra emergencial de canalização junto à Av. Carlos Carneiro de Souza e a travessias a jusante, em outubro de 2023

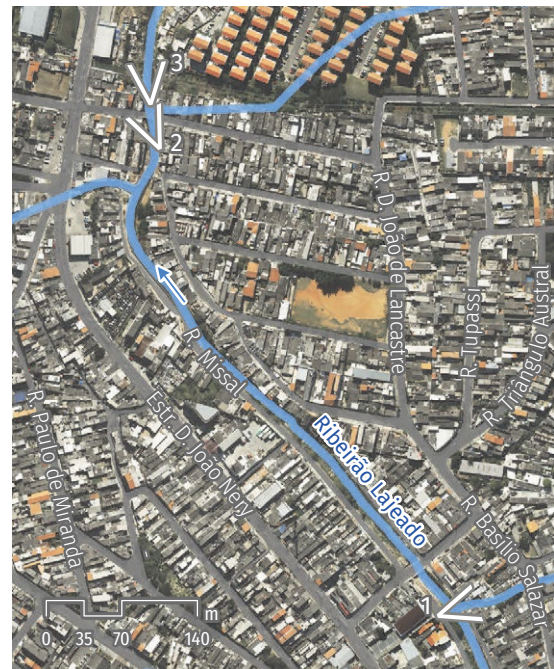


FIGURA 2.22 Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obras emergenciais de canalização nas imediações das ruas Pontal do Rio Pardo e João Batista Mallo, em outubro de 2023

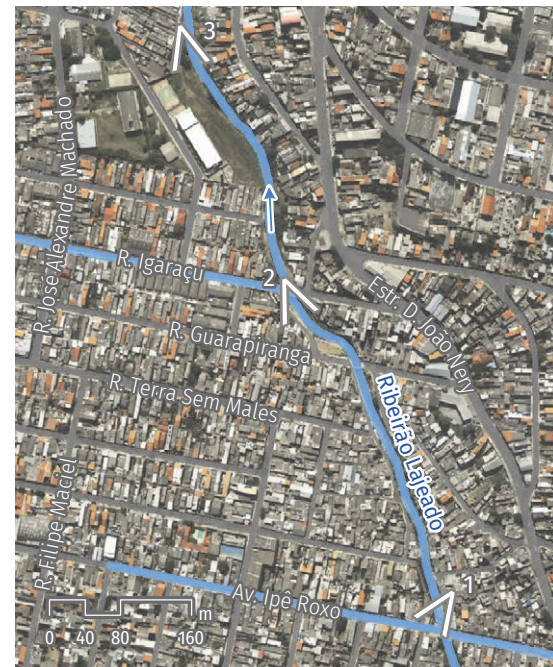


FIGURA 2.23 Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obra emergencial de canalização entre a Av. Ipê Roxo e a Tv. Açucena Formosa, em outubro de 2023

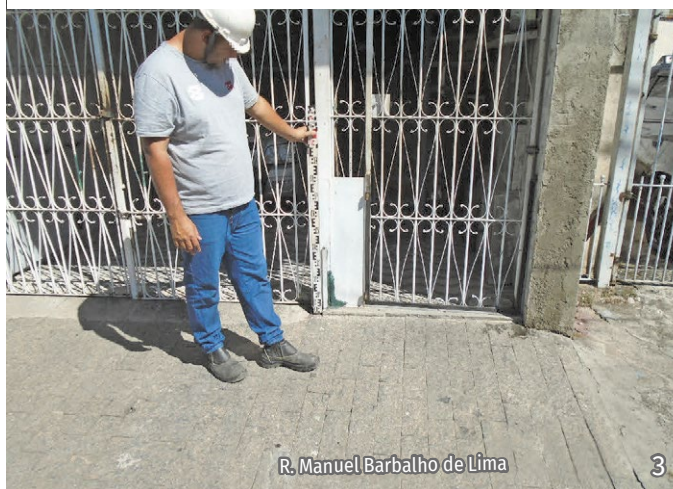


FIGURA 2.24 Trecho médio do ribeirão Lajeado, nas imediações da R. Igarapu, em setembro de 2021



FIGURA 2.25 Trecho médio do ribeirão Lajeado, nas imediações da R. Dr. Oscar Egídio de Araújo e da Av. Mal. Tito, em setembro de 2021



FIGURA 2.26 Trecho médio do ribeirão Lajeado, com obra emergencial de canalização entre a R. Mte. Camberela e a Av. Mal. Tito, em outubro de 2023



FIGURA 2.27 Trecho baixo do ribeirão Lajeado, nas imediações da R. Antônio Dias de Moura, após chuva de 18 de abril de 2023

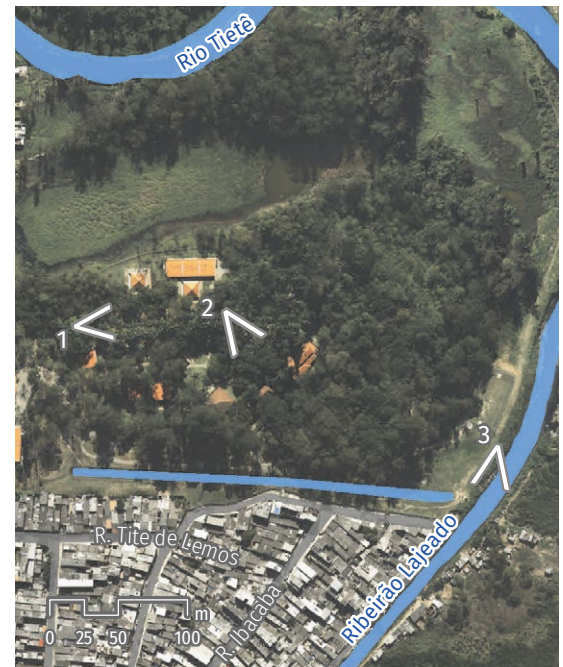


FIGURA 2.28 Pq. Estadual Biacica, em abril de 2023

2.4 MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

O monitoramento hidrológico realizado no Município de São Paulo é feito por meio de 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 num 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 ser implantada 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.

Nas bacias em estudo existem quatro postos da rede telemétrica. Além desses, foram selecionados outros dois, localizados no Rio Tietê, para a verificação de nível desse rio. Os postos mencionados estão relacionados a seguir:

- Posto 168 – Rio Tietê – Jardim Romano: operação com início em novembro/2011;
- Posto 508 – Rio Tietê – São Miguel: operação com início em agosto/2012;

- Posto 636 – Ribeirão Lajeado – Rua Manuel Barbalho de Lima (PMSP/IT-03): operação com início em setembro/2015;
- Posto 844 – Ribeirão Água Vermelha: operação com início em setembro/2021;
- Posto 845 – Ribeirão Lajeado: operação com início em setembro/2021.

A **FIGURA 2.29** indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo. Da **FIGURA 2.30** à **FIGURA 2.34**,

são apresentadas as séries históricas dos dados fluviométricos e pluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos postos analisados. Na sequência, da **FIGURA 2.35** à **FIGURA 2.37**, por sua vez, indicadas as precipitações médias mensais do Posto 636, no ribeirão Lajeado, e dos postos localizados no Rio Tietê. Não são indicadas as precipitações médias mensais dos postos 844 e 845, por estes apresentarem uma série histórica ainda curta, de apenas 18 meses.

FIGURA 2.29 Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

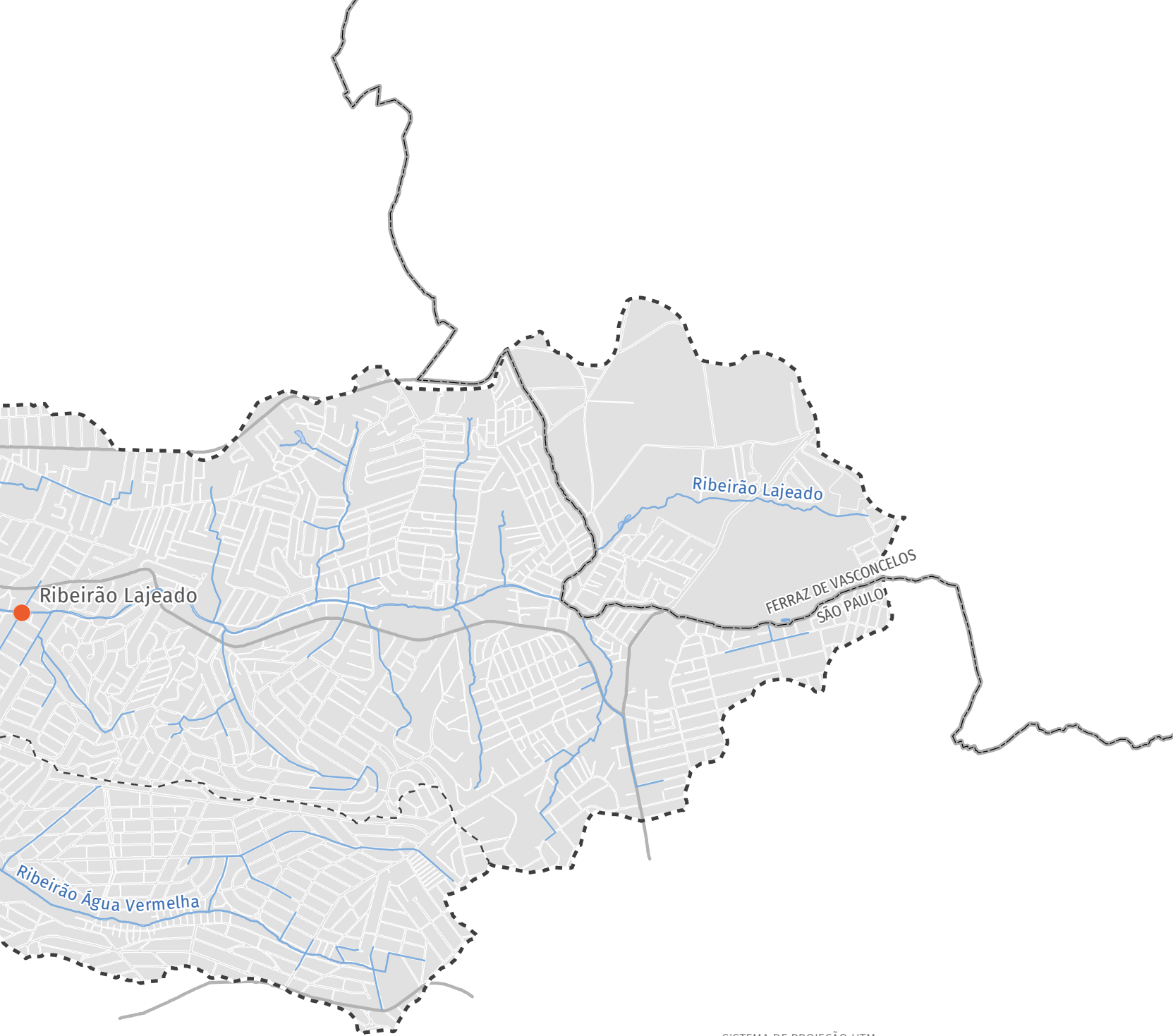
— Rede de drenagem

--- Bacia hidrográfica

□ Quadra viária

▭ Limite municipal

● Estação automática – SAISP



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH/SAISP (2024)



FIGURA 2.30 Fluviograma e pluviograma histórico do posto 168 – Rio Tietê – Jd. Romano

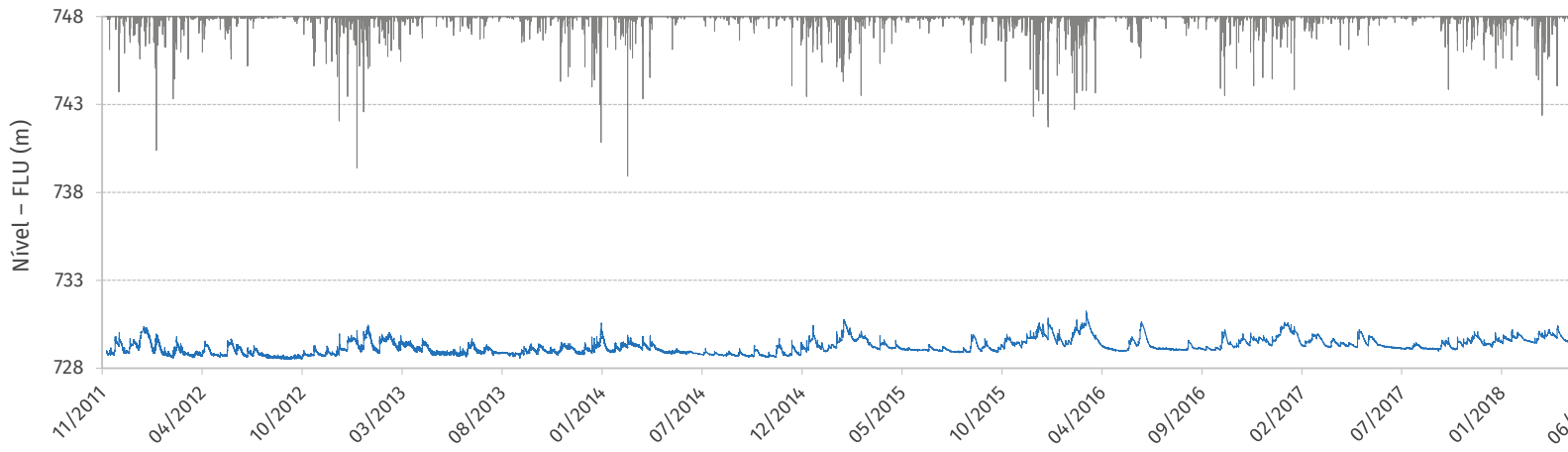


FIGURA 2.31 Fluviograma e pluviograma histórico do posto 508 – Rio Tietê – S. Miguel

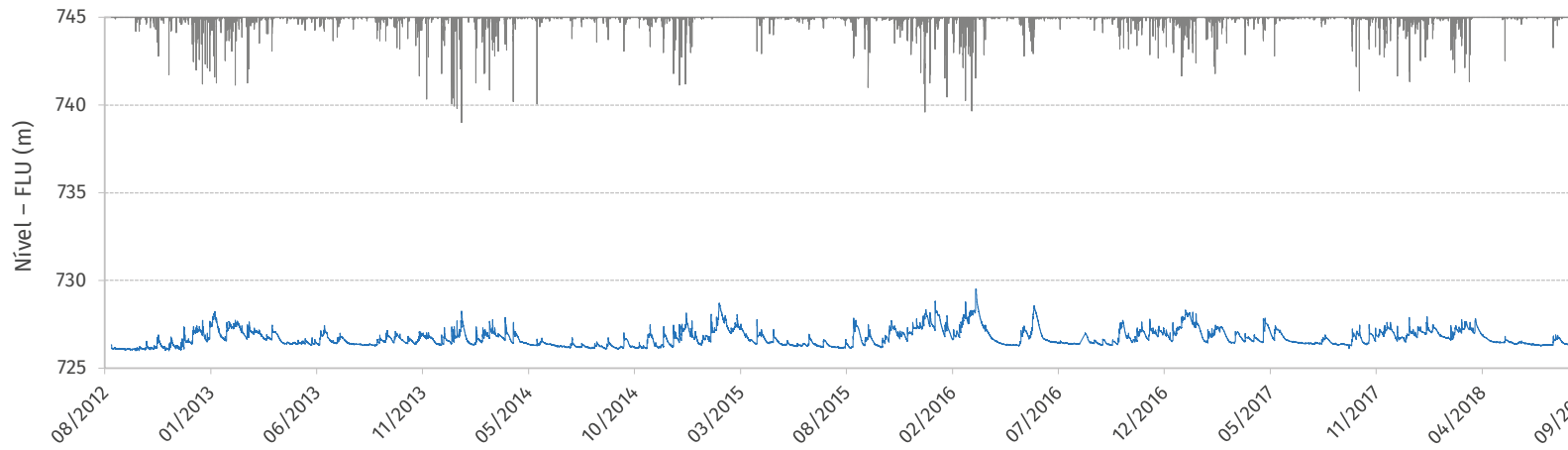
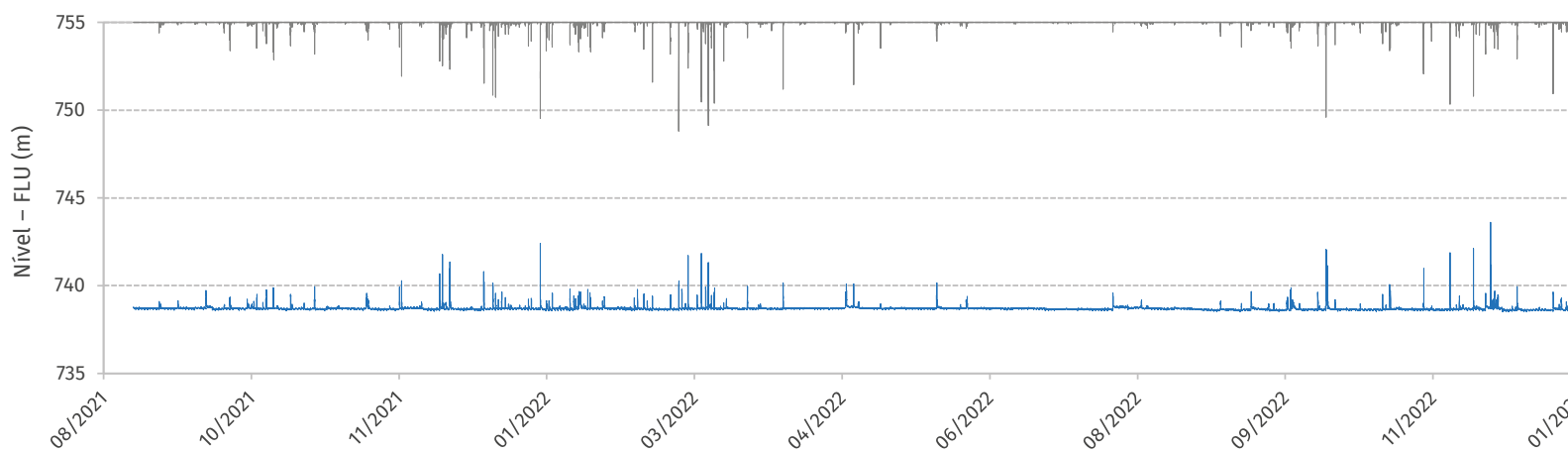


FIGURA 2.32 Fluviograma e pluviograma histórico do posto 844 – Ribeirão Água Vermelha



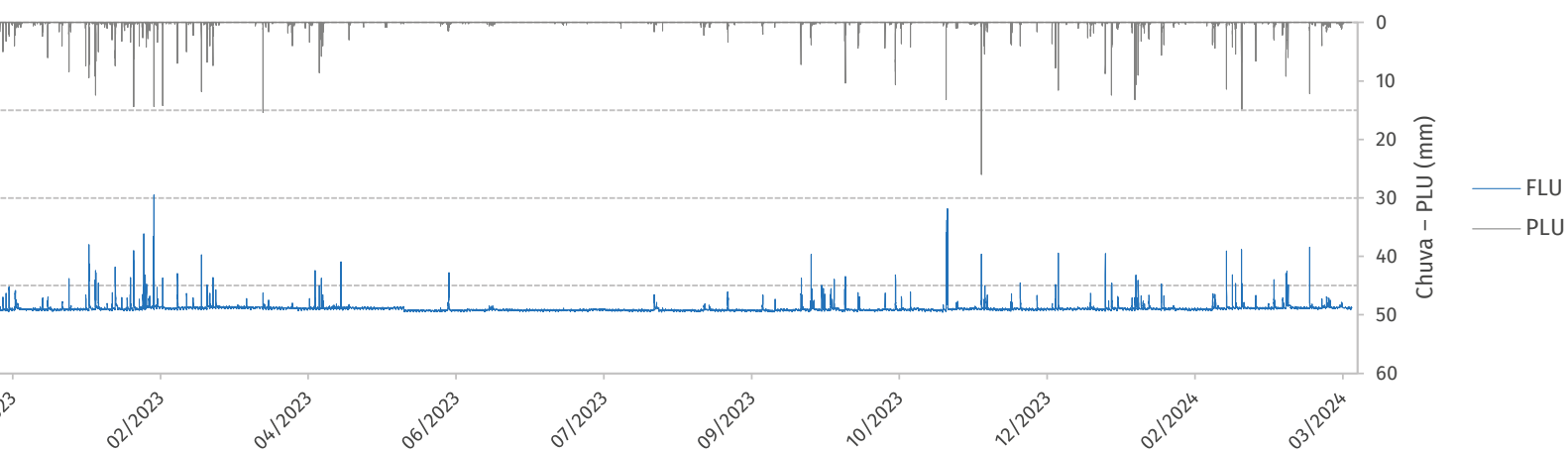
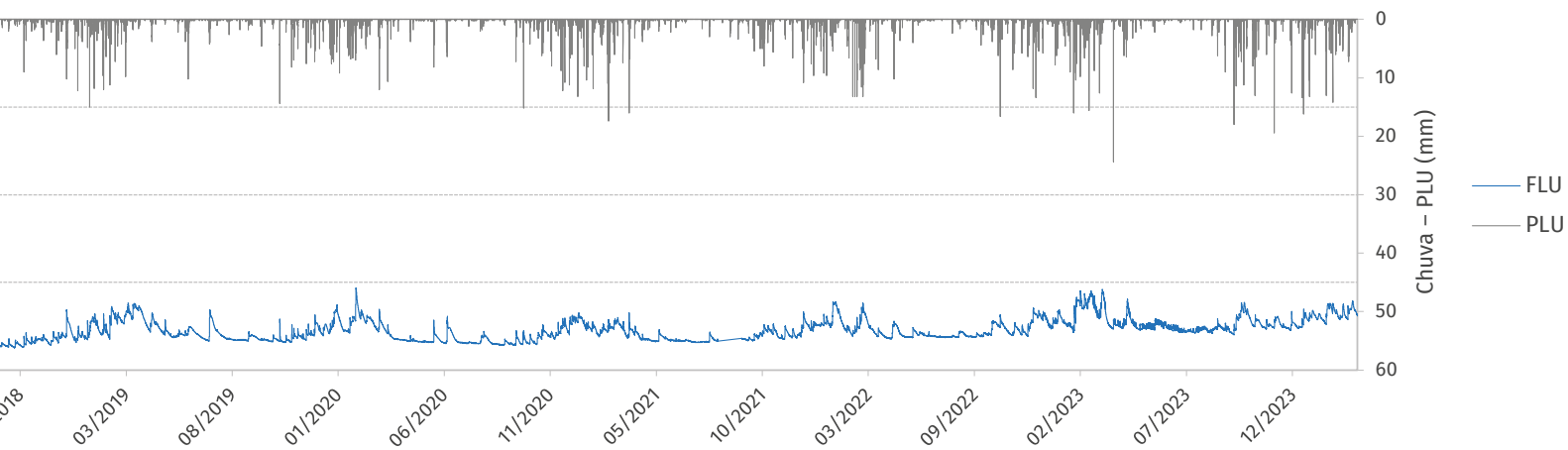
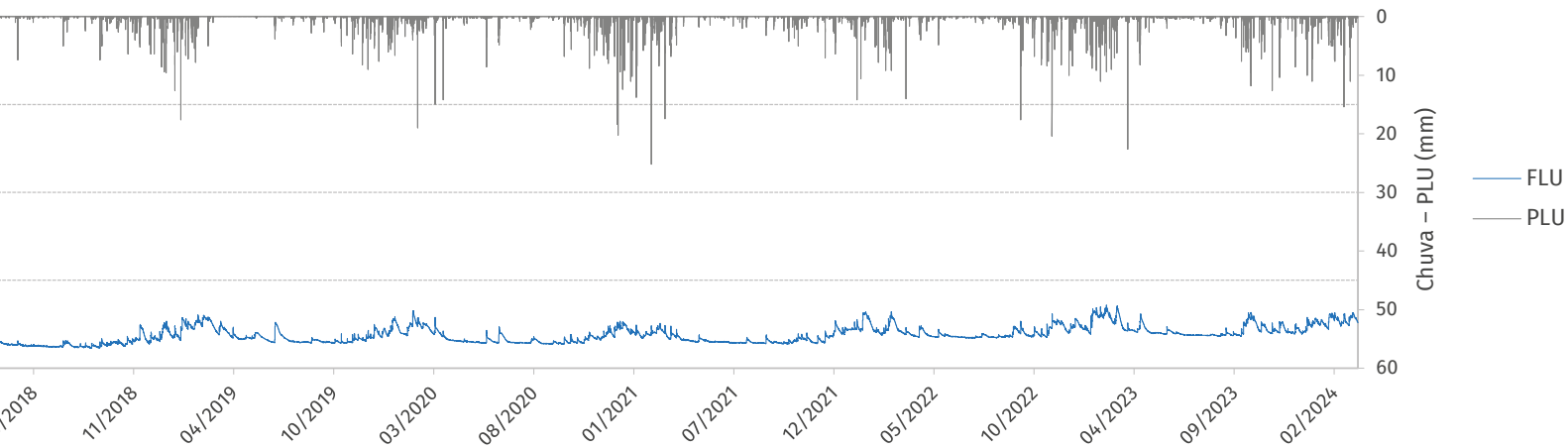


FIGURA 2.33 Fluviograma e pluviograma históricos do posto 845 – Ribeirão Lajeado

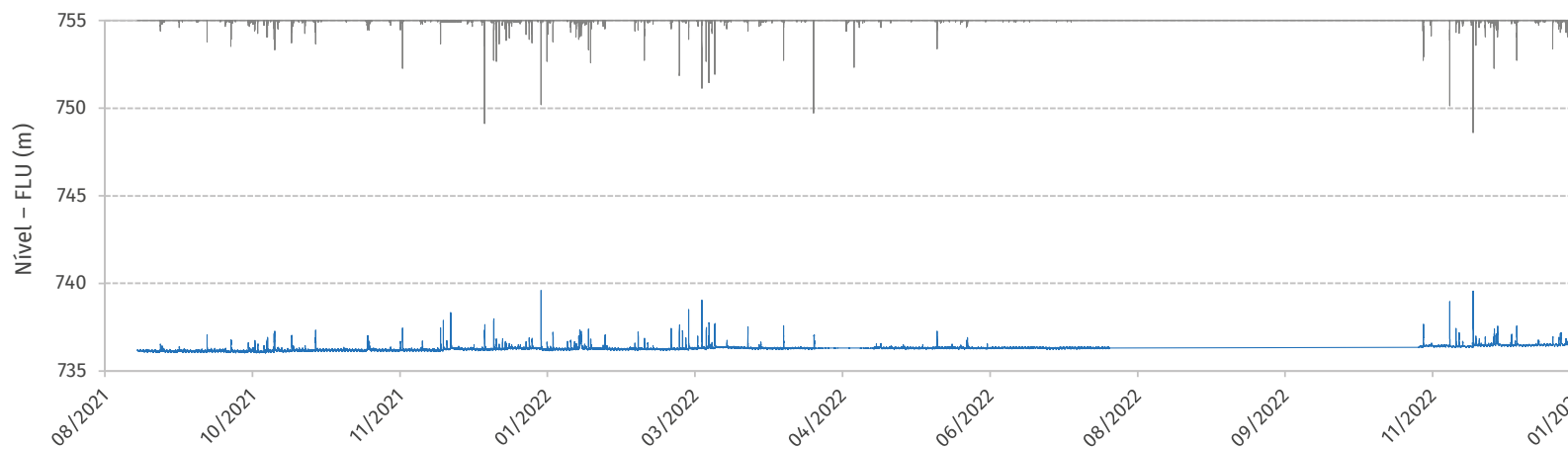
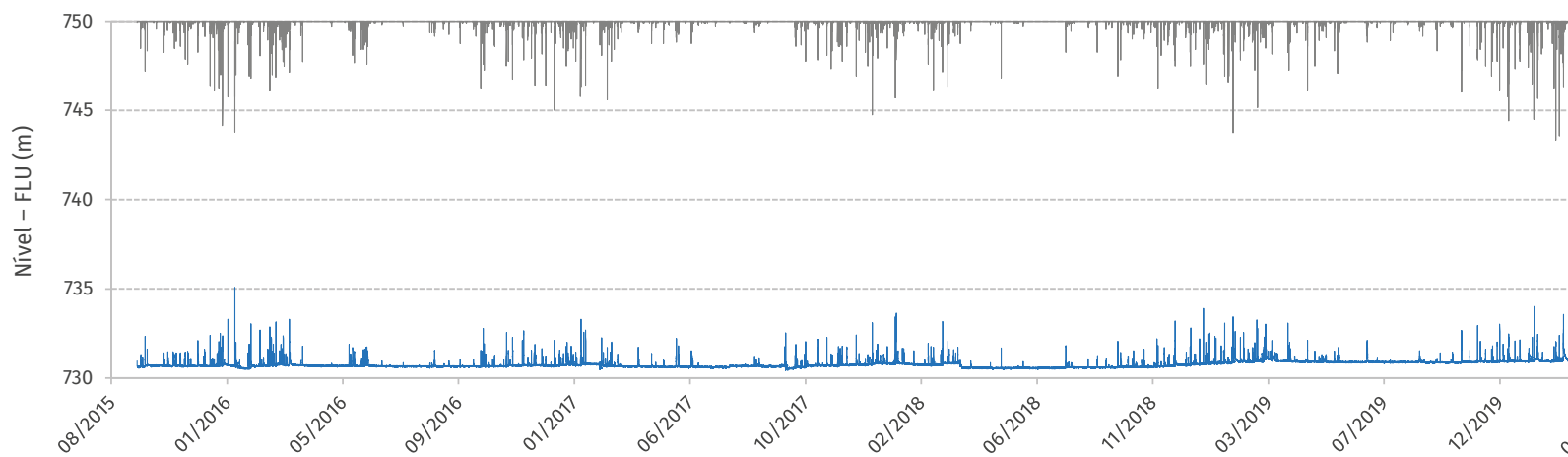


FIGURA 2.34 Fluviograma e pluviograma históricos do posto 636 – Ribeirão Lajeado – R. Manuel Barbalho de Lima (PMSP/IT-03)



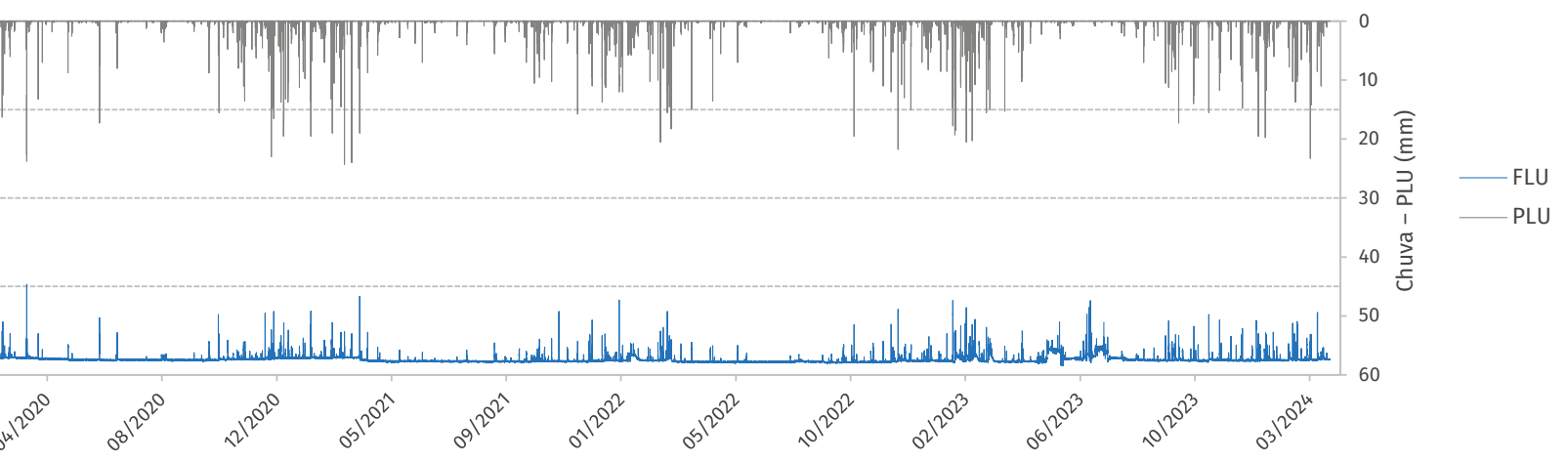
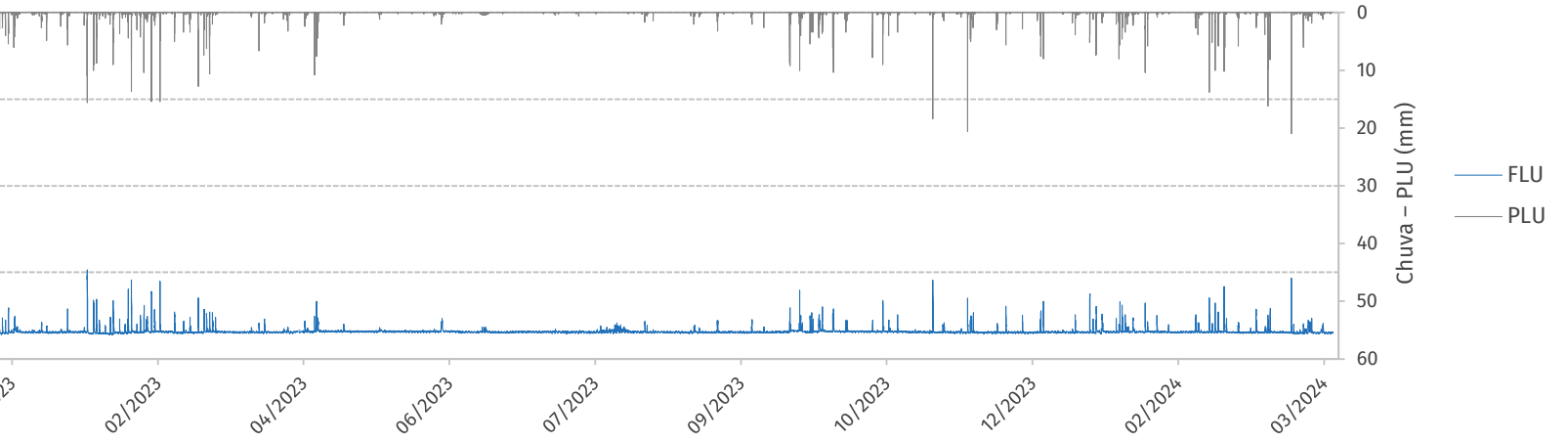


FIGURA 2.35 Precipitação média mensal no posto 168 – Rio Tietê – Jd. Romano

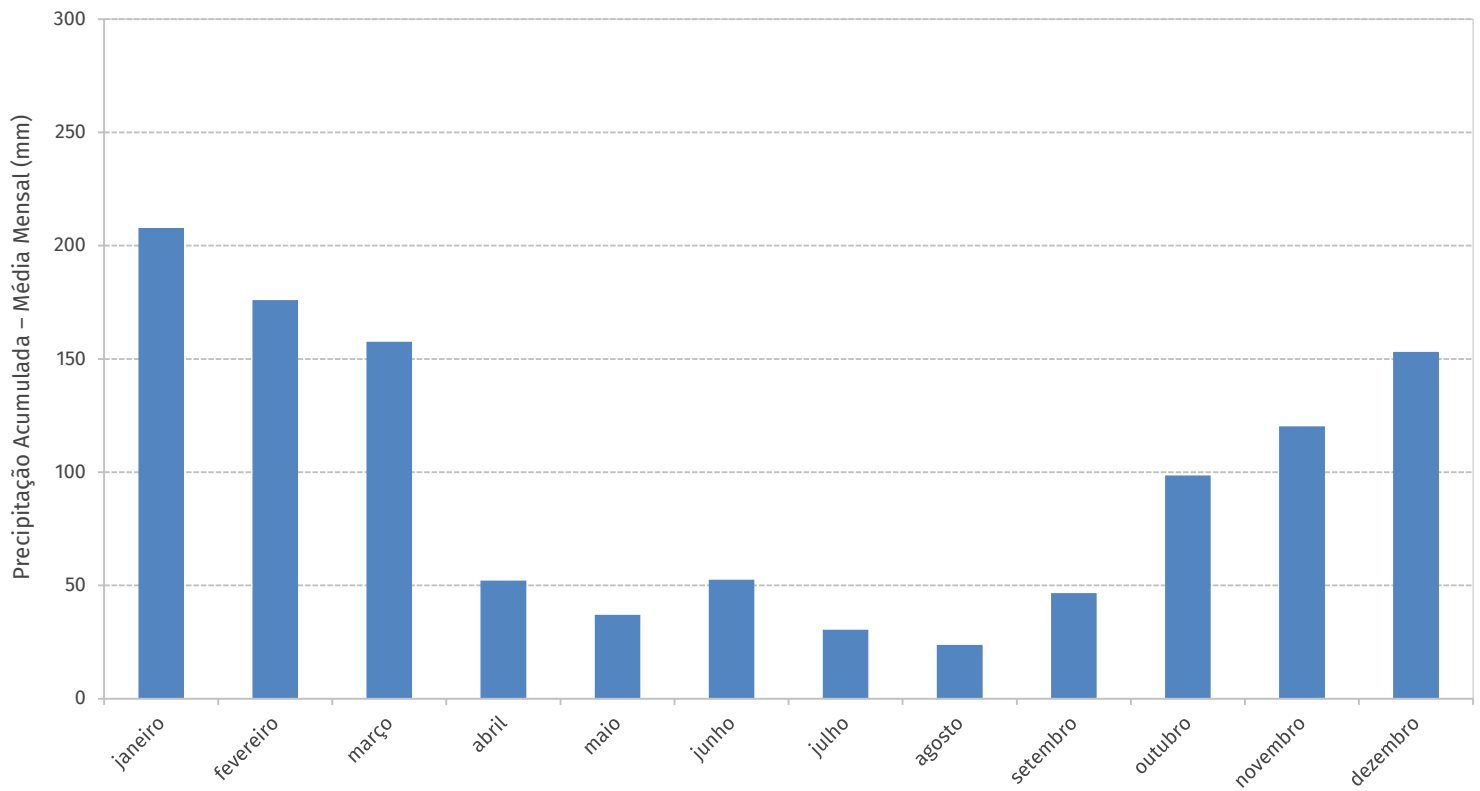


FIGURA 2.36 Precipitação média mensal no posto 508 – Rio Tietê – S. Miguel

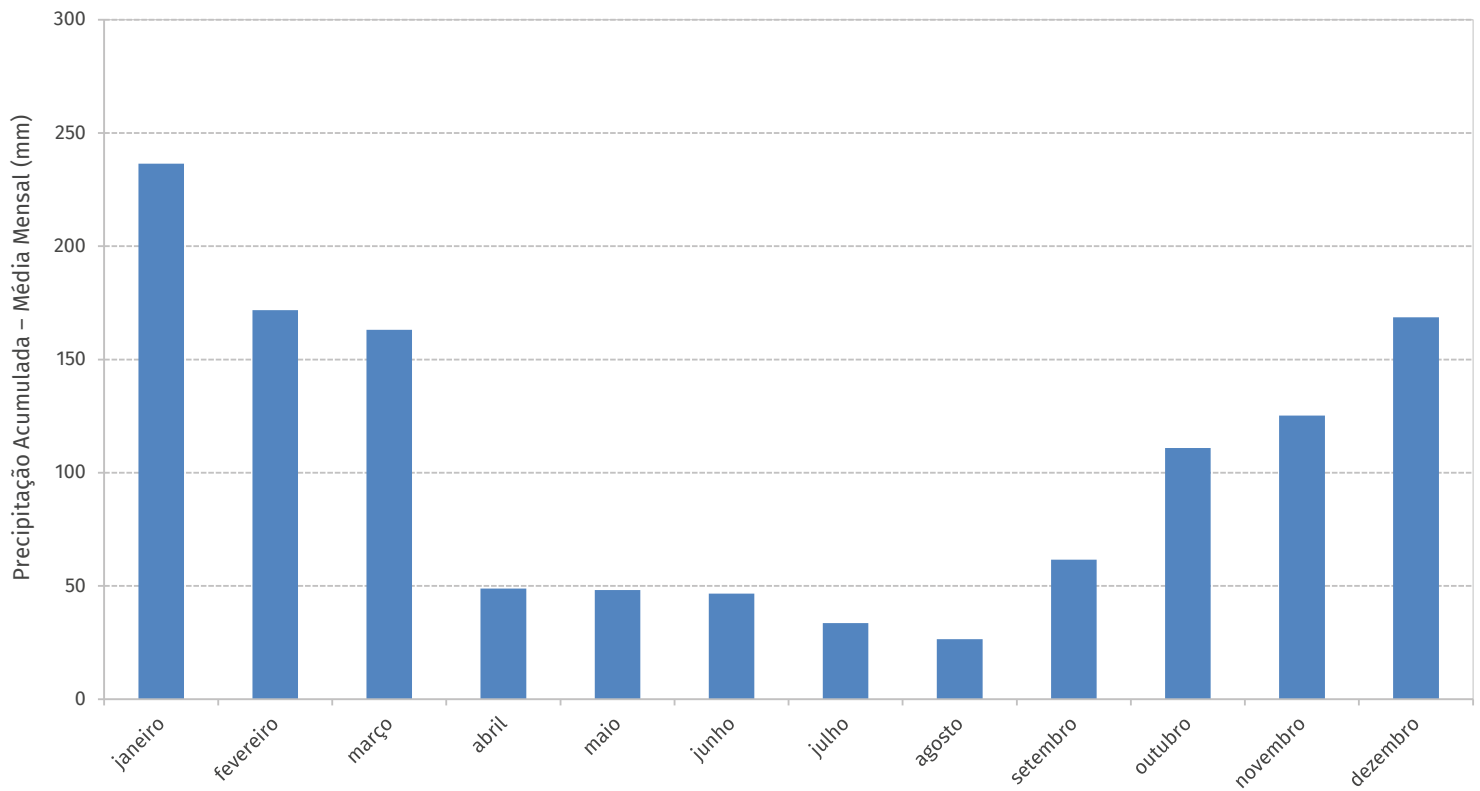
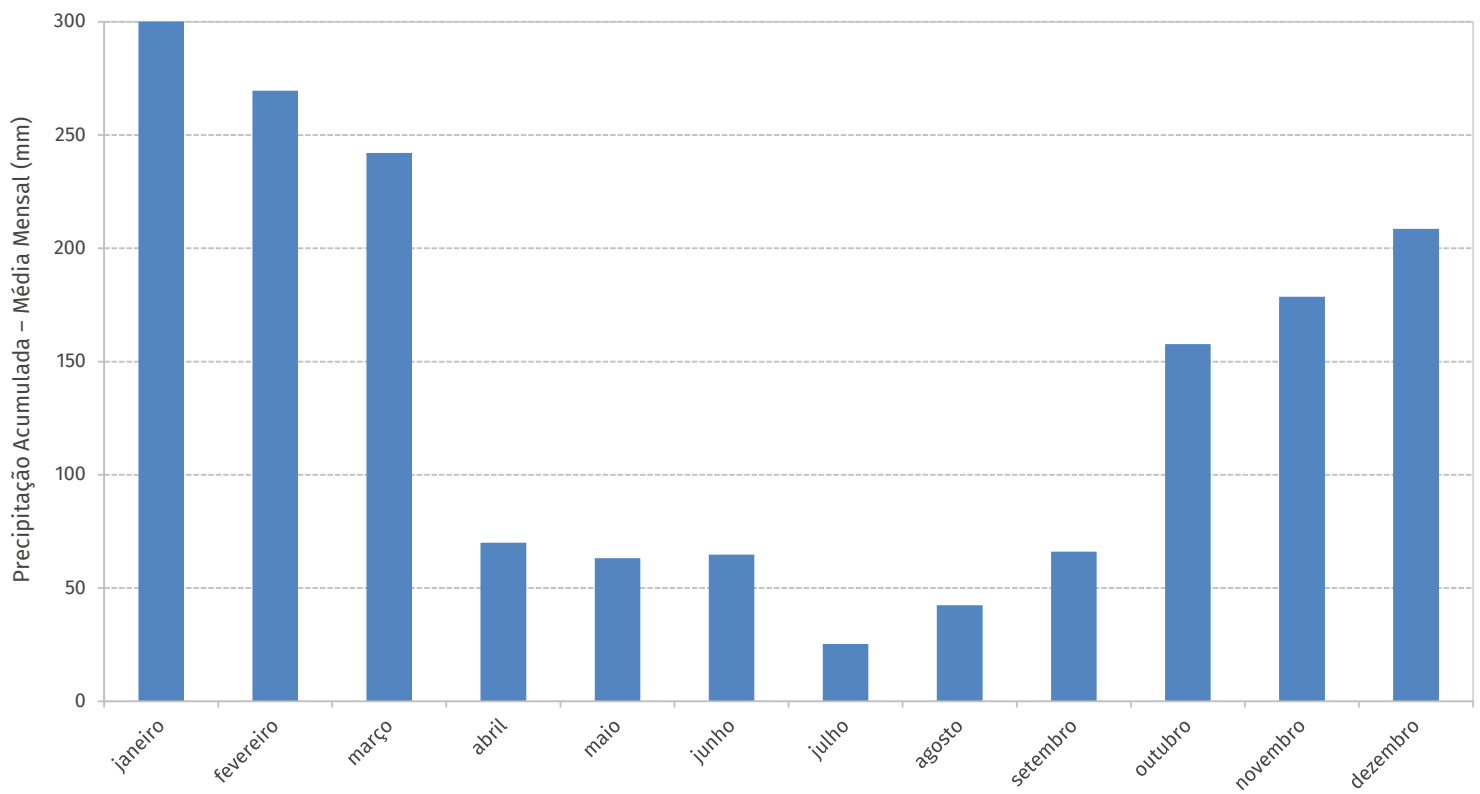


FIGURA 2.37 Precipitação média mensal no posto 636 – Ribeirão Lajeado – R. Manuel Barbalho de Lima (PMSP/IT-03)



2.5 RELEVO

Entre os principais fatores que interferem no comportamento hidráulico e hidrológico de uma bacia hidrográfica, o estudo do relevo é de extrema importância, uma vez que influencia 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.

O perfil longitudinal dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho é apresentado na **FIGURA 2.38**. Em

média, a declividade desses três trechos é de 0,010 m/m, 0,009 m/m e 0,004 m/m, respectivamente.

O mapa hipsométrico com as elevações nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho é apresentado na **FIGURA 2.39**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). O ponto mais alto das bacias, na cota de 858 m, está a sudeste no Município de Ferraz de Vasconcelos. Já o ponto mais baixo encontra-se na várzea do Rio Tietê, na cota de 726 m.

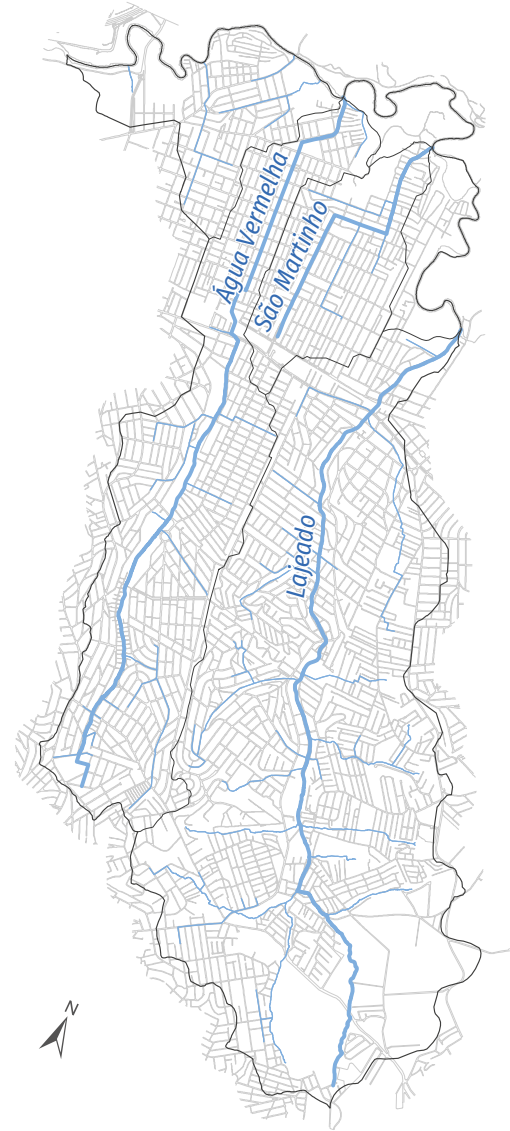
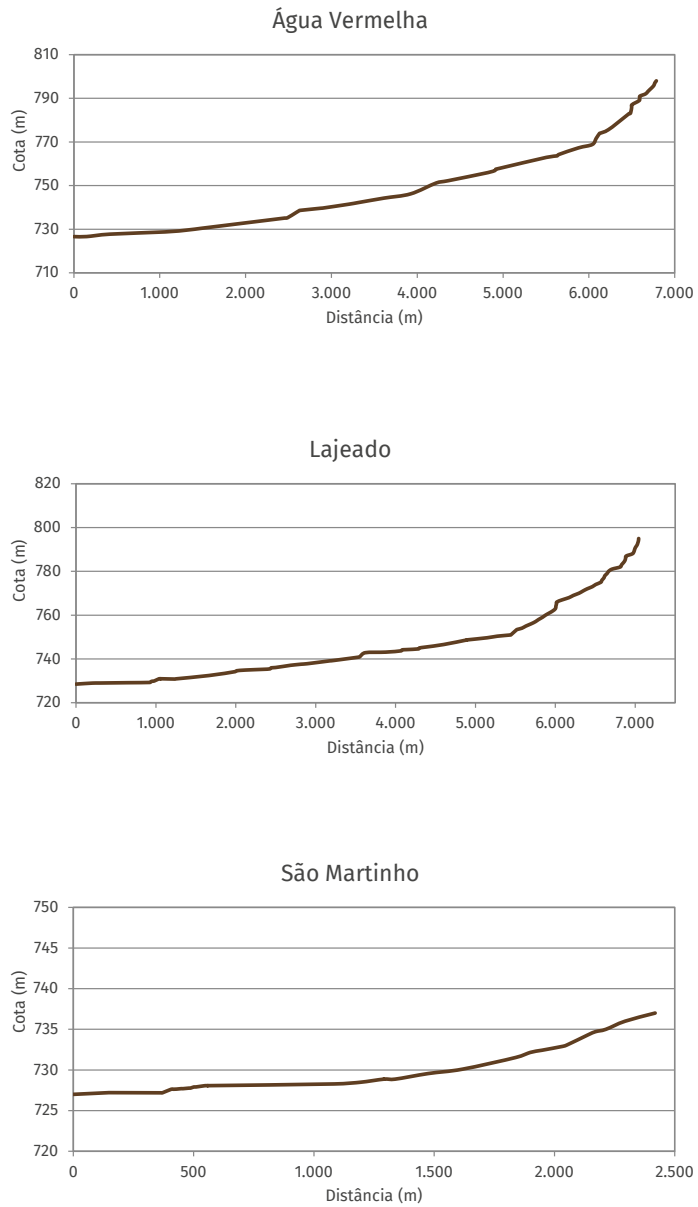
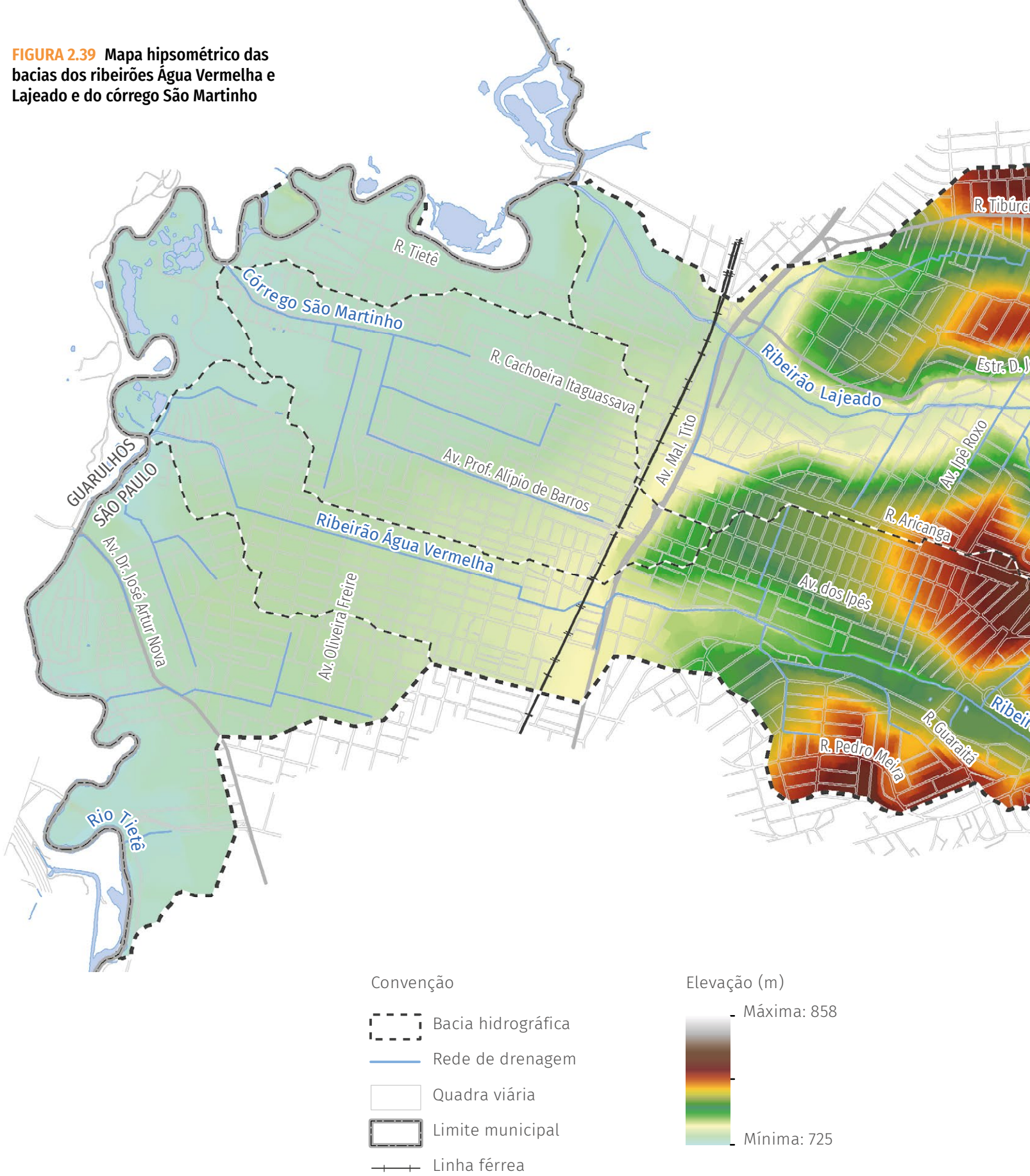


FIGURA 2.38 Perfil longitudinal dos riberões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

FIGURA 2.39 Mapa hipsométrico das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



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 2.40** apresenta a carta geotécnica na área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, com suas unidades geológicas. Destaca-se nesse mapa a predominância da planície aluvial em toda porção inferior da área de drenagem e adentrando os principais cursos d'água e seus afluentes. Os sedimentos terciários são predominantes no trecho médio da bacia do ribeirão Lajeado e nos trechos médio e superior da bacia do ribeirão Água Vermelha. Na parcela superior da bacia do ribeirão Lajeado existem as formações de gnaiss e de maciços mistos, sendo que estes se iniciam no trecho médio da bacia até os trechos mais altos.

Na região baixa da área de drenagem em questão, encontra-se um alargamento da faixa de planície aluvial de baixa declividade (menores que 5%), que se estende para além da Avenida Marechal Tito, com predominância de solo arenoargiloso, de solos compressíveis e de terra mole, onde

o nível do lençol freático é raso. A presença de terra mole é ainda mais notável nas margens do Rio Tietê.

O sedimento terciário predominante é formado, em grande parte, por argilitos, sil- titos, arenitos e conglomerados. Capeando esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso lateriza- do, vermelho, denominado tecnicamente de argila porosa.

Presentes nas regiões médias e altas da área de drenagem em estudo, temos os ma- ciços mistos com rocha e solos provenientes da alteração de migmatitos, além de compo- sições arenosas e silto-arenosas. Por fim, a mancha de rochas gnáissicas também apre- senta alto potencial de erosão.

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 Fi- nanças e Desenvolvimento Econômico (SF, 2013), hoje Secretaria Municipal da Fazenda.

Essa atualização se deu por meio de fo- tointerpretação de imagens aéreas recen- tes disponíveis. No processo de atualiza- ção, a escala adotada foi de 1:5.000, com

o objetivo de aumentar os detalhes nas áreas de interesse.

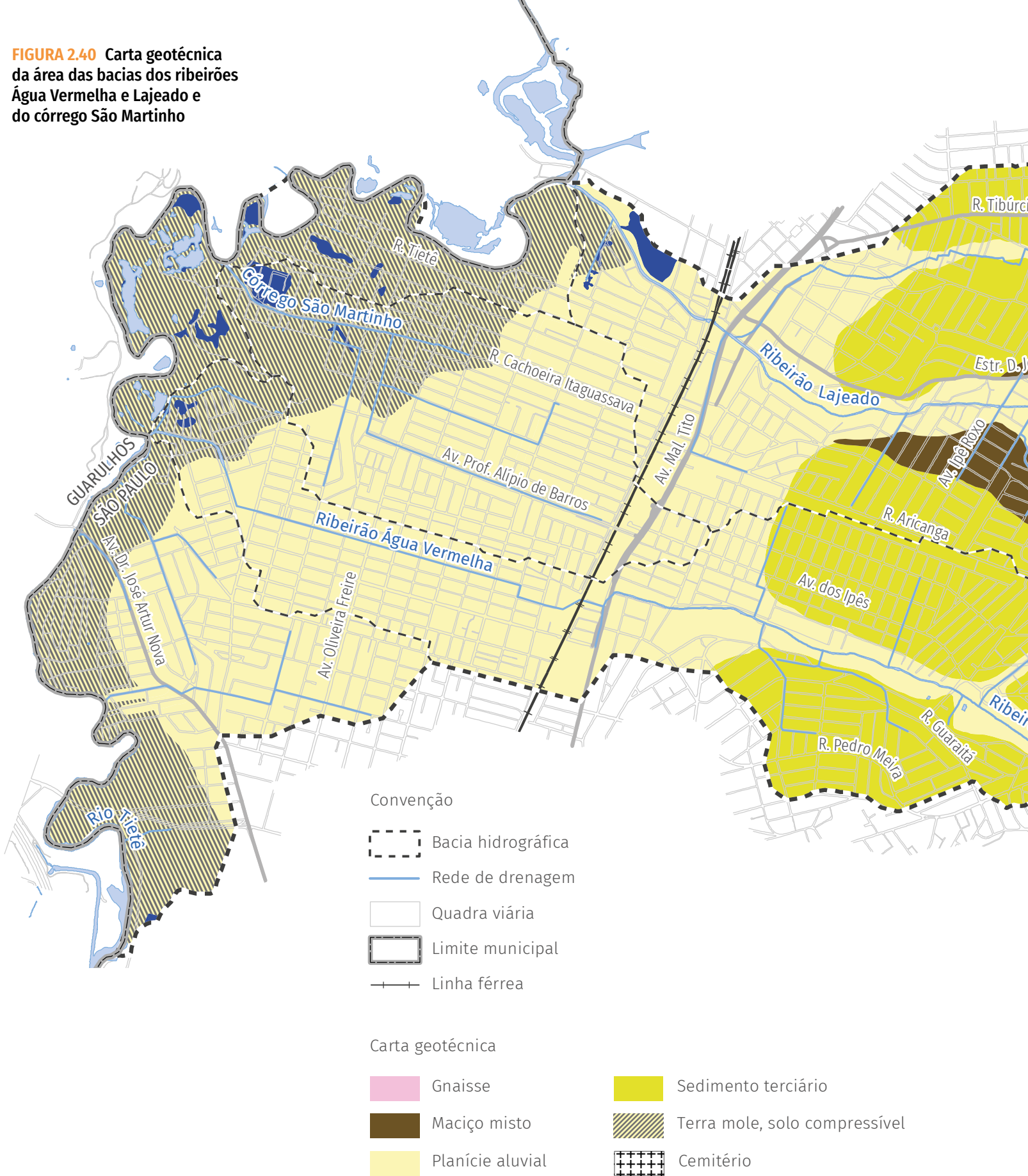
A **TABELA 2.1** indica os usos observados nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, com suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. O mapa dos usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.41**.

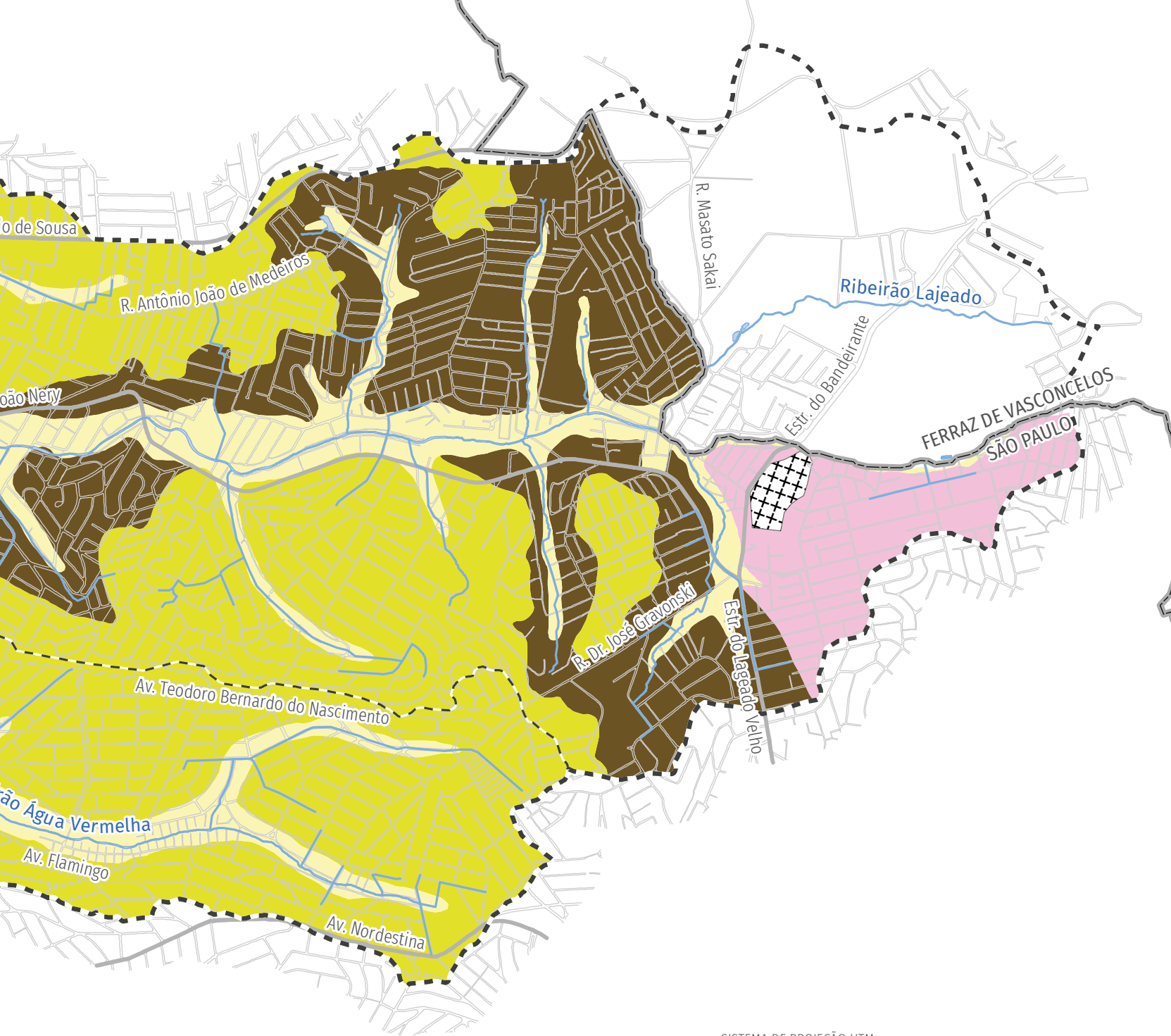
O uso do solo foi utilizado para o ajuste dos parâmetros à estimativa do escoamento superficial direto pelo modelo matemático empregado.

Os parques e as áreas verdes existentes na área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho são apresentados no mapa da **FIGURA 2.42**.

TABELA 2.1 Usos do solo registrados nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho		
Usos do solo	Área (km ²)	Área da bacia (%)
Residencial horizontal baixo padrão	8,4	40,7
Ruas e áreas pavimentadas	4,3	20,8
Espaços abertos	3,0	14,4
Residencial horizontal médio alto padrão	1,7	8,2
Indústria e armazém	0,8	4,1
Residencial vertical baixo padrão	0,6	3,0
Comércio e serviços	0,6	2,9
Residencial, comércio e serviços	0,6	2,9
Equipamento urbano	0,6	2,8
Residencial vertical médio alto padrão	0,0	0,1
Total	20,6	100,0

FIGURA 2.40 Carta geotécnica da área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





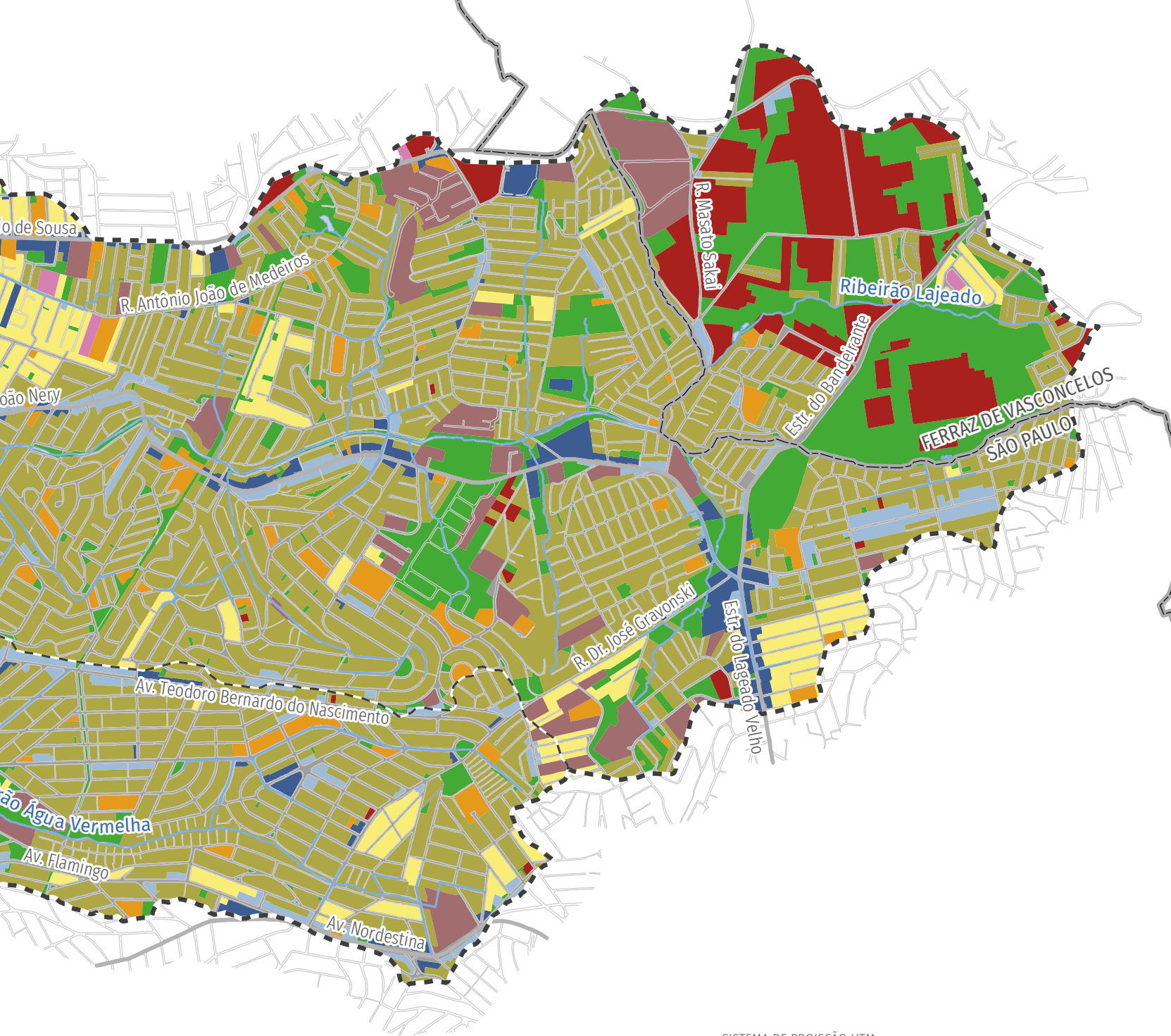
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Carta Geotécnica do Município de São Paulo (1993)



FIGURA 2.41 Mapeamento do uso do solo nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
 e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)

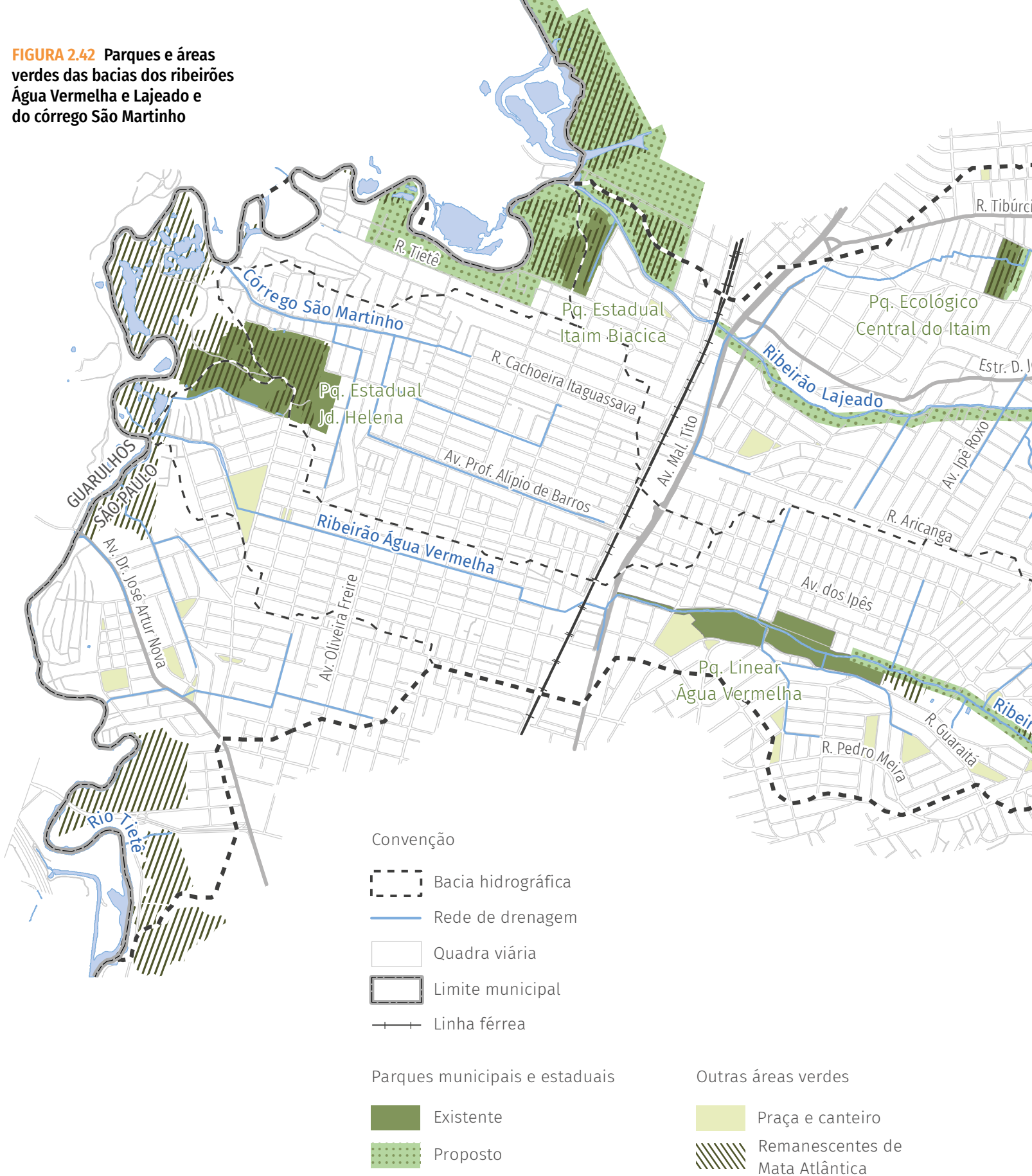


Residencial, comércio e serviços

Ruas e áreas pavimentadas



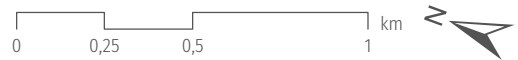
FIGURA 2.42 Parques e áreas verdes das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024), Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024), Plano Diretor Estratégico (2014) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho se insere no contexto do Plano Regional das subprefeituras de São Miguel, Itaim Paulista e Guaianases.

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 Lei de Zoneamento, as zonas foram organizadas em três diferentes agrupamentos:

- **Territórios de transformação:** objetivavam 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 área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho está inserida nas macroáreas de redução da vulnerabilidade urbana e recuperação ambiental e de redução da vulnerabilidade

urbana e estruturação metropolitana, conforme a **FIGURA 2.43**.

Além disso, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.44**.

A **TABELA 2.2** traz a área correspondente a cada zona de uso e ocupação nas bacias.

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 em 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.

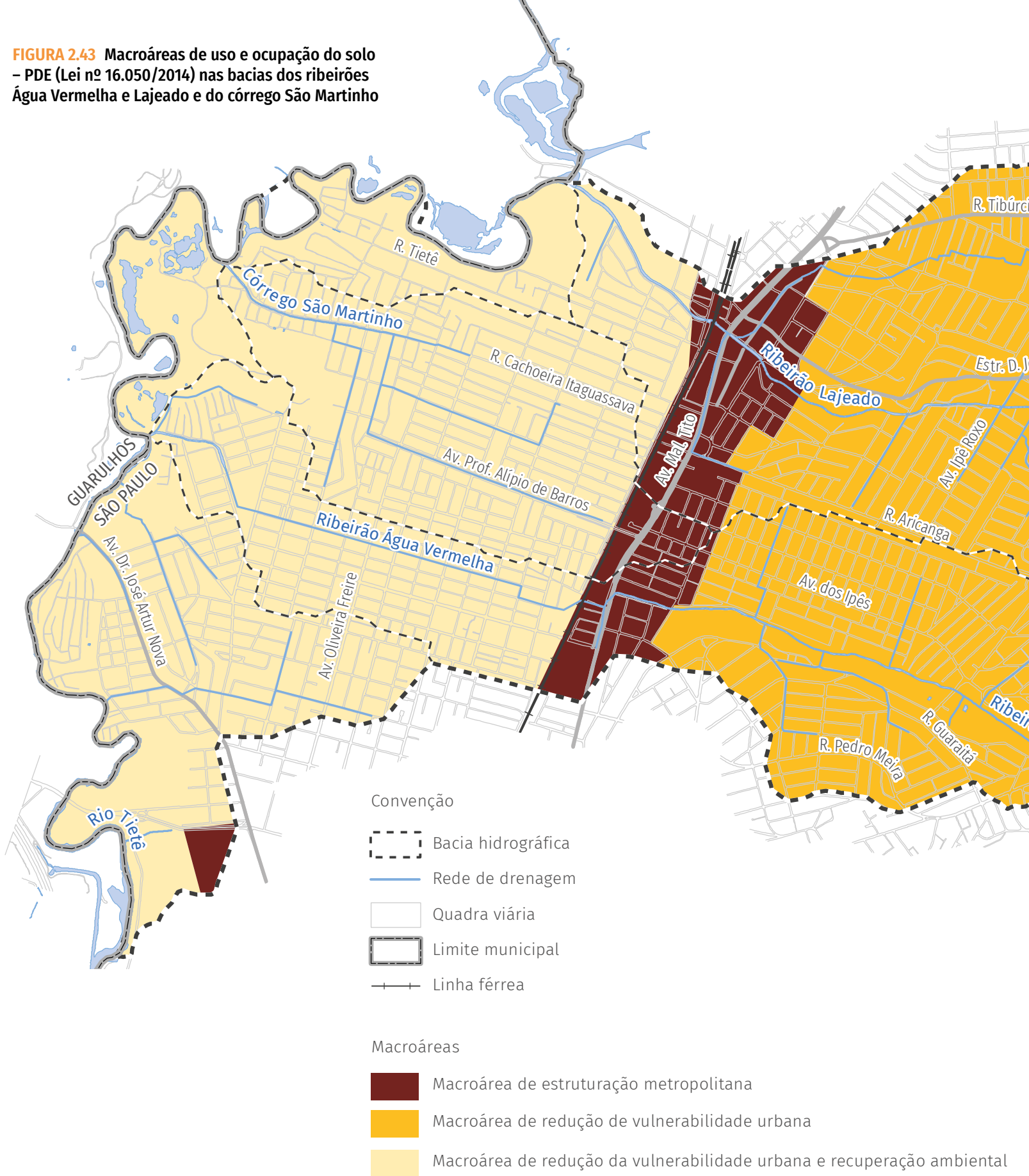
Cabe ressaltar que todos os lotes deverão atender as taxas de permeabilidade mínima estabelecidas para cada Perímetro de Qualificação Ambiental, conforme o Quadro 3A da lei (Art. 81).

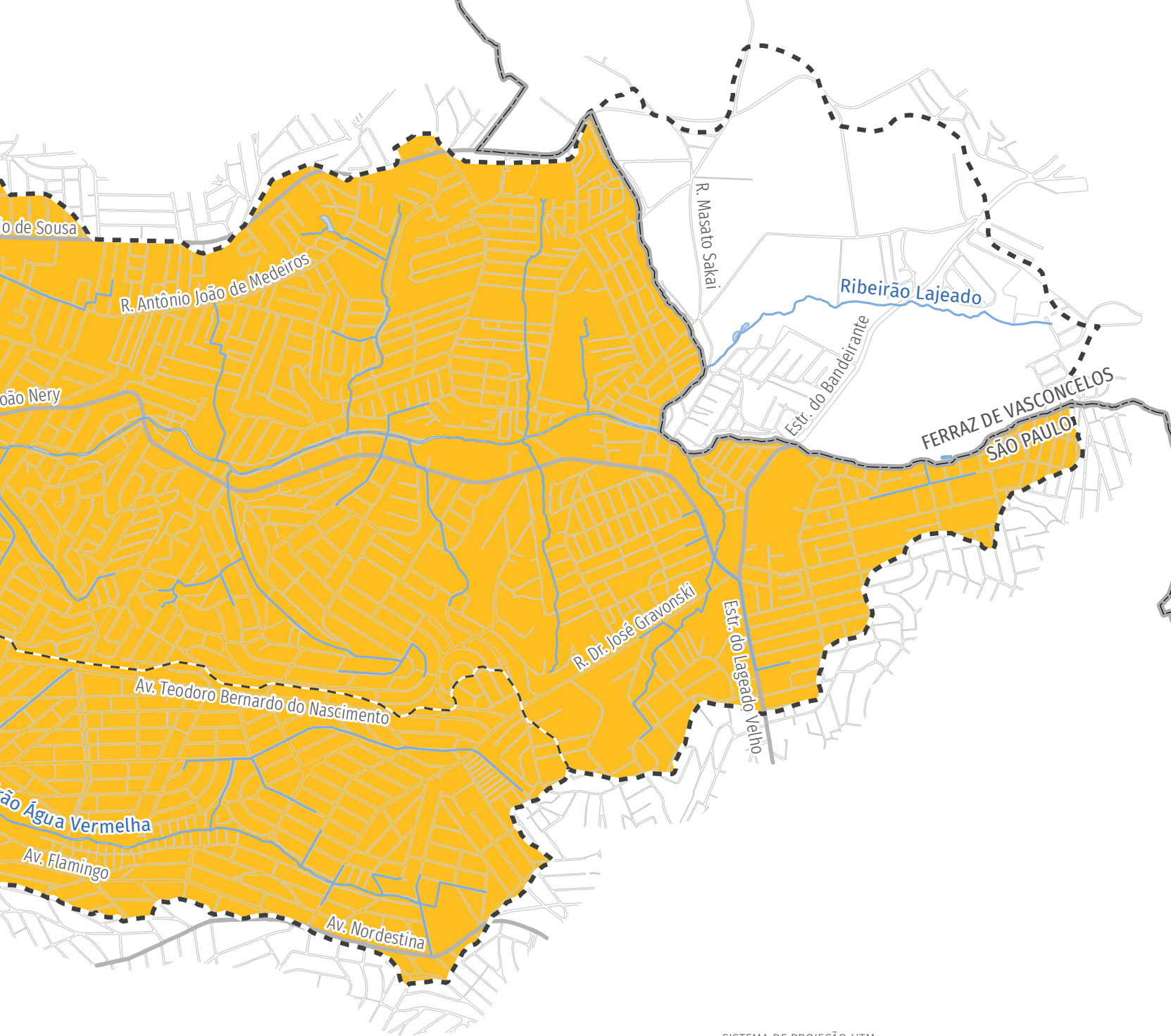
Para fins de aplicação da QA, o território do Município de São Paulo fica dividido em Perímetros de Qualificação Ambiental (PA), que expressam a situação ambiental e o potencial de transformação de cada perímetro.

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

FIGURA 2.43 Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) nas bacias dos riberões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



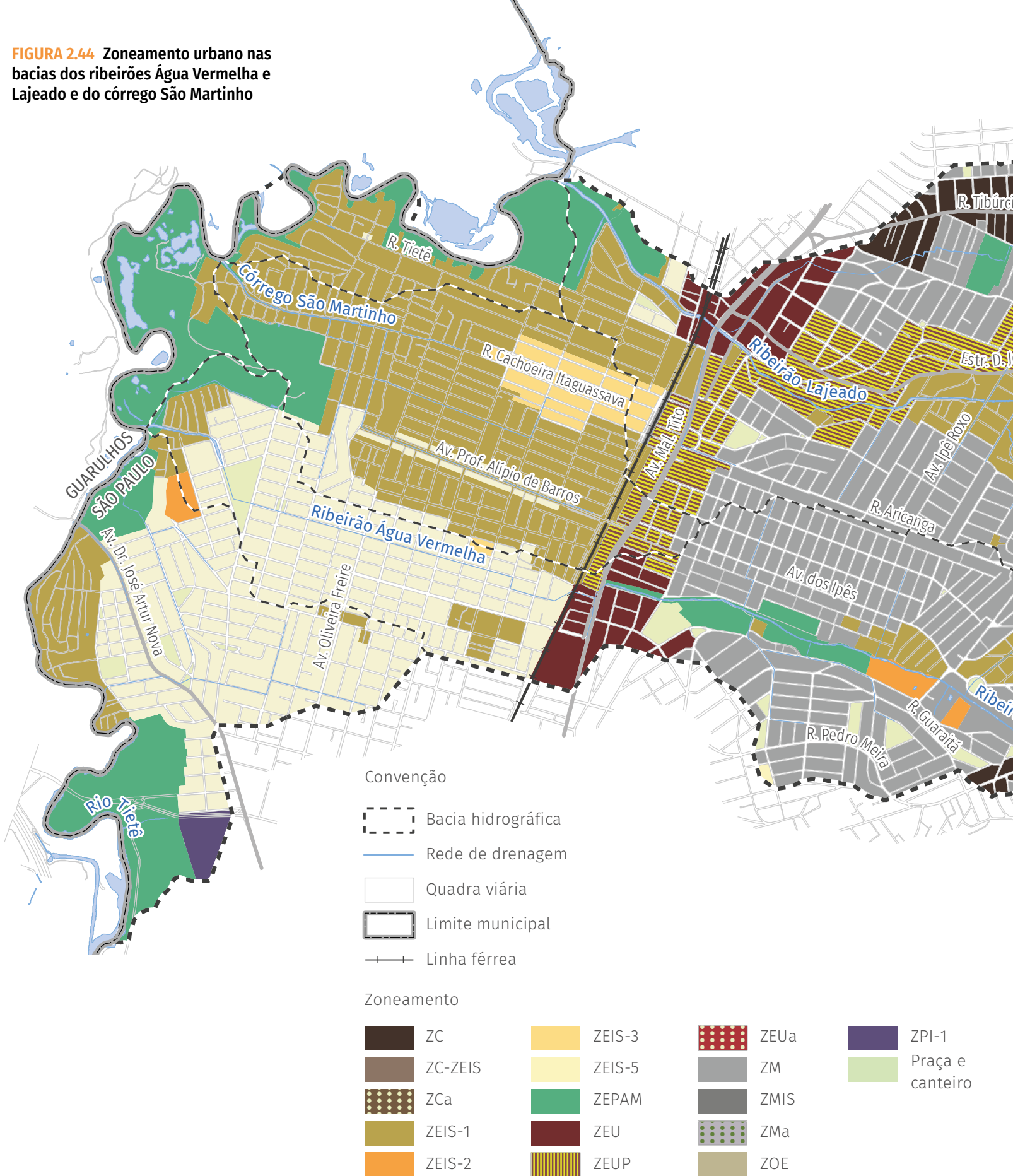


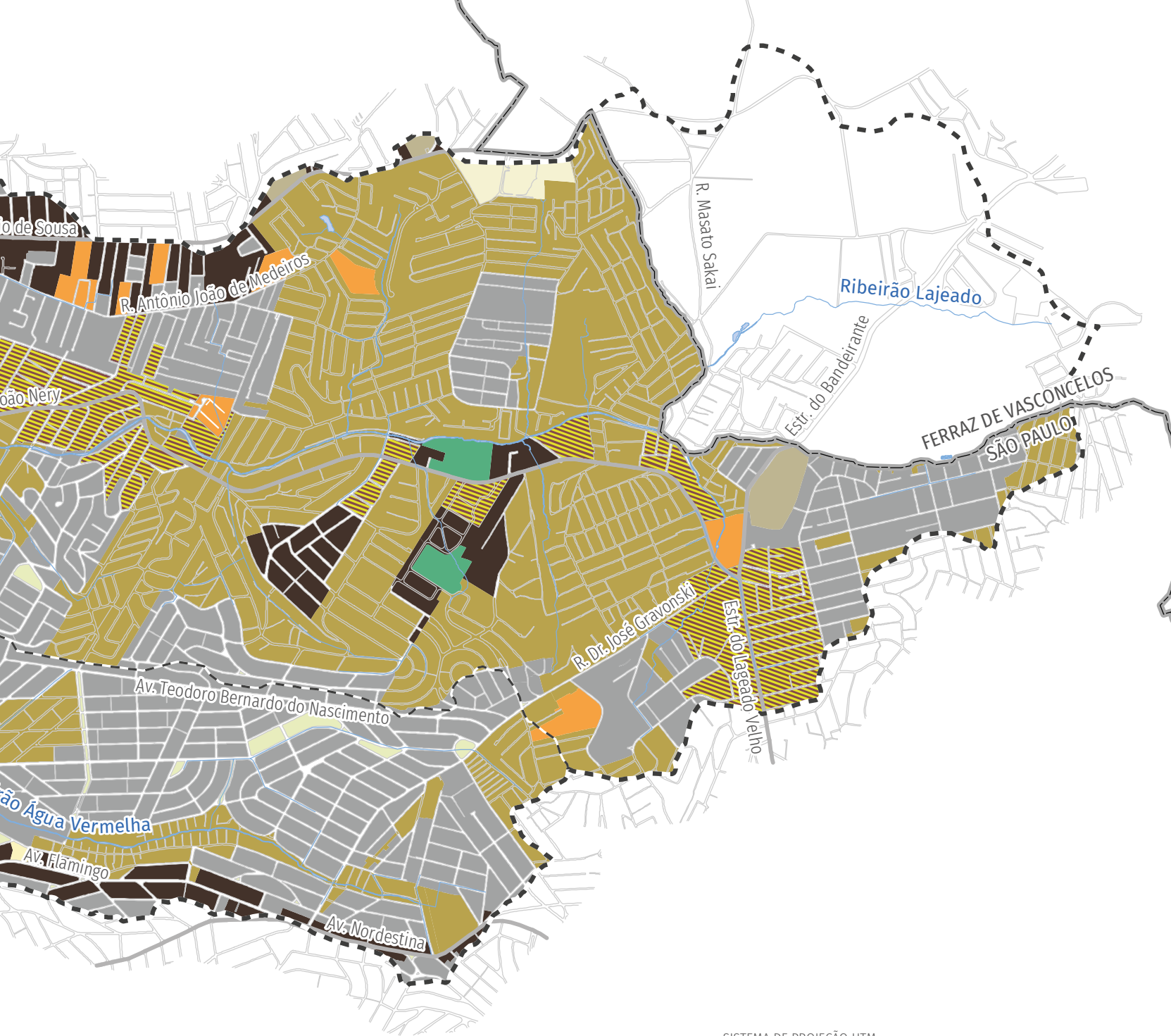
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Plano Diretor Estratégico (2014)



FIGURA 2.44 Zoneamento urbano nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
 Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

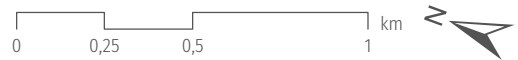


TABELA 2.2 Descrição das zonas de uso e ocupação do solo nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

Zonas	Sigla	Área da bacia (%)
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	37,2
Zona Mista	ZM	26,0
Zona Especial de Proteção Ambiental	ZEPAM	8,5
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto	ZEUP	7,3
Zona Mista Ambiental	ZMa	4,8
Zona Centralidade	ZC	4,4
Zona Centralidade Ambiental	ZCa	3,6
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana	ZEU	2,2
Zona Especial de Interesse Social 2	ZEIS-2	1,3
Praça e canteiro	PracaCant	1,2
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental	ZEUa	1,0
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	1,0
Zona de Ocupação Especial	ZOE	0,4
Zona Mista de Interesse Social	ZMIS	0,3
Zona Predominantemente Industrial 1	ZPI-1	0,3
Zona Centralidade lindeira à ZEIS	ZC-ZEIS	0,3
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	0,1

em termos de QA, assim como perímetros com alto desempenho ambiental e baixo potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA¹¹.

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

Na área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho estão incluídos os PAs 2, 9 e 10, além do PA 12, contido em uma pequena área a noroeste das bacias, na região do Jardim Lapena. Foram atribuídas para essas áreas taxas de permeabilidade mínima permitida 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 2.45** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na área das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, e a **FIGURA 2.46** mostra o mapeamento da taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e por zonas específicas. O zoneamento urbano das bacias em estudo indica que as zonas ZEPAM, ZCOR e ZER, pertencentes às bacias, 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, juntamente com a comparação da situação atual de impermeabilização das bacias. Para a região do Município de Ferraz de Vasconcelos, foi considerado o valor médio de permeabilidade obtido no restante das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado.

11. CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. 369 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde31052016-141005/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;

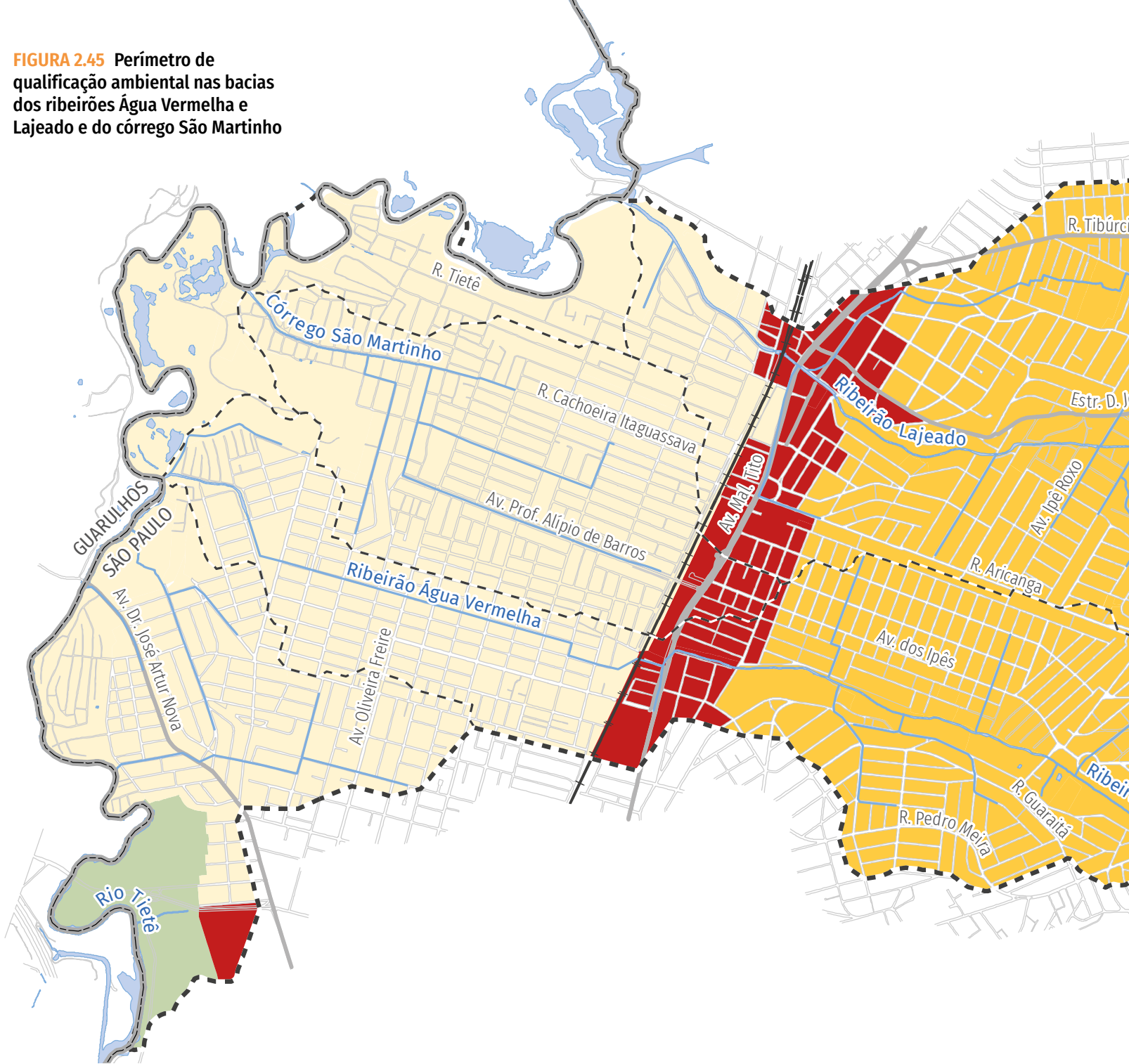
(b) O PA 13 corresponde às Macroáreas de Contenção Urbana e Uso Sustentável e de Preservação dos Ecossistemas Naturais, nas quais não se aplicam as exigências da Quota Ambiental.

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








Ribeirão Água Vermelha nas proximidades do Pq. Linear Água Vermelha (foto: FCTH)





FIGURA 2.45 Perímetro de qualificação ambiental nas bacias dos rios Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

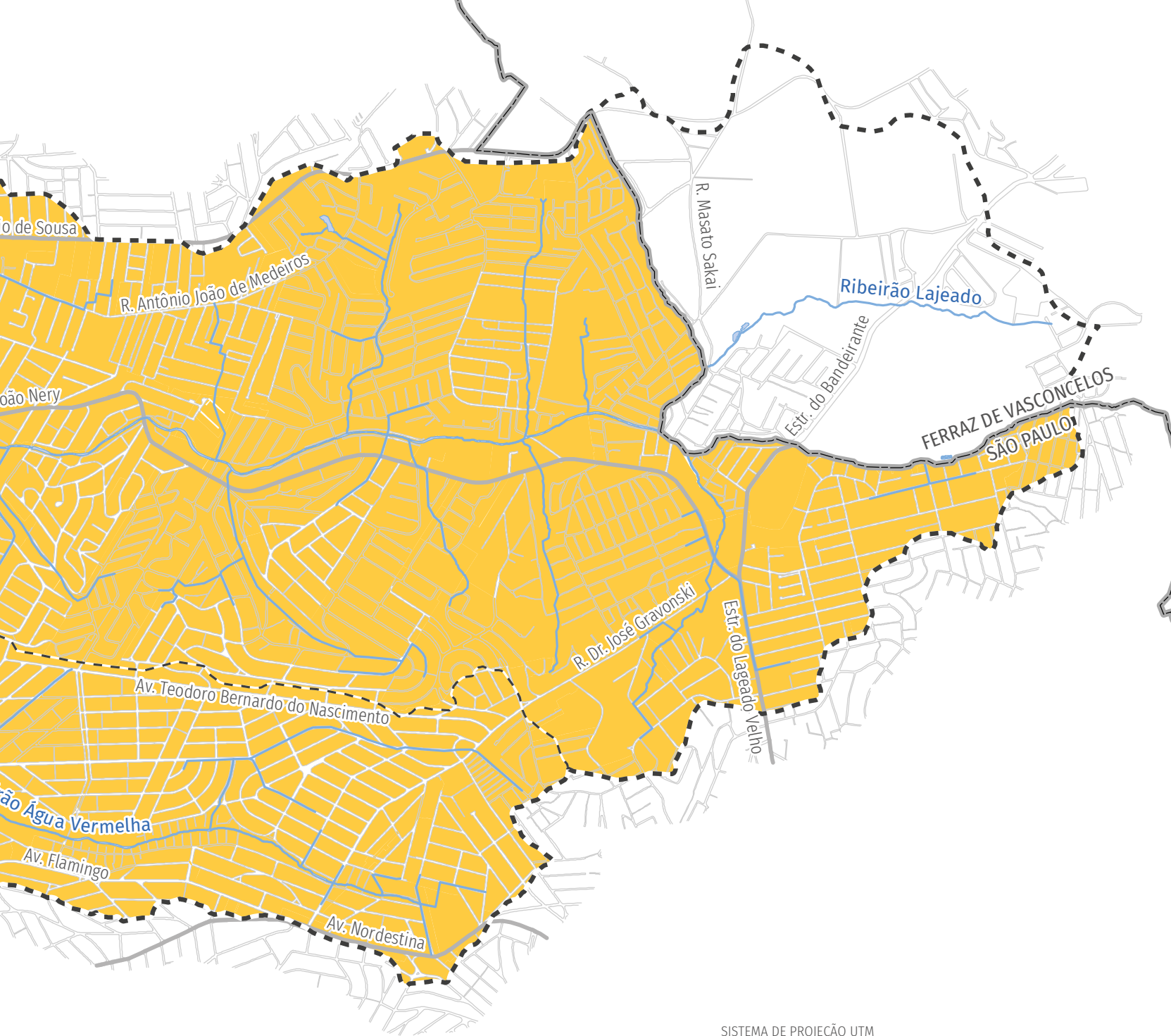


Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

Perímetro Ambiental

-  PA 2
-  PA 9
-  PA 10
-  PA 12



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

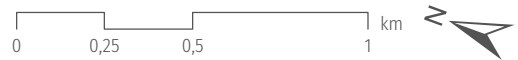
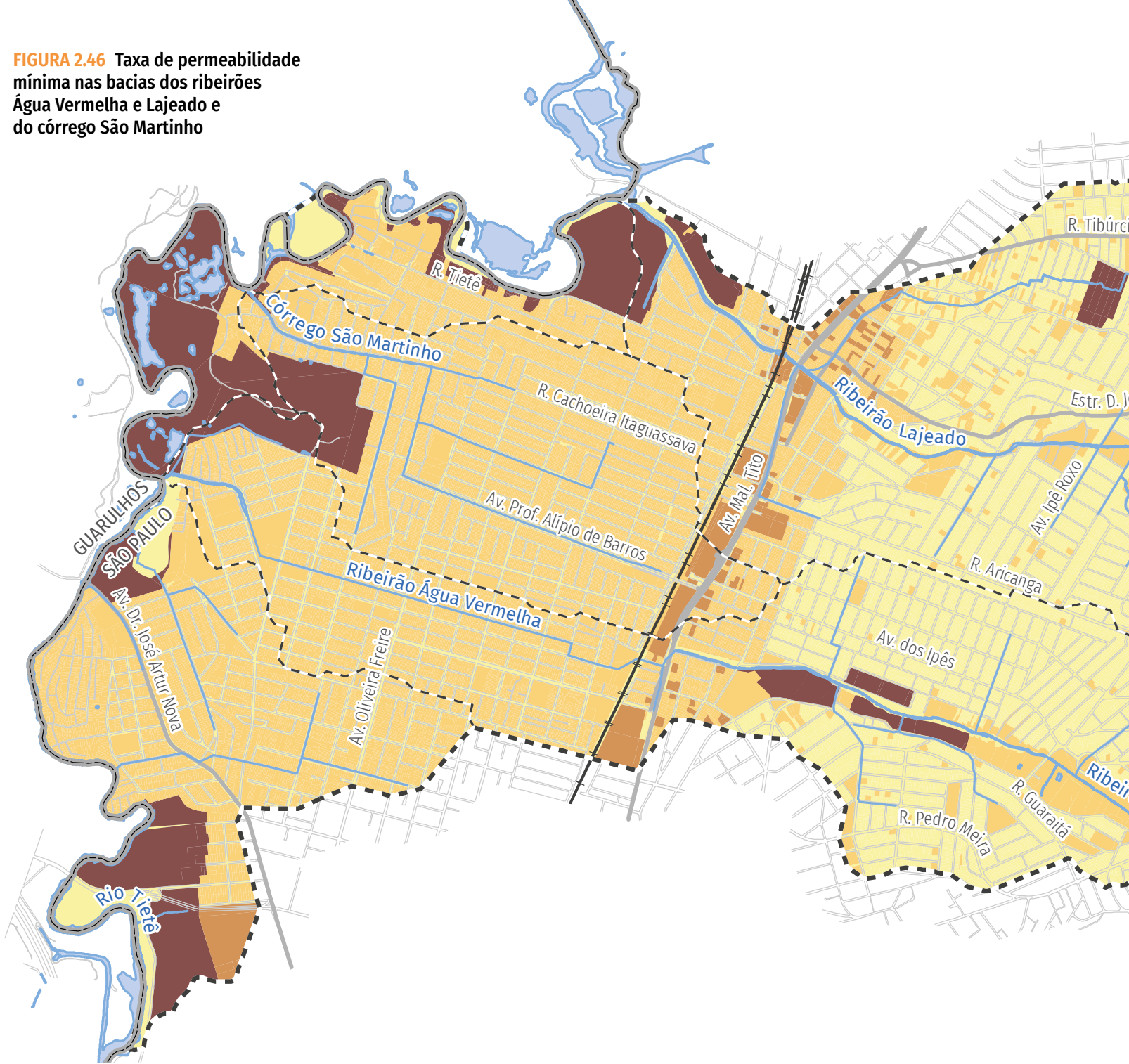











FIGURA 2.46 Taxa de permeabilidade mínima nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

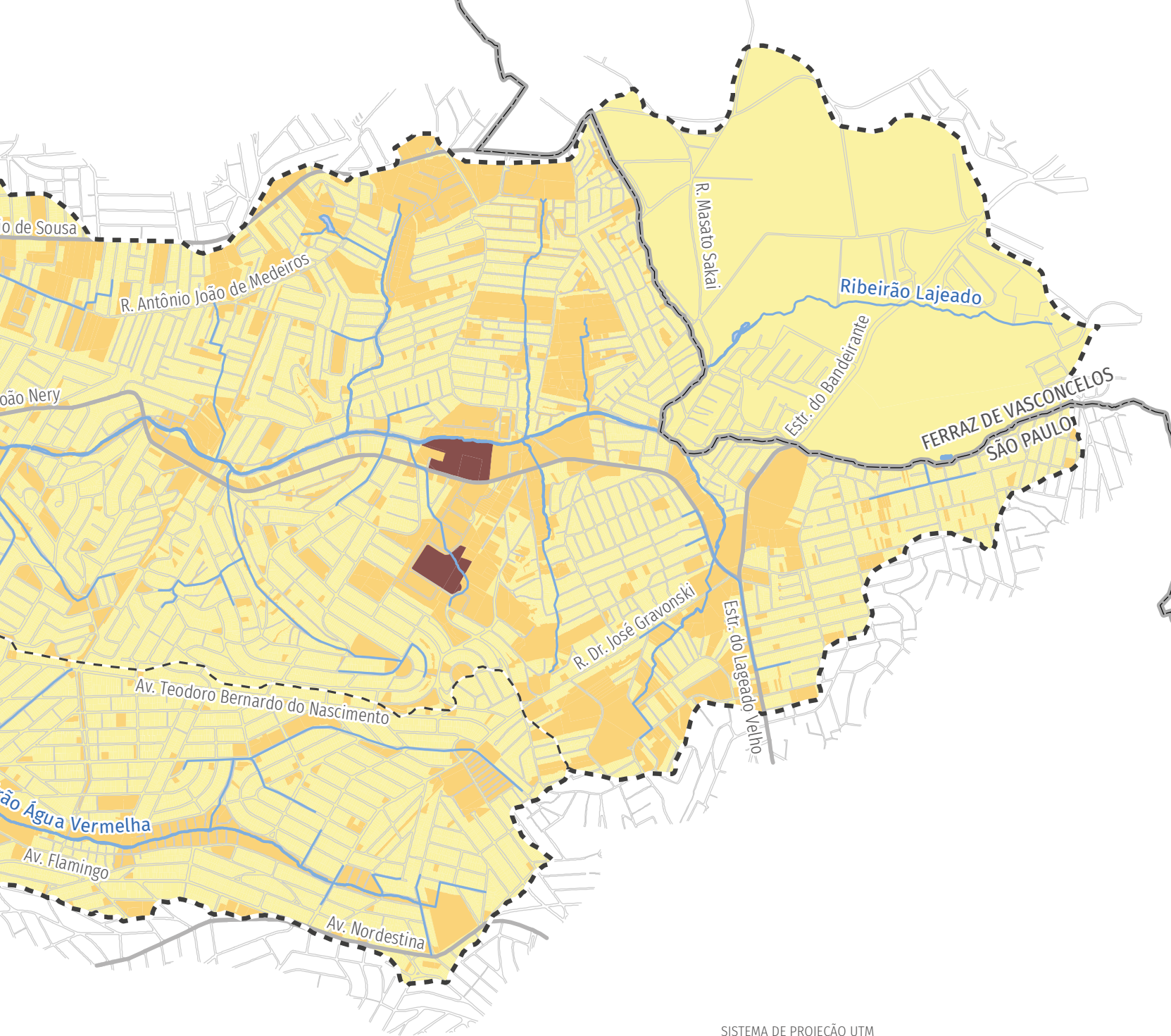


Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

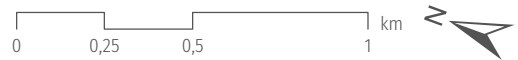
Permeabilidade mínima exigida por lei (%)

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



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.47** apresenta a densidade populacional das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, onde residem 351 mil habitantes (IBGE, 2022).

Foram adotadas cinco classes de densidade demográfica (habitantes/hectare) para a bacia, conforme segue: < 15 – muito baixa; de 16 a 50 – baixa; de 51 a 150 – média; de 151 a 350 – alta; e > 350 – muito alta (Moreira, 2019)¹².

2.9.2 ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IPVS

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

Na formulação do índice, assume-se o conceito de que a vulnerabilidade de um indivíduo, família ou grupo social refere-se a sua maior ou menor capacidade de controlar

os fatos que afetam seu bem-estar. Considera que a vulnerabilidade 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 podem conduzir a processos de exclusão. Em muitos casos, o local de residência pode

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

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

O IPVS consiste em uma tipologia de situações de exposição à vulnerabilidade, agregando aos indicadores de renda outros referentes ao ciclo de vida familiar e à escolaridade, no espaço intraurbano, como aglomerado subnormal (favela) e sua localização (urbana ou rural). Assim sendo, o IPVS é composto por dois fatores,

o socioeconômico e o demográfico. Ao fator socioeconômico estão associadas as variáveis: renda domiciliar *per capita*, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até meio salário-mínimo, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até um quarto do salário-mínimo, rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio e proporção de pessoas responsáveis alfabetizadas. Ao fator demográfico estão associadas as variáveis: proporção de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos, proporção de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos, idade média das pessoas responsáveis e proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade.

A **TABELA 2.4** indica a classificação dos grupos do IPVS 2010 para as bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho. Na **FIGURA 2.48** é apresentado o mapa desse índice na bacia.

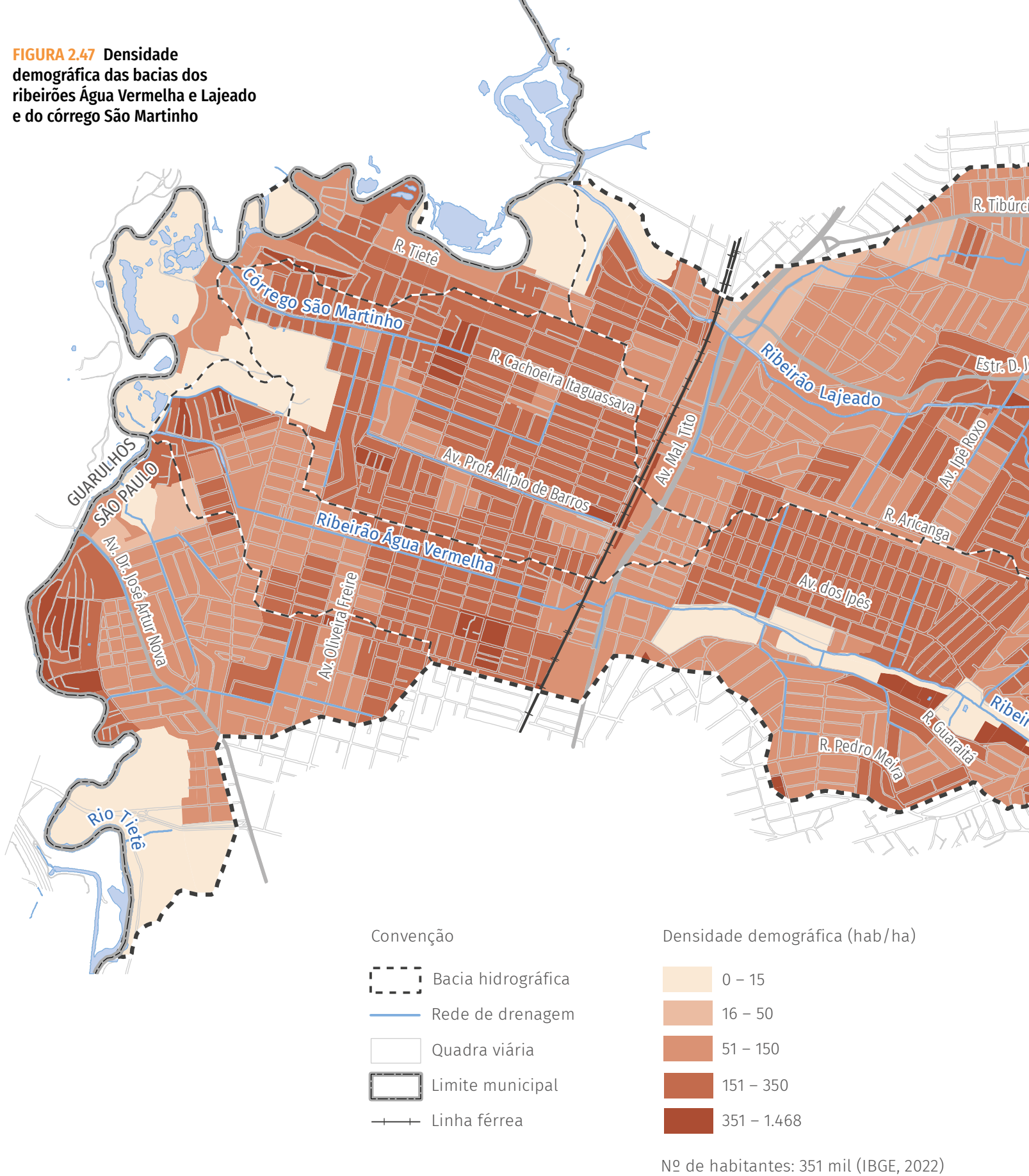
TABELA 2.4 Grupos do IPVS nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

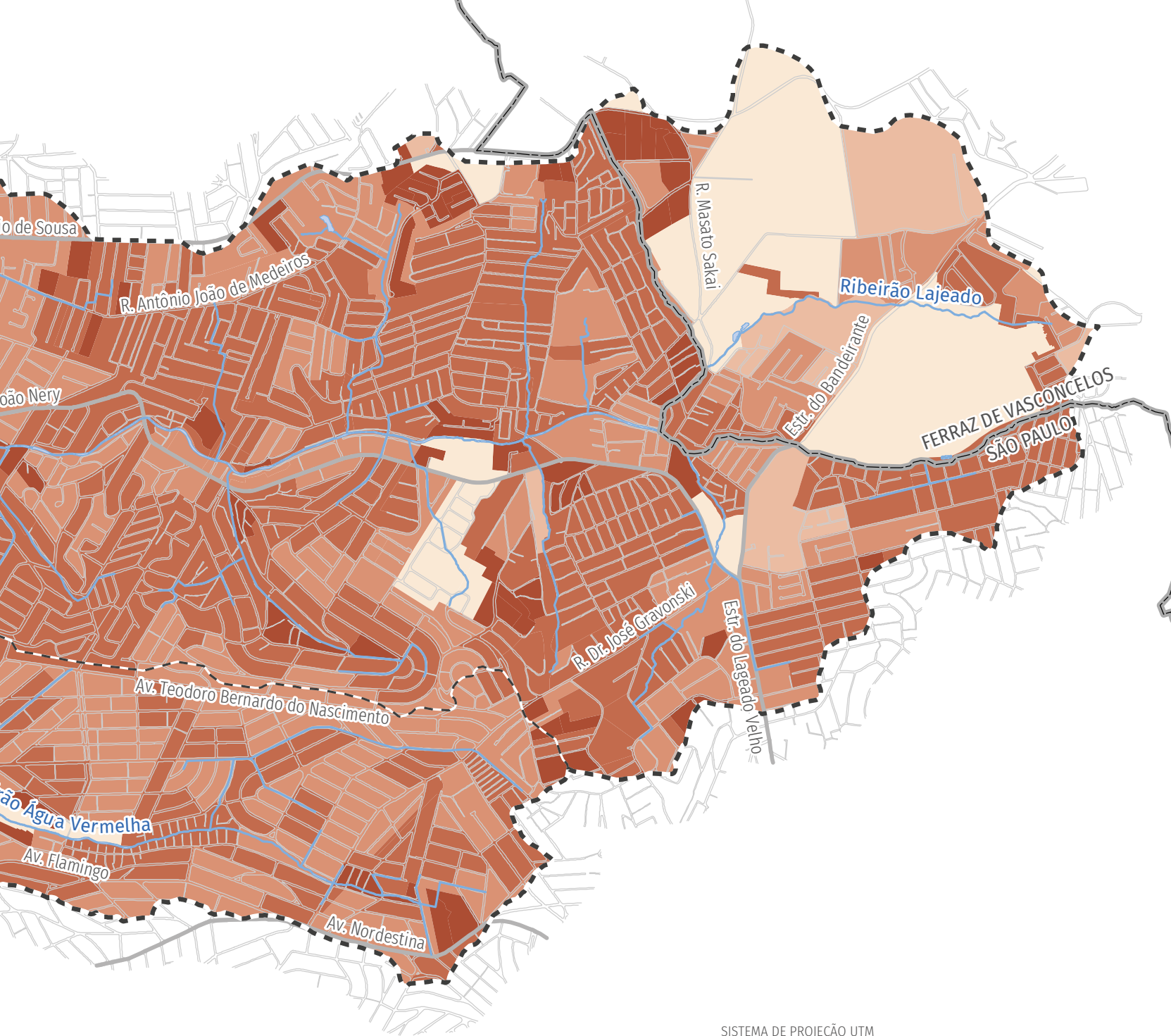
Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
					ACD
0	Sem informação	-	-	-	2,74
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	0,12
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	17,94
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	13,55
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	36,71
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	19,48
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	9,46
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	-



Córrego São Martinho nas proximidades do Pq. Estadual Jd. Helena (foto: FCTH)

FIGURA 2.47 Densidade demográfica das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



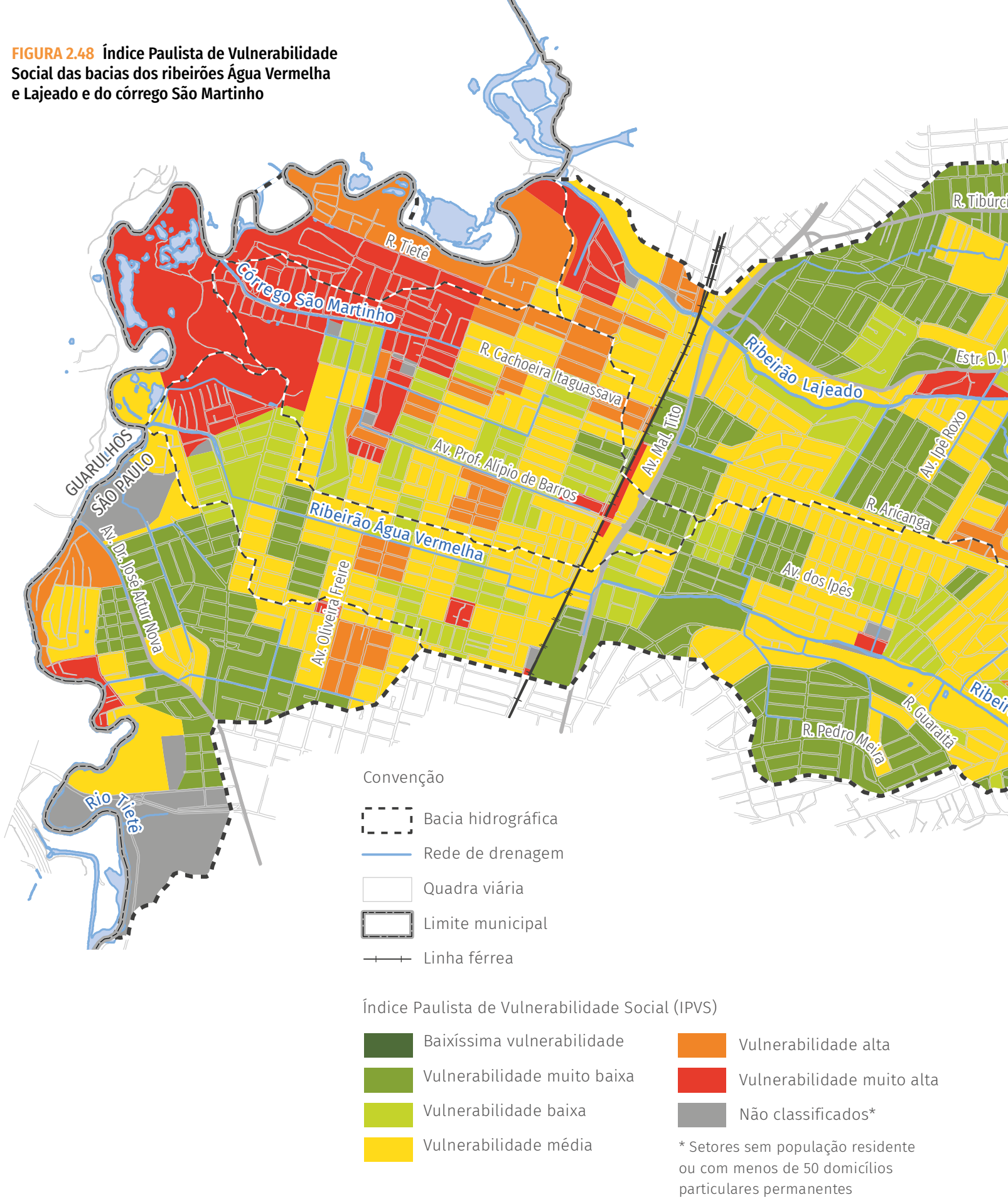


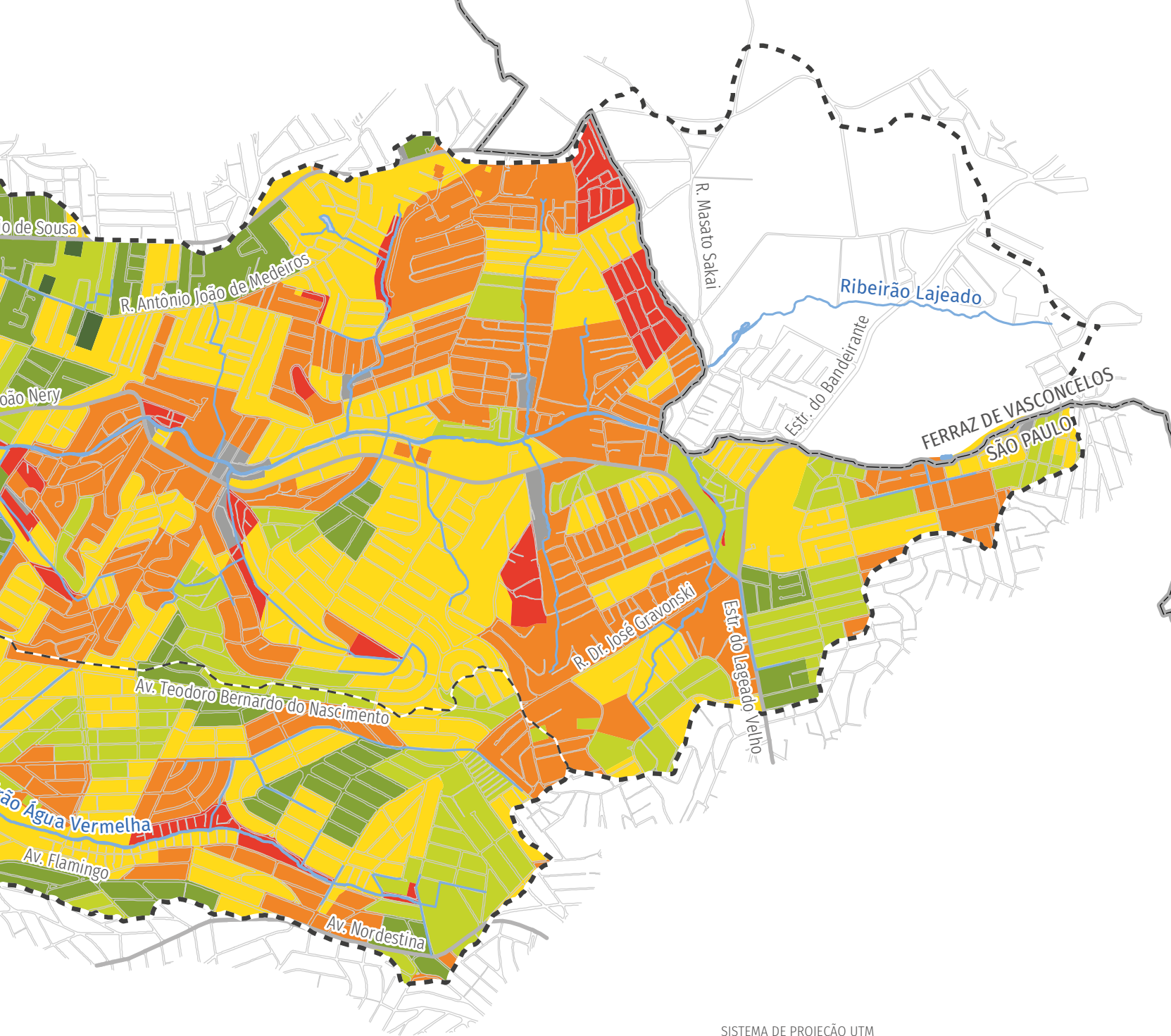
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e Censo Demográfico - IBGE (2022)



FIGURA 2.48 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024),
Censo Demográfico - IBGE (2010) e SEADE (2010)



2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho se dá pelas subprefeituras de São Miguel, Itaim Paulista e Guaianases.

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 2.49** indica a divisão territorial administrativa das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho.

2.11 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é composto pelos sistemas necessários ao afastamento e tratamento dos efluentes sanitários, incluindo as infraestruturas e instalações de coleta, desde as ligações prediais, o afastamento, o tratamento e a disposição final de esgotos¹³.

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

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

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

A **FIGURA 2.50** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho.

13. Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

2.12 SISTEMA VIÁRIO

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

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

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

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

A Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito (SMT) classifica o sistema viário do município de acordo com o art. 60 do Código

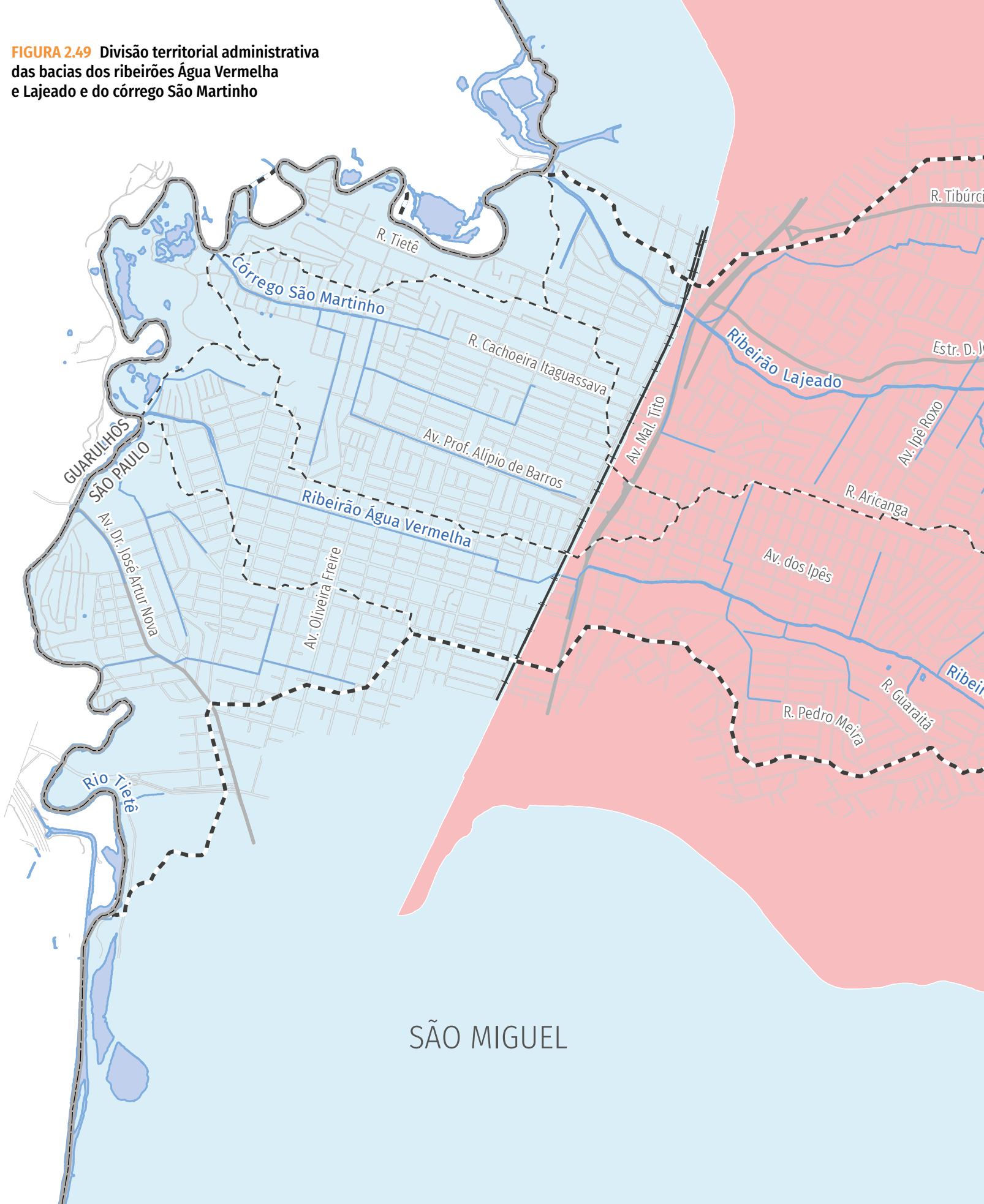
de Trânsito Brasileiro (CTB): I – via de trânsito rápido (VTR); II – via arterial; III – via coletora; IV – via de pedestres; e V – via local. A hierarquia viária é estabelecida na ordem decrescente dessa classificação.

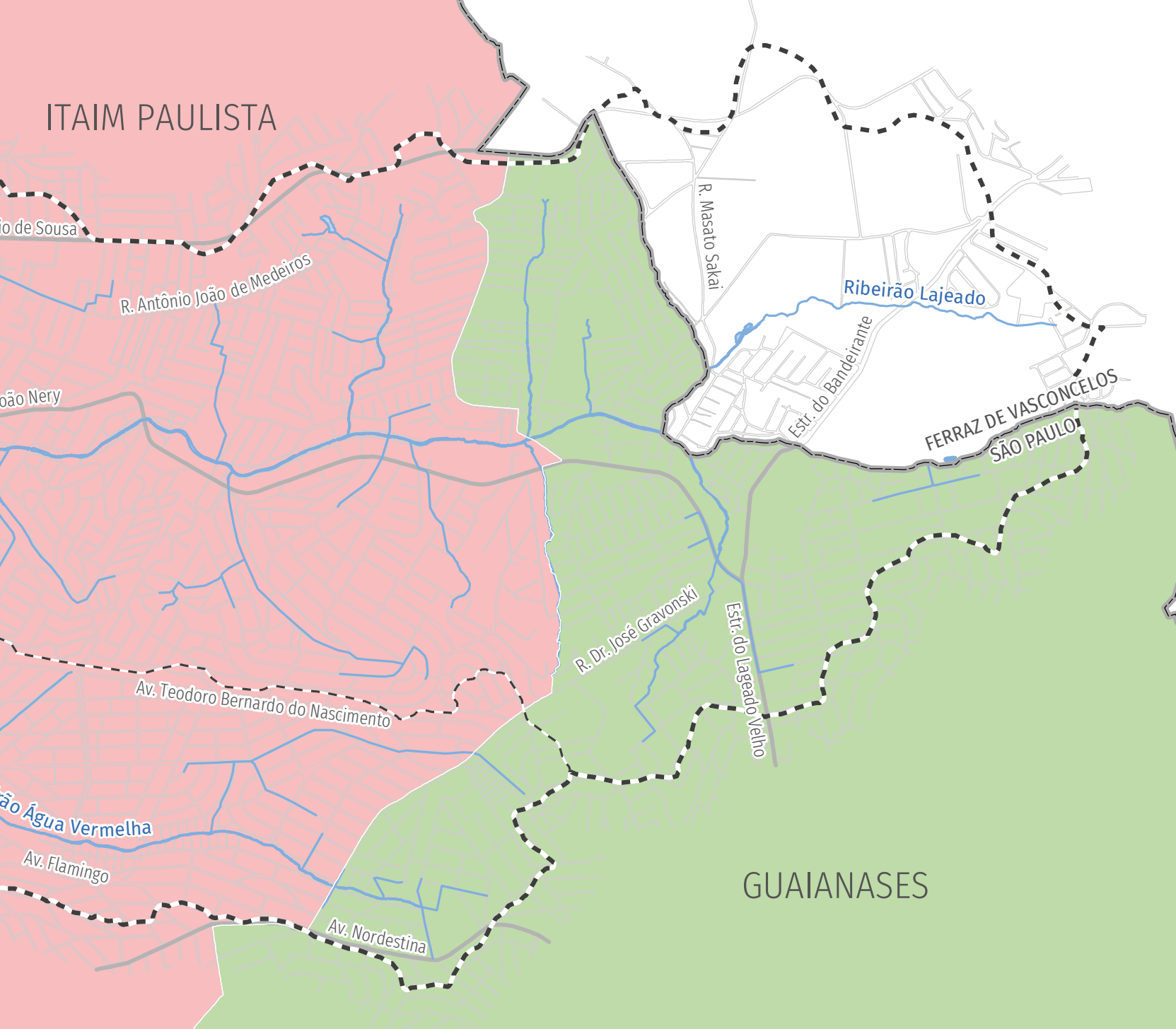
Assim, para o planejamento do sistema de drenagem urbana nos cadernos de Bacia Hidrográfica, foi levantada a classificação viária disponibilizada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET). Foram consideradas as vias mais importantes: as de trânsito rápido (VTR), que resguardam a importância funcional das conexões de longa distância e da fluidez; e as arteriais, com predominância de trânsito de passagem e onde estão localizados os corredores estruturais de transporte coletivo.

As bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho são cortadas transversalmente pela Avenida Marechal Tito. A Estrada Dom João Nery percorre de forma alternada as margens esquerda e direita do ribeirão Lajeado por quase toda sua extensão. Outras vias que se destacam e que estão localizadas nos limites das bacias são: Avenida Doutor José Arthur Nova, Avenida Flamingo, Avenida Nordestina, Rua Tibúrcio de Sousa, entre outras.






A **FIGURA 2.51** apresenta o sistema viário estrutural das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho.

FIGURA 2.49 Divisão territorial administrativa das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)

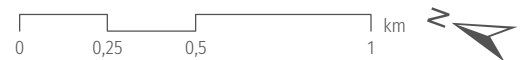
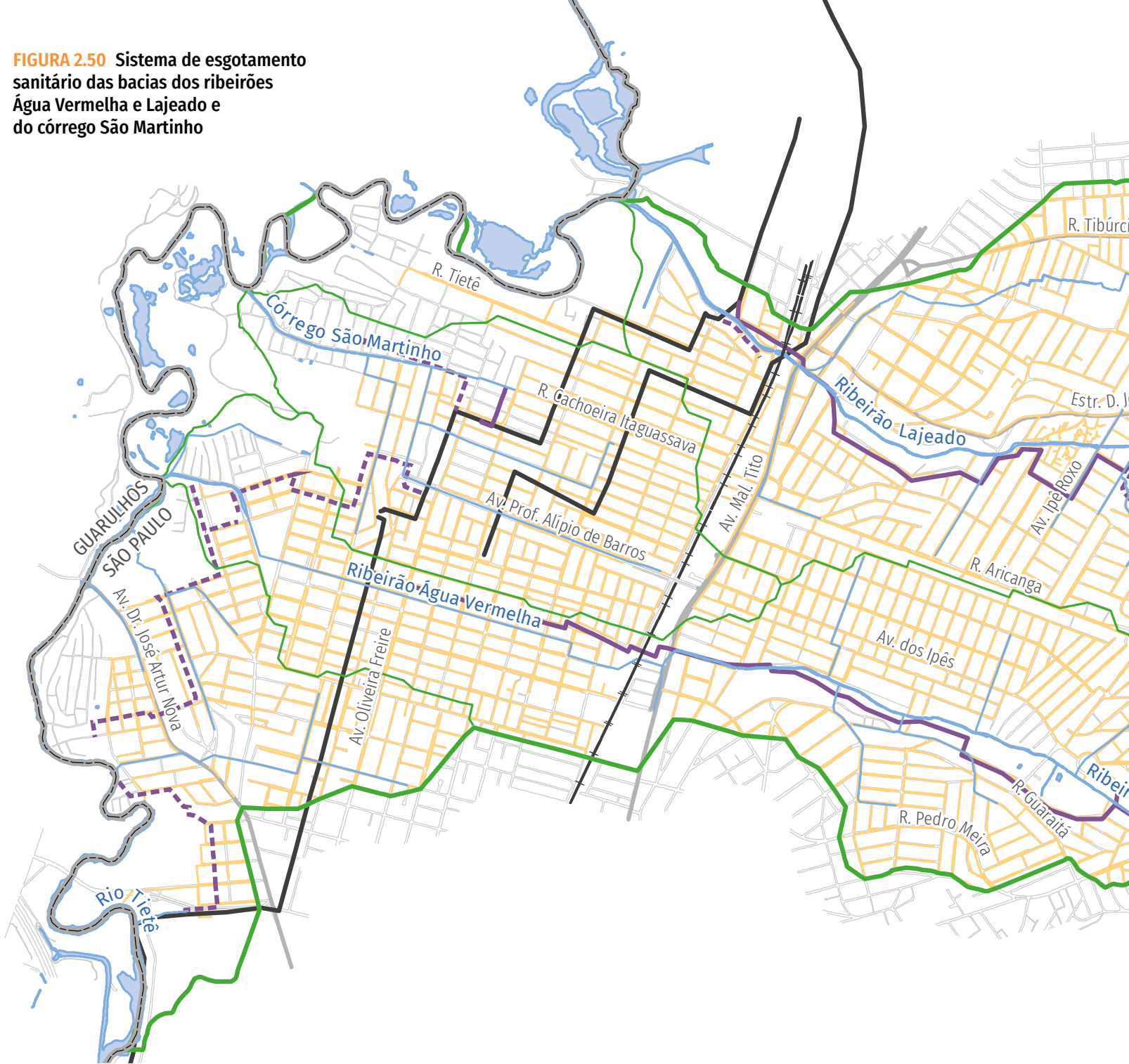


FIGURA 2.50 Sistema de esgotamento sanitário das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

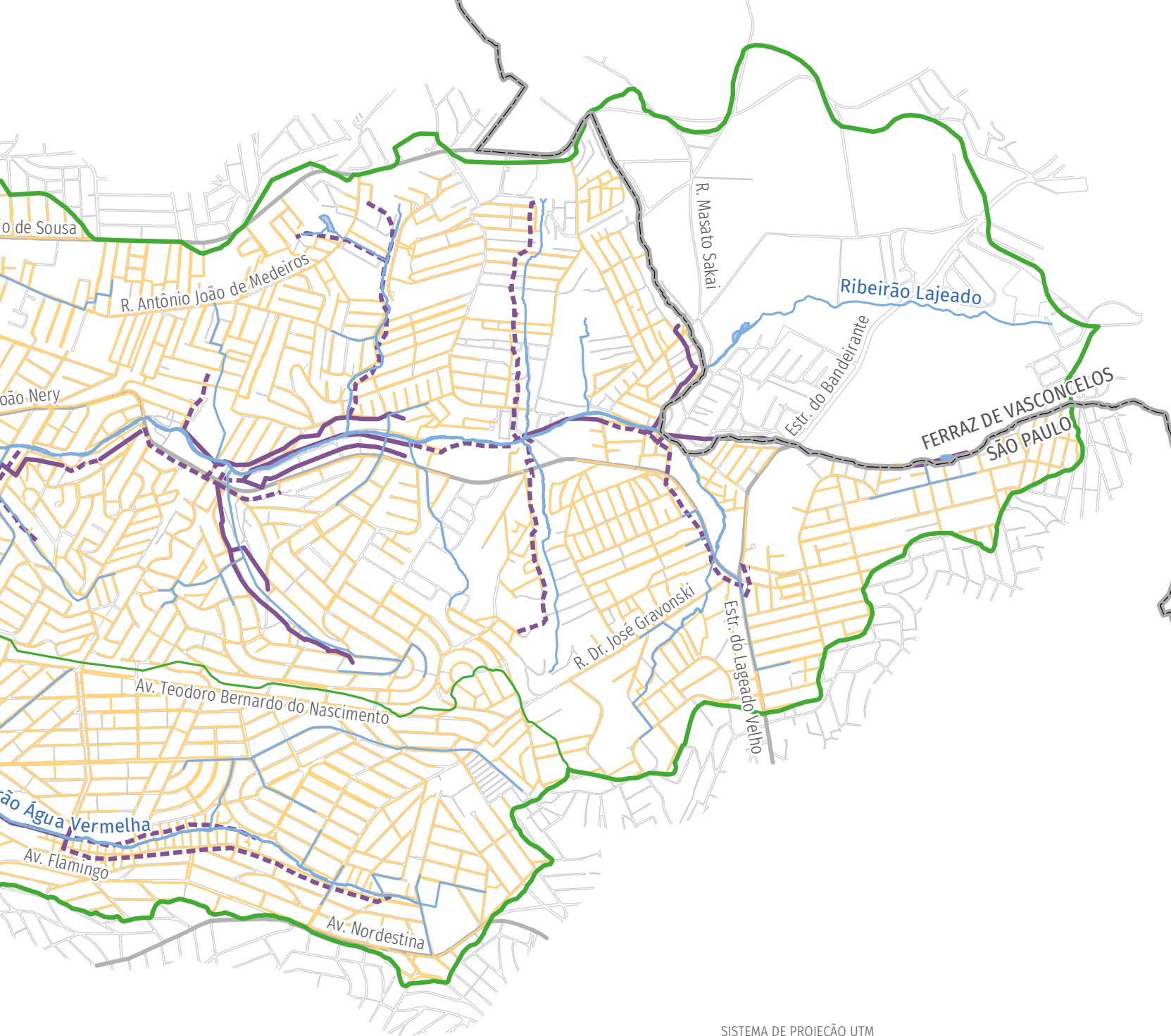


Convenção

- ▭ Bacia hidrográfica
- Rede de drenagem
- Quadra viária
- Limite municipal
- + + Linha férrea

Esgotamento sanitário

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



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024),
Plano Diretor Estratégico (2014) e Sabesp (2021)

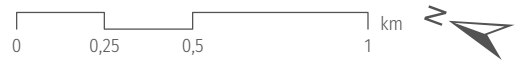
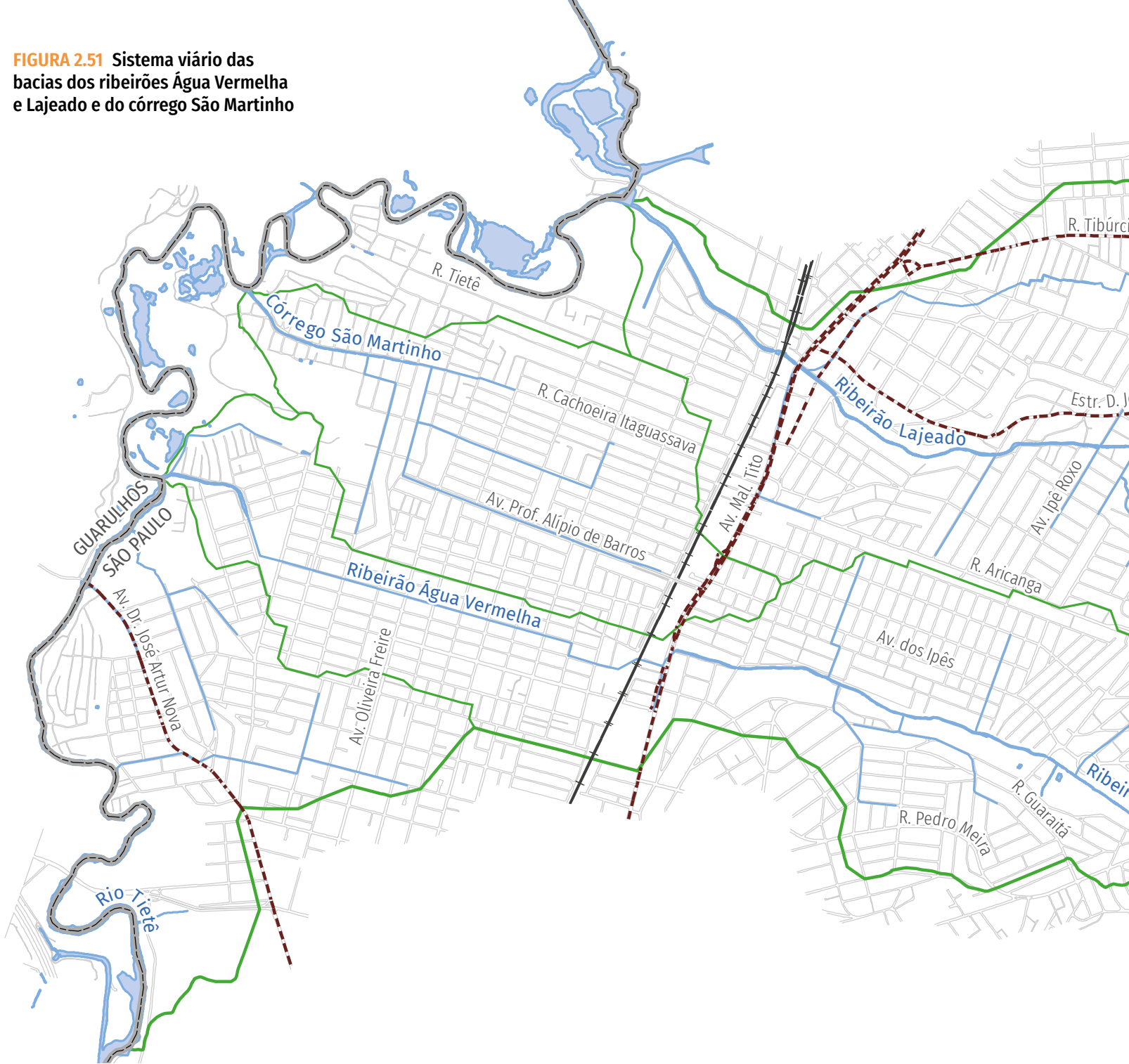


FIGURA 2.51 Sistema viário das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

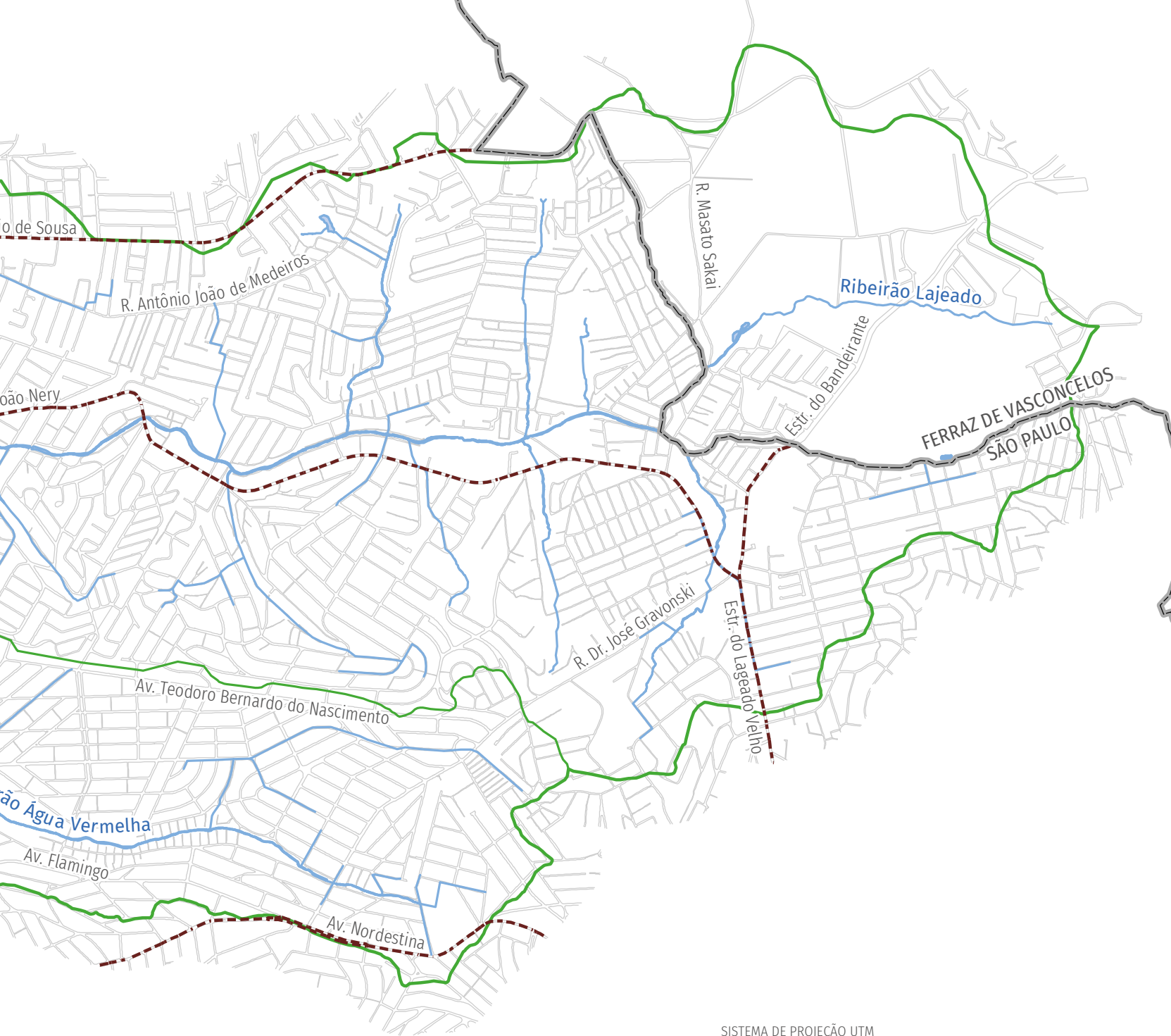


Convenção

- Bacia hidrográfica
- Rede de drenagem
- Quadra viária
- Limite municipal
- + + Linha férrea

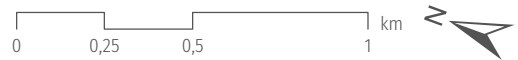
Sistema viário

- Via arterial



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e CET (2019)



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.

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 grau de intervenções no sistema de drenagem natural, canais, galerias, reservatórios de retenção etc., determinam a velocidade com que a água escoar em determinada seção do curso d'água. Esse processo interfere na magnitude das vazões durante as chuvas intensas.

O estudo hidrológico realizado contempla uma breve análise das precipitações ocorridas nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica e, também, pelo cálculo das chuvas de projeto. Para a obtenção dos hidrogramas de projeto, foram analisados os parâmetros do escoamento superficial por sub-bacia de drenagem, tais como 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 das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)¹⁴.

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

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

válida para $10 \leq t \leq 1440$ min, onde:

$$A = 32,77$$

$$B = 20$$

$$C = -0,878$$

$$D = 16,1$$

$$E = 30$$

$$F = -0,9306$$

$$G = -0,4692$$

$$H = -0,8474$$

t_d é a duração da chuva, em minutos;

Tr é o período de retorno da chuva, em anos;

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

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

consideração. Neste estudo, adotou-se a duração de chuva crítica de 1 hora.

Desse modo, foram calculadas as precipitações para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 1 hora, 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)¹⁵, 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)¹⁶, em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação é classificada em quartis e determina-se,

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

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

para cada quartil, as curvas de probabilidade de excedência da precipitação sobre uma precipitação adimensional.

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

telemétricos nos respectivos domínios. A **TABELA 3.2** mostra a quantidade de postos analisados para cada um dos setores.

A determinação das distribuições foi efetuada em quatro etapas: separação de eventos; classificação de eventos quanto à duração; cálculo das porcentagens de cada passo de tempo; e cálculo das médias de porcentagens para cada passo de tempo. Tratando-se da bacia em estudo, localizadas no setor hídrico Tietê-Leste, foram analisados 2801 eventos com duração entre 0 e 1 hora.

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

TABELA 3.1 Precipitações calculadas para diferentes períodos de retorno

Duração (min)	Precipitação (mm)				
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 100 anos
10	8,4	11,4	13,4	15,9	19,6
20	11,6	15,8	18,5	22,0	27,1
30	9,7	13,1	15,4	18,3	22,5
40	6,7	9,1	10,7	12,7	15,7
50	2,3	3,1	3,7	4,3	5,4
60	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6
Precipitação total acumulada	39,5	53,5	62,8	74,5	91,9

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

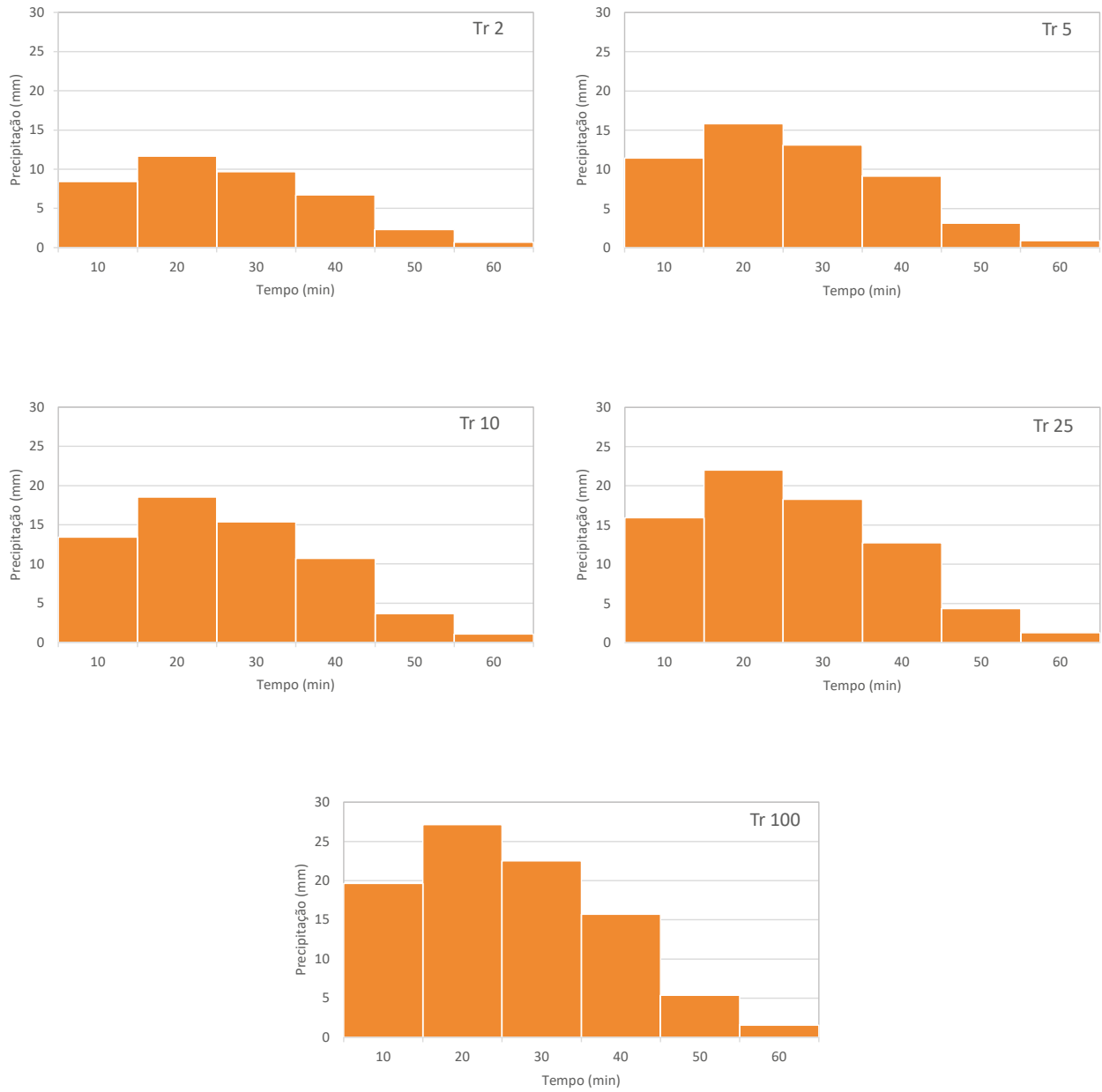


FIGURA 3.1 Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos

3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, as bacias dos rios Ribeirão Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho foram divididas em 40 sub-bacias, obedecendo à contribuição

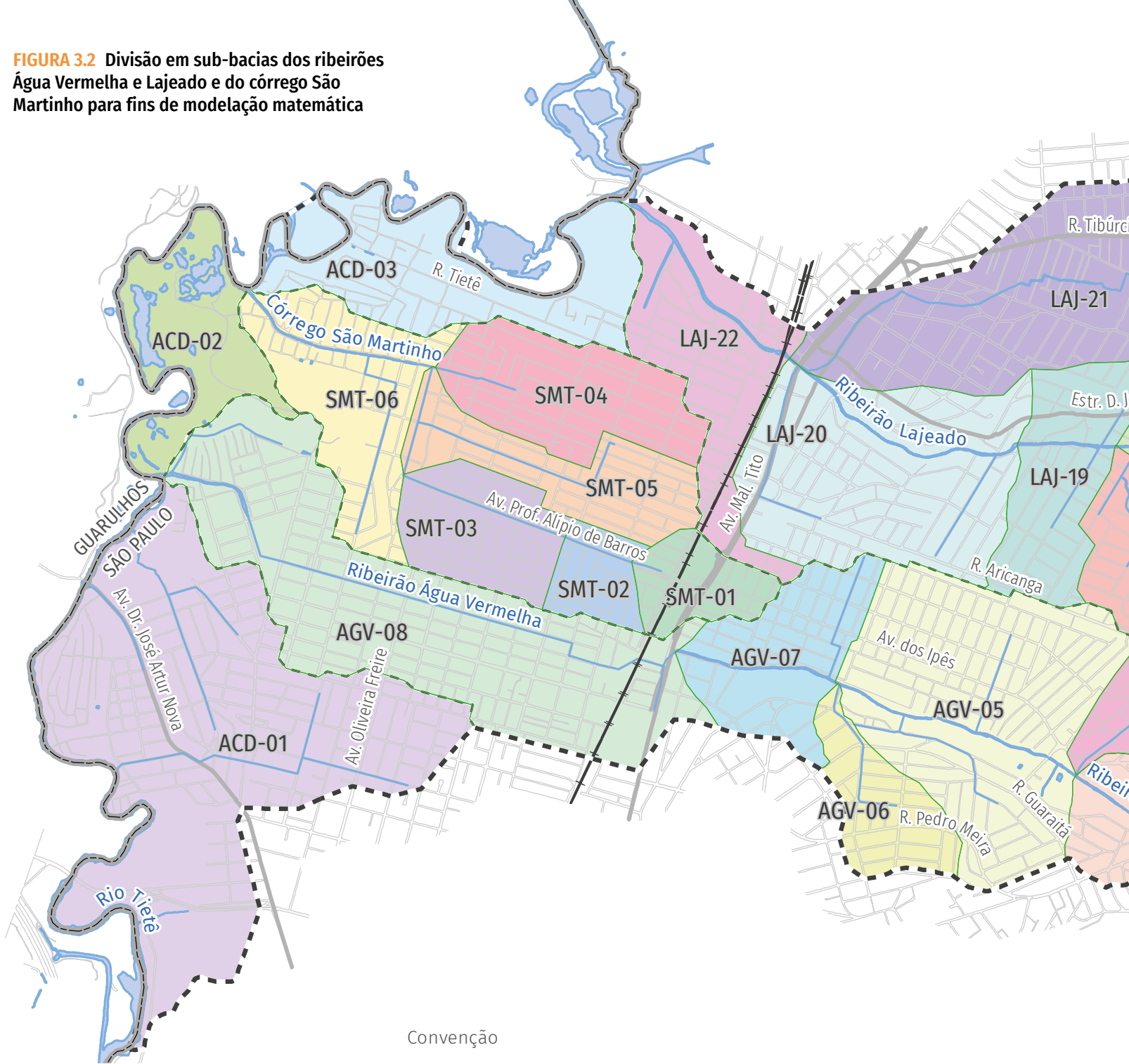
dos afluentes principais. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

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

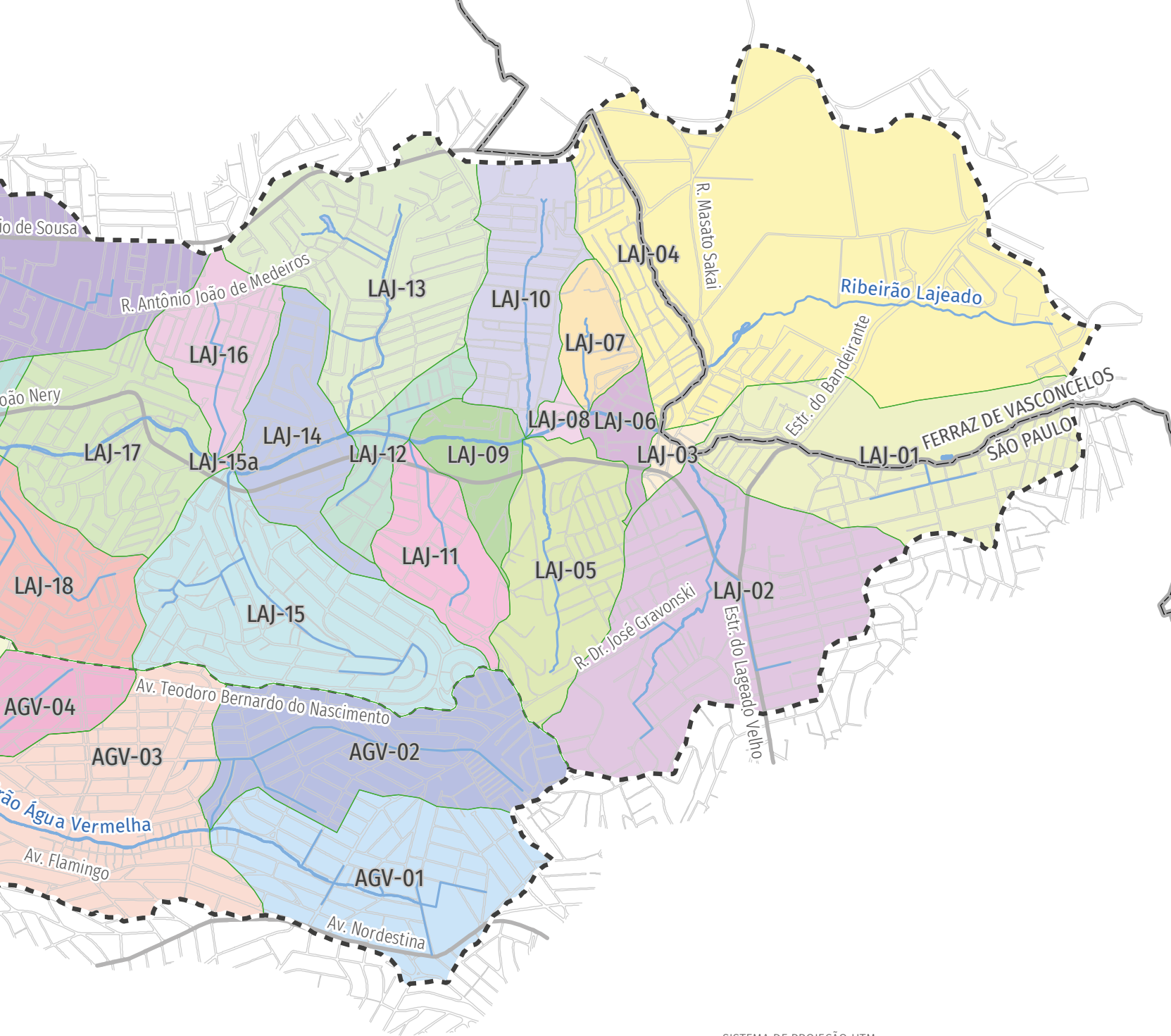
Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)	Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)
ACD-01	2,33	4,63	1.880	LAJ-10	0,38	18,98	1.280
ACD-02	0,37	5,22	750	LAJ-11	0,26	17,56	520
ACD-03	0,55	5,51	1.120	LAJ-12	0,14	16,86	230
AGV-01	0,70	12,44	1.170	LAJ-13	0,73	16,05	970
AGV-02	0,57	13,62	1.610	LAJ-14	0,34	13,72	450
AGV-03	0,84	11,36	1.250	LAJ-15	0,75	16,98	1.150
AGV-04	0,22	11,06	710	LAJ-15a	0,01	12,47	10
AGV-05	0,97	9,00	1.070	LAJ-16	0,25	14,41	720
AGV-06	0,31	8,32	890	LAJ-17	0,55	14,40	720
AGV-07	0,40	6,40	690	LAJ-18	0,40	13,75	790
AGV-08	1,37	4,06	2.740	LAJ-19	0,38	12,36	400
LAJ-01	0,45	13,03	1.420	LAJ-20	0,72	9,55	890
LAJ-02	1,00	13,69	1.110	LAJ-21	1,09	9,59	1.820
LAJ-03	0,04	13,62	80	LAJ-22	0,57	6,24	1.260
LAJ-04	0,27	17,34	1.790	SMT-01	0,18	6,01	170
LAJ-05	0,44	19,49	880	SMT-02	0,30	3,56	290
LAJ-06	0,10	15,55	190	SMT-03	0,28	3,69	280
LAJ-07	0,13	17,81	530	SMT-04	0,50	3,92	490
LAJ-08	0,03	20,68	60	SMT-05	0,07	3,79	70
LAJ-09	0,17	13,86	490	SMT-06	0,43	4,47	430

FIGURA 3.2 Divisão em sub-bacias dos riberões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho para fins de modelação matemática



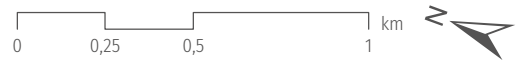
Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea
-  Sub-bacia



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo¹⁷. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado na 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 nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, 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	82,8
Equipamento Urbano	68,6
Espaços Abertos	24,3
Indústria e Armazém	83,6
Pavimento	94,8
Residencial e Comércio e Serviços	79,8
Residencial Horizontal Baixo Padrão	90,0
Residencial Horizontal Médio Alto Padrão	84,8
Residencial Vertical Baixo Padrão	63,1
Residencial Vertical Médio Alto Padrão	69,4

Assim, os valores de impermeabilização atual das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho foram obtidos considerando as tipologias de

¹⁷. Como base dessa análise, foram utilizadas as ortofotos de alta resolução do Mapa Digital da Cidade (2017).

uso do solo e as respectivas porcentagens de área impermeável. A **FIGURA 3.3** ilustra a impermeabilização atual das bacias.

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**.

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**.

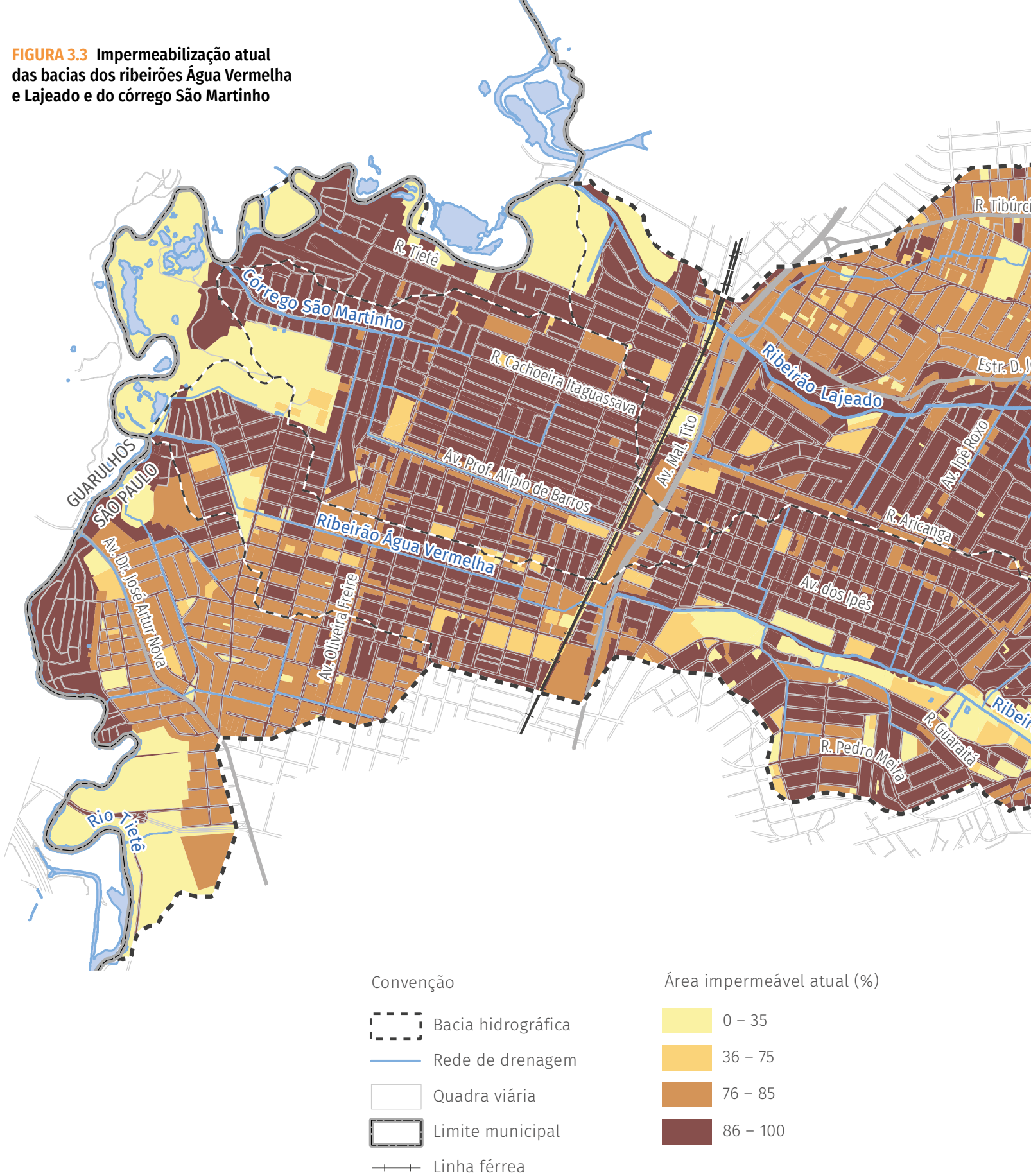
A **TABELA 3.6** indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia dos ribeirões

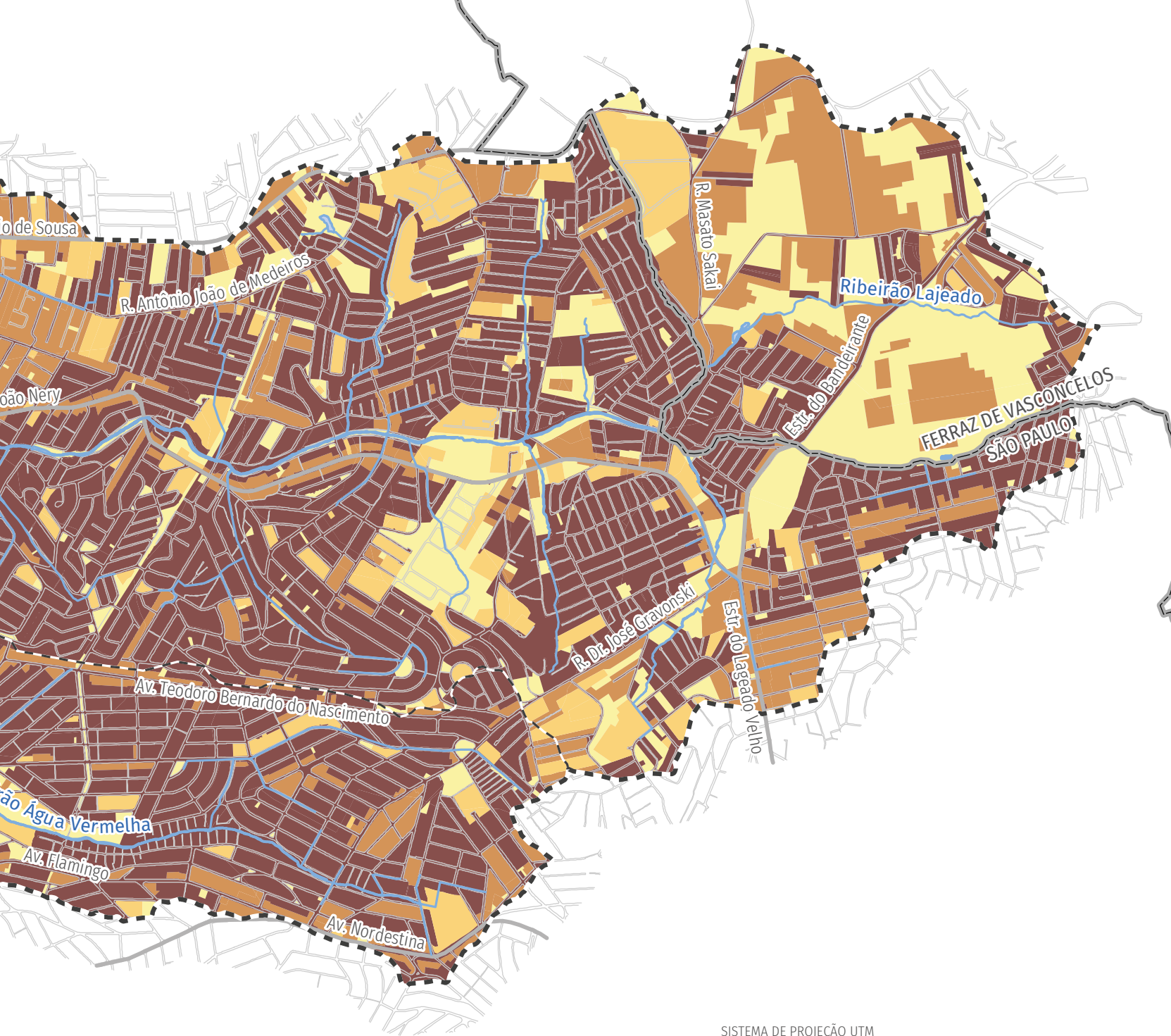
Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, para a condição atual e a máxima permitida por lei.

No total das 40 sub-bacias, 12 delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior que a máxima permitida, 8 apresentam valores entre 10% e 20% abaixo da máxima permitida, e as demais estão com valores 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 pouco significativa. A impermeabilização atual é de 79,8%, e a permitida, de 83,8%. A maior impermeabilidade é precursora de picos de vazão e de velocidade de escoamento superficial mais elevada, de modo que, em termos hidrológicos, o hidrograma para o cenário atual é mais crítico do que no cenário permitido por lei.

FIGURA 3.3 Impermeabilização atual das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



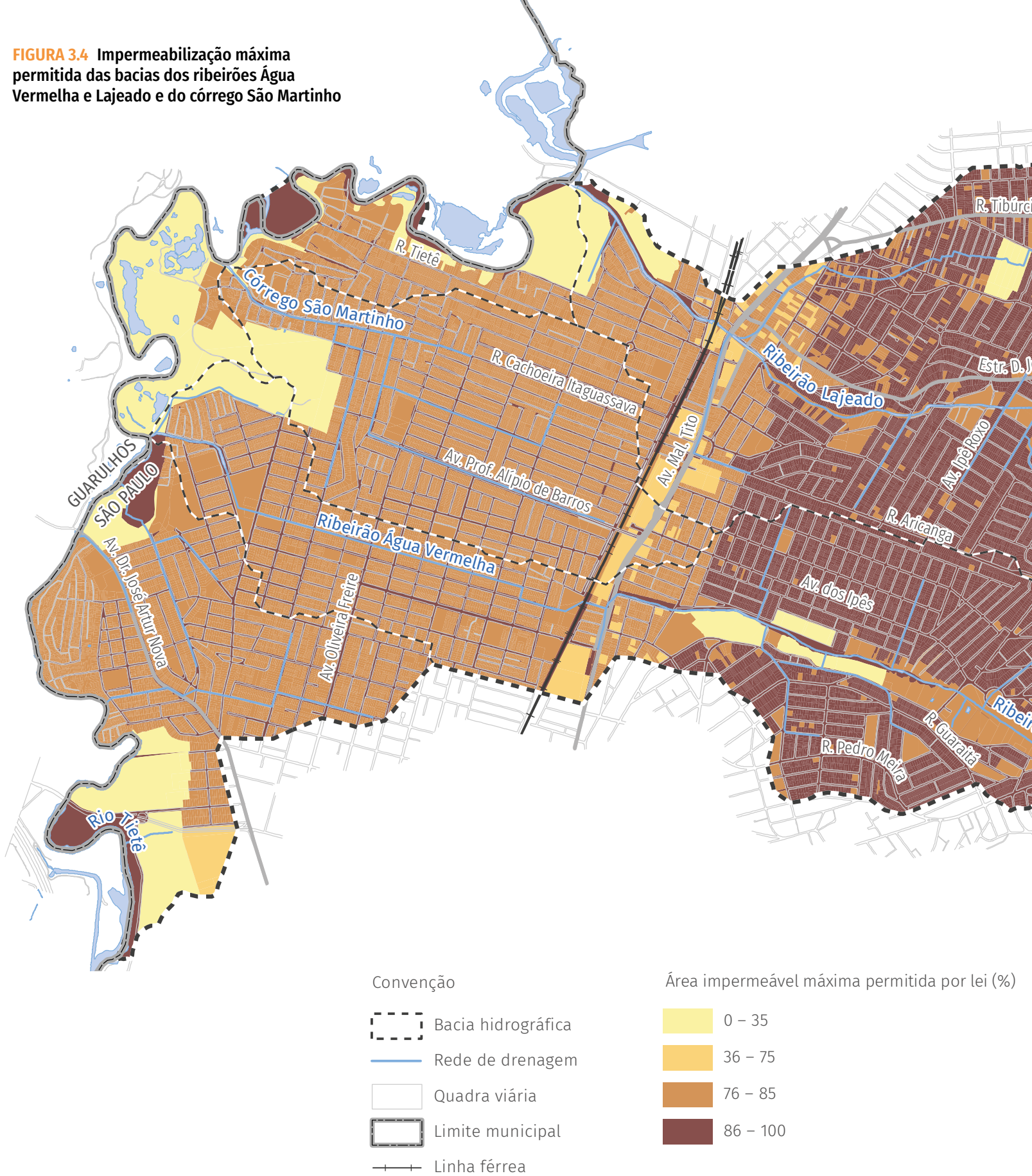


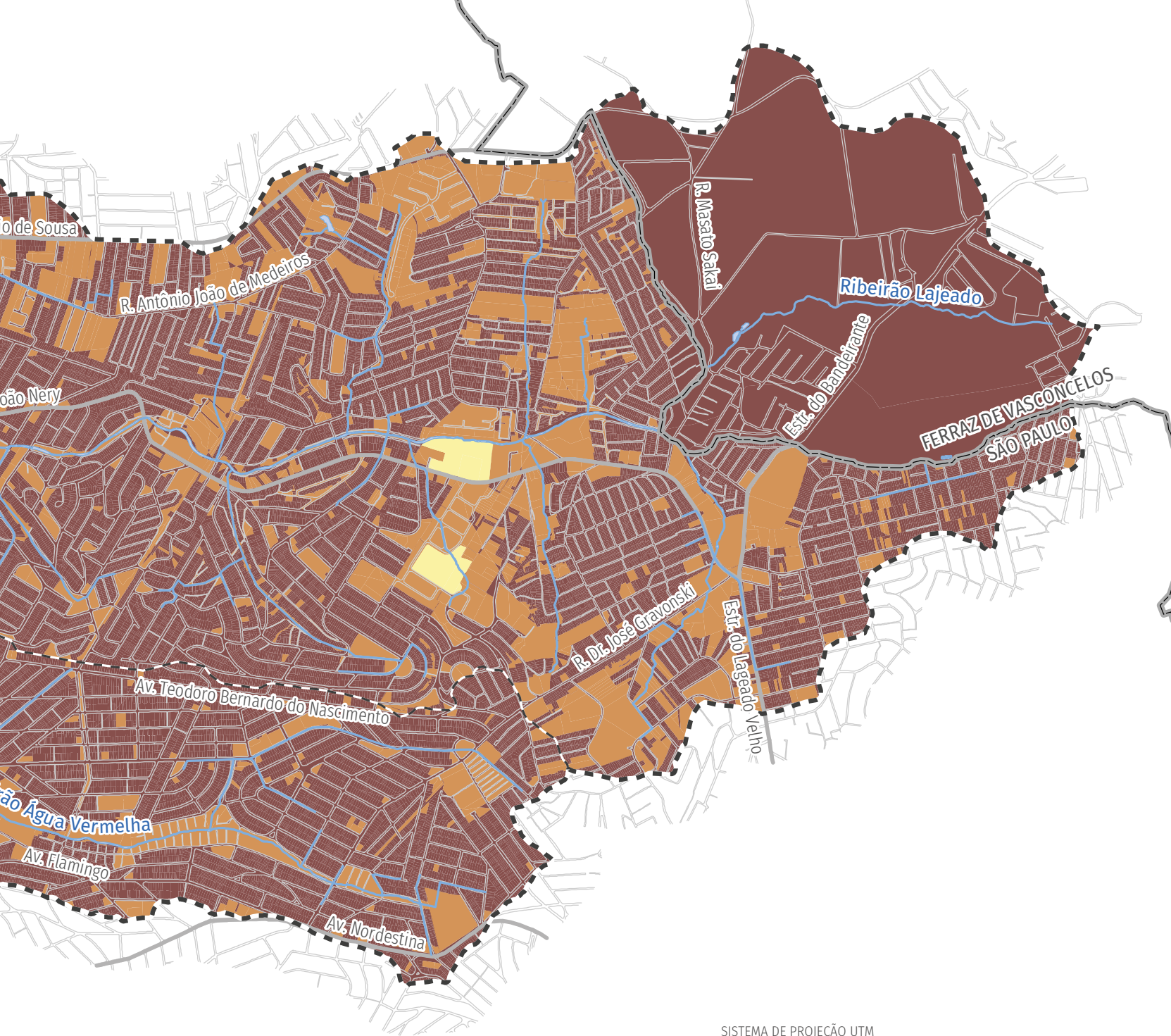
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)



FIGURA 3.4 Impermeabilização máxima permitida das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



TABELA 3.6 Área impermeável atual e a máxima permitida por lei

Sub-bacias	Área impermeável (%)		Sub-bacias	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
ACD-01	74,7	72,7	LAJ-10	83,0	88,5
ACD-02	36,7	20,5	LAJ-11	54,9	79,3
ACD-03	69,5	66,0	LAJ-12	88,7	90,7
AGV-01	87,9	90,5	LAJ-13	78,2	89,0
AGV-02	86,6	90,5	LAJ-14	85,3	90,3
AGV-03	82,6	90,1	LAJ-15	88,4	90,5
AGV-04	88,0	91,2	LAJ-15a	91,5	90,5
AGV-05	83,1	86,7	LAJ-16	80,4	89,6
AGV-06	85,0	89,2	LAJ-17	85,6	90,4
AGV-07	82,2	82,5	LAJ-18	87,8	90,6
AGV-08	82,9	79,7	LAJ-19	88,9	90,4
LAJ-01	66,1	86,8	LAJ-20	86,8	88,7
LAJ-02	77,3	89,0	LAJ-21	81,6	86,9
LAJ-03	84,6	92,0	LAJ-22	77,0	72,2
LAJ-04	69,0	86,5	SMT-01	85,4	84,0
LAJ-05	82,3	89,2	SMT-02	87,9	84,5
LAJ-06	83,3	90,3	SMT-03	87,4	84,3
LAJ-07	66,7	87,1	SMT-04	89,2	83,1
LAJ-08	72,6	87,7	SMT-05	90,5	83,8
LAJ-09	58,6	71,4	SMT-06	75,5	65,1
Média				79,8	83,8

Mapeamento de áreas críticas

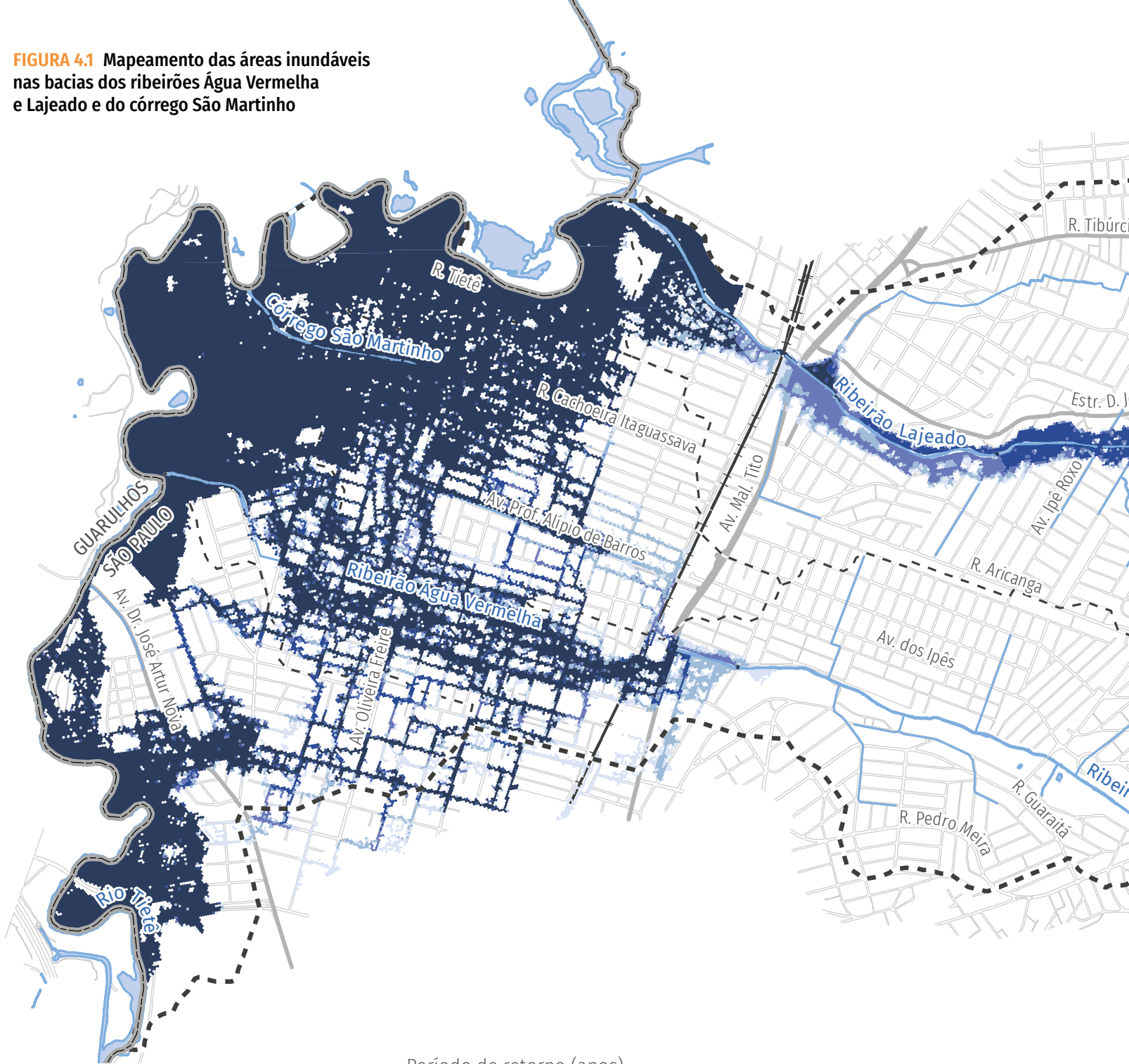
Como metodologia para auxiliar a tomada de decisão quanto às ações prioritárias no controle de cheias no Município de São Paulo, foi produzido o mapa de áreas críticas. Esse mapa considera as áreas inundáveis associadas ao risco hidrológico, ao risco de inundação, ao sistema viário estrutural e aos equipamentos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

4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS






Foi realizado o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações a partir da modelagem matemática hidráulica e hidrológica para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos, para a condição com nível máximo observado no Rio Tietê, como apresentado na **FIGURA 4.1**.

Conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais, componente do Plano Diretor de Drenagem de São Paulo (PDD), a regulamentação do uso das áreas inundáveis pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco






FIGURA 4.1 Mapeamento das áreas inundáveis nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

Período de retorno (anos),
com nível máximo observado no Rio Tietê

-  2
-  5
-  10
-  25
-  100



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



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

4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis das bacias próximas a córregos. Dentre essas áreas, foram considerados os equipamentos urbanos vulneráveis, cortiços e favelas, o sistema viário e as áreas de risco de inundação.

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

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

4.2.1 RISCO DE INUNDAÇÃO

O conceito de risco é variável em função do contexto em que ele é aplicado, porém, está associado às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Podemos definir o risco como a probabilidade de ocorrer danos ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004¹⁸).

A partir desse conceito, foi realizada a estimativa do risco de inundação considerando a combinação de três componentes: a probabilidade de ocorrência de dano, o elemento do risco e a vulnerabilidade (Equação 2).

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

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

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

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

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

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

Os resultados obtidos pelo cruzamento das três componentes de risco de inundação

estão apresentados na **TABELA 4.1**. Os valores encontrados para o risco foram divididos em quatro classes, conforme pode ser observado na tabela em questão.

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

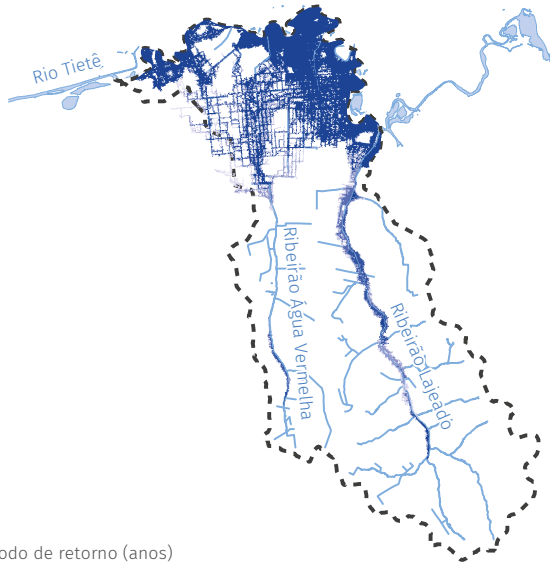
Em seguida, a **FIGURA 4.3** indica o infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas, e o mapa de áreas críticas resultante dessa análise é apresentado na **FIGURA 4.4**.

TABELA 4.1 Graus de risco de inundação		
Grau de Risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	24
Médio	0,002 – 0,01	10
Alto	0,01 – 0,04	10
Muito alto	0,04 – 1	56

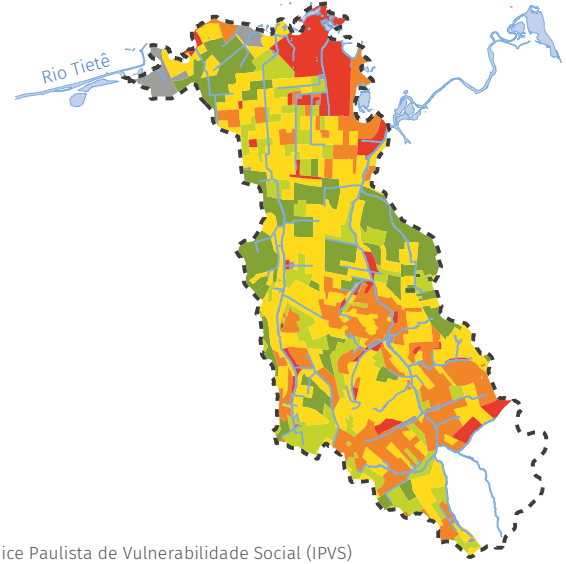
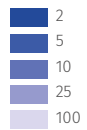
* Essa escala foi adotada em função da análise para o Município de São Paulo.

FIGURA 4.2 Dados utilizados na obtenção do risco de inundação

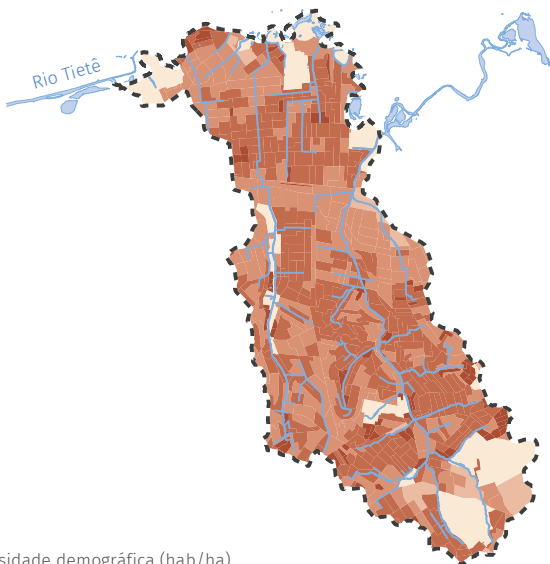
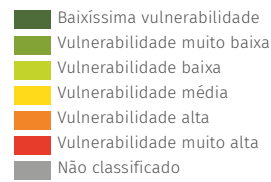
Convenção
 — Rede de drenagem
 - - - - - Bacia hidrográfica
 □ Quadra viária



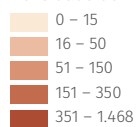
Período de retorno (anos)



Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)



Densidade demográfica (hab/ha)



Nº de habitantes: 351 mil (IBGE, 2022)

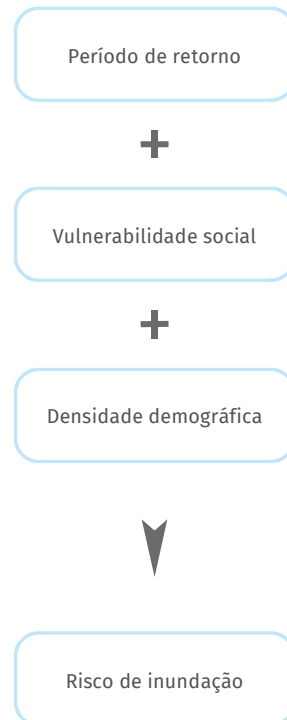
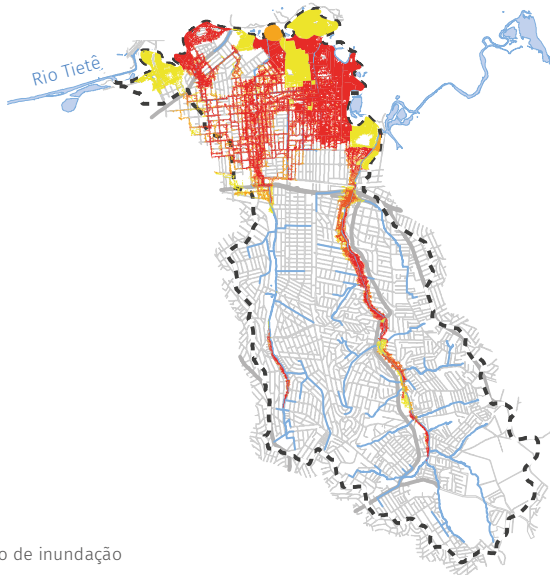


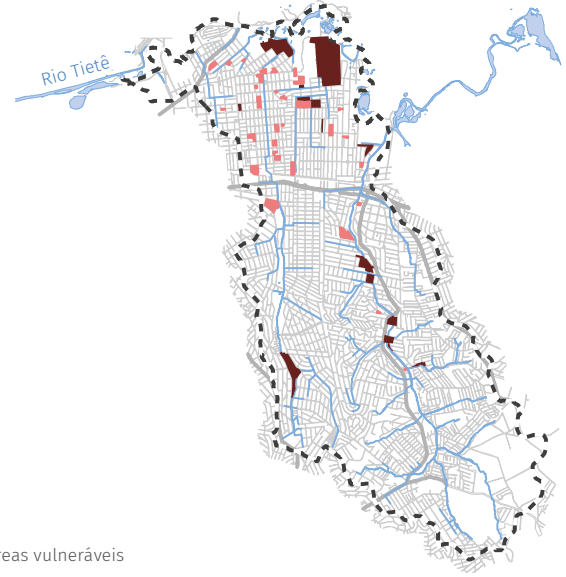
FIGURA 4.3 Dados utilizados na obtenção das áreas críticas

Convenção
— Rede de drenagem
- - - Bacia hidrográfica
□ Quadra viária



Risco de inundação

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto



Áreas vulneráveis

- Equipamento urbano vulnerável
- Favela



Sistema viário

- VTR – Via de Trânsito Rápido e rodovia
- - - Via arterial

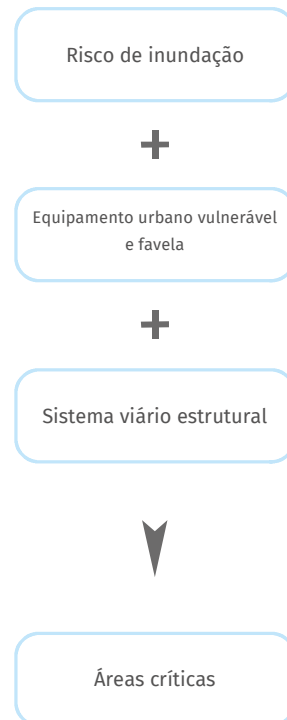
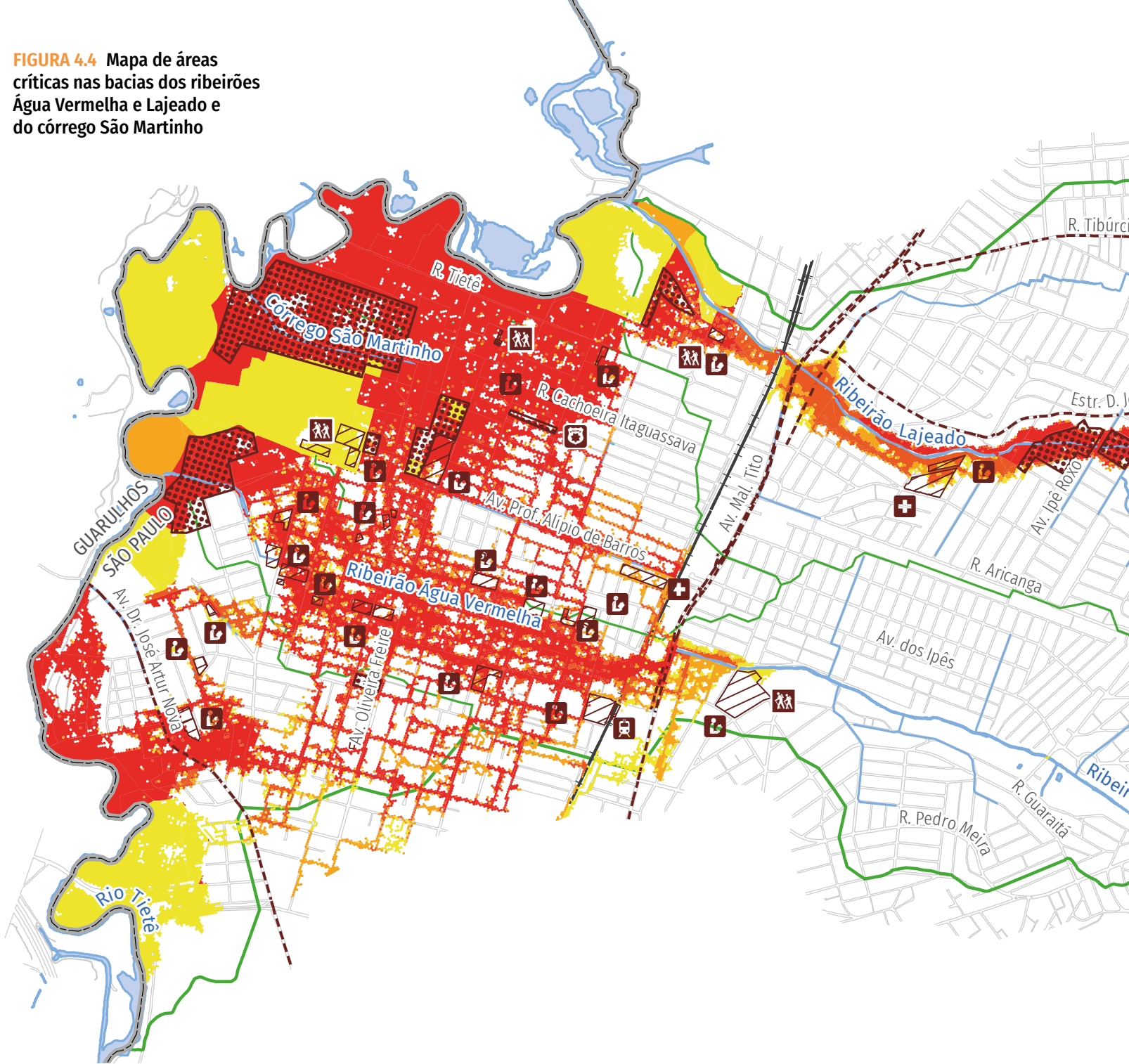







FIGURA 4.4 Mapa de áreas críticas nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho






Convenção





-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

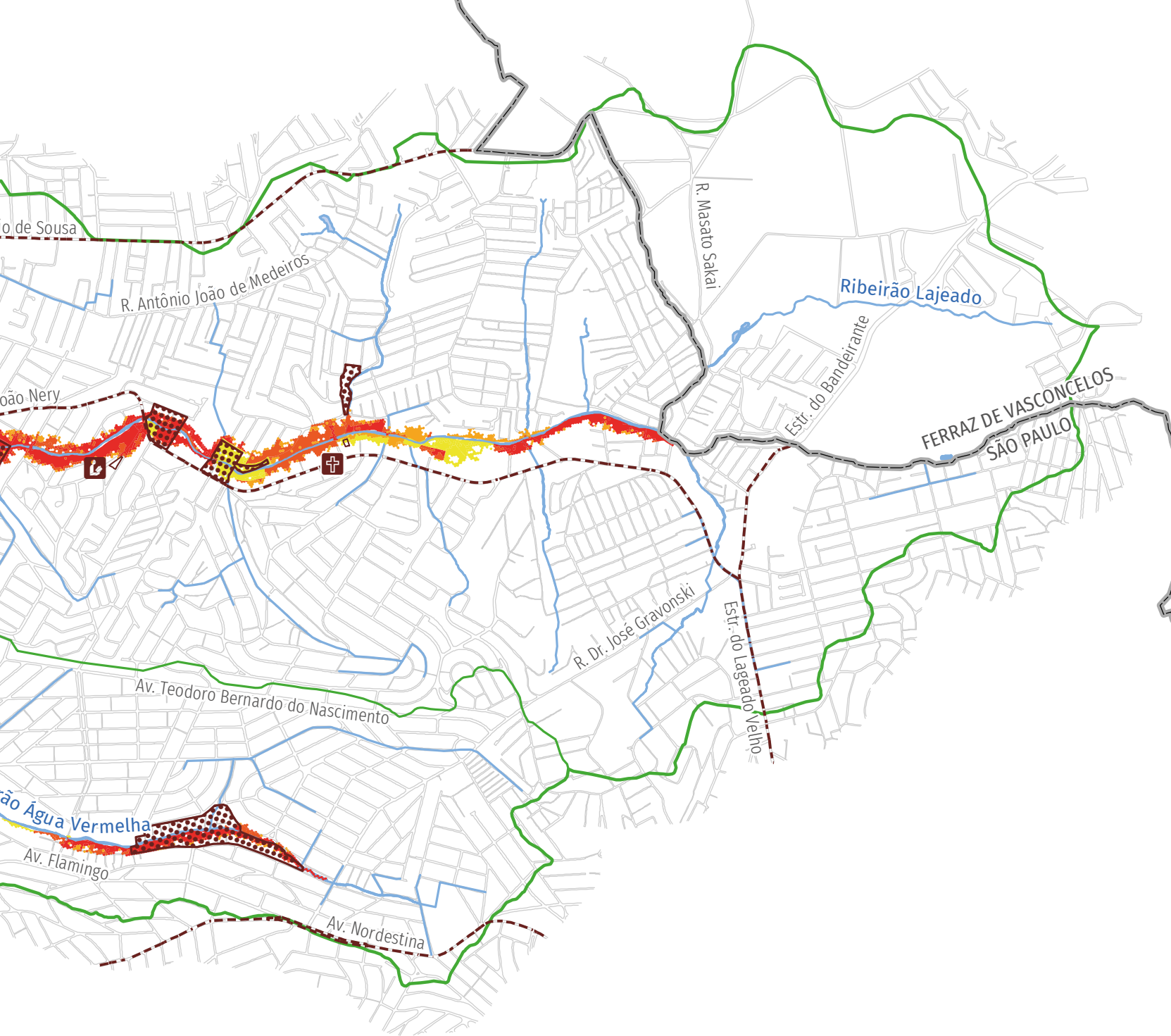
Áreas críticas







Risco de inundação (classificação)

-  Baixo
-  Médio
-  Alto
-  Muito alto

Sistema viário estrutural

-  VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia
-  Via arterial
-  Favela
-  Equipamento urbano vulnerável



-  Estação metroviária/ferroviária
-  Serviço de saúde
-  Unidade de ensino
-  Segurança Pública
-  Centro esportivo e de lazer
-  Igreja

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)

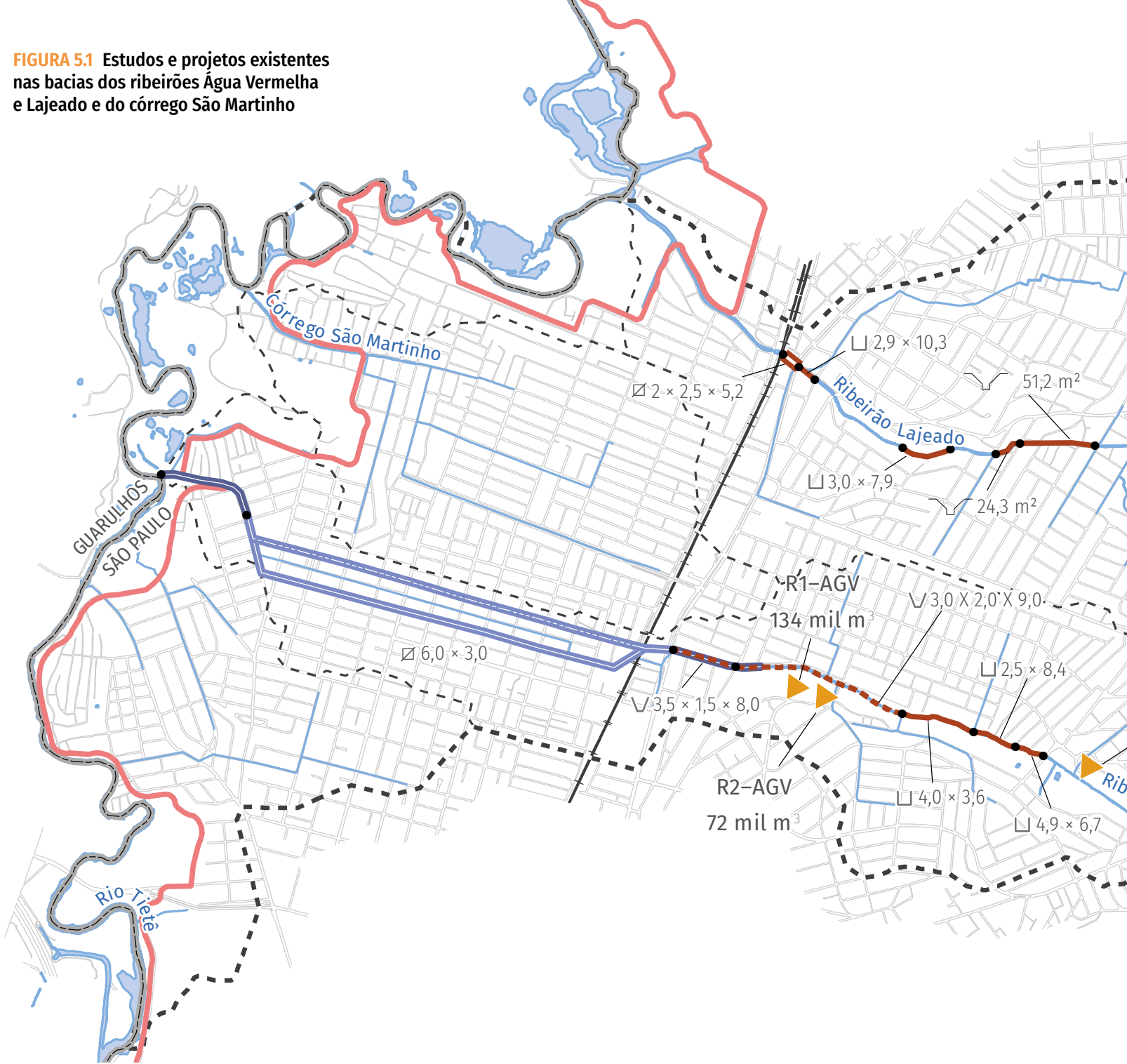


5






Estudos e projetos existentes para a bacia

Foram levantados e são apresentados neste item estudos de possíveis medidas estruturais para o controle de cheias, contemplando o aumento de seções transversais de galerias, a reparação de galerias e, também, a proposição de galerias de reforço, bem como de reservatórios para a detenção de cheias e de um sistema de pôlderes. Os projetos existentes e a localização de cada intervenção proposta são apresentados no mapa da **FIGURA 5.1** e descritos nos itens subsequentes.




FIGURA 5.1 Estudos e projetos existentes nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede hídrica
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea




Obras emergenciais

-  Canalização concluída – sem septos
-  Canalização concluída – com septos
-  Canalização projetada – sem septos

Proposições de Silva e Koury

-  Reservatório

Programa Várzeas do Tietê





-  Galerias propostas
-  Gabião tipo colchão
-  Dique

Outros projetos

-  Reservatório



Dimensões em metros

-  Seção retangular
-  Seção trapezoidal aberta (b x h x B)
-  Seção retangular aberta
-  Seções mistas típicas

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024),
Silva e Koury (2023), System Engenharia Ltda. (2021)
e DAEE/Engecorps Typsa (2017)



5.1 PROGRAMA PARQUE VÁRZEAS DO TIETÊ

O propósito do programa é restaurar a função das várzeas do Rio Tietê, de amortecer as cheias, por meio de ações destinadas à preservação e à recuperação do ecossistema natural, além de aprimorar as condições de lazer e de habitação da população que reside em áreas de risco¹⁹. Para tanto, o programa visa construir na bacia do Alto Tietê o maior parque linear do mundo, com 75 km de extensão e 107 km² de área superficial, além de reassentar os que habitam em área de risco. A implantação do parque será feita em três etapas e, ao final delas, estarão construídos 33 núcleos de esporte e lazer, que beneficiarão a população que reside na zona Leste do município de São Paulo e os habitantes de Guarulhos, Itaquaquetuba, Poá, Suzano, Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis²⁰.

No caso das bacias em estudo, as intervenções que as afetam estão na primeira etapa do programa. Nela, prevê-se a criação de 25 km de parque linear ao longo das margens do Rio Tietê, estendendo-se desde a barragem da Penha até a divisa com Itaquaquetuba, passando por Guarulhos. Vale ressaltar que também está previsto o reassentamento de, aproximadamente, 5 mil famílias no Município de São Paulo, por meio de uma parceria entre a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) e a prefeitura, além da implantação de 18 quadras poliesportivas, 7 campos de futebol, 9 *playgrounds*, 5 centros de educação ambiental, 5 academias para a terceira idade, 4 telecentros e 4 bibliotecas²¹. A seguir, apresenta-se, de forma concisa, as intervenções propostas para os ribeirões Água Vermelha e Lajeado e para o córrego São Martinho.

19. São Paulo (Estado). **Alckmin assina contrato com BID para execução do programa Parque Várzeas do Tietê**. *SP Notícias*, 13 jul. 2011. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/alckmin-assina-contrato-com-o-bid-para-execucao-do-programa-parque-varzeas-do-tiete-1>. Acesso em: 5 abr. 2024.

20. São Paulo (Município). Secretaria Especial de Comunicação. **Lançado o projeto do maior parque linear do mundo: Várzeas do Tietê**, 20 jul. 2009. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/comunicacao/noticias/index.php?p=121560>. Acesso em: 5 abr. 2024.

21. G1 SÃO PAULO. **Rio Tietê terá 23 km de ciclovia entre Penha e Itaquaquetuba**, 3 ago. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/08/rio-tiete-tera-23-km-de-ciclovias-entre-penha-e-itaquaquetuba.html>. Acesso em: 5 abr. 2024.



Pq. Estadual Itaim Biacica (foto: FCTH)

5.1.1 RIBEIRÃO ÁGUA VERMELHA

Considerando que a galeria de concreto de seção dupla (2,5 m de largura por 1,5 m de altura e declividade de 0,0057 m/m), levantada a montante do cruzamento da Avenida Marechal Tito, se estende até a Rua Cirilo Alves da Silva, foi proposta uma nova galeria com largura da base de 6 m, altura de 3 m e declividade de fundo de 0,005 m/m, que atende a uma vazão de 46 m³/s, na Rua Salvador Fernandes Cárdua, onde já se localiza a galeria existente, ou na Rua Bela Vista de Minas, como alternativa de traçado (Engecorps Typsa, 2017).

Com a nova galeria, as galerias existentes ficam sob pressão em seus últimos 330 m, mas não se observa refluxo de água para os terrenos pela microdrenagem, pois a linha de energia permanece abaixo dos níveis das ruas do entorno.

Para essa configuração, as galerias existentes seriam utilizadas apenas como reforço durante eventos críticos, e a galeria nova,

por sua vez, seria responsável pelo escoamento contínuo das águas, totalizando uma capacidade de 60 m³/s.

Em função da velocidade de escoamento das vazões de cheia, o programa também apresenta a necessidade de revestir os trechos em canal aberto a montante e a jusante das galerias, com gabião do tipo colchão, e, também, realizar uma pequena adequação nas proximidades da foz, de regularização do fundo e de ampliação da largura de base, de 5 m para 8 m.

Ainda é prevista no programa a implantação de reservatórios a montante que totalizem 200 mil m³, para amortecer os picos dos hidrogramas de cheias (141 m³/s – Tr 100) e regularizar a vazão que chega ao canal principal.

As pontes deverão ser compatíveis com a vazão do canal projetado a jusante dos reservatórios (60 m³/s). A **FIGURA 5.2** apresenta a identificação das soluções propostas para o ribeirão Água Vermelha.



FIGURA 5.2 Identificação das soluções propostas para o ribeirão Água Vermelha – Folha 1 (Engcorp Typsa, 2017)

5.1.2 CÓRREGO SÃO MARTINHO

Segundo a Engecorps Tysa (2017), para o atendimento à vazão do cenário de Tr 100 anos, deve ser implantado um canal retangular de concreto (coeficiente de Manning de 0,018), com largura da base de 6,5 m, altura de 2,4 m de revestimento e declividade de fundo de 0,0015 m/m, no trecho entre as ruas Espinélio e Cosme dos Santos. A jusante desse ponto, a proposta é uma seção trapezoidal escavada no terreno natural, sem revestimento, com 12 m de largura de base e taludes na relação 1V:2H, permitindo o extravasamento das águas para as planícies de inundação durante eventos críticos. A **FIGURA 5.3** apresenta a identificação das soluções propostas para o córrego São Martinho.

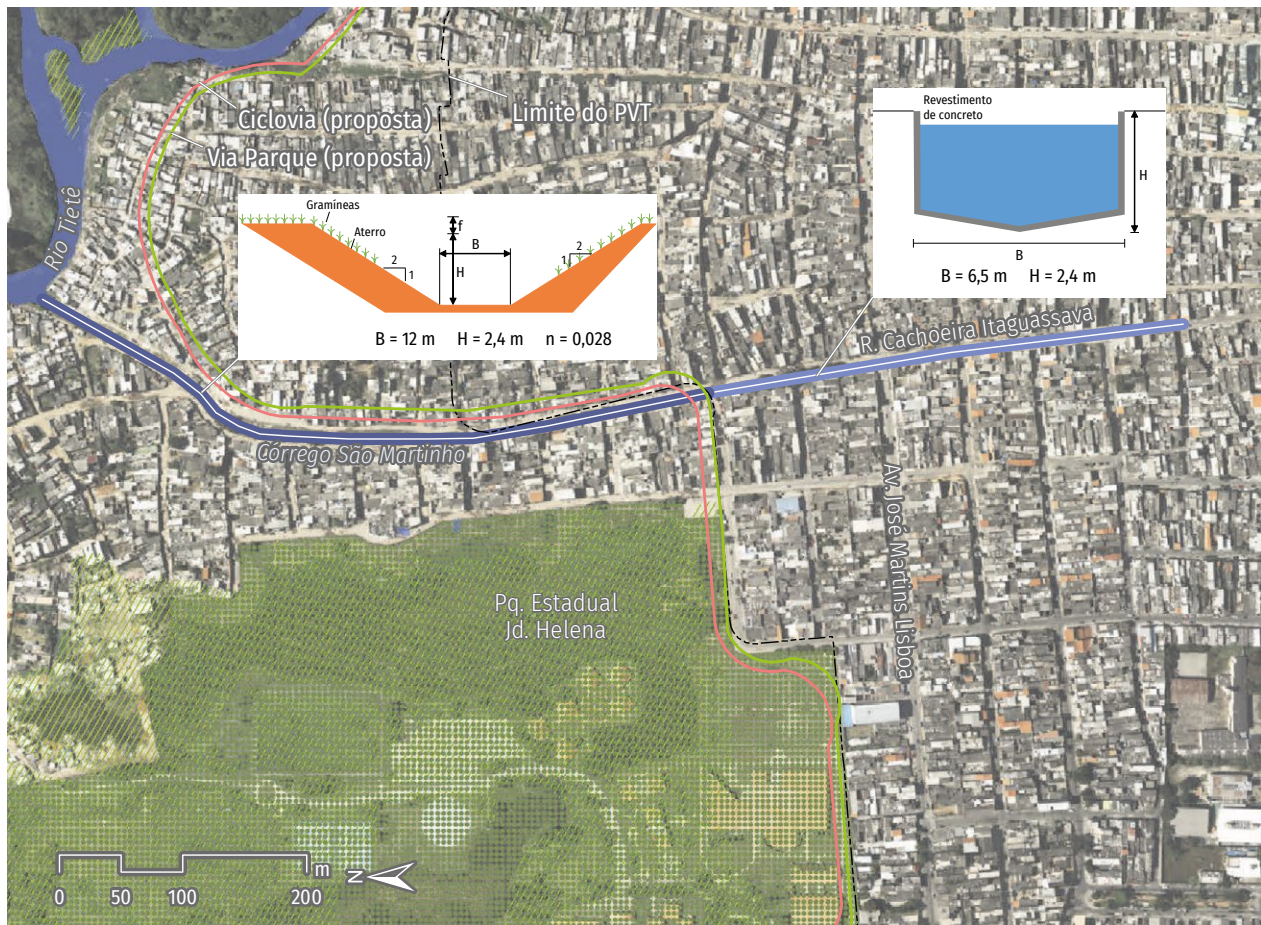


FIGURA 5.3 Identificação das soluções propostas para o córrego São Martinho (Engecorps Typsa, 2017)

5.1.3 RIBEIRÃO LAJEADO

Para o ribeirão Lajeado, no sentido de jusante para montante da foz do Rio Tietê até a Rua Tite de Lemos (aproximadamente 370 m), a intervenção do canal será apenas de rebaixamento do fundo e estabilidade dos taludes, mantendo-se a condição mais próxima do natural.

Da Rua Tite Lemos até a linha férrea da CPTM, a seção proposta é retangular, revestida em concreto, com largura de 12 m, altura de 4,0 m e declividade de 0,002 m/m.

A montante da travessia da linha férrea até a Rua Celso Barbosa Lima, a seção também é retangular, porém com largura de 10 m, altura de 4,10 m e mesma declividade (0,002 m/m). A capacidade de descarga desse canal é de 160 m³/s.

A diferença entre a vazão de projeto (269 m³/s) e a capacidade de descarga do canal proposto deve ser abatida por meio da implantação de reservatórios com volume de 213 mil m³. A **FIGURA 5.4** apresenta a identificação das soluções propostas para o ribeirão Lajeado.

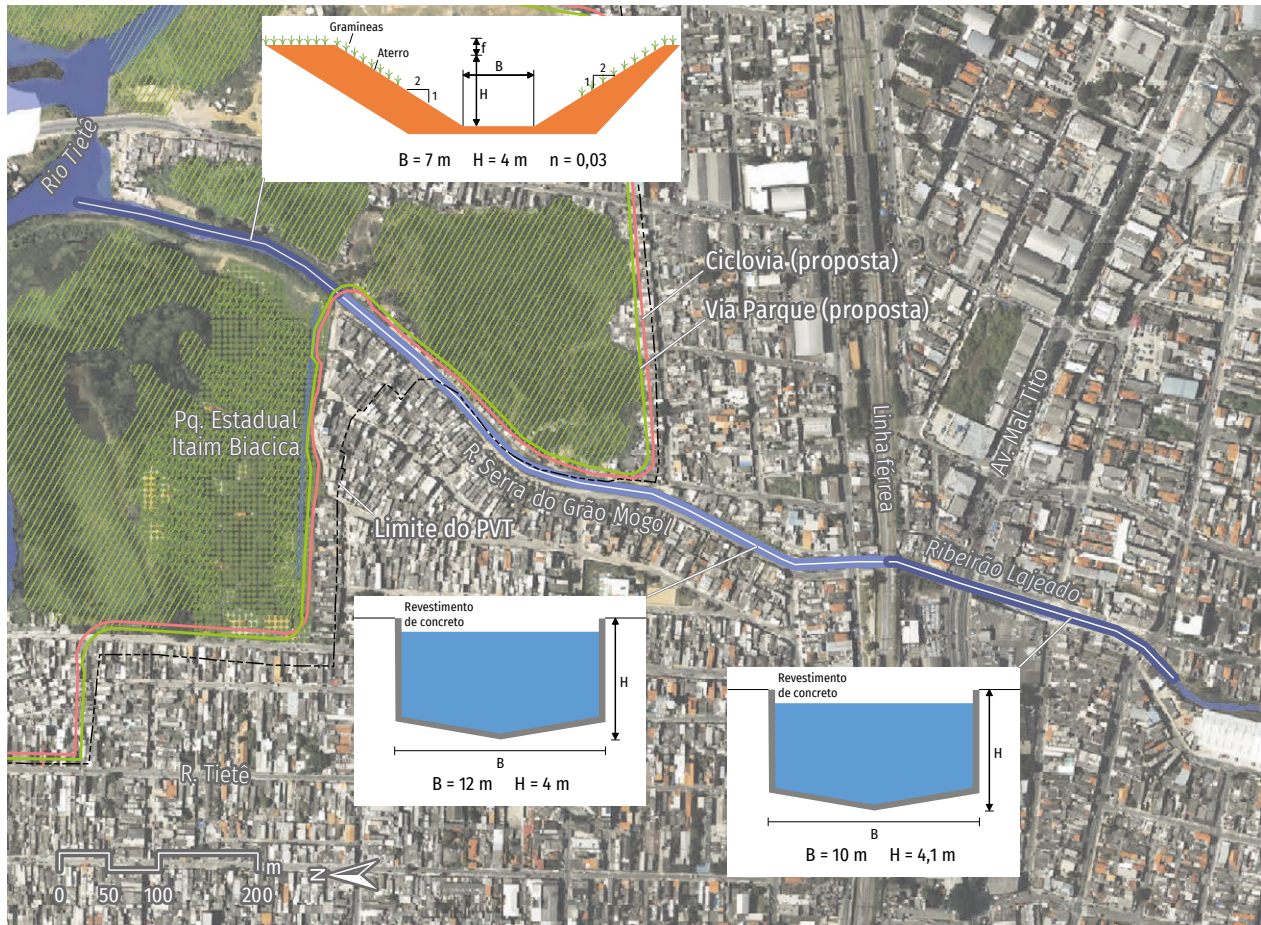


FIGURA 5.4 Identificação das soluções propostas para o ribeirão Lajeado (adaptado de Engecorps Typsa, 2017)

5.2 OBRAS EMERGENCIAIS

Nos casos em que vistorias da Defesa Civil e de engenheiros da SIURB verificaram a existência de risco iminente para a vida dos munícipes ou para a estabilidade de estruturas, a SIURB realizou a contratação de obras emergenciais, visando à mitigação ou à eliminação do risco verificado. No caso das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado, as obras emergenciais foram realizadas pela System Engenharia Ltda. e serão descritas a seguir.

5.2.1 RIBEIRÃO ÁGUA VERMELHA

No ribeirão Água Vermelha, houve a canalização de montante para jusante de um trecho de quase 610 m de extensão, compreendido entre a Avenida Dama Entre-Verdes e a Rua Bejuco. Para isso, projetou-se uma seção retangular de 8,0 m de largura por 2,90 m de altura com as paredes feitas em gabião, previamente existente, e o fundo em solo local. Além disso, previu-se um revestimento em concreto apenas na parede esquerda e um guarda-corpo, também em concreto, acima da parede direita, com um pouco mais de 1,0 m de altura. Entretanto, no levantamento de campo realizado em setembro de 2023, constatou-se que, no referido trecho, não

há revestimento em concreto na parede esquerda nem guarda-corpo acima da direita, além de o solo estar concretado e as dimensões da seção serem diferentes das previstas. Constatou-se, assim, que se trata de uma seção retangular de 6,7 m de largura por 4,9 m de altura com paredes em gabião e solo concretado.

Na sequência, no trecho entre as ruas Árvore de Umbela e Palmeira Real, projetou-se uma canalização idêntica à projetada no trecho anterior, porém, no levantamento de campo, verificou-se que sua seção era retangular, com 8,47 m de largura e 2,54 m de altura, com paredes em gabião revestidas em concreto e fundo em solo local.

No último trecho canalizado, que se situa entre as ruas Palmeira Real e Bejuco, projetou-se um pequeno estreitamento no canal, ligando-o a um concreto pré-moldado, retangular, de 3,5 m de largura por 3,0 m de altura. Nesse último trecho, as diferenças observadas no levantamento de campo em relação ao que foi projetado são que a largura do pré-moldado é de 3,65 m e, acima de ambas as paredes, colocou-se guarda-corpos de 1,0 m cada.

Além da canalização descrita anteriormente, há o projeto de implantação de três reservatórios de retenção *off line*, para o amortecimento de picos de cheia em trechos críticos no ribeirão, e a canalização

de mais um trecho, de 970 m de extensão, compreendido entre a Rua Bejuco e a Avenida Marechal Tito. Para os dois primeiros reservatórios, R1 e R2, projetou-se suas implantações na Praça do Galeão, próxima à Rua Árvore Celeste. O primeiro terá capacidade de 133.700 m³ e área de 13.370 m², e o segundo terá 71.600 m³ de capacidade e área de 7.160 m². Já para o terceiro, R3, sua implantação foi projetada a montante da Avenida Dama Entre-Verdes, na Praça Mãe Preta, tendo, por sua vez, capacidade de 34.461 m³ e área de 3.829 m².

Sobre a canalização a jusante da Rua Bejuco, no trecho entre ela e a Rua Rosa-Musgo, projetou-se uma seção trapezoidal em concreto de base igual a 3,0 m, altura de 2,0 m, talude de 1V:1,50H e declividade média de 0,0060 m/m. Por fim, entre a Rua Rosa-Musgo e a Avenida Marechal Tito, a seção projetada também é trapezoidal, com talude de 1V:1,50H, porém em gabião, com base igual a 3,5 m, altura de 1,5 m e declividade média de 0,0045 m/m.

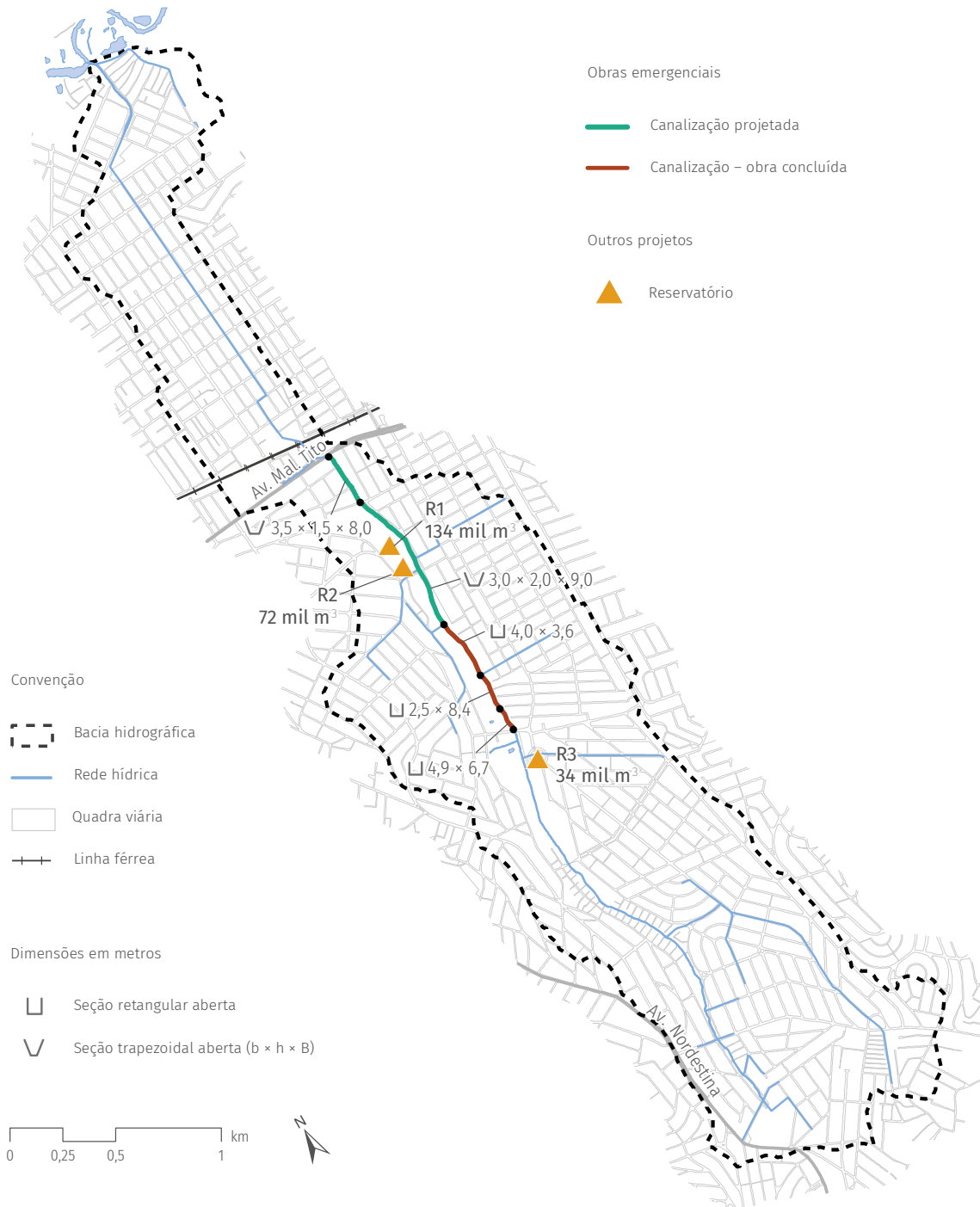


FIGURA 5.5 Localização das obras emergenciais no ribeirão Água Vermelha

5.2.2 RIBEIRÃO LAJEADO

No ribeirão Lajeado, por sua vez, houve um número maior de intervenções, descritas a seguir no sentido de jusante para montante.

Partindo da Rua Tite Lemos até a Avenida Marechal Tito, as seções propostas são retangulares, revestidas em concreto e com declividade média de 0,0020 m/m. No entanto, suas dimensões variam, trecho a trecho, entre as referidas ruas. Mais especificamente da Rua Tite Lemos até a linha férrea da CPTM, a largura da seção é de 12 m e sua altura é de 4,0 m; entre a travessia da linha férrea e a Avenida Marechal Tito, a seção apresenta largura de 10,5 m e altura de 2,45 m; e, no trecho de travessia da Avenida Marechal Tito, a seção é retangular fechada, com um septo que a divide ao meio, formando uma seção dupla de 5,20 m de largura por 2,50 m de altura cada.

A montante da Avenida Marechal Tito, no trecho que se estende até a Rua Doutor Oscar Egidio de Araújo, a seção é retangular, com declividade média de 0,0048 m/m, largura de 10,3 m e altura de 2,90 m, com paredes em gabião revestidas em concreto, porém com o fundo em estado natural.

No trecho compreendido entre as ruas Antônio de Rodovalho e Ilha dos Cardos, foi proposta uma canalização com seção retangular, porém com dois septos que a

divide em três seções menores de 3,50 m de largura por 2,50 m de altura cada. Na sequência, entre a Rua Ilha dos Cardos e a Estrada Dom João Nery, há um alargamento da seção, ainda em concreto, e o desaparecimento dos septos, fazendo com que se torne uma seção retangular tradicional, de 14 m de largura por 2,30 m de altura, mais um guarda-corpo de 1,40 m, totalizando 3,70 m de altura. Ressalta-se que em ambos os trechos, com e sem septos entre a Rua Antônio de Rodovalho e a Estrada Dom João Nery, a declividade média é de 0,0030 m/m.

Ainda de jusante para montante, da Estrada Dom João Nery até a Rua Antônio Machado e Silva, a seção volta a ter dois septos, dividindo-a em três seções retangulares de 3,50 m de largura por 2,50 m de altura cada e com declividade de 0,0030 m/m. Vale ressaltar que, nesse trecho, projetou-se a implantação de um reservatório de detenção próximo à Comunidade do Torresmo, com capacidade para 67.600 m³ e área de 5.366 m² mais um deslocamento do curso d'água.

A partir da Rua Antônio Machado e Silva até a Rua João Batista Malio, projeta-se para a seção um estreitamento e a remoção dos septos, passando, então, a ter 8,50 m de largura por 2,50 m de altura e com declividade de 0,0010 m/m. Observa-se também que, na totalidade dos trechos entre a Estrada

Dom João Nery e a Rua João Batista Malio, o revestimento é em concreto.

Por fim, mais a montante, no trecho compreendido entre as ruas Pontal do Rio Pardo e Engenheiro Bardot, projetou-se uma canalização em concreto, com declividade de 0,0050 m/m e dois septos, dividindo-a em três seções retangulares de 3,0 m de largura por 2,0 m de altura (System Engenharia Ltda., 2021). Entretanto, no levantamento de campo feito em setembro de

2023, constatou-se que, no referido trecho, a parte que se estende da Rua Pontal do Rio Pardo até a Rua Salvador da Silva foi canalizada sem a implantação de septos, tendo, dessa forma, uma seção retangular tradicional de 10 m de largura por 2,7 m de altura, mas com as paredes em gabião. O restante do trecho, entre as ruas Salvador da Silva e Engenheiro Bardot, ainda se encontra em estado natural.



FIGURA 5.6 Localização das obras emergenciais no ribeirão Lajeado

5.3 ESTUDO PARA A BACIA DO RIBEIRÃO LAJEADO

Além das iniciativas do programa Parque Várzeas do Tietê e das obras emergenciais, é importante destacar o trabalho de Silva e Koury (2023)²². Nesse estudo, os autores discorrem sobre os problemas de inundações, alagamentos e deslizamentos de terra na bacia do Ribeirão Lajeado e sugerem a construção de pequenos reservatórios de armazenamento *off line*. Esses reservatórios seriam posicionados imediatamente a montante dos pontos críticos, projetados para um período de retorno de 25 anos.

Para analisar a eficiência dos reservatórios propostos, os autores compararam os cenários com e sem eles, verificando quantitativamente o amortecimento das vazões de pico em 12 pontos de medição. Para tanto, subdividiram a bacia do ribeirão

Lajeado em 37 sub-bacias e adotaram em todas elas o método de convolução do Hidrograma Unitário SCS (*Soil Conservation Service*), usando como parâmetros a curva IDF do FCTH, a duração de chuva de 360 minutos, o tempo de retorno de 25 anos, o coeficiente de amortecimento de 0,25 e o intervalo de discretização temporal de 30 minutos. Ressalta-se que, para as sub-bacias que excedem esse intervalo, utilizou-se a equação de onda cinemática para o cálculo do tempo de concentração.

Dessa forma, os autores propuseram 8 reservatórios, totalizando 62.200 m³ de volume de retenção, conseguindo, dessa forma, um amortecimento considerável das vazões de pico em 11 dos 12 pontos de medição verificados, sendo que, em 6 deles, conseguiram um amortecimento na ordem de 20% a 40% e, nos outros 5, superior a 40%.

22. SILVA, L. A.; KOURY, A. P. **A modelagem hidrológica como instrumental para a resiliência urbana:** o caso da bacia do Ribeirão Lajeado, São Paulo/SP. São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac), 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3735/3607>. Acesso em: 18 jun. 2024.

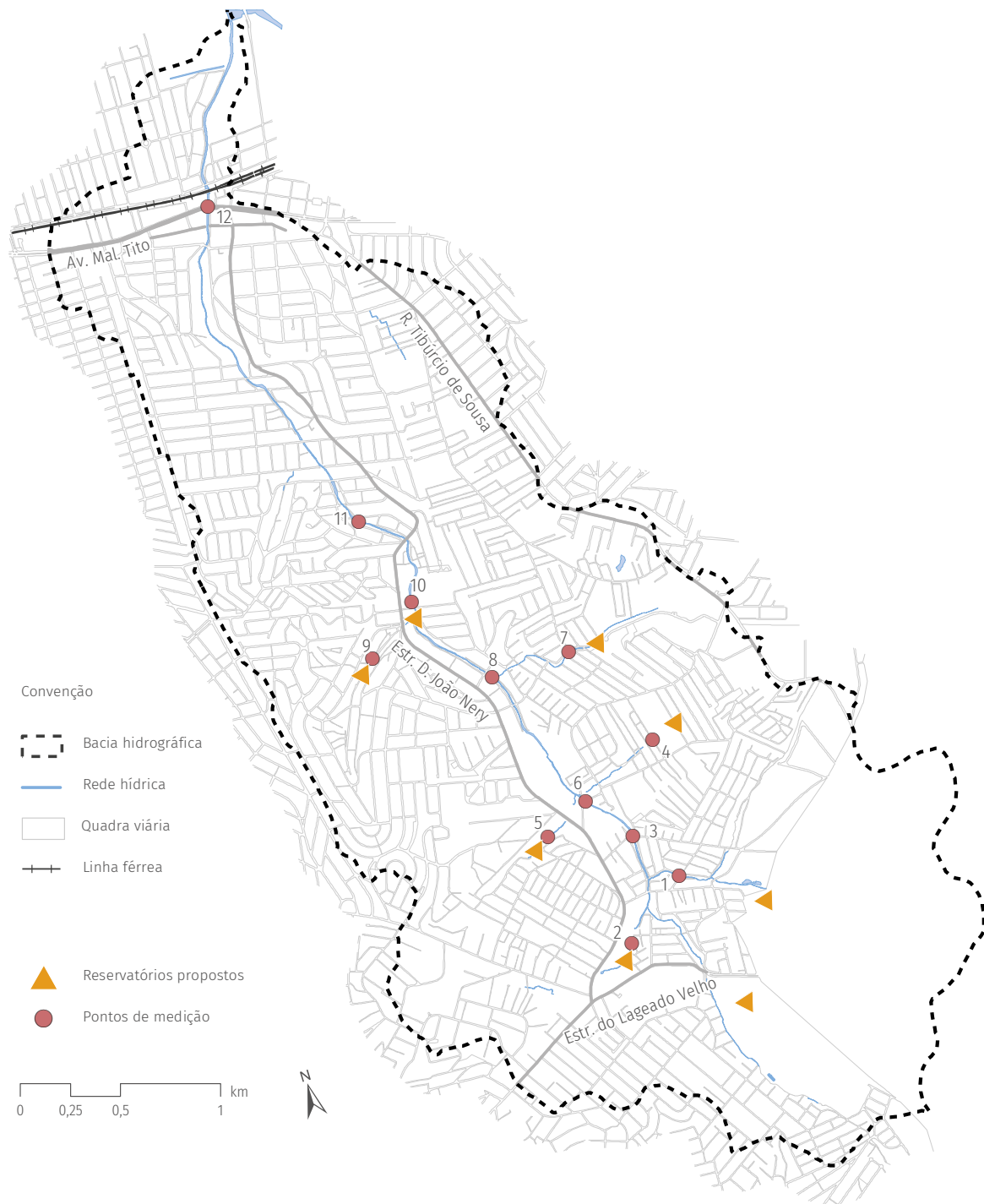


FIGURA 5.7 Localização dos reservatórios no ribeirão Lajeado (adaptado de Silva e Koury, 2023)

Alternativas propostas

Este capítulo apresenta duas alternativas para o controle de cheias.

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

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais nos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e no córrego São Martinho. As ações estruturais sugeridas tiveram como premissa a possibilidade de serem intercambiáveis entre as alternativas propostas, não restringindo sua aplicação a um único conjunto de ações.

Dentre as principais medidas de controle elencadas, destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Nas bacias do ribeirão Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, foi considerada a possibilidade

- de implantação de reservatórios de armazenamento abertos, em razão de seus custos menores de implantação e manutenção e de sua possibilidade de integração com as estruturas urbanas existentes;
- Parque de várzea – área verde em várzea inundável, abaixo do nível máximo de cheia, incluindo áreas brejosas, alagados e lagoas. Além da função natural dessas áreas no ciclo hidrológico – de reter, retardar e armazenar volumes de cheia –, esses parques podem ter um papel importante na proteção de áreas baixas urbanas;
 - Pôlder – estrutura concebida para proteger uma porção baixa do terreno por meio de captação da água por galerias subterrâneas e bombeamento constante em caso de um evento de cheia no Rio Tietê. Um pôlder é constituído por um dique, que evita que o transbordamento das águas do curso principal – no caso, do Rio Tietê – atinja a área a ser protegida; um sistema de microdrenagem da área protegida; e um reservatório com sistema de esgotamento por bombas;
 - Reforço de galeria – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da galeria existente, podendo ser realizada pela substituição da galeria ou pela construção de uma nova galeria;
 - Parques lineares com função de reservação – funcionam como reservatórios de armazenamento linear, no próprio canal do córrego. A função de reservação é introduzida através de estruturas de restrição de seção ao longo do canal, dimensionadas para controlar o escoamento para jusante;
 - Canalização – implica na construção de canais com dimensões definidas em locais onde os córregos encontram-se em suas condições naturais ou, ainda, na substituição de trechos de canal existentes, com a função de aumentar a capacidade de escoamento da seção alterada. Esse estudo adotou dois tipos de canalização: um com revestimento em concreto e outro com seção mista, fundo retangular em concreto e taludes com revestimento natural, com o objetivo de reduzir a velocidade do escoamento nesses trechos;
 - Adequação de travessia – readequação de pontilhão para evitar a restrição de seção no canal de escoamento.
- 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 como de risco muito alto pela análise das áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana; a segunda etapa foi composta por obras que protejam as bacias 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 proteção de Tr 100 anos.

Para o Caderno das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho, adotou-se na primeira etapa obras caracterizadas como prioritárias e/ou projetos previamente aprovados ou em execução pela prefeitura.

Com o intuito de facilitar a implantação das medidas, sem impacto na proteção hidrológica, foram propostas alternativas com medidas que podem ser intercambiáveis entre as propostas. Nesse caso, as medidas devem necessariamente obedecer à posição e ao impacto na sub-bacia para a qual foram destinadas. As medidas com essa possibilidade serão indicadas na descrição das alternativas.

As alternativas conferem às bacias proteção hidrológica para chuvas de Tr 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos

extraordinários com Tr maiores que 100 anos, as bacias não estarão protegidas.

As medidas de controle de cheias foram propostas considerando a condição máxima permitida de uso e ocupação do solo da bacia, conforme indicada na Lei nº 16.402/2016, no entanto, como a situação atual de ocupação das bacias já se encontra em níveis superiores aos indicados por lei, foi utilizada a ocupação atual para o dimensionamento das medidas sugeridas.

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 trechos de canalização e de reservatórios de armazenamento em terrenos com pouca ou sem ocupação, minimizando interferências e custos associados à desapropriação de lotes. Em razão da ocupação das bacias estudadas, a solução proposta distribuiu o volume reservado necessário em múltiplos reservatórios, preferencialmente nas cabeceiras dos ribeirões Lajeado e Água Vermelha e do córrego São Martinho. A alternativa prevê ainda a implantação de medidas de contenção de cheias na região

da foz dos cursos d'água, priorizando propostas de pôlderes e canais de circunvalação ligando as estruturas.

Esta Alternativa contempla a implantação de nove reservatórios de armazenamento (938.700 m³): dois no ribeirão Água Vermelha (305.500 m³), três no córrego São Martinho (71.200 m³) e quatro no ribeirão Lajeado (562.000 m³); canalização (9.180 m): 3.040 m no ribeirão Água Vermelha, 710 m no córrego São Martinho e 5.430 m no ribeirão Lajeado; inserção de galerias de reforço (4.980 m): 1.640 m no ribeirão Água Vermelha e 3.340 m no córrego São Martinho; ampliação de galeria existente no córrego São Martinho (510 m); três pôlderes: pôlder Água Vermelha com três reservatórios e 2.340 m de canais de circunvalação, pôlder São Martinho com três reservatórios e 1.915 m de canais de circunvalação e pôlder Lajeado com um reservatório. Dos nove reservatórios de amortecimento propostos, um apresenta configuração *in line* e oito são *off line*.

A **TABELA 6.1** indica as obras previstas na Alternativa 1 para o ribeirão Água Vermelha em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões. As informações correspondentes para o ribeirão Lajeado e o córrego São Martinho estão disponíveis na **TABELA 6.2** e na **TABELA 6.3**, respectivamente.

Em seguida, a **FIGURA 6.1** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as quatro etapas de implantação das ações. Já na **FIGURA 6.2** (ribeirão Água Vermelha), **FIGURA 6.3** (ribeirão Lajeado) e **FIGURA 6.4** (córrego São Martinho) estão indicados os diagramas unifilares de vazões escoadas para uma chuva de Tr 100 anos e, também, a capacidade de escoamento do sistema de drenagem das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho a partir das intervenções propostas na Alternativa 1.



Ribeirão Lajeado nas proximidades do Pq. Chácara das Flores (foto: FCTH)

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1 para o ribeirão Água Vermelha

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Clausetti e a R. Água Boa	207	3	-	620
		Canalização	Entre a R. Água Boa e a Tv. Lisboa	70	4	-	294
		Readequação de travessia	Tv. Lisboa	7	5	25	-
		Canalização	Entre a Tv. Lisboa e rua sem denominação	62	4	-	260
		Readequação de travessia	Rua sem denominação	8	5	46	-
		Canalização	Entre rua sem denominação e a R. Con. Antônio Manzi	39	4	-	163
		Canalização	Entre a R. Con. Antônio Manzi e a R. Benedito Raposo	390	11	-	4.391
		Canalização	Entre a R. Faveira do Igapó e a R. Rosa-Musgo	292	30	-	8.757
		Canalização	Entre a R. Rosa-Musgo e a Av. Mal. Tito	245	30	-	7.349
		Reservatório RAV-1	Pç. do Galeão	-	-	20.500	267.000
		Galeria de reforço	Entre a linha férrea e a R. Cirilo Alves da Silva	1.641	18	-	29.546
		Canalização	Entre a R. Mamangá e a R. Cirilo Alves da Silva	95	27	-	2.554
		Canalização	Entre a R. Cirilo Alves da Silva e a foz	419	34	-	14.138
		Canal de circunvalação	Entre a R. Pedro de Sousa Portugal e a foz	509	3	-	1.648
	Pôlder DAV-1	Foz	-	-	5.000	11.000	
Área de Contribuição Direta (ACD)	Pôlder DAV-2	R. das Margaridas	-	-	3.500	9.500	
	Canal de circunvalação	Entre a R. das Margaridas e a Av. Félix Nascentes Pinto	386	5,25	-	2.028	

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1 para o ribeirão Água Vermelha

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Área de Contribuição Direta (ACD)	Canal de circunvalação	Entre a Av. Félix Nascentes Pinto e a Av. Dr. José Artur Nova	383	3,75	-	1.435
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Dr. José Artur Nova e a R. Uaranapu	543	3,50	-	1.901
		Canal de circunvalação	Entre a R. Uaranapu e a R. Filipe Lazar	518	5,25	-	2.720
		Pôlder DAV-3	Tv. Adalberto dos Santos	-	-	9.200	27.000
3ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Bejuco e a R. Faveira do Igapó	407	36	-	14.660
4ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Benedito Raposo e a R. José Augusto Lobo	731	18	-	13.161
		Readequação de travessia	R. José Augusto Lobo	13	18	52	-
		Canalização	Entre a R. José Augusto Lobo e a Av. Água Vermelha	80	18	-	1.446
		Reservatório RAV-2	Pç. Mãe Preta	-	-	4.200	38.500

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 1 para o Ribeirão Lajeado

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Lajeado	Readequação de travessia	R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	18	10	237	-
		Canalização	Entre a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira e a R. Gonçalo Castelão	58	15	-	-
		Canalização	Entre a Av. Br. Luís de Arariba e a R. Gerônimo Barbosa da Silva	140	43	-	-
		Alteamento de ponte	R. Gerônimo Barbosa da Silva	10	44	168	-
		Canalização	Entre a R. Gerônimo Barbosa da Silva e a R. Pontal do Rio Pardo	207	43	-	-
		Alteamento de ponte	R. Pontal do Rio Pardo	12	48	248	-
		Alteamento de ponte	R. João Batista Malio	10	48	90	-
		Reservatório RLJ-4	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Areias	-	-	5.400	70.000
		Canalização	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Lagoa Cajubá	491	43	-	-
		Alteamento de ponte	R. Lagoa Cajubá	11	49	248	-
		Alteamento de ponte	Av. Ipê Roxo	18	58	261	-
		Canalização	Entre a Av. Ipê Roxo e a R. Iguaraçu	417	49	-	-
		Canalização	Entre a R. Iguaraçu e a R. Celso Barbosa Lima	740	49	-	-
		Alteamento de ponte	R. Celso Barbosa Lima	10	46	185	-
		Canalização	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a Av. Mal. Tito	183	49	-	-
		Alteamento de ponte	Av. Mal. Tito	20	53	471	-
		Canalização	Entre a Av. Mal. Tito e a linha férrea	60	53	-	-
		Canalização	Entre a R. Cordão de S. Francisco e o Rio Tietê	926	61	-	-
		2ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-6	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egídio de Araújo	-	-
Pôlder DLJ-1	Pq. Estadual Itaim Biacica			-	-	3.500	14.000
		Canalização	Entre a R. Eng. Bardot e a Av. Br. Luís de Arariba	446	37	-	-

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 1 para o Ribeirão Lajeado

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
3ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Pontal do Rio Pardo e a R. João Batista Malio	514	46	-	-
		Canalização	Entre a R. João Batista Malio e o reservatório RLJ-3	124	46	-	-
		Canalização	Entre o reservatório RLJ-3 e a Estr. D. João Nery	228	43	-	-
		Canalização	Entre a R. Lagoa Cajubá e a Av. Ipê Roxo	230	43	-	-
4ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-1	Estr. D. João Nery com a Estr. do Lageado Velho	-	-	12.000	48.000
		Canalização	Entre a R. Rosas de Saron e a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	371	9	-	-
		Readequação de travessia	R. Gonçalo Castelão	7	30	100	-
		Canalização	Entre a R. Gonçalo Castelão e a R. S. Miguel	295	25	-	-
		Ampliação do reservatório RLJ-4	Comunidade do Torresmo	-	-	12.000	86.000
		Reservatório RLJ-5	Entre a Av. Ipê Roxo e a Av. José de Moraes Cabral	-	-	9.500	133.000

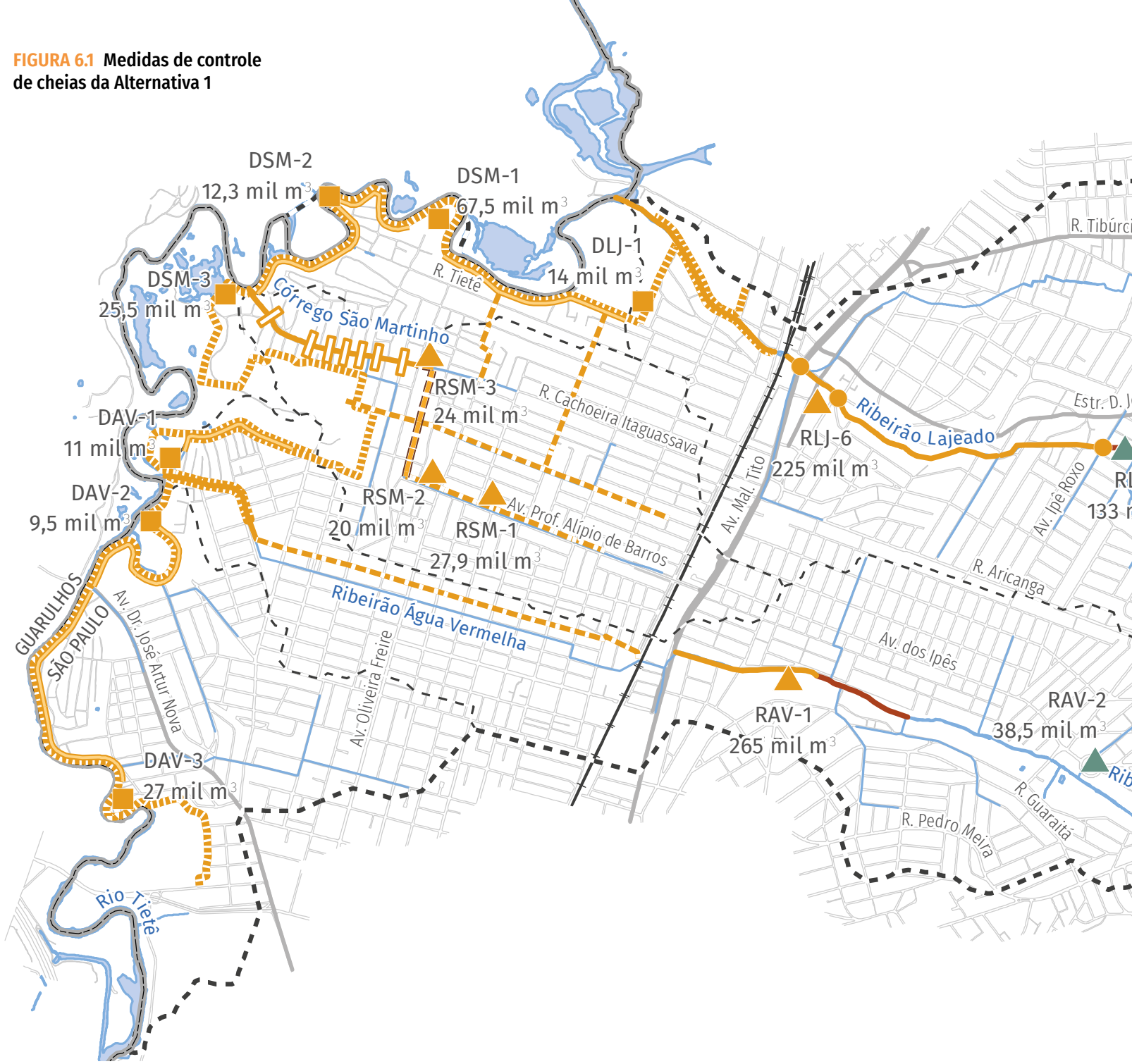
TABELA 6.3 Medidas de controle da Alternativa 1 e 2 para o córrego São Martinho

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	São Martinho	Galeria de reforço	Entre a R. Jacarandá Rosa e a R. Chapéu de Sol	368,0	3	-	1.104
		Galeria de reforço	Entre a R. Chapéu de Sol e a R. Borboleta Amarela	713	6	-	4.276
		Galeria de reforço	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Cosme dos Santos	307	5	-	1.380
		Galeria de reforço	Entre a R. Sol da Meia Noite e a R. Cord. do Araripe	386	5	-	1.736
		Galeria de reforço	Entre a R. Cord. do Araripe e a R. Tietê	169	6	-	1.016
		Galeria de reforço	Entre a R. Tietê e a Estr. da Biacica	129	8	-	1.030
		Galeria de reforço	Entre a R. Cachoeira Itaguassava e a R. Cord. do Araripe	173	6	-	1.039
		Galeria de reforço	Entre a R. Cord. do Araripe e a R. Tietê	238	8	-	1.902
		Galeria de reforço	Entre a R. Carlo Bibiena e a R. Borboleta Amarela	859	5	-	3.866
		Reservatório RSM-1	Entre a R. Camões e a R. Pinha do Brejo	-	-	3.100	27.900
		Reservatório RSM-2	Entre a R. Erva do Sereno e a R. Samoa Ocidental	-	-	5.100	20.000
		Ampliação de galeria	Entre a Av. Prof. Alípio de Barros e a R. Beira Rio	442	6	-	2.652
		Ampliação de galeria	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Serra do Apodi	68	6	-	434
		Reservatório RSM-3	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Serra do Apodi	-	-	2.200	24.200
		Canalização	Entre a R. Serra do Apodi e a Av. José Martins Lisboa	52	7	-	377
Readequação de travessia	Av. José Martins Lisboa	21	6	84	-		
Canalização	Entre a Av. José Martins Lisboa e a R. Cosme dos Santos	116	7	-	833		

TABELA 6.3 Medidas de controle da Alternativa 1 e 2 para o córrego São Martinho

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	São Martinho	Readequação de travessia	R. Cosme dos Santos	12	6	48	-
		Canalização	Entre a R. Cosme dos Santos e a R. das Gaivotas	30	7	-	213
		Readequação de travessia	Entre a R. das Gaivotas e a R. Pardal	11	6	43	-
		Canalização	Entre a R. das Gaivotas e a R. Pardal	38	7	-	275
		Readequação de travessia	R. Pardal	8,5	6	34,1	-
		Canalização	Entre a R. Pardal e a R. Sócrates	53	7	-	383
		Readequação de travessia	R. Sócrates	8	6	34	-
		Canalização	Entre a R. Sócrates e a R. Rouxinol	78	7	-	560
		Readequação de travessia	R. Rouxinol	17	6	67	-
		Canalização	Entre a R. Rouxinol e a R. Pedro Sousa Portugal	205	7	-	1.478
		Readequação de travessia	R. Pedro Sousa Portugal	9	6	37	-
		Canalização	Entre a R. Pedro Sousa Portugal e a foz	139	7	-	1.001
		Canal de circunvalação	Entre a R. Salsa Parrilha e a R. Mucum	534	8	-	4.271
		Canal de circunvalação	Entre a R. Mucum e a R. Serra do Apodi	271	10	-	2.710
		Pôlder DSM-1	R. Manima	-	-	15.000	67.500
		Canal de circunvalação	Entre a R. Manima e a R. Tabaranas	424	3	-	1.070
		Pôlder DSM-2	R. Tabaranas	-	-	3.500	12.200
		Canal de circunvalação	Entre a R. Tabaranas e a foz	686	3	-	2.314
Pôlder DSM-3	Foz	-	-	8.500	25.500		

FIGURA 6.1 Medidas de controle de cheias da Alternativa 1



Convenção

- Bacia hidrográfica
- Rede de drenagem
- Quadra viária
- Limite municipal
- Linha férrea

Alternativa 1

Obras emergenciais (1ª etapa)

- Reservatório
- Pôlder
- Alçamento de ponte
- Readequação de travessia

- Canalização
- Ampliação de galeria
- Galeria de reforço
- Dique
- Canal de circunvalação



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
 Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)

Tr 10 anos (2ª etapa)

Canalização

Tr 25 anos (3ª etapa)

Canalização

Tr 100 anos (4ª etapa)

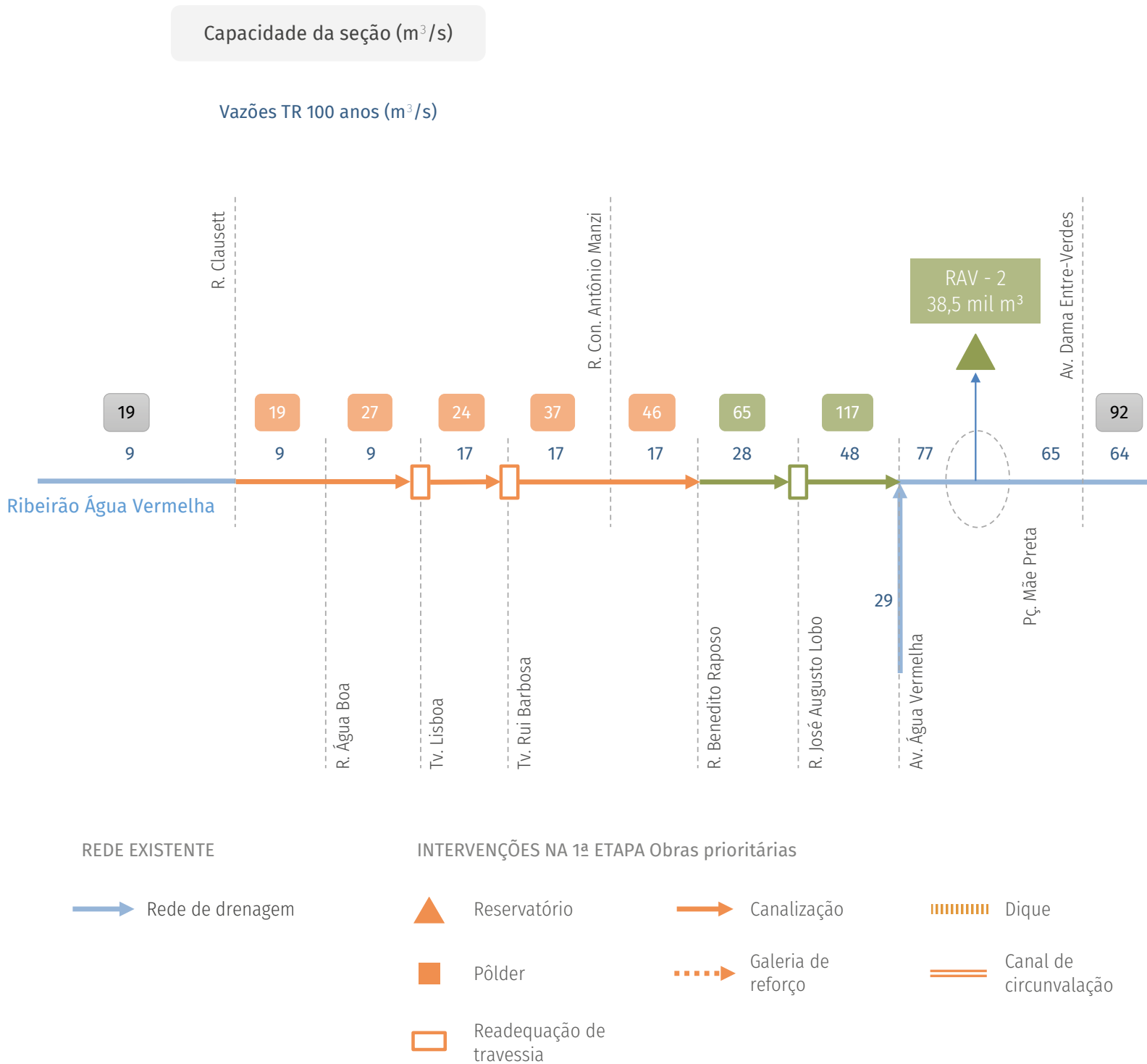
Reservatório

Canalização

Readequação de travessia



FIGURA 6.2 Diagrama unifilar de vazões para o ribeirão Água Vermelha – Alternativa 1



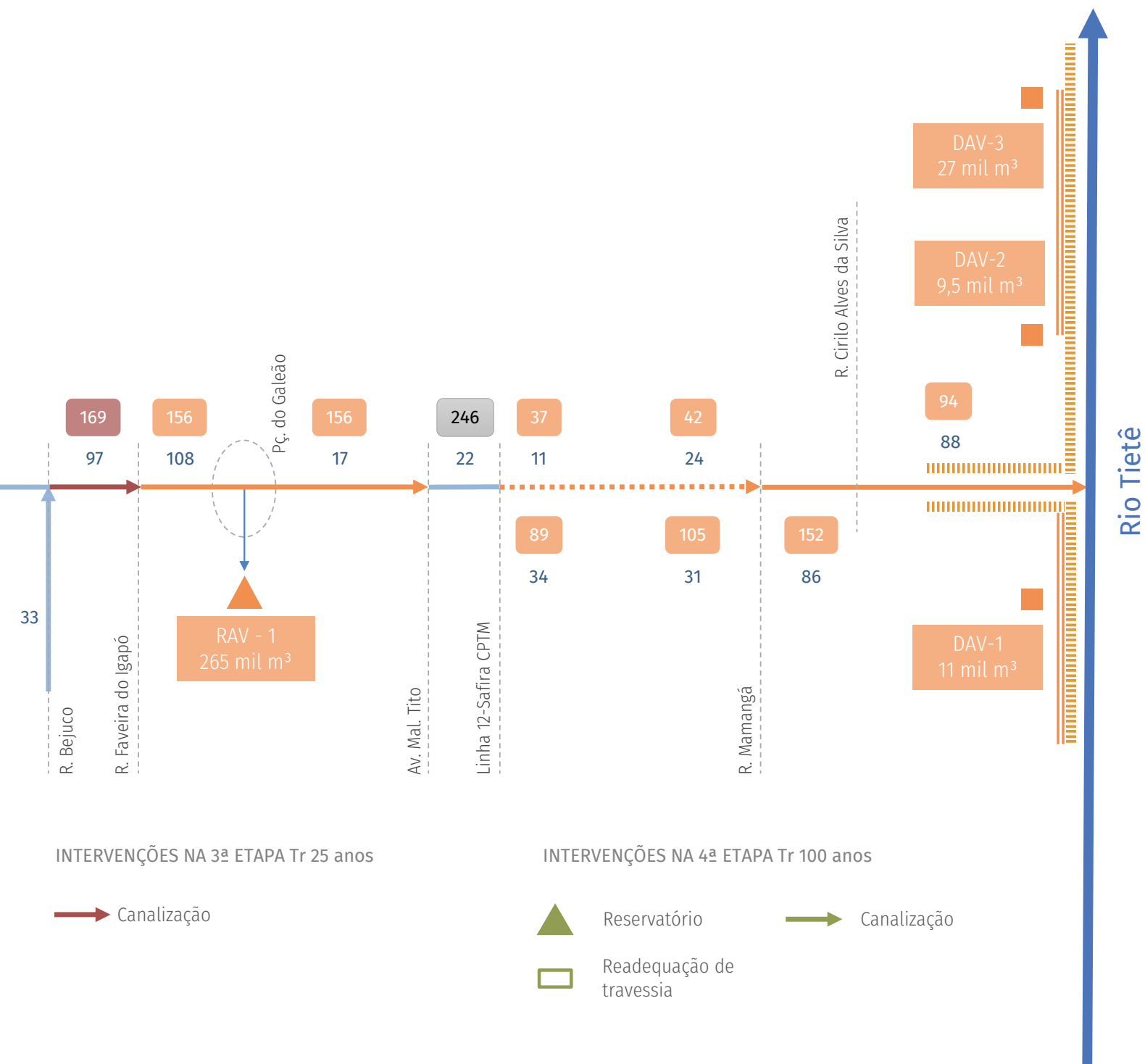
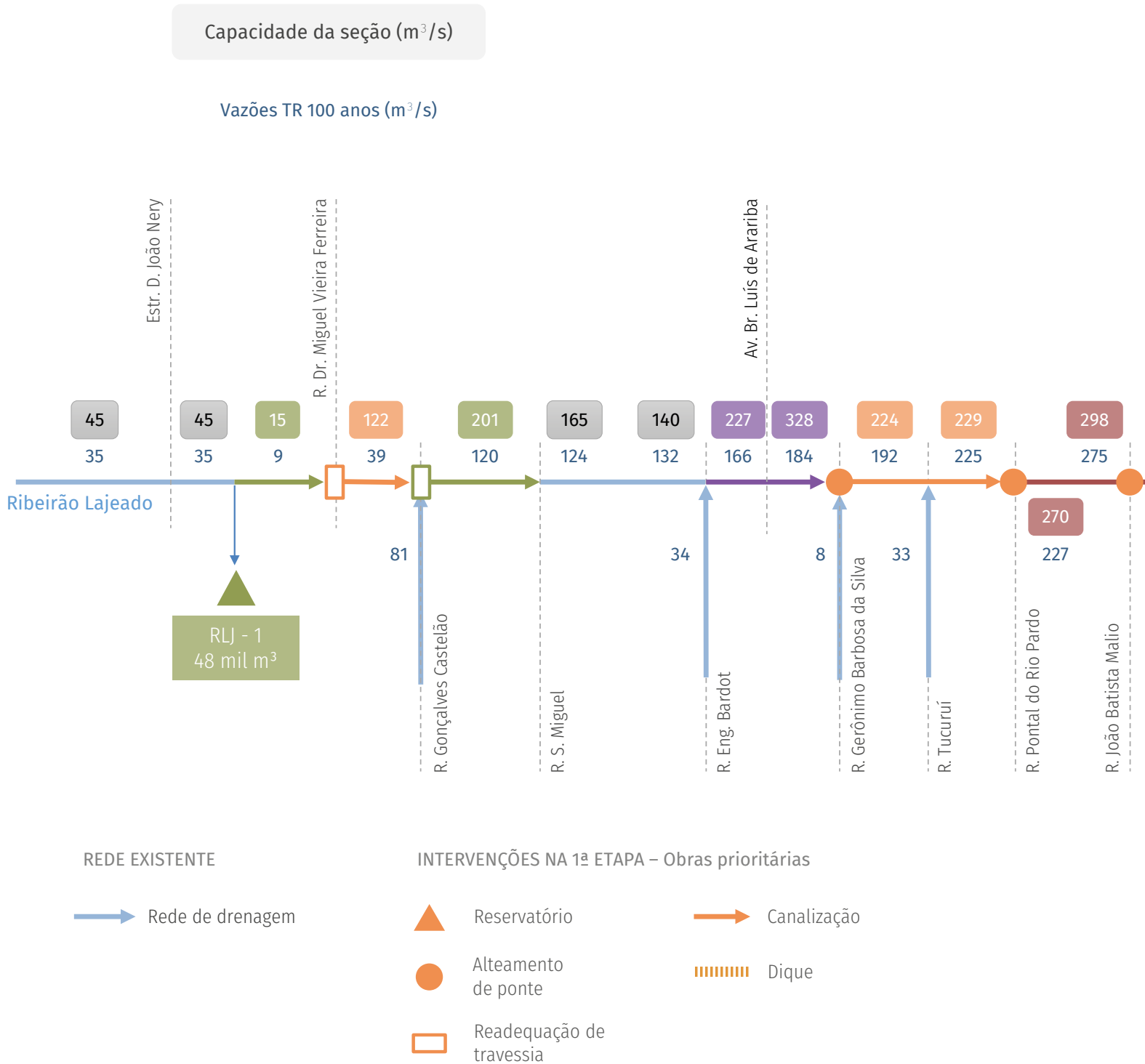


FIGURA 6.3 Diagrama unifilar de vazões para o ribeirão Lajeado – Alternativa 1



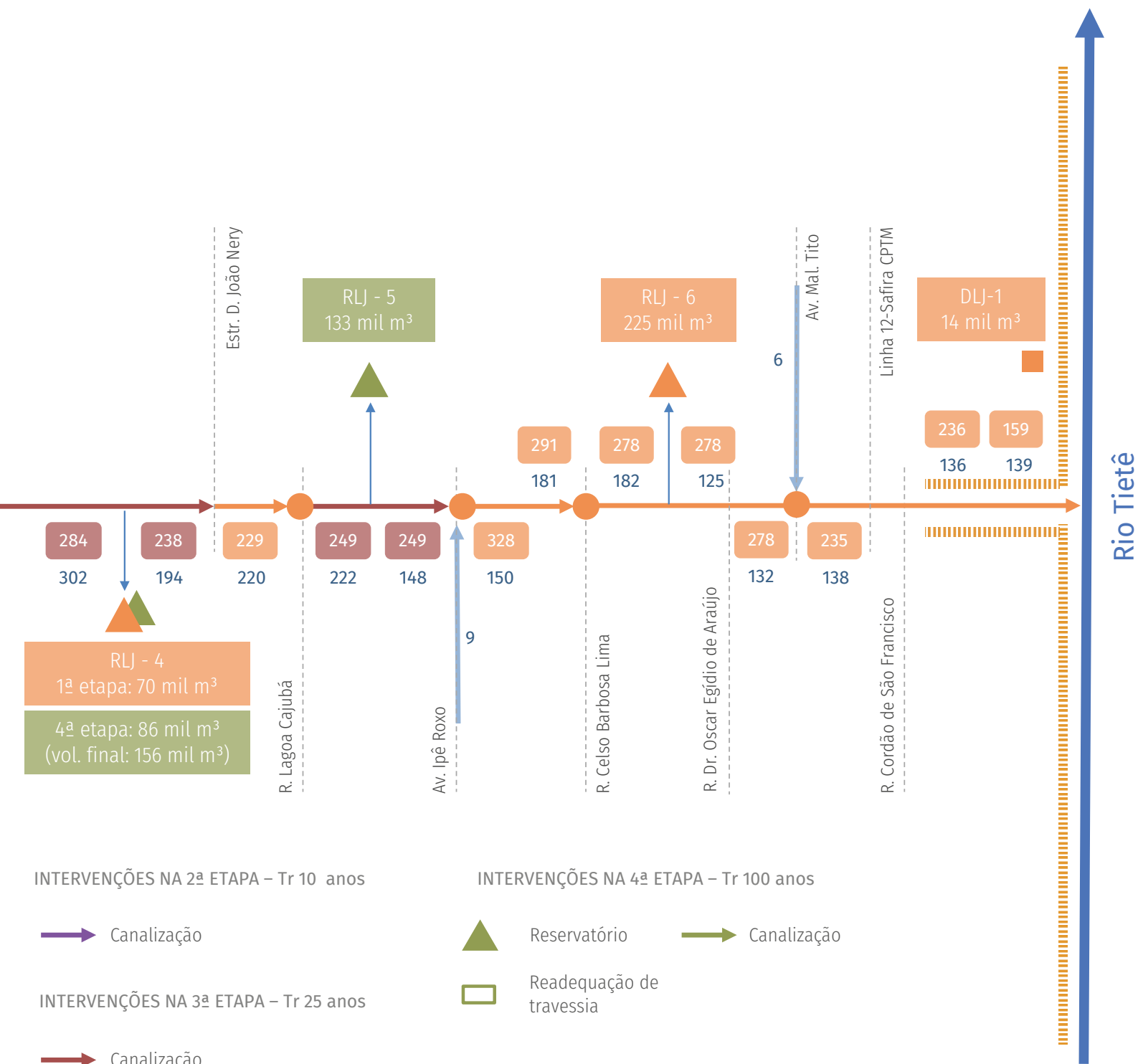
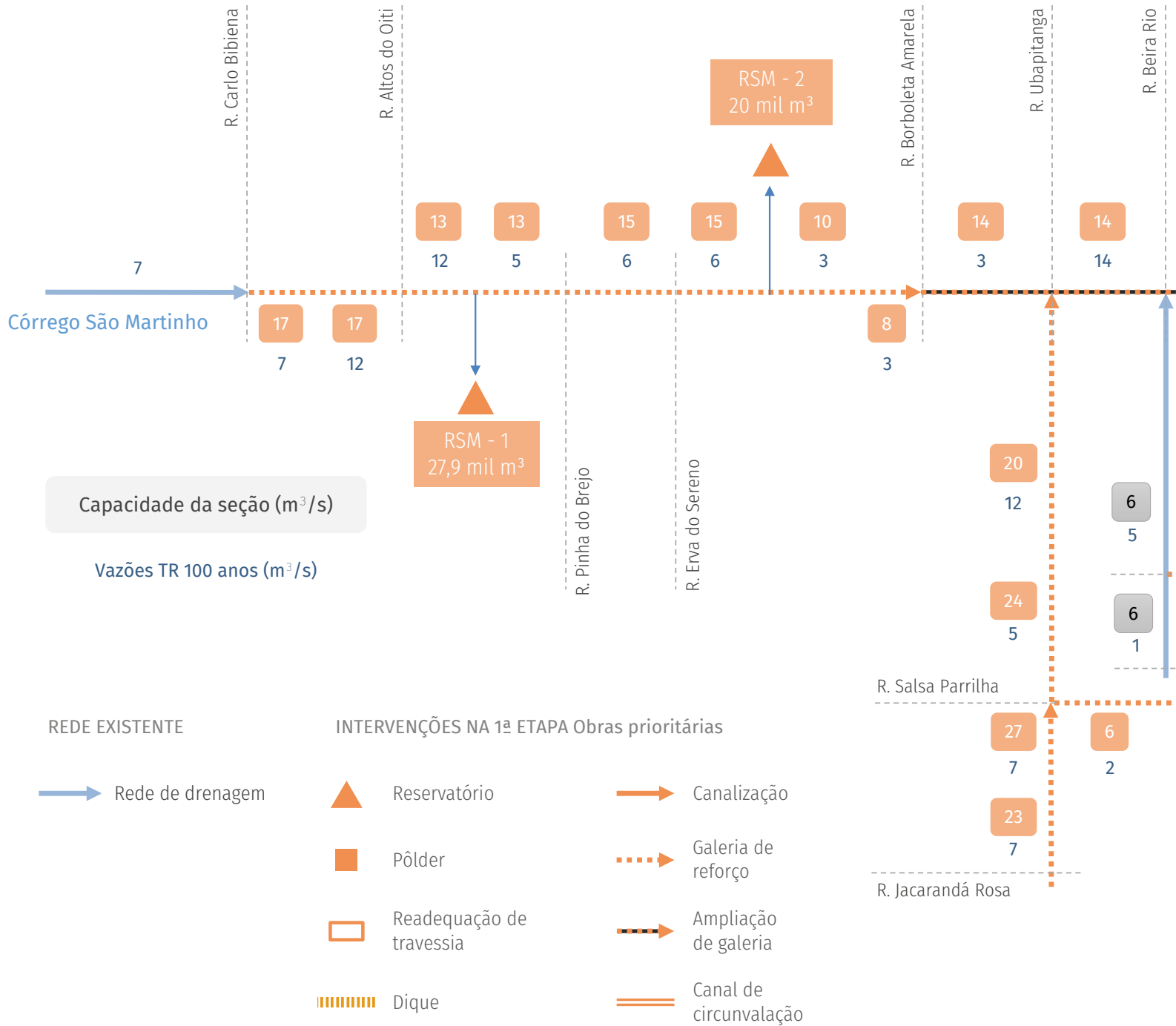
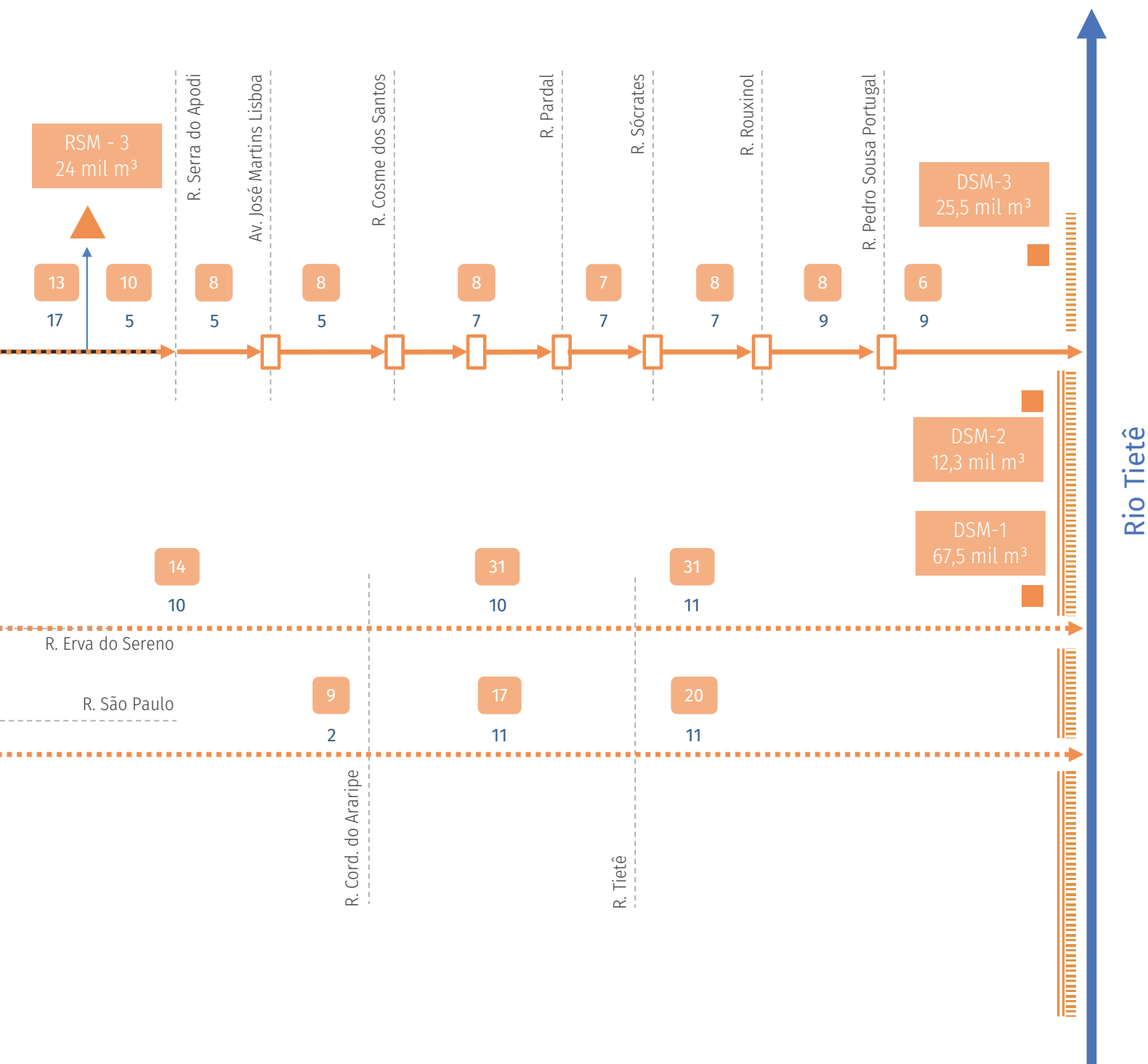


FIGURA 6.4 Diagrama unifilar de vazões para o córrego São Martinho – Alternativa 1





6.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 foi concebida utilizando as mesmas premissas de implantação de medidas de armazenamento e reforço ou de substituição de galerias de drenagem presentes na Alternativa 1.

Esta segunda alternativa mantém as medidas estruturais de reservatórios de armazenamento em terrenos com pouca ou sem ocupação, minimizando interferências e custos associados à desapropriação de lotes. Em razão da ocupação das bacias estudadas, a solução proposta visa distribuir o volume a ser reservado em múltiplos reservatórios, bem como, canalizar ou adaptar seções insuficientes ao longo dos canais principais e afluentes, além de reforçar ou ampliar galerias, quando necessário. A alternativa prevê, ainda, a implantação de medidas de contenção de cheias na região da foz dos cursos d'água, priorizando propostas de pôlderes e canais de circunvalação ligando as estruturas.

A Alternativa 2 contempla a implantação de onze reservatórios de armazenamento (998.800 m³): dois no ribeirão Água Vermelha (160.600 m³), três no córrego São Martinho (71.200 m³) e seis no ribeirão Lajeado (767.000 m³); canalização (7.540 m): 3.090 m no ribeirão Água Vermelha, 710 m no córrego São Martinho e 3.740 m no ribeirão Lajeado;

inserção de galerias de reforço (4.980 m): 1.640 m no ribeirão Água Vermelha e 3.340 m no córrego São Martinho; ampliação de galeria existente no córrego São Martinho (510 m); três pôlderes: pôlder Água vermelha com três reservatórios e 2.340 m de canais de circunvalação, pôlder São Martinho com três reservatórios e 1.915 m de canais de circunvalação e pôlder Lajeado com um reservatório. Dos onze reservatórios de armazenamento propostos, um apresenta configuração *in line* e dez são *off line*.

Dessa forma, a **TABELA 6.4** indica as obras previstas na Alternativa 2 para o ribeirão Água Vermelha em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões. As informações correspondentes para o ribeirão Lajeado estão disponíveis na **TABELA 6.5**. Vale ressaltar que as intervenções planejadas para a bacia do córrego São Martinho são as mesmas nas Alternativas 1 e 2.

Posteriormente, na **FIGURA 6.5** é apontada a localização das obras previstas na Alternativa 2, indicando as quatro etapas de implantação de ações. Por fim, na **FIGURA 6.6** (ribeirão Água Vermelha) e na **FIGURA 6.7** (ribeirão Lajeado) estão indicados os diagramas unifilares de vazões escoadas e, também, a capacidade de escoamento das estruturas de drenagem a partir das intervenções propostas na Alternativa 2.



Ribeirão Lajeado, junto do Pq. Estadual Itaim Biacica (foto: FCTH)

TABELA 6.4 Medidas de controle da Alternativa 2 para o ribeirão Água Vermelha

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Clausetti e a R. Água Boa	206,8	3	-	620
		Canalização	Entre a R. Água Boa e a Tv. Lisboa	70	4	-	294
		Readequação de travessia	Tv. Lisboa	7	5	25	-
		Canalização	Entre a Tv. Lisboa e rua sem denominação	62	4	-	260
		Readequação de travessia	Rua sem denominação	8	5	46	-
		Canalização	Entre rua sem denominação e a R. Con. Antônio Manzi	39	4	-	163
		Canalização	Entre a R. Con. Antônio Manzi e a R. Benedito Raposo	390	11	-	4.391
		Parque linear PAV-1	Entre a R. Morro da Babilônia e a R. Dois (RAV-1)	256	-	11.500	63.300
		Canalização	Entre a R. Dois (RAV-1) e a R. do Pombo Correio	80	56	-	4.498
		Canalização	Entre a R. do Pombo Correio e a R. Rosa-Musgo	66	30	-	1.970
		Canalização	Entre a R. Rosa-Musgo e a Av. Mal. Tito	245	30	-	7.349
		Reservatório RAV-1	Pç. do Galeão	-	-	10.000	130.000
		Reforço de galeria	Entre a linha férrea e a R. Mamangá	1.641	18	-	29.546
		Canalização	Entre a R. Mamangá e a R. Cirilo Alves da Silva	95	27	-	2.554
		Canalização	Entre a R. Cirilo Alves da Silva e a foz	419	34	-	14.138
		Canal de circunvalação	Entre a R. Pedro de Sousa Portugal e a foz	509	3	-	1.648
Pôlder DAV-1	Foz	-	-	5.000	11.000		

TABELA 6.4 Medidas de controle da Alternativa 2 para o ribeirão Água Vermelha

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Área de Contribuição Direta (ACD)	Pôlder DAV-2	R. das Margaridas	-	-	3.500	9.500
		Canal de circunvalação	Entre a R. das Margaridas e a Av. Félix Nascentes Pinto	386	5,25	-	2.028
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Félix Nascentes Pinto e a Av. Dr. José Artur Nova	383	3,75	-	1.435
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Dr. José Artur Nova e a R. Uaranapu	543	3,50	-	1.901
		Canal de circunvalação	Entre a R. Uaranapu e a R. Filipe Lazar	518	5,25	-	2.720
		Pôlder DAV-3	Tv. Adalberto dos Santos	-	-	9.200	27.000
3ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Bejuco e a R. Morro da Babilônia	297	45	-	13.356
4ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Benedito Raposo e a R. José Augusto Lobo	731	18	-	13.161
		Readequação de travessia	R. José Augusto Lobo	13	18	52	-
		Parque linear PAV-2	Entre a R. José Augusto Lobo e a Av. Dama Entre-Verdes	684	-	39.700	16.700
		Reservatório RAV-2	Pç. Mãe Preta	-	-	3.800	30.600

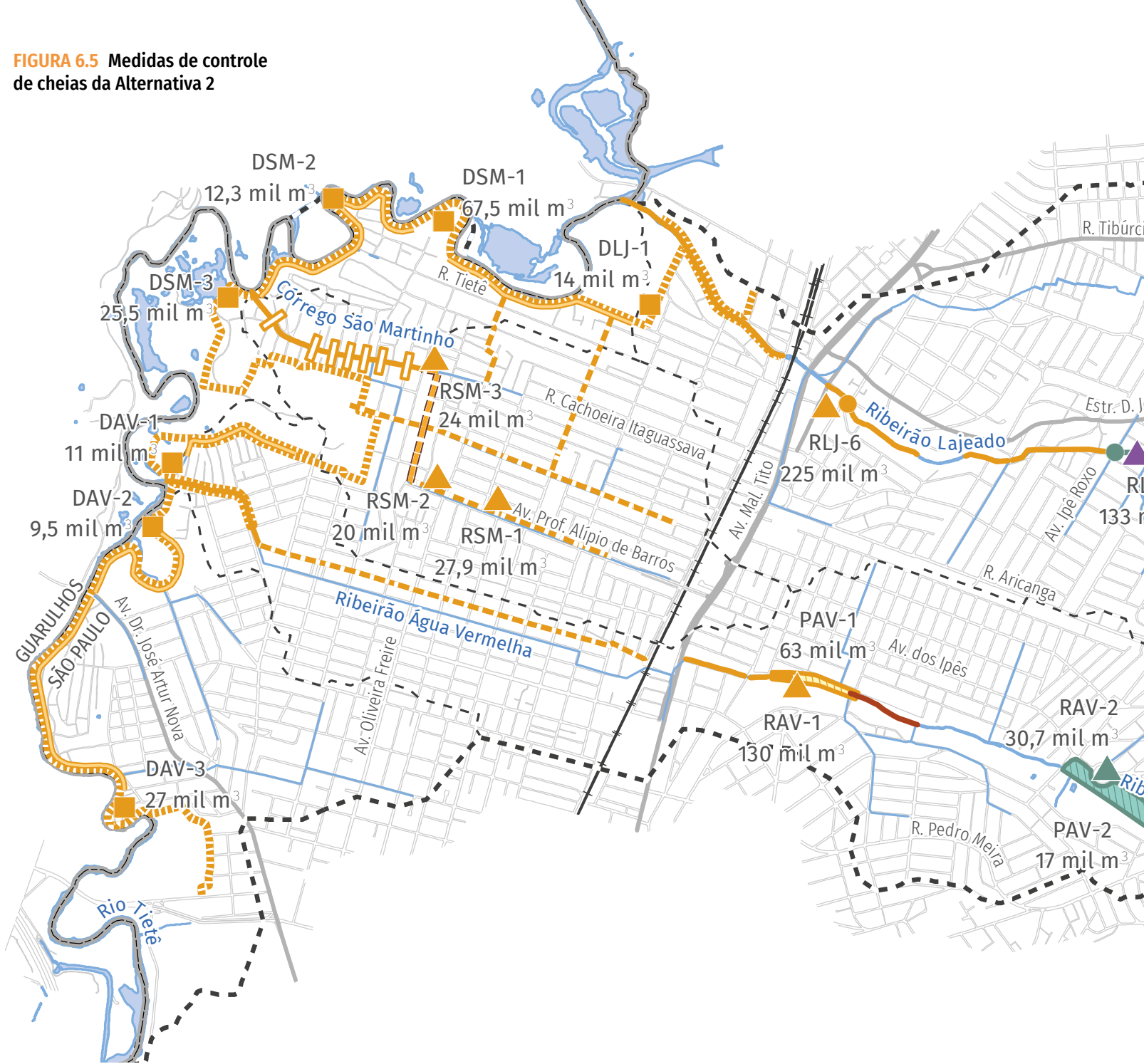
TABELA 6.5 Medidas de controle da Alternativa 2 para o ribeirão Lajeado

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Rosas de Saron e a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	371	9	-	-
		Readequação de travessia	R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	18	10	237	-
		Canalização	Entre a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira e a R. Gonçalo Castelão	58	14	-	-
		Readequação de travessia	R. Gonçalo Castelão	7	30	100	-
		Canalização	Entre a R. Gonçalo Castelão e a R. S. Miguel	295	25	-	-
		Reservatório RLJ-2	Entre a R. S. Miguel e a R. Eng. Bardot	-	-	6.500	91.000
		Alteamento de ponte	R. Gerônimo Barbosa da Silva	10	42	168	-
		Alteamento de ponte	R. Pontal do Rio Pardo	12	52	248	-
		Canalização	Entre a R. Teofilândia e a R. João Batista Malio	235	42	-	-
		Reservatório RLJ-3	Entre a R. Plácido Pereira Lima e a R. Beira Rio	-	-	6.000	114.000
		Alteamento de ponte	R. João Batista Malio	10	59	90	-
		Reservatório RLJ-4	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Areias	-	-	5.400	70.000
		Alteamento de ponte	Estr. D. João Nery	16	52	323	-
		Alteamento de ponte	R. Lagoa Cajubá	11	46	248	-
		Canalização	Entre a Av. Ipê Roxo e a R. Iguaraçu	417	36	-	-
		Canalização	Entre a R. Iguaraçu e a R. Fred Astaire	173	37	-	-
		Canalização	Entre a R. Diogo Garcia Martins e a R. Celso Barbosa Lima	359	41	-	-
Alteamento de ponte	R. Celso Barbosa Lima	10	50	185	-		

TABELA 6.5 Medidas de controle da Alternativa 2 para o ribeirão Lajeado

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-6	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egydio de Araújo	-	-	7.500	225.000
		Canalização	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egídio de Araújo	97	33	-	-
		Canalização	Entre a R. Cordão de S. Francisco e o Rio Tietê	926	46	-	-
		Pôlder DLJ-1	Pq. Estadual Itaim Biacica	-	-	3.500	14.000
2ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-5	Entre a Av. Ipê Roxo e a Av. de Moraes Cabral	-	-	9.500	133.000
3ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-1	Estr. do Lajeado Velho com a Estr. D. João Nery	-	-	12.000	48.000
4ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Engenheiro Bardot e a Av. Br. Luís de Arariba	446	31	-	-
		Canalização	Entre a R. Rio Upitanga e a R. Lagoa Cajubá	133	37	-	-
		Canalização	Entre a R. Lagoa Cajubá e a Av. Ipê Roxo	230	37	-	-
		Ampliação Reservatório RLJ-4	Comunidade do Torresmo	-	-	12.000	86.000
		Alteamento de ponte	Av. Ipê Roxo	18	58	261	-

FIGURA 6.5 Medidas de controle de cheias da Alternativa 2



Convenção

- Bacia hidrográfica
- Rede de drenagem
- Quadra viária
- Limite municipal
- Linha férrea

Alternativa 2

Obras emergenciais (1ª etapa)

- Reservatório
- Pôlder
- Alçamento de ponte
- Readequação de travessia

- Canalização
- Ampliação de galeria
- Galeria de reforço
- Dique
- Canal de circunvalação
- Parque linear



Tr 10 anos (2ª etapa)

▲ Reservatório

Tr 25 anos (3ª etapa)

▲ Reservatório

— Canalização

Tr 100 anos (4ª etapa)

▲ Reservatório

— Canalização

□ Readequação de Travessia

● Alçamento de ponte

▨ Parque linear

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



FIGURA 6.6 Diagrama unifilar de vazões para o ribeirão Água Vermelha – Alternativa 2



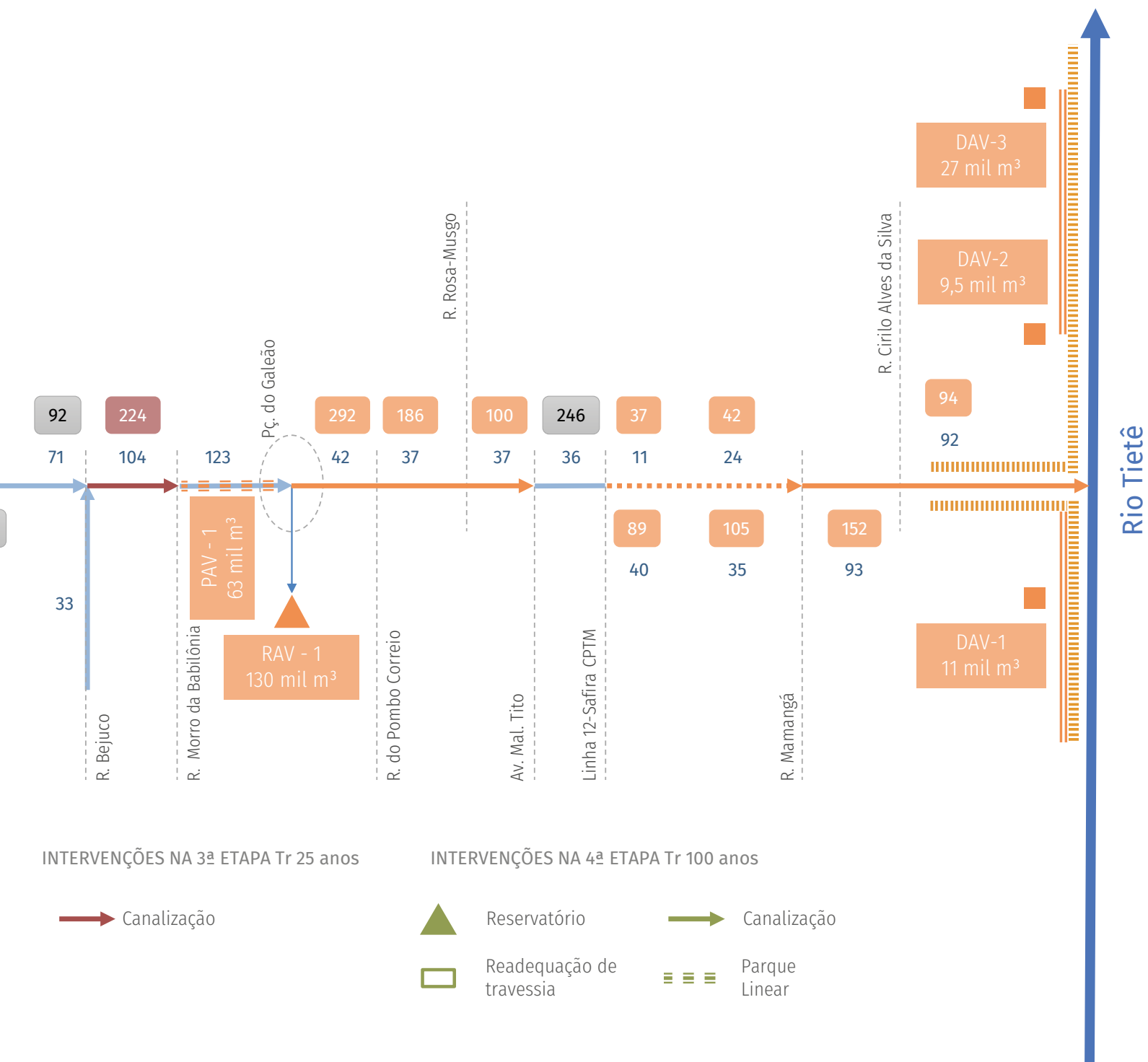
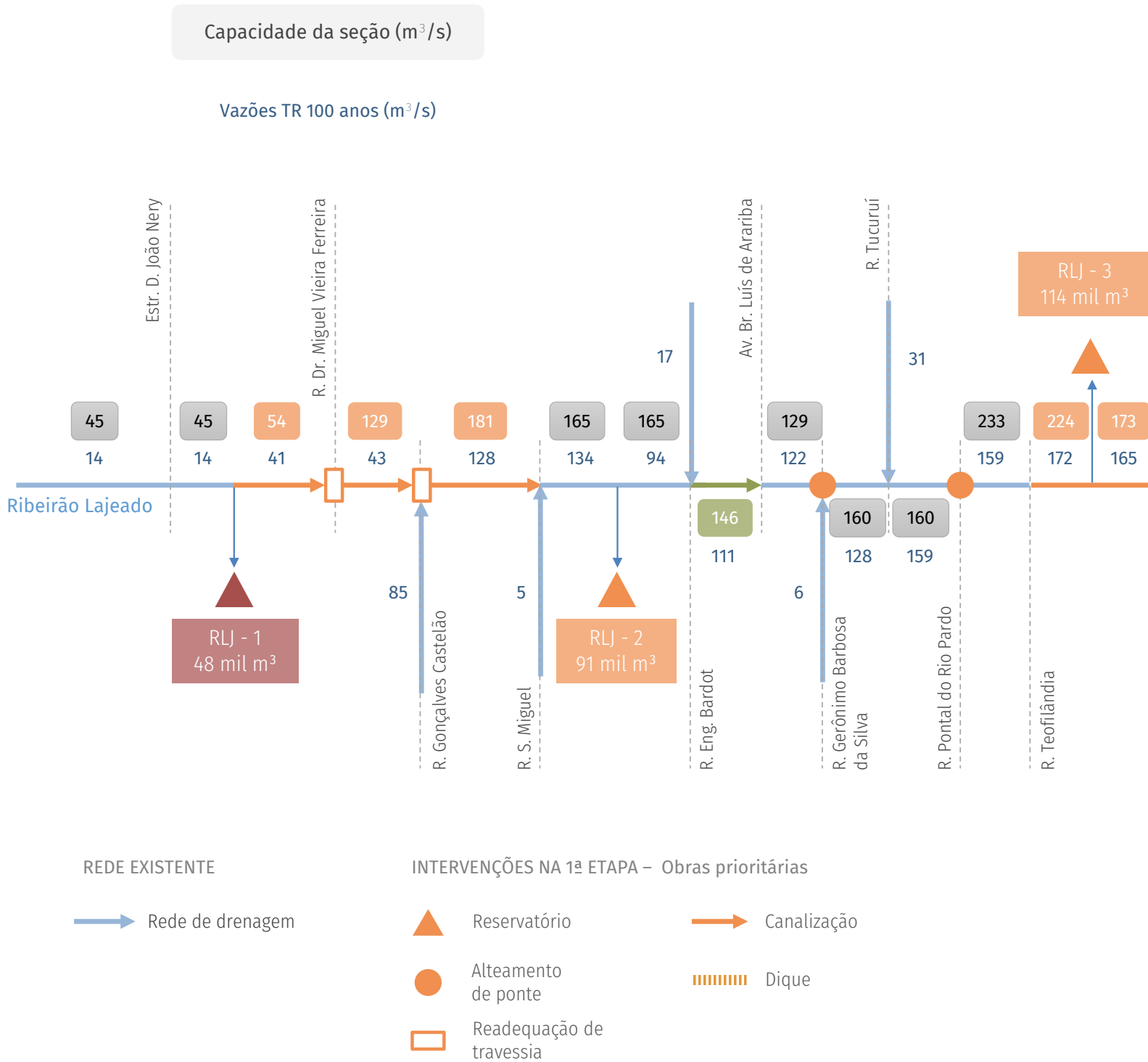
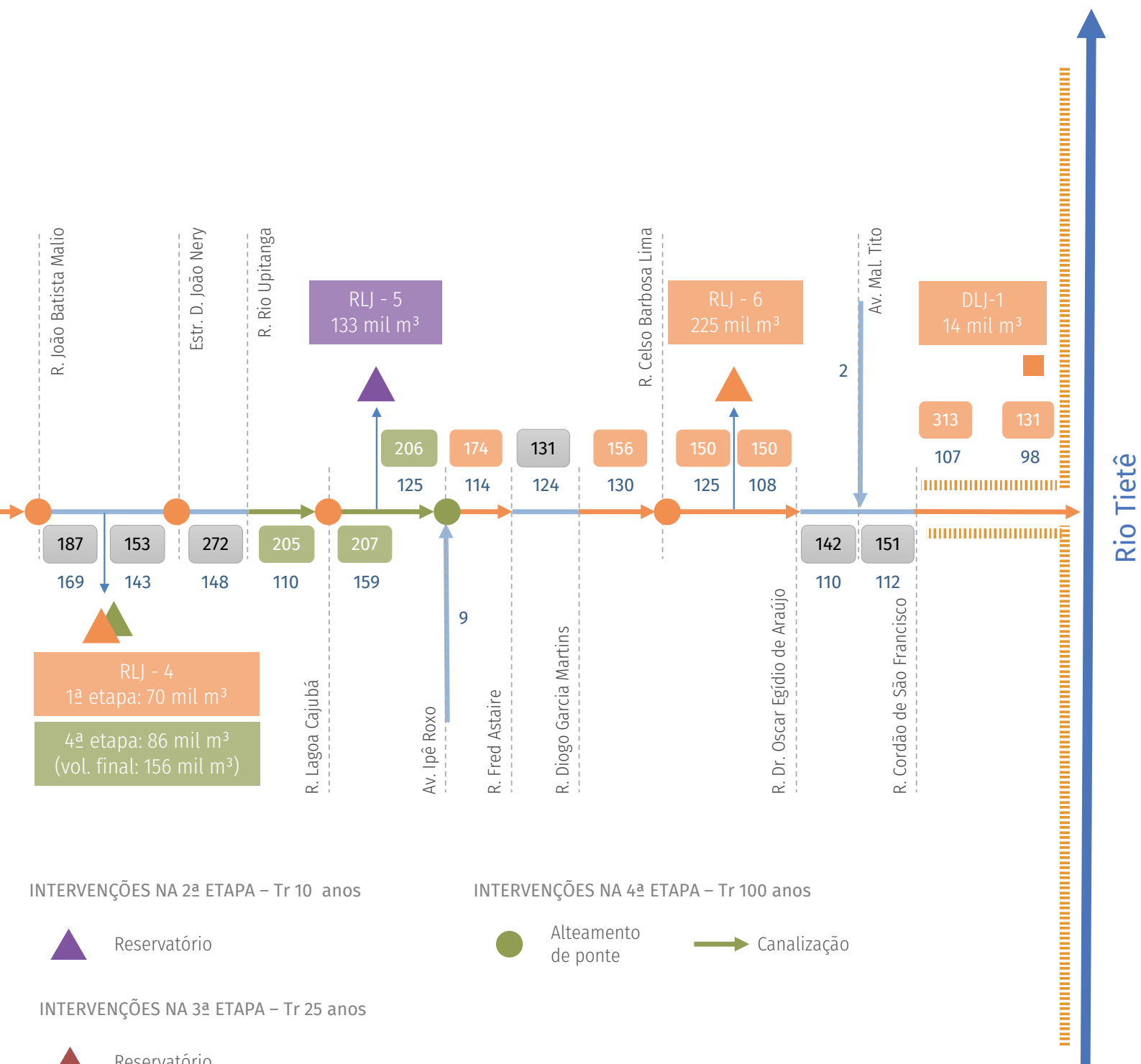


FIGURA 6.7 Diagrama unifilar de vazões para o ribeirão Lajeado – Alternativa 2





6.3 LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS DE RESERVAÇÃO

Este item indica as localizações das áreas e as principais características dos onze reservatórios e seis pôlderes, apresentando em detalhe as localizações dos reservatórios que compõem o sistema de pôlder, além dos dois parques propostos nas alternativas apresentadas. No caso dos reservatórios, ressalta-se que foram realizadas sondagens para definir a profundidade das estruturas.

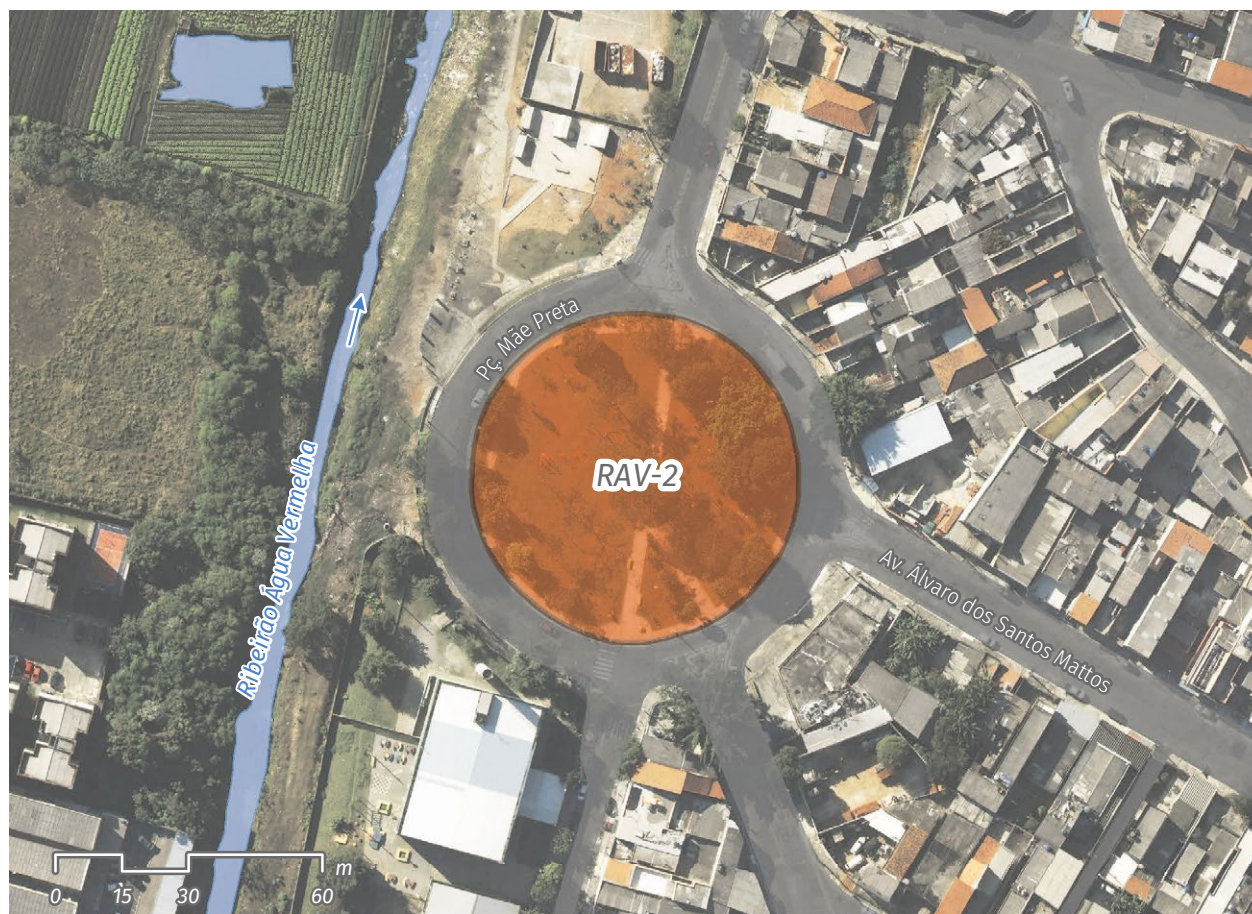
FIGURA 6.8 Localização do reservatório RAV-1



Reservatório – RAV-1
 Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
 Volume: 265 mil m³ (alternativa 1) e 130 mil m³ (alternativa 2)
 Área: 20.500 (alternativa 1) e 10.000 m² (alternativa 2)
 Profundidade: 13,0 m
 Localização: Pç. do Galeão
 Características: fechado em concreto, *off line* e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.9 Localização do reservatório RAV-2



Reservatório – RAV-2

Alternativas 1 (1ª etapa) e 2 (4ª etapa)

Volume: 38,5 mil m³ (alternativa 1) e 30,7 mil m³ (alternativa 2)

Área: 4.200 m²

Profundidade: 9,2 m (alternativa 1) e 7,3 m (alternativa 2)

Localização: Pç. Mãe Preta

Características: fechado em concreto, off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.10 Localização do reservatório do pôlder DAV-1



Reservatório – DAV-1
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 11 mil m³
Área: 5.000 m²
Profundidade: 2,2 m
Localização: foz
Características: fechado em concreto
e com esgotamento por bombas

FIGURA 6.11 Localização do reservatório do pôlder DAV-2



Reservatório – DAV-2

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 9,5 mil m³

Área: 3.500 m²

Profundidade: 2,7 m

Localização: R. das Margaridas

Características: fechado em concreto e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.12 Localização do reservatório do pôlder DAV-3



Reservatório – DAV-3
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 27 mil m³
Área: 9.200 m²
Profundidade: 2,9 m
Localização: Tv. Adalberto dos Santos
Características: fechado em concreto
e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.13 Localização do parque linear PAV-1



Parque linear – PAV-1

Alternativa 2 (1ª etapa)

Volume: 63 mil m³

Área: 11.500 m²

Localização: Entre a R. Morro da Babilônia
e a R. Dois

Características: parque linear com reservação



FIGURA 6.14 Localização do parque linear PAV-2



Parque linear – PAV-2

Alternativa 2 (4ª etapa)

Volume: 16,7 mil m³

Área: 39.700 m²

Localização: Entre a R. José Augusto Lobo
e a Av. Dama Entre-Verdes

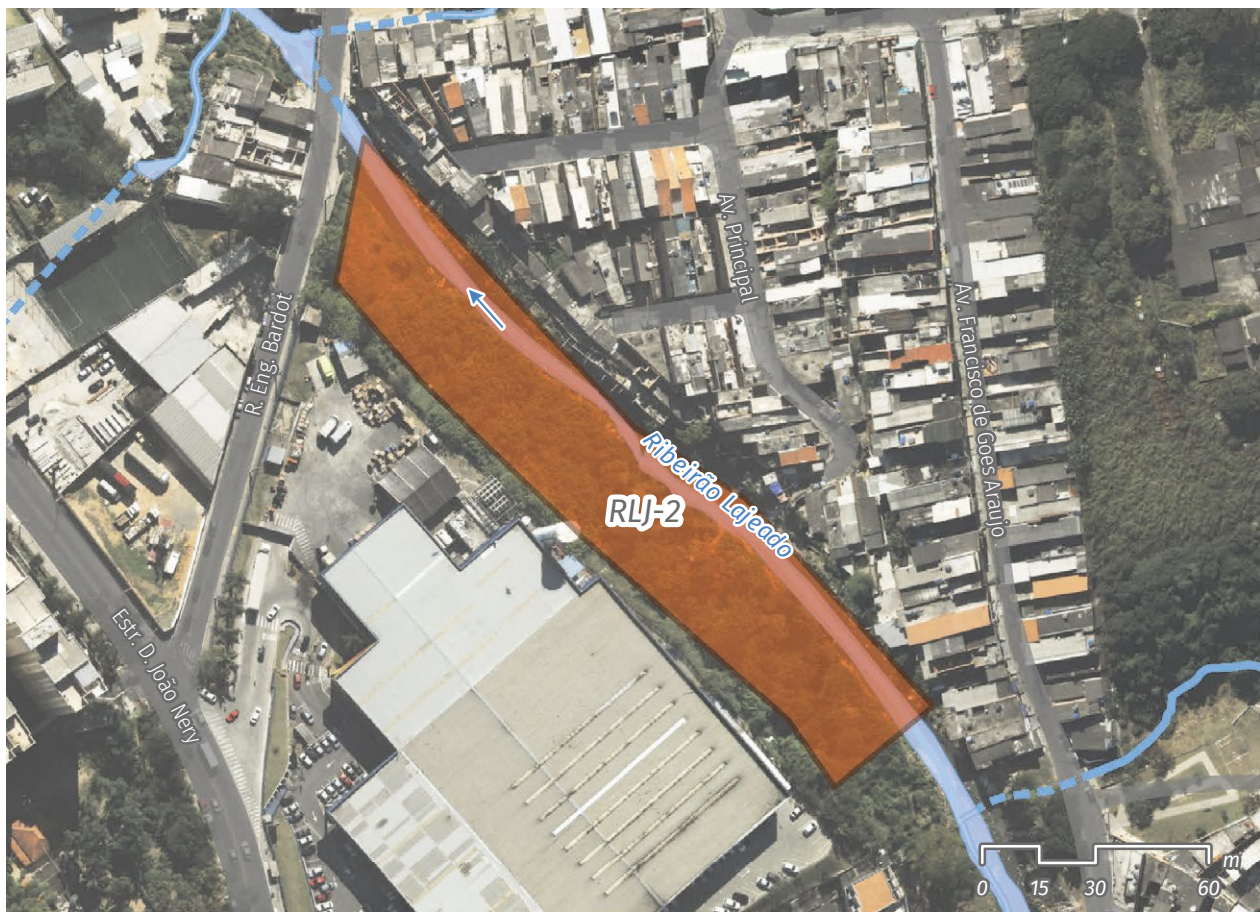
FIGURA 6.15 Localização do reservatório RLJ-1



Reservatório – RLJ-1
Alternativas 1 (4ª etapa) e 2 (3ª etapa)
Volume: 48 mil m³
Área: 12.000 m²
Profundidade: 4,0 m
Localização: entre as estradas D. João Nery e do Lageado Velho
Características: Aberto em concreto, *in line* e com esgotamento por gravidade



FIGURA 6.16 Localização do reservatório RLJ-2



Reservatório – RLJ-2
 Alternativa 2 (1ª etapa)
 Volume: 91 mil m³
 Área: 6.500 m²
 Profundidade: 14,0 m
 Localização: entre as ruas S. Miguel e Eng. Bardot
 Características: fechado em concreto,
 off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.17 Localização do reservatório RLJ-3



Reservatório – RLJ-3

Alternativa 2 (1ª etapa)

Volume: 114 mil m³

Área: 6.000 m²

Profundidade: 17,0 m

Localização: entre as ruas Plácido Pereira Lima e Beira Rio

Características: fechado em concreto, off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.18 Localização do reservatório RLJ-4



Reservatório – RLJ-4

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa e 4ª etapa)

Volume: 70 mil m³ (1ª etapa) e 86 mil m³ (4ª etapa);
volume final: 156 mil m³

Área: 5.400 m² (1ª etapa) e 6.600 m² (4ª etapa);
área final: 12.000 m²

Profundidade: 13,0 m

Localização: entre a Estr. D. João Nery e a R. Areias

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.19 Localização do parque linear RLJ-5



Reservatório – RLJ-5

Alternativas 1 e 2 (4ª etapa e 2ª etapa)

Volume: 133 mil m³

Área: 9.500 m²

Profundidade: 14,0 m

Localização: entre as avenidas Ipê Roxo e José de Moraes Cabral

Características: fechado em concreto, off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.20 Localização do parque linear RLJ-6



Reservatório – RLJ-6
 Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
 Volume: 225 mil m³
 Área: 7.500 m²
 Profundidade: 30,0 m
 Localização: entre as ruas Celso Barbosa Lima
 e Dr. Oscar Egídio de Araújo
 Características: fechado em concreto,
 off line e com esgotamento por bombas



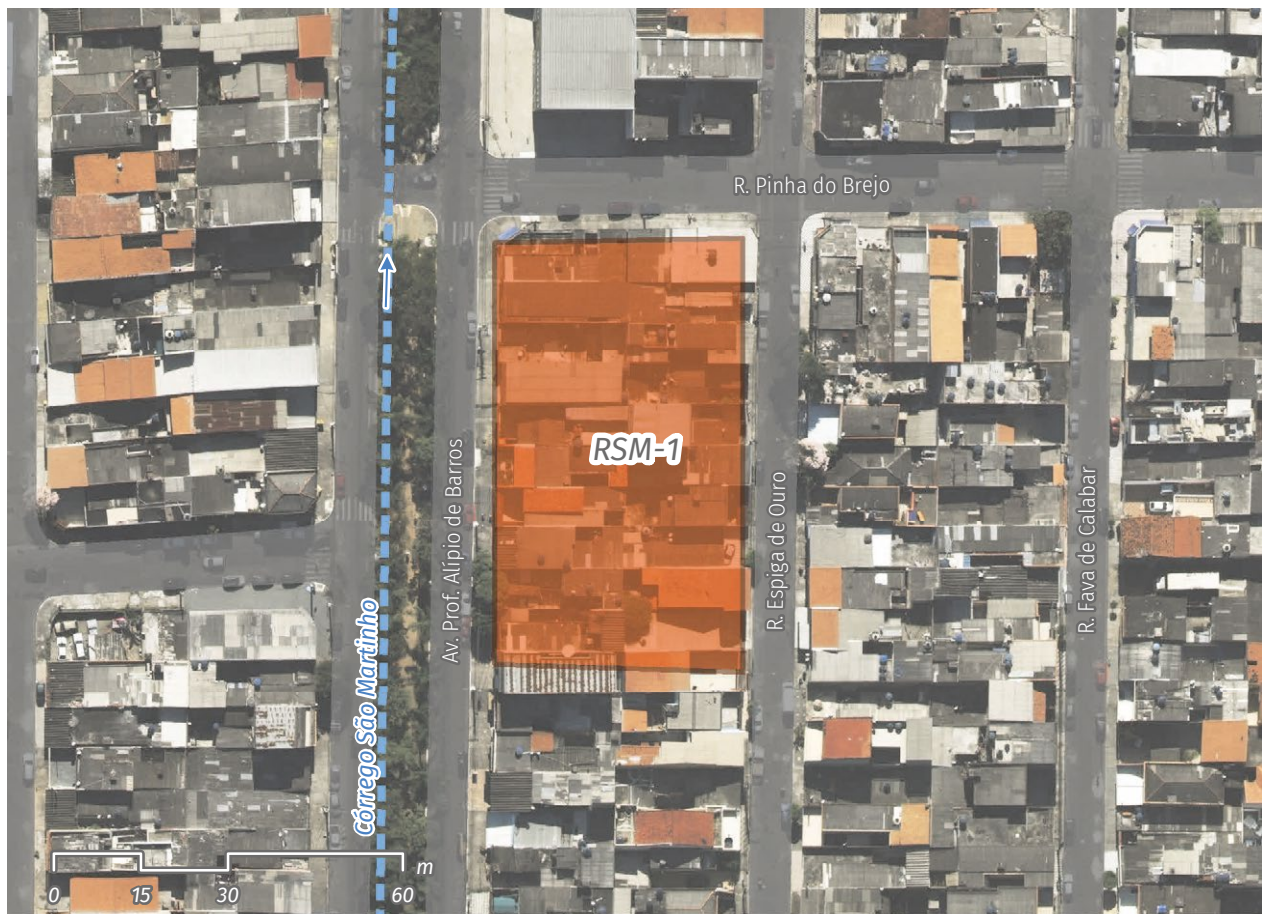
FIGURA 6.21 Localização do reservatório do pôlder DLJ-1



Reservatório – DLJ-1
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 14 mil m³
Área: 3.500 m²
Profundidade: 4,0 m
Localização: junto ao Pq. Estadual Itaim Biacica
Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.22 Localização do reservatório RSM-1



Reservatório – RSM-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 27,9 mil m³

Área: 3.100 m²

Profundidade: 9,0 m

Localização: entre as ruas Camões e Pinha do Brejo

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.23 Localização do reservatório RSM-2



Reservatório – RSM-2

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 20 mil m³

Área: 5.100 m²

Profundidade: 3,9 m

Localização: entre as ruas Erva do Sereno e Samoa Ocidental

Características: fechado em concreto, off line e com esgotamento por bombas

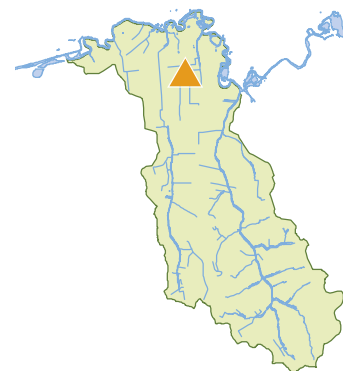


FIGURA 6.24 Localização do reservatório RSM-3



Reservatório – RSM-3

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 24,2 mil m³

Área: 2.200 m²

Profundidade: 11,0 m

Localização: entre as ruas Borboleta Amarela e Serra do Apodi

Características: fechado em concreto, *off line* e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.25 Localização do reservatório do pôlder DSM-1



Reservatório – DSM-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 67,5 mil m³

Área: 15.000 m²

Profundidade: 4,5 m

Localização: R. Manima

Características: fechado em concreto e com esgotamento por bombas



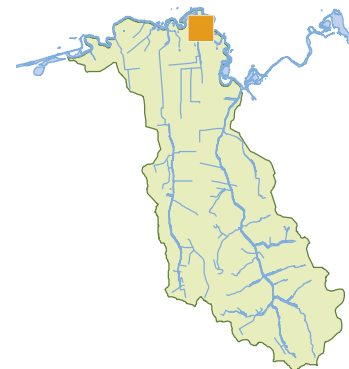
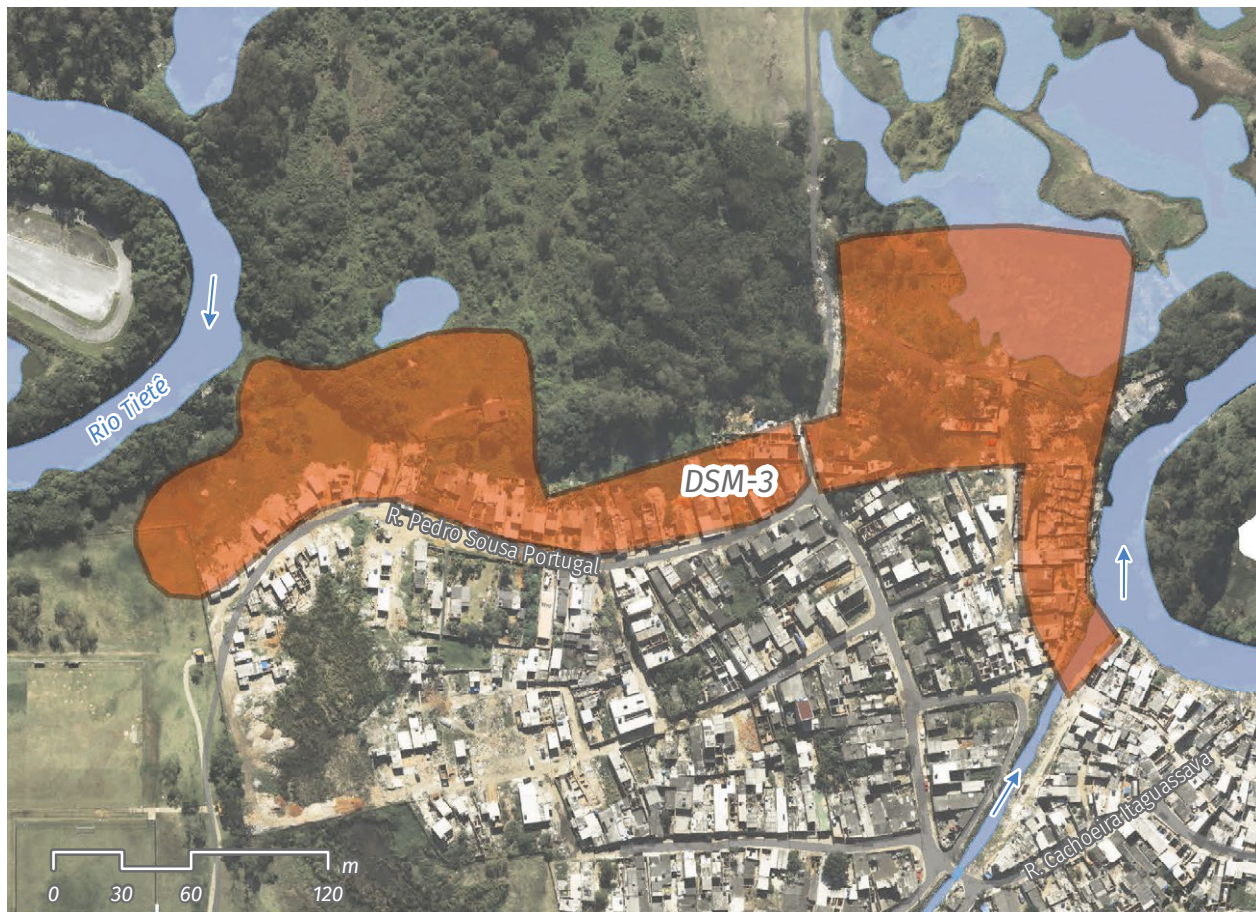
FIGURA 6.26 Localização do reservatório do pôlder DSM-2



Reservatório – DSM-2
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 12,2 mil m³
Área: 3.500 m²
Profundidade: 3,5 m
Localização: R. Tabaranas
Características: fechado em concreto
e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.27 Localização do reservatório do pôlder DSM-3



Reservatório – DSM-3

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 25,5 mil m³

Área: 8.500 m²

Profundidade: 3,0 m

Localização: foz

Características: fechado em concreto e com esgotamento por bombas

6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DAS MEDIDAS PROPOSTAS NAS ALTERNATIVAS

Neste item é apresentada a proposta paisagística desenvolvida para o pântano do Jardim Pantanal, com o objetivo de aprimorar o espaço urbano, a paisagem e o meio ambiente. Para tanto, foram considerados critérios urbanísticos e paisagísticos que buscam a integração harmoniosa das infraestruturas de drenagem com o ambiente urbano. São expostos esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte da proposta do parque e da lagoa do Jardim Helena.

O projeto contempla a construção de um pântano constituído de um dique e de um reservatório dotado de um sistema

de bombeamento, de modo a proteger as áreas baixas da várzea do Rio Tietê na região do Jardim Pantanal.

A estrutura do dique será composta de um trecho de taludes construídos em terra ao longo do Rio Tietê e da lagoa. Na área junto ao Parque Jardim Helena, a estrutura do dique será constituída de um muro de concreto.

Para o reservatório do pântano foi elaborado um cenário de implantação que contempla a revitalização da área de várzea do Rio Tietê. Essa proposta consiste na criação de um parque de várzea associado a uma lagoa, que também irá funcionar como um reservatório associado ao sistema de armazenamento do pântano.

FIGURA 6.28 Vista aérea atual da área de várzea do Rio Tietê no Jd. Pantanal





FIGURA 6.29 Perspectiva aérea da implantação do parque de várzea e da lagoa do pôlder





FIGURA 6.30 Vista aérea atual da área de várzea do Rio Tietê no Jd. Pantanal, vista para montante do Rio Tietê





FIGURA 6.31 Perspectiva aérea da implantação do parque de várzea e da lagoa do pôlder, vista para montante do Rio Tietê





FIGURA 6.32 Perspectiva interna do parque de várzea e da lagoa do pôlder





FIGURA 6.33 Planta da implantação do parque de várzea e da lagoa do pôlder no Jd. Pantanal



Decks de permanência

Biovaleta

Rua compartilhada

Dique em concreto

0 75 150 m





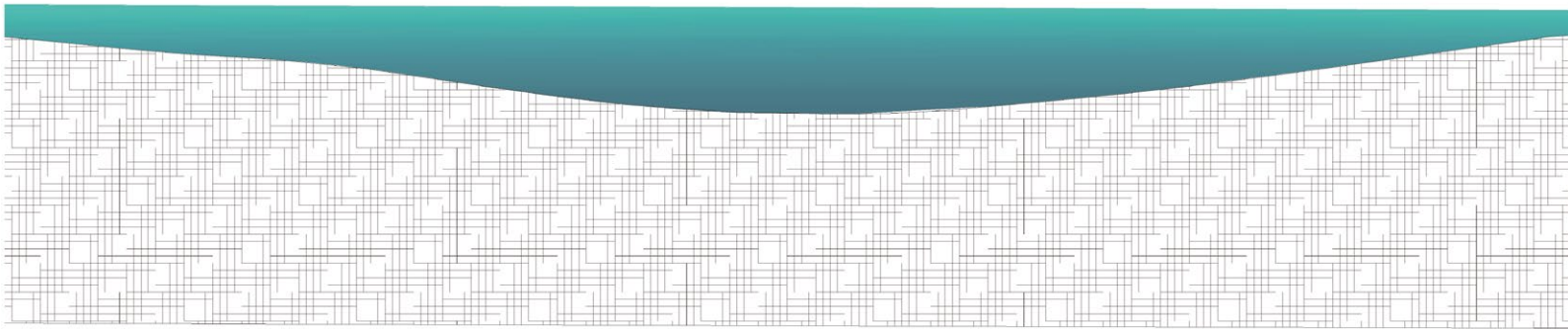
Dique naturalizado

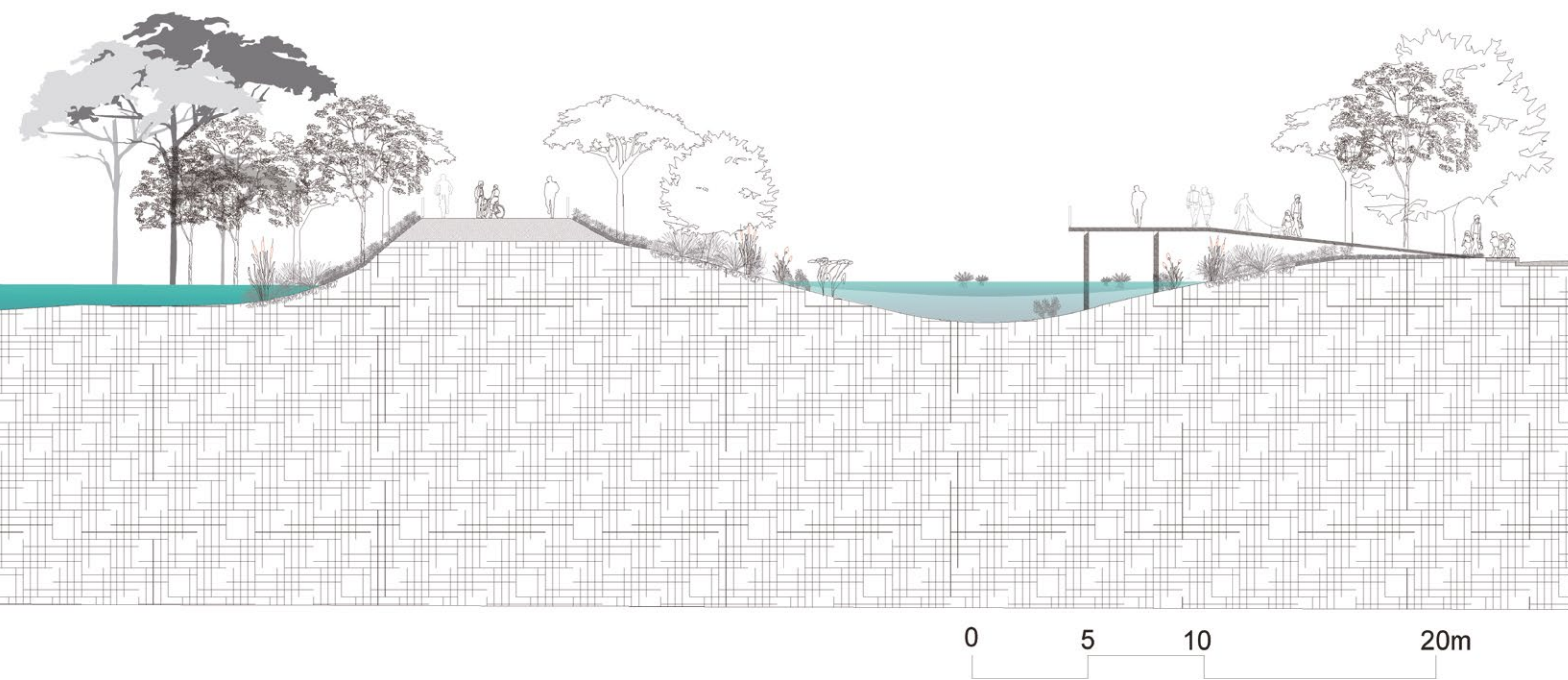
Caminhos e ciclovia

Lagoa de retenção

Reservatório

FIGURA 6.34 Corte da implantação do parque de várzea e da lagoa do pôlder no Jd. Pantanal





6.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

As intervenções propostas em cada alternativa para as bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho foram dimensionadas a partir da premissa de que o sistema de drenagem existente opera com sua capacidade máxima, conforme as seções transversais e travessias mapeadas no levantamento de campo. Ressalta-se que o desempenho adequado das medidas propostas está diretamente relacionado à manutenção, desobstrução e limpeza dos canais abertos e das galerias e, consequentemente, à preservação de sua capacidade de escoamento.

Recomenda-se que as áreas situadas imediatamente a jusante das obras de caráter emergencial, recentemente implantadas nas bacias estudadas, recebam monitoramento especial, vistorias e proteção para a população residente, uma vez que as modificações contemplaram apenas trechos de canalização de córregos. Em curto prazo, na ausência de medidas de reservação de águas pluviais, a canalização executada tem o potencial de acelerar a velocidade de escoamento e agravar as inundações a jusante.

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 (PMAPSP), do Plano Diretor de Drenagem (PDD), pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico.

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

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

Como exemplo, foram estimadas as zonas de inundação geradas 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 segue²³:

- 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;

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

- 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 a erosão;
- Para os pavimentos de edificações com risco de inundação, prever o escoamento através da estrutura, evitando o desmoronamento de paredes.

A **FIGURA 6.35** 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.

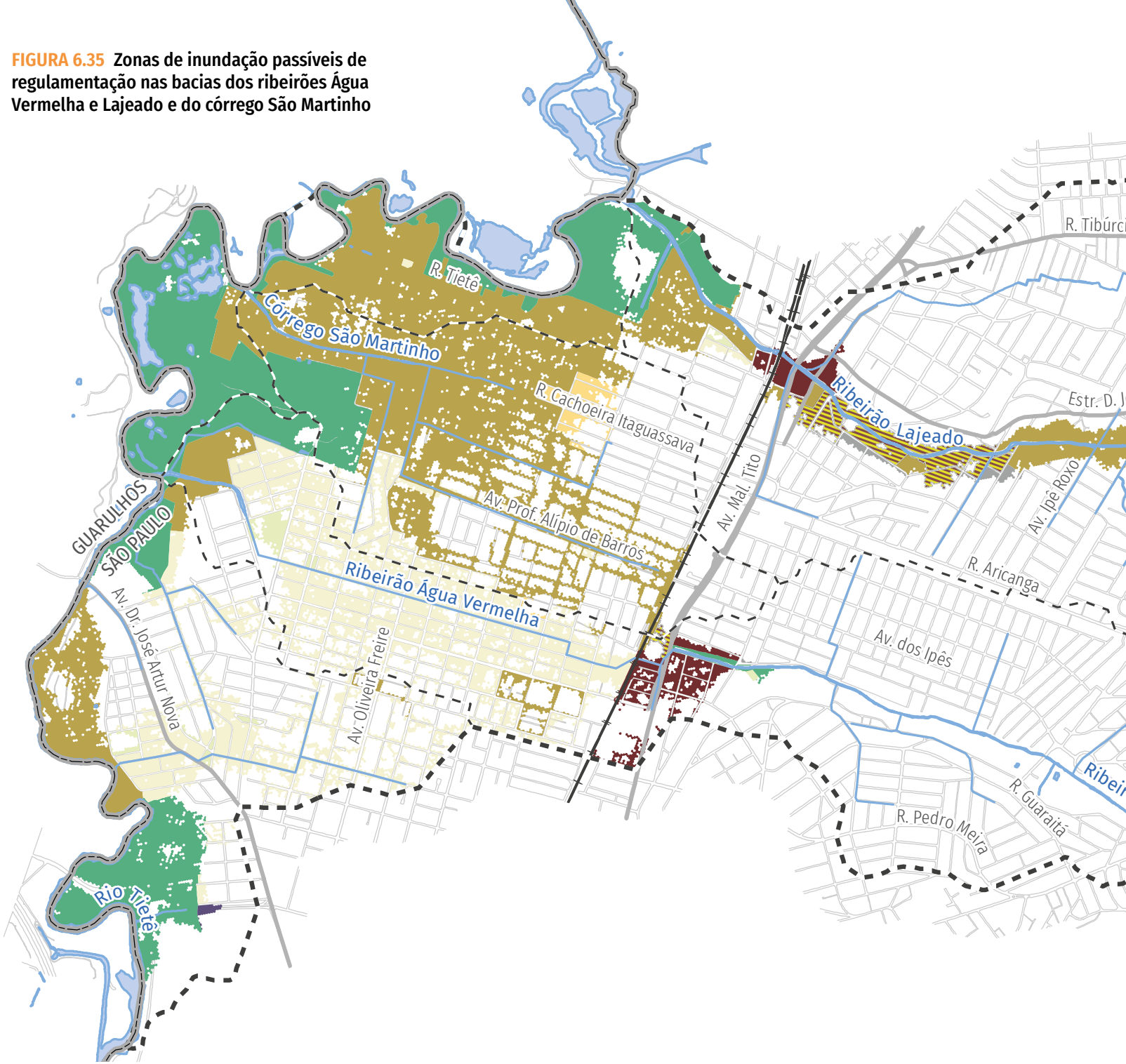
A regulamentação dos usos em zonas com restrições deve prever o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em emergências.

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








Área inundável do Pq. Estadual Jd. Helena (foto: FCTH)















FIGURA 6.35 Zonas de inundação passíveis de regulamentação nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Linha férrea

Zoneamento

- | | | |
|---|--|--|
|  ZC |  ZEIS-3 |  ZM |
|  ZC-ZEIS |  ZEPAM |  ZMa |
|  ZCa |  ZEU |  ZPI-1 |
|  ZEIS-1 |  ZEUP |  Praça e canteiro |
|  ZEIS-2 |  ZEUa | |



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



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 Gestão de Emergências (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 das Subprefeituras (SMSUB). 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 e Desenvolvimento 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 6.36**.

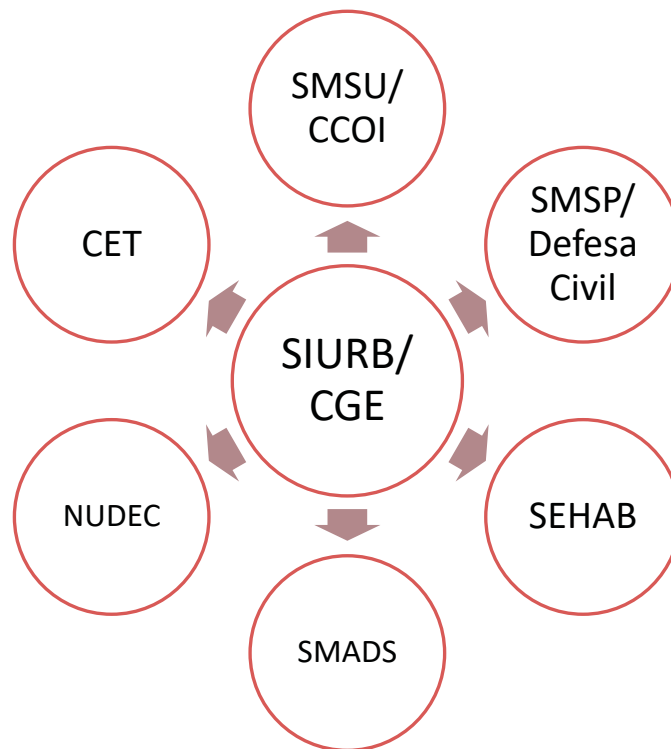


FIGURA 6.36 Articulação institucional em situações de emergência

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.

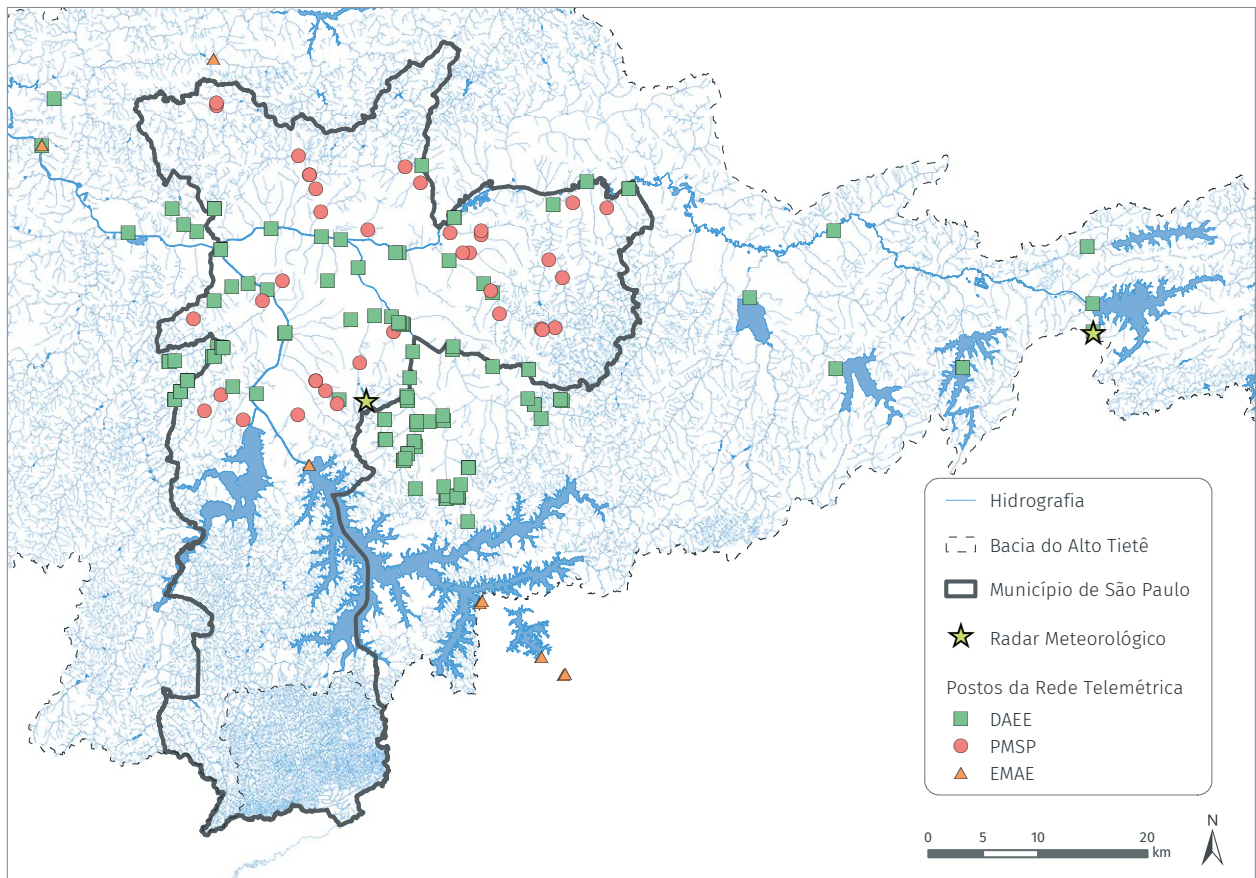


FIGURA 6.37 Postos da rede telemétrica do SAISP

O mapa da FIGURA 6.33 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.

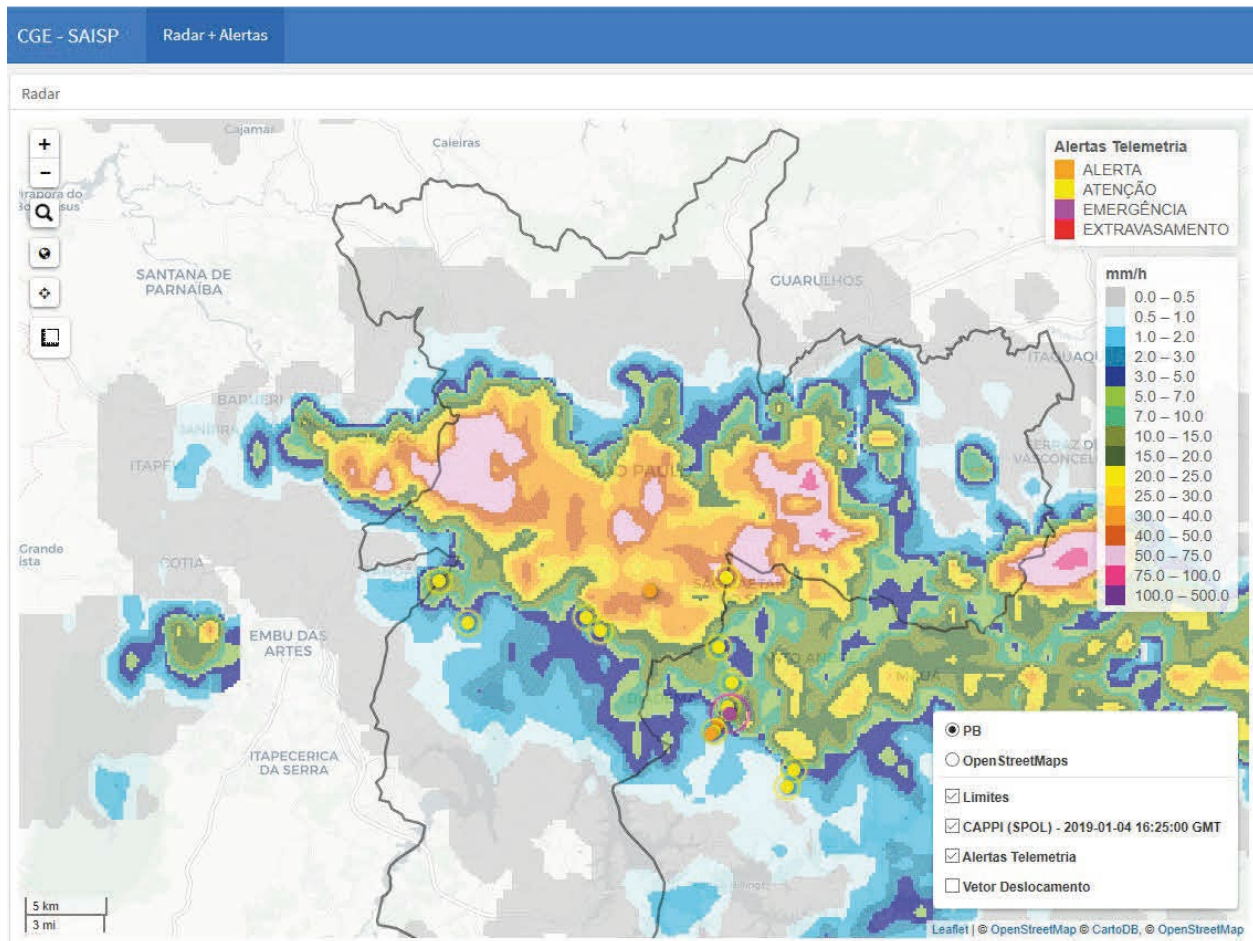


FIGURA 6.38 Mapa de chuva observada e alertas da telemetria

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 6.40** indica o nível do posto 636 – Ribeirão Lajeado – Rua Manuel Barbalho de Lima, durante a passagem da onda de cheia nos eventos de 13 e 14 de fevereiro de 2023 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.

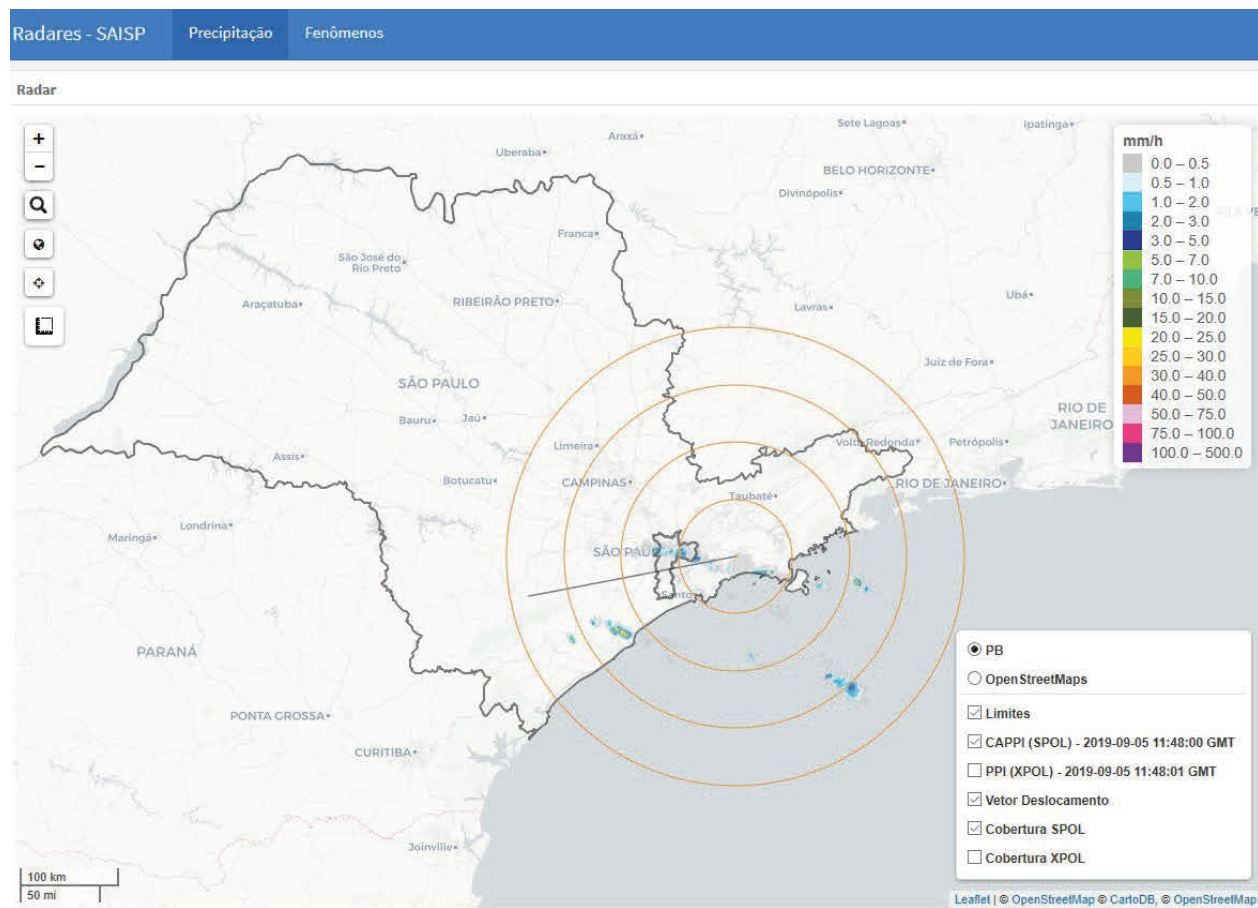


FIGURA 6.39 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

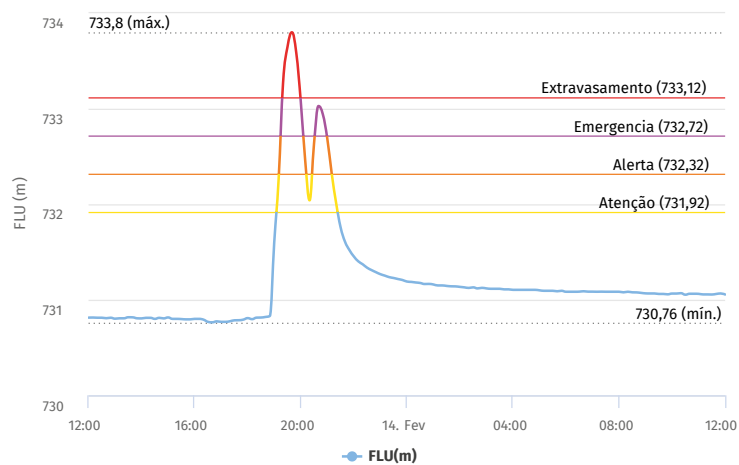


FIGURA 6.40 Nível do posto 636 – Ribeirão Lajeado – R. Manuel Barbalho de Lima

6.7 MEDIDAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS

As medidas de drenagem sustentáveis 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.

Incluídas nesse conjunto de medidas estão também as Soluções baseadas na Natureza (SbN), que constituem dispositivos que se valem da natureza e de suas funções ecossistêmicas para proteger, preservar, restaurar, utilizar de maneira sustentável e gerenciar ecossistemas terrestres e aquáticos. Essas soluções têm o propósito de enfrentar os desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptável, ao mesmo tempo em que fomentam o bem-estar humano, os serviços ecossistêmicos, a resiliência e os benefícios para a biodiversidade²⁴.

O papel das medidas de drenagem sustentáveis 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 de drenagem sustentáveis 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 6.7.

24. UNEP (United Nations Environment Programme). **Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up**. Nairóbi: UNEP, 2022.

TABELA 6.7 Tipologia das principais medidas de drenagem sustentáveis
(PMS, 2012²⁵; UACDC, 2010²⁶ e MPCA, 2019²⁷)

Medida	Descrição
<p>Jardim de chuva (biorretenção)</p> 	<p>Função: filtração, infiltração e detenção (SbN)</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 (SbN)</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 (SbN)</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 (SbN)</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>

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

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

27. 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 6.7 Tipologia das principais medidas de drenagem sustentáveis
(PMSP, 2012²⁵; UACDC, 2010²⁶ e MPCA, 2019²⁷)

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>

O *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais* (PMSP, 2012) apresenta os critérios de seleção das medidas de drenagem sustentáveis 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 drenagem sustentáveis, é apresentado na **FIGURA 6.41** um mapa que, em função da declividade e da geologia das bacias, indica o potencial de implantação das medidas nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho. 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%.

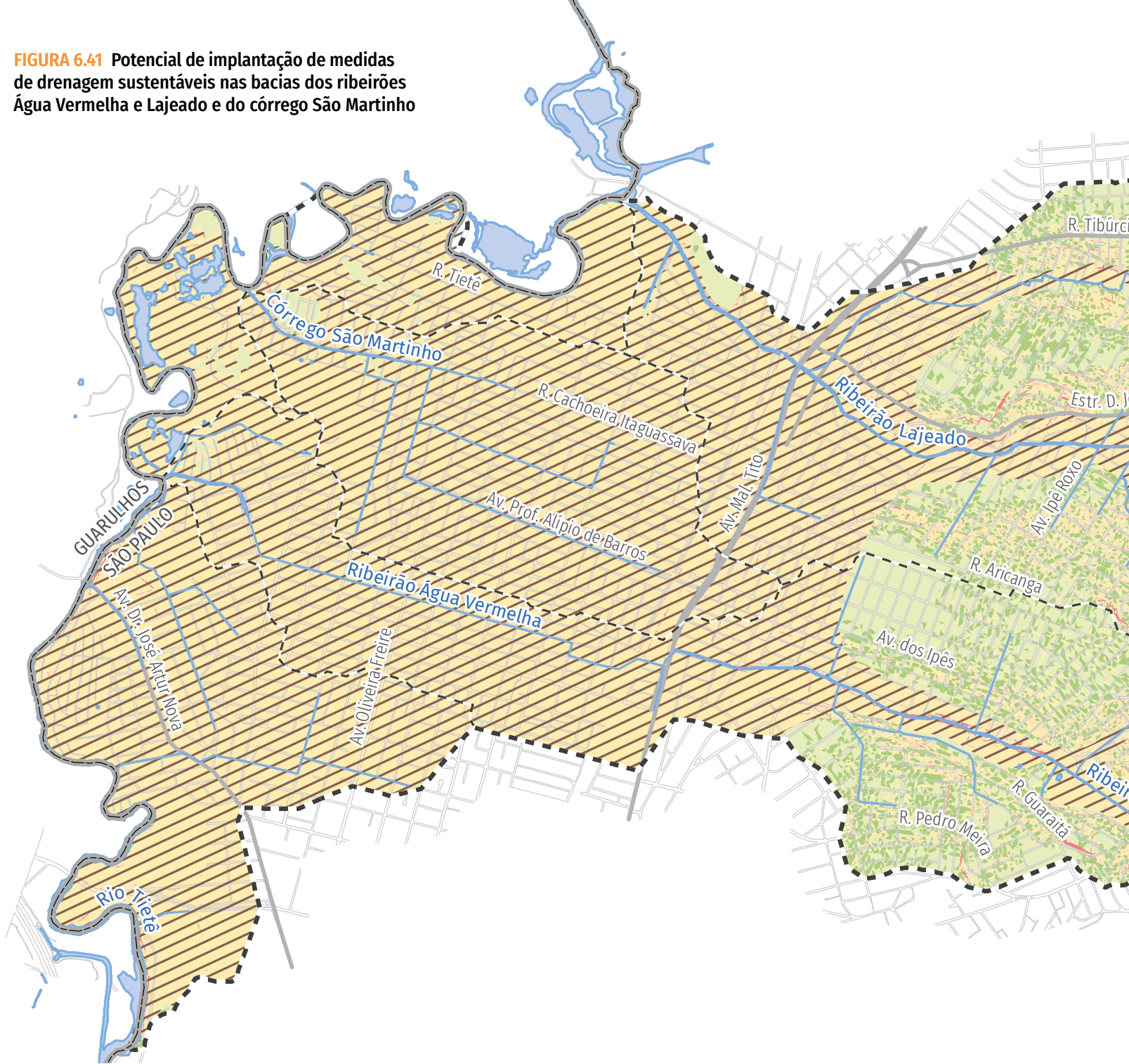
As classes potenciais levam em consideração dois importantes requisitos para a implantação de medidas de controle infiltrantes: declividades entre 0% e 5% e níveis baixos do lençol freático. Nos locais que não se enquadram nessas condições, a aplicabilidade dessas medidas de infiltração não é aconselhável, 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.






Verifica-se que as bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho apresentam alta potencialidade para a implantação de medidas de drenagem

sustentáveis, de forma que os dispositivos, desde que implantados de maneira extensiva e com a manutenção adequada, podem ser contemplados como parte da alternativa para o controle de cheias nas bacias. A aplicação das medidas aqui relacionadas, conjuntamente com os sistemas de drenagem convencionais, conduz a uma gestão sustentável da drenagem urbana no Município de São Paulo.





FIGURA 6.41 Potencial de implantação de medidas de drenagem sustentáveis nas bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho



Convenção

-  Bacia hidrográfica
-  Rede hídrica
-  Quadra viária
-  Limite municipal
-  Planície aluvial

Potencial de implantação de medidas de controle na fonte

-  Muito alto
-  Alto
-  Médio
-  Baixo



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



Etapas de implantação das alternativas

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

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

A **TABELA 7.1** apresenta os efeitos das alternativas na área atingida 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** ilustra a mancha de inundação originada de uma chuva com Tr 5 anos para a situação atual e para a condição sem chuva nas bacias, com nível do Rio Tietê alto (máximo observado). Vale ressaltar que foi utilizado o período de retorno de 5 anos por se tratar de uma

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

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

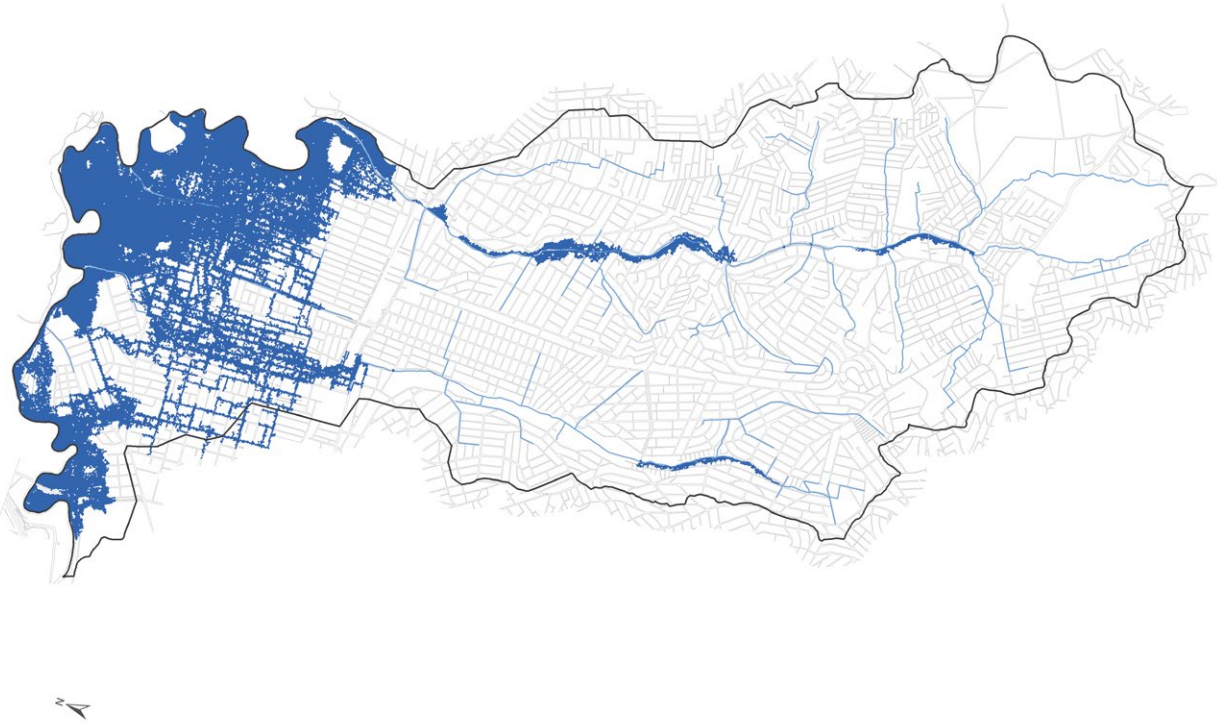
4ª etapa de obras, não restam manchas de inundação nos cenários estudados.

As figuras ilustram o comportamento das manchas quando implantadas as obras previstas em cada etapa e quando submetidas a uma chuva de 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 as bacias

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km ²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	4,097	14.859
1ª etapa (Tr 5 anos)	Alternativa 1	0,358	1.479
	Alternativa 2	0,295	1.117
2ª etapa (Tr 10 anos)	Alternativa 1	0,337	1.472
	Alternativa 2	0,182	650
3ª etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,211	1.062
	Alternativa 2	0,138	618
4ª etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0	0
	Alternativa 2	0	0

Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos



Sem intervenção – sem chuva nas bacias – nível do Tietê alto

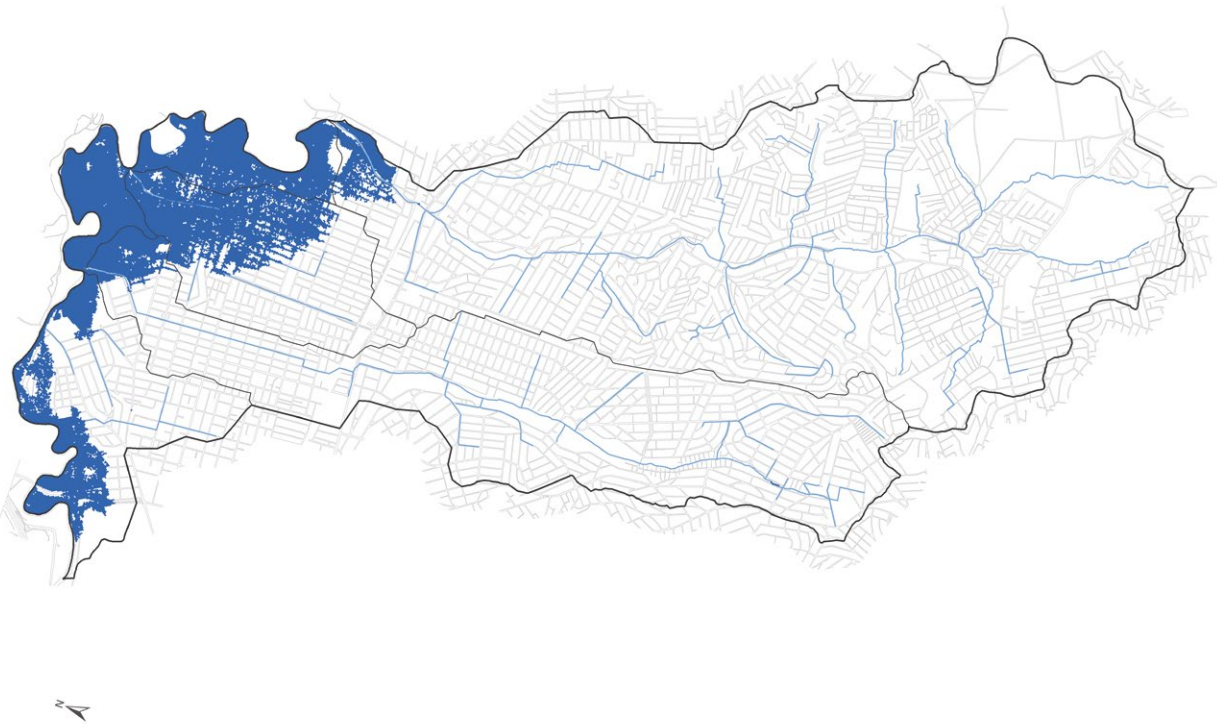
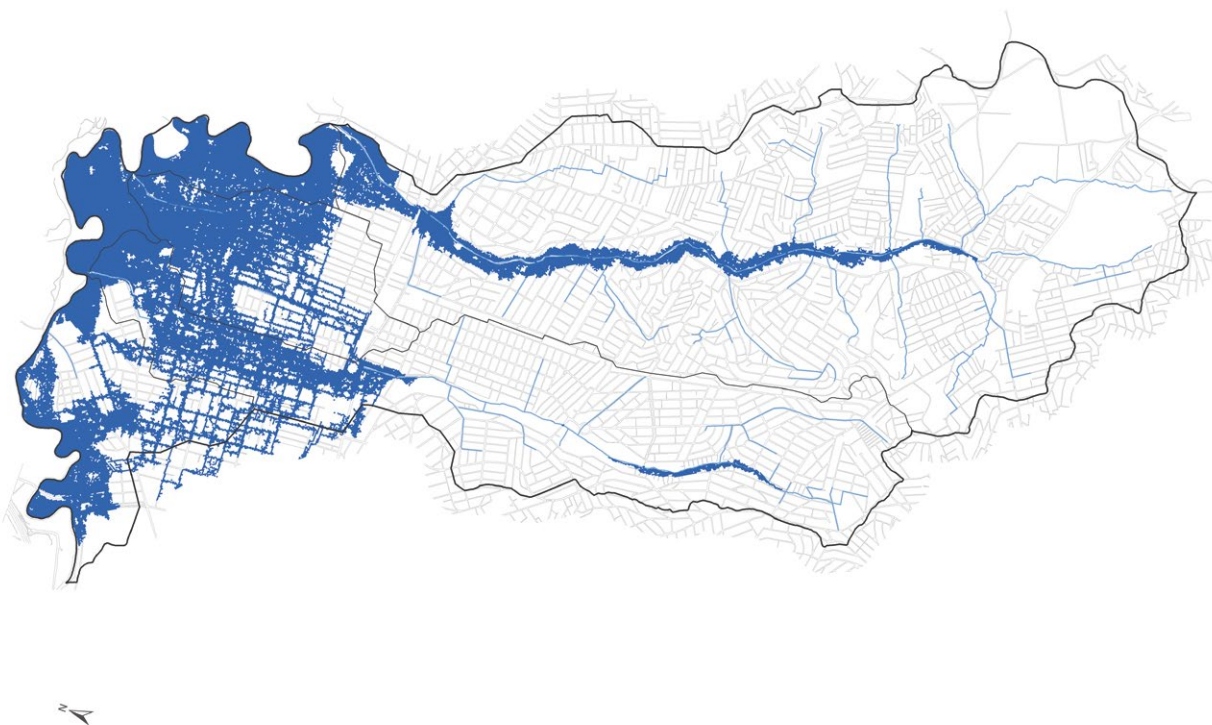
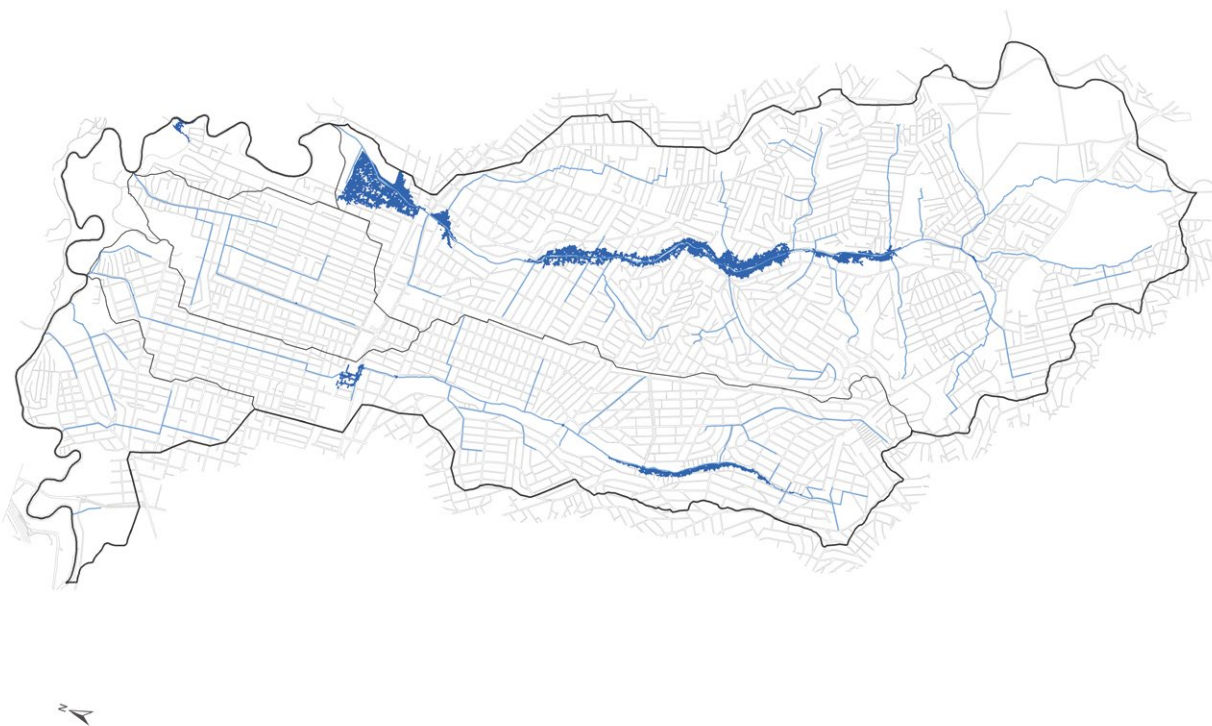


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos e para a condição sem chuva nas bacias com nível do Tietê alto, ambos sem intervenção

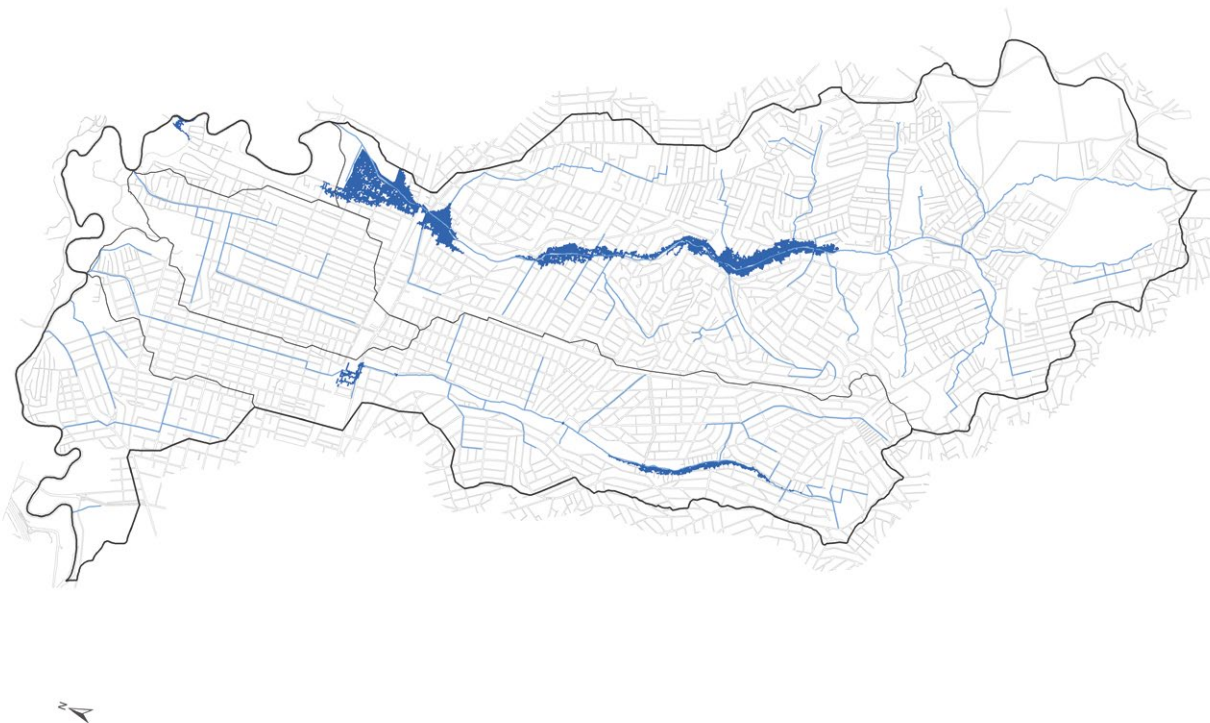
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



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



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



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

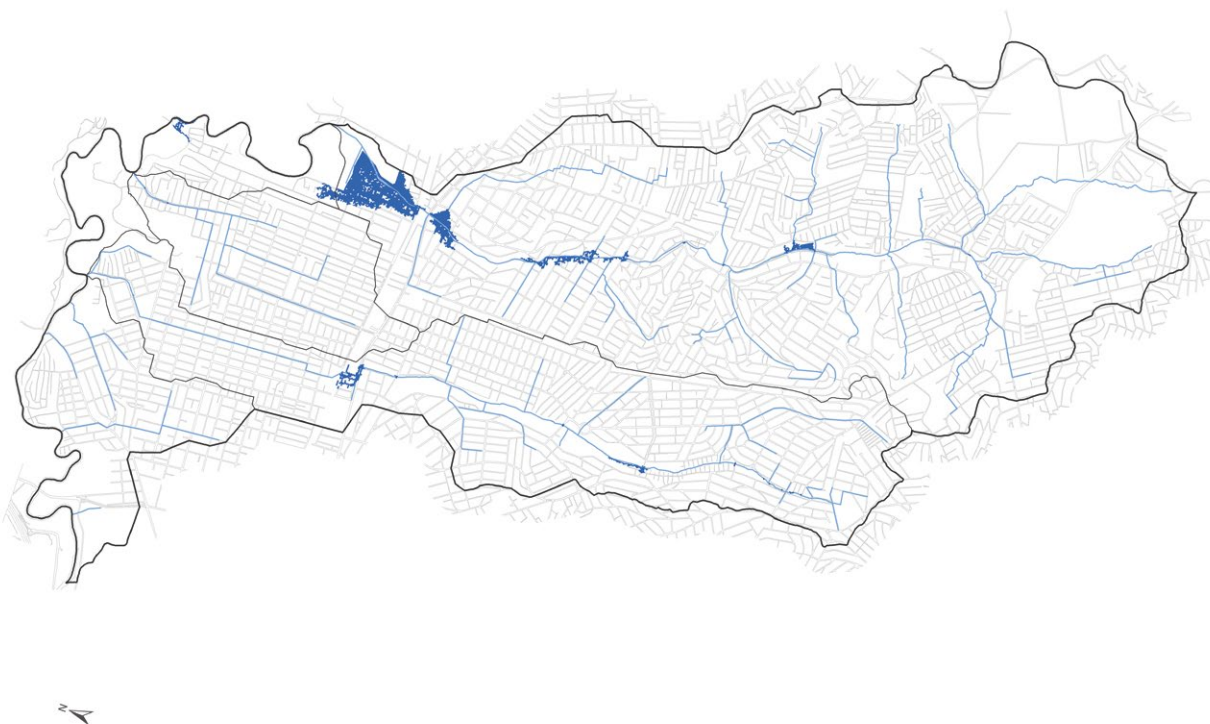
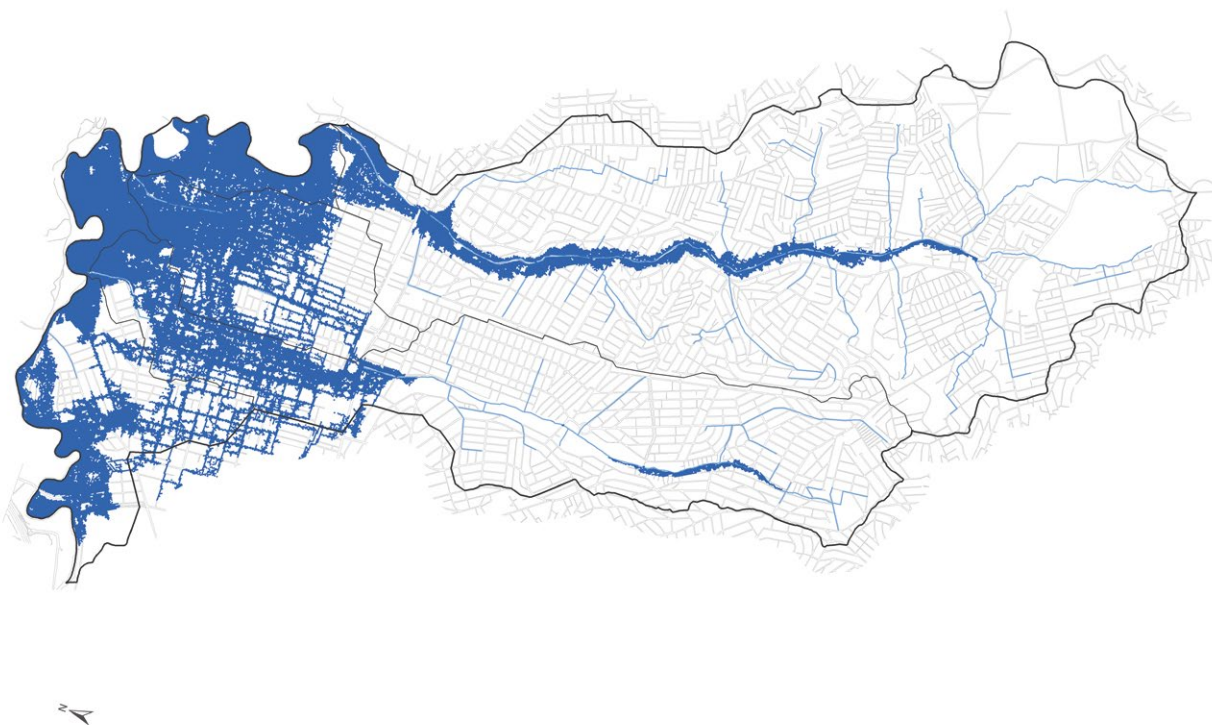
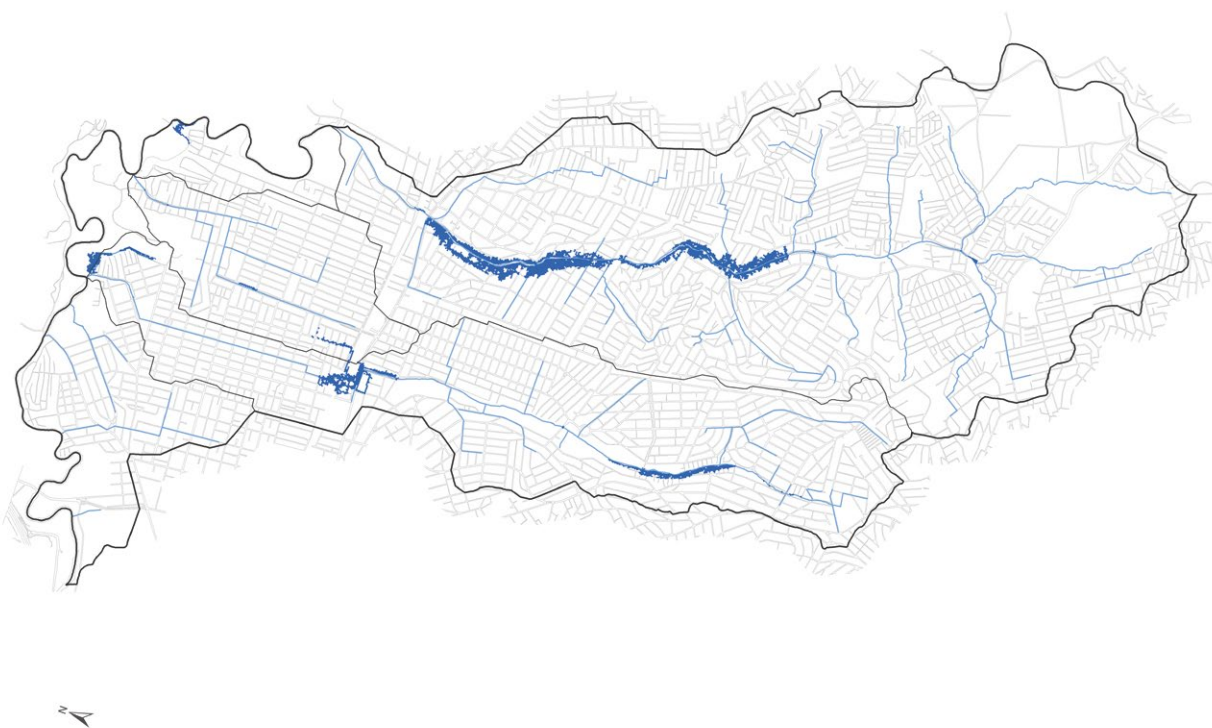


FIGURA 7.2 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1

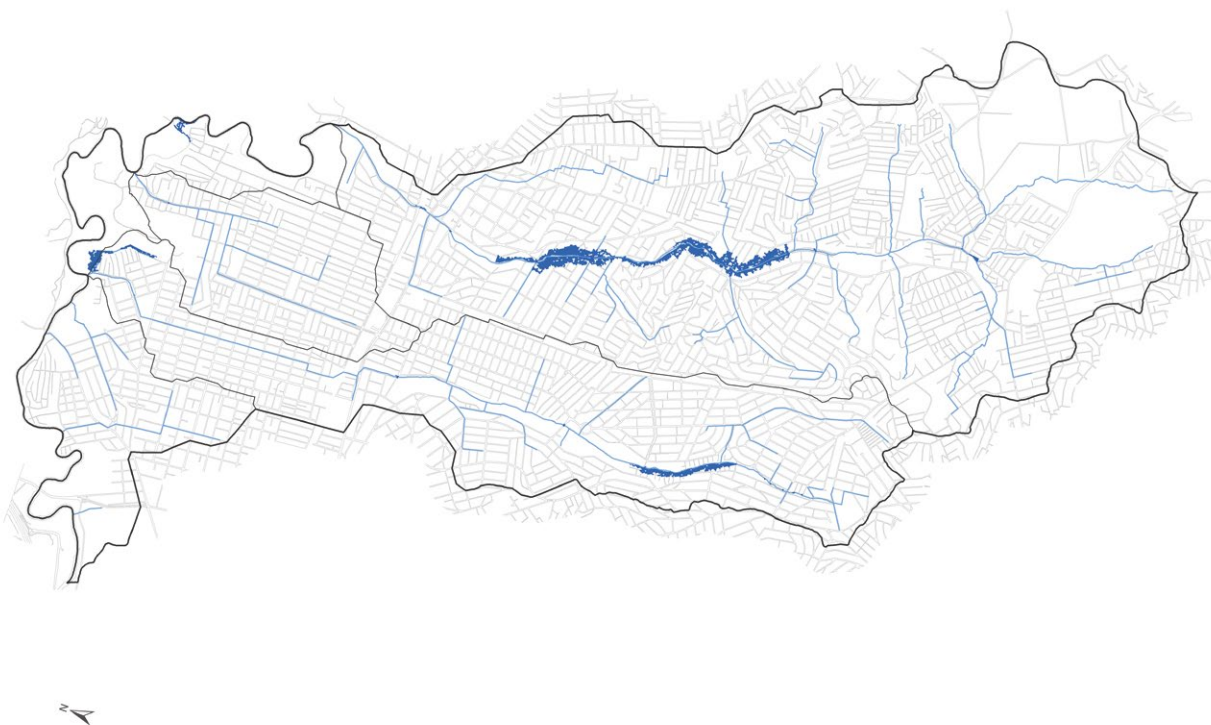
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos



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



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



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

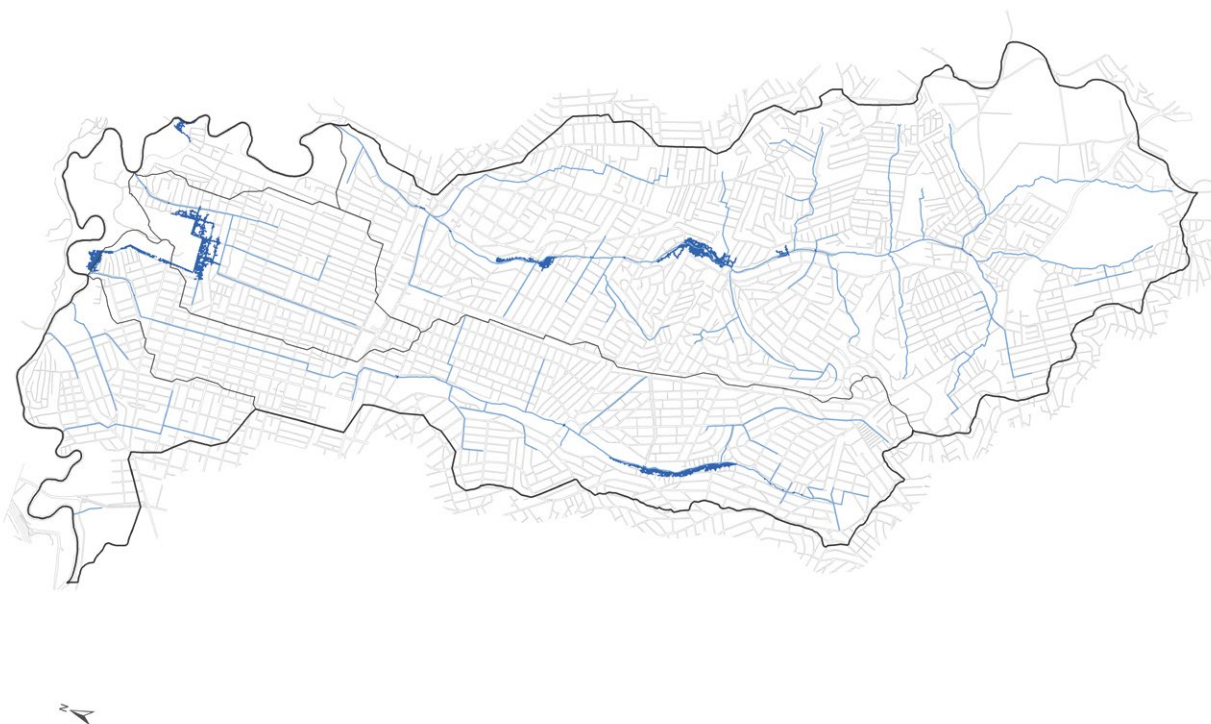


FIGURA 7.3 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

7.1 DESEMPENHO DAS INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA

O desempenho individual, ou de agrupamentos, de medida de controle de cheias foi verificado considerando a redução da mancha de inundação quando a infraestrutura é submetida a uma chuva de 5 anos de recorrência.

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

A área da mancha de inundação na configuração da rede atual para uma chuva de Tr 5 anos nas bacias é de 3,23 km².

Para esta verificação, foi realizada uma simulação no modelo PCSWMM, inicialmente considerando a implantação dos três pôlderes para a proteção de áreas baixas. Com isso, constatou-se que a área da mancha com período de retorno de 5 anos foi reduzida de 3,23 km² para 0,94 km², o que equivale a uma redução de aproximadamente 71%. Para a condição de nível alto do Tietê

sem chuva na bacia, a redução da mancha proporcionada pelos sistemas de pôlderes é de 100%. Em seguida, analisou-se a redução adicional com a implantação, além dos pôlderes, dos seguintes conjuntos de intervenções:

- Readequação de travessia na Rua Doutor Miguel Vieira Ferreira, seguida por canalização entre essa travessia e a Rua Gonçalo Castelão (58 m); canalização entre a Avenida Barão Luís de Arariba e a Rua Gerônimo Barbosa da Silva (140 m); alteamentos de ponte nas ruas Gerônimo Barbosa da Silva e Pontal do Rio Pardo, com canalização entre os alteamentos (207 m);
- Alteamento de ponte na Rua João Batista Malio e 1ª etapa de implantação do reservatório RLJ-4, cuja capacidade inicial é de 70.000 m³ e que está localizado entre a Estrada Dom João Nery e a Rua Areias;
- Canalização entre a Estrada Dom João Nery e a Rua Lagoa Cajubá (491 m), seguida por um alteamento de ponte nessa rua; alteamentos de ponte na Avenida Ipê-Roxo e Rua Celso Barbosa Lima, sendo canalizados os trechos entre eles (740 m) e entre a Rua Celso Barbosa Lima e Avenida Marechal Tito (183 m);

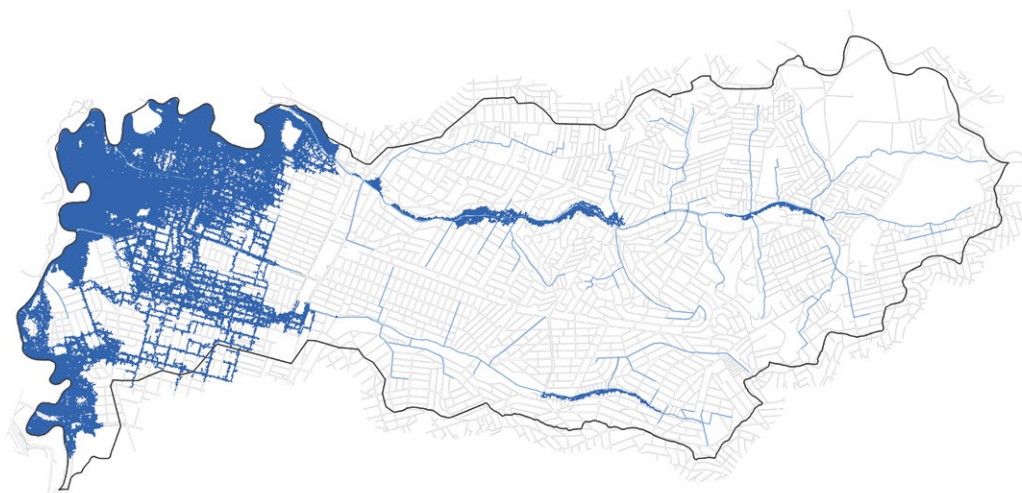
- Implantação do reservatório RLJ-6 (225.000 m³), entre as ruas Celso Barbosa Lima e Doutor Oscar Egídio de Araújo;
- Alçamento de ponte na Avenida Marechal Tito, seguida por canalização no trecho entre essa e a linha férrea da CPTM (60 m); canalização entre a Rua Cordão de São Francisco e a foz do ribeirão Lajeado (923 m);
- Canalização entre as ruas Clausetti e Benedito Raposo (768 m) com duas readequações de travessia: a primeira na Travessa Lisboa e a segunda, um pouco a mais a jusante, em uma rua sem denominação oficial;
- Canalização entre a Rua Faveira do Igapó e Avenida Marechal Tito (537 m) e implantação do reservatório RAV-1 (265.000 m³) na Praça do Galeão;
- Reforço de galeria entre a linha férrea da CPTM e a Rua Mamangá (1.641 m) e canalização entre a Rua Mamangá e a foz do ribeirão Água Vermelha (928 m).

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

A seguir, é indicado na **FIGURA 7.4** o impacto isolado de conjuntos de obras da 1ª etapa para a chuva de Tr 5 anos.

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

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



Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

3,233 km²

Sistemas de pôlderes



Descrição

Implantação dos três sistemas de pôlderes

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

2,290 km²

Custo estimado da medida

R\$ 543.430.000,00

Canalização e alteamentos de ponte – montante do ribeirão Lajeado



Descrição

Readequação de travessia (R. Dr. Miguel Vieira Ferreira); canalização (405 m); alteamentos de ponte nas ruas Gerônimo Barbosa da Silva e Pontal do Rio Pardo

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

0,011 km²

Custo estimado da medida

R\$ 37.840.000,00

Reservatório RLJ-4 (1ª etapa) e alteamento de ponte



Descrição

Reservatório RLJ-4 (1ª etapa de implantação, 70.000 m³) e alteamento de ponte na R. João Batista

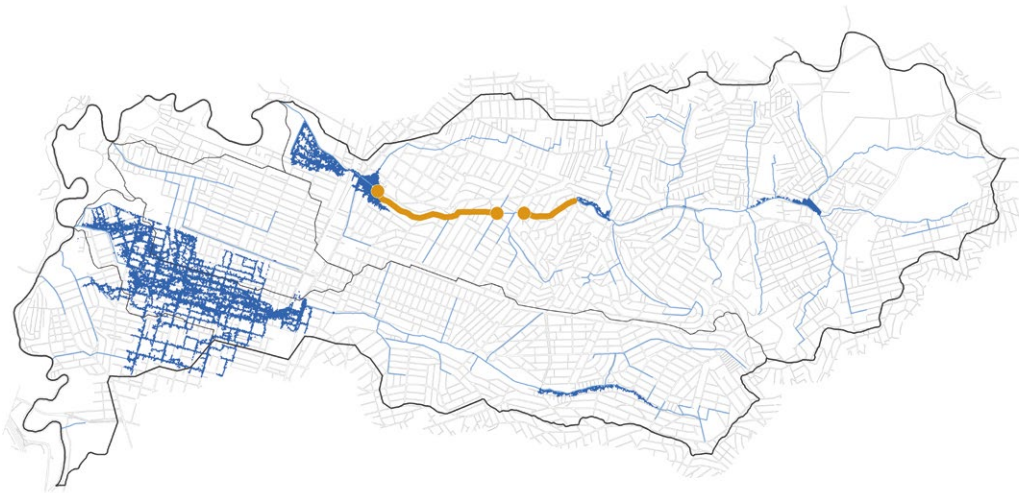
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,073 km²

Custo estimado da medida

R\$ 126.170.000,00

Canalização e alteamentos de ponte – médio Lajeado



Descrição

Canalização (1.414 m), e alteamentos de ponte na R. Lagoa Cajubá, na Av. Ipê Roxo e R. Celso Barbosa Lima

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

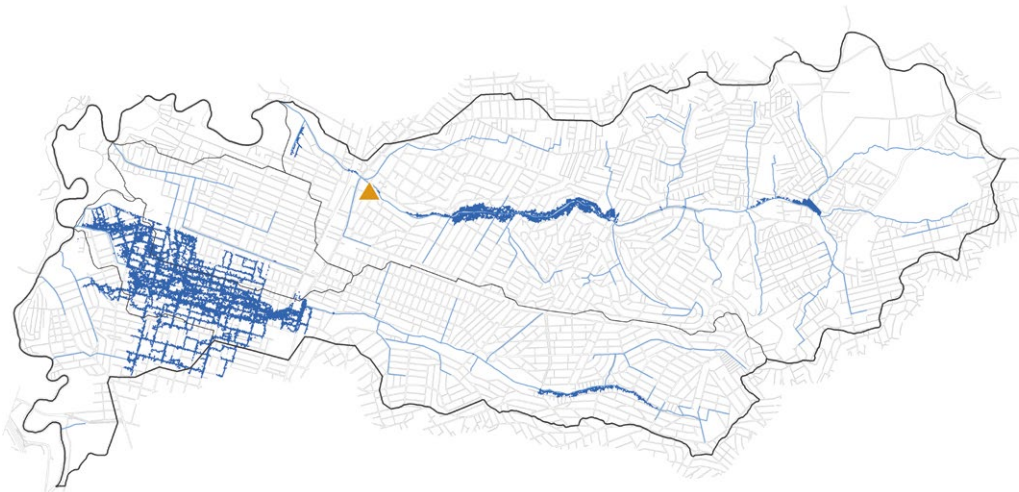
0,011 km²

Custo estimado da medida

R\$ 200.240.000,00



Reservatório RLJ-6



Descrição

Reservatório RLJ-6 (225.000 m³)

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

0,104 km²

Custo estimado da medida

R\$ 405.000.000,00



Alteamentos de ponte e canalização – baixo Lajeado



Descrição

Alteamento de ponte na Av. Mal. Tito, e canalização (983 m)

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

0,060 km²

Custo estimado da medida

R\$ 128.490.000,00

Canalização e readequações de travessia – montante do ribeirão Água Vermelha



Descrição

Canalização (768 m) e duas readequações de travessia, uma na Tv. Lisboa e outra em rua sem denominação oficial

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

0,038 km²

Custo estimado da medida

R\$ 12.780.000,00

Reservatório RAV-1 e canalização



Descrição

Canalização (537 m) e
implantação do reservatório
RAV-1 (265.000 m³)

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

0,402 km²

Custo estimado da medida

R\$ 514.230.000,00

Galeria de reforço e canalização – jusante do ribeirão Água Vermelha



Descrição

Galeria de reforço (1.641 m)
e canalização (928 m)

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

0,645 km²

Custo estimado da medida

R\$ 67.960.000,00

Custo estimado

A estimativa de custo foi realizada no intuito de dar subsídios à análise de viabilidade econômica da 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:

- Parque linear: custo médio de reservatório aberto em terra e sem bombeamento por m^3 de reservação, somado ao custo médio por m^2 de área com equipamentos de lazer e infraestrutura verde;
- Reservatório aberto em terra: custo médio de reservatório sem bombas por m^3 de reservação;
- Reservatório fechado com revestimento em concreto: custo médio de reservatório com bombas por m^3 de reservação;

- Galeria: custo médio por m³ de galeria em concreto armado moldada in loco e com método de construção a céu aberto;
- Canalização: custo médio por m³, considerando canais com revestimento em concreto armado ou gabião;
- Adequação de travessias: custo médio por m² de área superficial das travessias.

Da **TABELA 8.1** à **TABELA 8.5** são apresentados os custos estimados das alternativas 1 e 2 para os ribeirões Água Vermelha e Lajeado e córrego São Martinho. Foram indicadas todas as ações previstas nas etapas de cada alternativa, distinguindo os valores estimados em desapropriações, quando existentes.

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 do ribeirão Água Vermelha (valores com data base de abril/2024)						
Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Clausetti e a R. Água Boa	1.430.000,00	-	1.430.000,00
		Canalização	Entre a R. Água Boa e a Tv. Lisboa	680.000,00	-	680.000,00
		Readequação de travessia	Tv. Lisboa	170.000,00	-	170.000,00
		Canalização	Entre a Tv. Lisboa e rua sem denominação	600.000,00	-	600.000,00
		Readequação de travessia	Rua sem denominação	310.000,00	-	310.000,00
		Canalização	Entre rua sem denominação e a R. Con. Antônio Manzi	380.000,00	-	380.000,00
		Canalização	Entre a R. Con. Antônio Manzi e a R. Benedito Raposo	9.230.000,00	-	9.230.000,00
		Canalização	Entre a R. Faveira do Igapó e a R. Rosa-Musgo	18.400.000,00	-	18.400.000,00
		Canalização	Entre a R. Rosa-Musgo e a Av. Mal. Tito	15.440.000,00	-	15.440.000,00
		Reservatório RAV-1	Pç. do Galeão	480.600.000,00	-	480.600.000,00

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 do ribeirão Água Vermelha (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Água Vermelha	Galeria de reforço	Entre a linha férrea e a R. Cirilo Alves da Silva	124.100.000,00	-	124.100.000,00
		Canalização	Entre a R. Mamangá e a R. Cirilo Alves da Silva	5.880.000,00	-	5.880.000,00
		Canalização	Entre a R. Cirilo Alves da Silva e a foz	29.690.000,00	-	29.690.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Pedro de Sousa Portugal e a foz	3.800.000,00	-	3.800.000,00
		Pôlder DAV-1	Foz	64.900.000,00	-	64.900.000,00
	Área de Contribuição Direta (ACD)	Pôlder DAV-2	R. das Margaridas	56.050.000,00	-	56.050.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. das Margaridas e a Av. Félix Nascentes Pinto	4.670.000,00	-	4.670.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Félix Nascentes Pinto e a Av. Dr. José Artur Nova	3.310.000,00	-	3.310.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Dr. José Artur Nova e a R. Uaranapu	4.380.000,00	-	4.380.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Uaranapu e a R. Filipe Lazar	6.260.000,00	-	6.260.000,00
		Pôlder DAV-3	Tv. Adalberto dos Santos	48.600.000,00	-	48.600.000,00
3ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Bejuco e a R. Faveira do Igapô	30.790.000,00	-	30.790.000,00
4ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Benedito Raposo e a R. José Augusto Lobo	27.640.000,00	7.700.000,00	35.340.000,00
		Readequação de travessia	R. José Augusto Lobo	350.000,00	-	350.000,00
		Canalização	Entre a R. José Augusto Lobo e a Av. Água Vermelha	3.040.000,00	-	3.040.000,00
		Reservatório RAV-2	Pç. Mãe Preta	69.300.000,00	-	69.300.000,00
Total				1.010.000.000,00	7.700.000,00	1.017.700.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 do ribeirão Lajeado (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Lajeado	Readequação de travessia	R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	1.600.000,00	-	1.600.000,00
		Canalização	Entre a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira e a R. Gonçalo Castelão	2.001.000,00	-	2.001.000,00
		Canalização	Entre a Av. Barão Luís de Arariba e a R. Gerônimo Barbosa da Silva	12.670.000,00	-	12.670.000,00
		Alteamento de ponte	R. Gerônimo Barbosa da Silva	1.130.000,00	-	1.130.000,00
		Canalização	Entre a R. Gerônimo Barbosa da Silva e a R. Pontal do Rio Pardo	18.790.000,00	-	18.790.000,00
		Alteamento de ponte	R. Pontal do Rio Pardo	1.670.000,00	-	1.670.000,00
		Alteamento de ponte	R. João Batista Malio	610.000,00	-	610.000,00
		Reservatório RLJ-4	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Areias	126.000.000,00	-	126.000.000,00
		Canalização	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Lagoa Cajubá	44.570.000,00	-	44.570.000,00
		Alteamento de ponte	R. Lagoa Cajubá	1.670.000,00	-	1.670.000,00
		Alteamento de ponte	Av. Ipê-Roxo	1.750.000,00	-	1.750.000,00
		Canalização	Entre a Av. Ipê-Roxo e a R. Iguaraçu	47.000.000,00	-	47.000.000,00
		Canalização	Entre a R. Iguaraçu e a R. Celso Barbosa Lima	83.400.000,00	-	83.400.000,00
		Alteamento de ponte	R. Celso Barbosa Lima	1.240.000,00	-	1.240.000,00
		Canalização	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a Av. Marechal Tito	20.630.000,00	-	20.630.000,00
Alteamento de ponte	Av. Marechal Tito	3.160.000,00	-	3.160.000,00		

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 do ribeirão Lajeado (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a Av. Marechal Tito e a linha férrea	7.245.000,00	-	7.245.000,00
		Canalização	Entre a R. Cordão de São Francisco e o Rio Tietê	118.090.000,00	-	118.090.000,00
		Reservatório RLJ-6	Entre as R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egídio de Araújo	405.000.000,00	22.900.000,00	427.900.000,00
		Pôlder DLJ-1	Pq. Estadual Itaim Biacica	82.600.000,00	-	82.600.000,00
2ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Eng. Bardot e a Av. Br. Luís de Arariba	34.530.000,00	-	34.530.000,00
3ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Pontal do Rio Pardo e a e a R. João Batista Malio	49.410.000,00	-	49.410.000,00
		Canalização	Entre a R. João Batista Malio e Reservatório RLJ-3	11.920.000,00	-	11.920.000,00
		Canalização	Entre o Reservatório RLJ-3 e a Estr. D. João Nery	20.700.000,00	-	20.700.000,00
		Canalização	Entre a R. Lagoa Cajubá e a Av. Ipê-Roxo	20.880.000,00	-	20.880.000,00
4ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-1	Estr. D. João Nery com a Estr. do Lageado Velho	24.000.000,00	13.010.000,00	37.010.000,00
		Canalização	Entre a R. Rosas de Saron e a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	7.330.000,00	-	7.330.000,00
		Readequação de travessia	R. Gonçalo Castelão	680.000,00	-	680.000,00
		Canalização	Entre a R. Gonçalo Castelão e a R. São Miguel	17.100.000,00	-	17.100.000,00
		Ampliação Reservatório RLJ-4	Comunidade do Torresmo	154.800.000,00	-	154.800.000,00
		Reservatório RLJ-5	Entre a Av. Ipê Roxo e Av. José de Moraes Cabral	239.400.000,00	-	239.400.000,00
Total				1.561.576.000,00	35.910.000,00	1.597.486.000,00

TABELA 8.3 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 e 2 do córrego São Martinho (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	São Martinho	Galeria de reforço	Entre a R. Jacarandá Rosa e a R. Chapéu de Sol	4.640.000,00	-	4.640.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Chapéu de Sol e a R. Borboleta Amarela	17.960.000,00	-	17.960.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Cosme dos Santos	5.800.000,00	-	5.800.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Sol da Meia Noite e a R. Cord. do Araripe	7.290.000,00	-	7.290.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Cord. do Araripe e a R. Tietê	4.270.000,00	-	4.270.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Tietê e a Estr. da Biacica	4.330.000,00	-	4.330.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Cachoeira Itaguassava e a R. Cord. do Araripe	4.370.000,00	-	4.370.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Cord. do Araripe e a R. Tietê	7.990.000,00	-	7.990.000,00
		Galeria de reforço	Entre a R. Carlo Bibiena e a R. Borboleta Amarela	16.240.000,00	-	16.240.000,00
		Reservatório RSM-1	Entre a R. Camões e a R. Pinha do Brejo	50.220.000,00	8.280.000,00	58.500.000,00
		Reservatório RSM-2	Entre a R. Erva do Sereno e a R. Samoa Ocidental	36.000.000,00	-	36.000.000,00
		Ampliação de galeria	Entre a Av. Prof. Alípio de Barros e a R. Beira Rio	11.150.000,00	-	11.150.000,00
		Ampliação de galeria	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Serra do Apodi	1.830.000,00	-	1.830.000,00
		Reservatório RSM-3	Entre a R. Borboleta Amarela e a R. Serra do Apodi	162.140.000,00	7.530.000,00	169.670.000,00

TABELA 8.3 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 e 2 do córrego São Martinho (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	São Martinho	Canalização	Entre a R. Serra do Apodi e a Av. José Martins Lisboa	870.000,00	-	870.000,00
		Readequação de travessia	Av. José Martins Lisboa	570.000,00	-	570.000,00
		Canalização	Entre a Av. José Martins Lisboa e a R. Cosme dos Santos	1.920.000,00	-	1.920.000,00
		Readequação de travessia	R. Cosme dos Santos	320.000,00	-	320.000,00
		Canalização	Entre a R. Cosme dos Santos e a R. das Gaivotas	500.000,00	-	500.000,00
		Readequação de travessia	Entre a R. das Gaivotas e a R. Pardal	290.000,00	-	290.000,00
		Canalização	Entre a R. das Gaivotas e a R. Pardal	640.000,00	-	640.000,00
		Readequação de travessia	R. Pardal	230.000,00	-	230.000,00
		Canalização	Entre a R. Pardal e a R. Sócrates	890.000,00	-	890.000,00
		Readequação de travessia	R. Sócrates	230.000,00	-	230.000,00
		Canalização	Entre a R. Sócrates e a R. Rouxinol	1.290.000,00	-	1.290.000,00
		Readequação de travessia	R. Rouxinol	450.000,00	-	450.000,00
		Canalização	Entre a R. Rouxinol e a R. Pedro Sousa Portugal	3.400.000,00	-	3.400.000,00
		Readequação de travessia	R. Pedro Sousa Portugal	250.000,00	-	250.000,00
Canalização	Entre a R. Pedro Sousa Portugal e a foz	2.310.000,00	-	2.310.000,00		

TABELA 8.3 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 e 2 do córrego São Martinho (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	São Martinho	Canal de circunvalação	Entre a R. Salsa Parrilha e a R. Mucum	9.830.000,00	-	9.830.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Mucum e a R. Serra do Apodi	6.240.000,00	-	6.240.000,00
		Pôlder DSM-1	R. Manima	121.500.000,00	2.690.000,00	124.190.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Manima e a R. Tabaranas	2.460.000,00	-	2.460.000,00
		Pôlder DSM-2	R. Tabaranas	71.980.000,00	1.530.000,00	73.510.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Tabaranas e a foz	5.330.000,00	-	5.330.000,00
		Pôlder DSM-3	Foz	45.900.000,00	1.400.000,00	47.300.000,00
Total				611.630.000,00	21.430.000,00	633.060.000,00

TABELA 8.4 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 do ribeirão Água Vermelha (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Clausetti e a R. Água Boa	1.430.000,00	-	1.430.000,00
		Canalização	Entre a R. Água Boa e a Tv. Lisboa	680.000,00	-	680.000,00
		Readequação de travessia	Tv. Lisboa	170.000,00	-	170.000,00
		Canalização	Entre a Tv. Lisboa e rua sem denominação	600.000,00	-	600.000,00
		Readequação de travessia	Rua sem denominação	310.000,00	-	310.000,00
		Canalização	Entre rua sem denominação e a R. Con. Antônio Manzi	380.000,00	-	380.000,00
		Canalização	Entre a R. Con. Antônio Manzi e a R. Benedito Raposo	9.230.000,00	-	9.230.000,00
		Parque linear PAV-1	Entre a R. Morro da Babilônia e a R. Dois (RAV-1)	37.400.000,00	-	37.400.000,00
		Canalização	Entre a R. Dois (RAV-1) e a R. do Pombo Correio	9.450.000,00	-	9.450.000,00
		Canalização	Entre a R. do Pombo Correio e a R. Rosa-Musgo	4.540.000,00	-	4.540.000,00
		Canalização	Entre a R. Rosa-Musgo e a Av. Mal. Tito	15.440.000,00	-	15.440.000,00
		Reservatório RAV-1	Pç. do Galeão	234.000.000,00	-	234.000.000,00
		Reforço de galeria	Entre a linha férrea e a R. Mamangá	124.100.000,00	-	124.100.000,00
		Canalização	Entre a R. Mamangá e a R. Cirilo Alves da Silva	5.880.000,00	-	5.880.000,00
		Canalização	Entre a R. Cirilo Alves da Silva e a foz	29.690.000,00	-	29.690.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Pedro de Sousa Portugal e a foz	3.800.000,00	-	3.800.000,00
Pôlder DAV-1	Foz	64.900.000,00	-	64.900.000,00		

TABELA 8.4 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 do ribeirão Água Vermelha (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Área de Contribuição Direta (ACD)	Pôlder DAV-2	R. das Margaridas	56.050.000,00	-	56.050.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. das Margaridas e a Av. Félix Nascentes Pinto	4.670.000,00	-	4.670.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Félix Nascentes Pinto e a Av. Dr. José Artur Nova	3.310.000,00	-	3.310.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a Av. Dr. José Artur Nova e a R. Uaranapu	4.380.000,00	-	4.380.000,00
		Canal de circunvalação	Entre a R. Uaranapu e a R. Filipe Lazar	6.260.000,00	-	6.260.000,00
		Pôlder DAV-3	Tv. Adalberto dos Santos	48.600.000,00	-	48.600.000,00
3ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Bejuco e a R. Morro da Babilônia	28.050.000,00	-	28.050.000,00
4ª Etapa	Água Vermelha	Canalização	Entre a R. Benedito Raposo e a R. José Augusto Lobo	27.640.000,00	7.700.000,00	35.340.000,00
		Readequação de travessia	R. José Augusto Lobo	350.000,00	-	350.000,00
		Parque linear PAV-2	Entre a R. José Augusto Lobo e a Av. Dama Entre-Verdes	28.200.000,00	-	28.200.000,00
		Reservatório RAV-2	Pç. Mãe Preta	55.260.000,00	-	55.260.000,00
Total				804.770.000,00	7.700.000,00	812.470.000,00

TABELA 8.5 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 do ribeirão Lajeado (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Rosas de Saron e a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	7.330.000,00	-	7.330.000,00
		Readequação de travessia	R. Dr. Miguel Vieira Ferreira	1.600.000,00	-	1.600.000,00
		Canalização	Entre a R. Dr. Miguel Vieira Ferreira e a R. Gonçalo Castelão	1.870.000,00	-	1.870.000,00
		Readequação de travessia	R. Gonçalo Castelão	680.000,00	-	680.000,00
		Canalização	Entre a R. Gonçalo Castelão e a R. S. Miguel	17.100.000,00	-	17.100.000,00
		Reservatório RLJ-2	Entre a R. S. Miguel e a R. Eng. Bardot	163.800.000,00	15.580.000,00	179.380.000,00
		Alteamento de ponte	R. Gerônimo Barbosa da Silva	1.130.000,00	-	1.130.000,00
		Alteamento de ponte	R. Pontal do Rio Pardo	1.670.000,00	-	1.670.000,00
		Canalização	Entre a R. Teofilândia e a R. João Batista Malio	22.660.000,00	-	22.660.000,00
		Reservatório RLJ-3	Entre a R. Plácido Pereira Lima e a R. Beira Rio	205.200.000,00	4.510.000,00	209.710.000,00
		Alteamento de ponte	R. João Batista Malio	610.000,00	-	610.000,00
		Reservatório RLJ-4	Entre a Estr. D. João Nery e a R. Areias	126.000.000,00	-	126.000.000,00
		Alteamento de ponte	Estr. D. João Nery	2.170.000,00	-	2.170.000,00
		Alteamento de ponte	R. Lagoa Cajubá	1.670.000,00	-	1.670.000,00
		Canalização	Entre a Av. Ipê Roxo e a R. Iguaraçu	31.530.000,00	-	31.530.000,00
Canalização	Entre a R. Iguaraçu e a R. Fred Astaire	13.410.000,00	-	13.410.000,00		

TABELA 8.5 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 do ribeirão Lajeado (valores com data base de abril/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo total (R\$)
1ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Diogo Garcia Martins e a R. Celso Barbosa Lima	33.410.000,00	-	33.410.000,00
		Alteamento de ponte	R. Celso Barbosa Lima	1.240.000,00	-	1.240.000,00
		Reservatório RLJ-6	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egydio de Araújo	405.000.000,00	22.900.000,00	427.900.000,00
		Canalização	Entre a R. Celso Barbosa Lima e a R. Dr. Oscar Egídio de Araújo	7.370.000,00	-	7.370.000,00
		Canalização	Entre a R. Cordão de S. Francisco e o Rio Tietê	89.260.000,00	-	89.260.000,00
		Pôlder DLJ-1	Pq. Estadual Itaim Biacica	82.600.000,00	-	82.600.000,00
2ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-5	Entre a Av. Ipê Roxo e a Av. de Moraes Cabral	239.400.000,00	-	239.400.000,00
3ª Etapa	Lajeado	Reservatório RLJ-1	Estr. do Lajeado Velho com a Estr. D. João Nery	24.000.000,00	13.010.000,00	37.010.000,00
4ª Etapa	Lajeado	Canalização	Entre a R. Engenheiro Bardot e a Av. Br. Luís de Arariba	28.910.000,00	-	28.910.000,00
		Canalização	Entre a R. Rio Upitanga e a R. Lagoa Cajubá	10.310.000,00	-	10.310.000,00
		Canalização	Entre a R. Lagoa Cajubá e a Av. Ipê Roxo	17.830.000,00	-	17.830.000,00
		Ampliação Reservatório RLJ-4	Comunidade do Torresmo	154.800.000,00	-	154.800.000,00
		Alteamento de ponte	Av. Ipê Roxo	1.750.000,00	-	1.750.000,00
Total				1.694.310.000,00	56.000.000,00	1.750.310.000,00

A **TABELA 8.6** 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.

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, bem como o custo de manutenção das medidas de drenagem sustentáveis, manutenção essa necessária para promover a eficiência do sistema ao longo dos anos.

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 reduções de aproximadamente 90% da área de inundação de recorrência de 100 anos, o que representa em torno de 80% dos custos totais nas duas alternativas. Tal investimento se justifica, na prática, por se tratar de bacias de áreas extensas e com elevada criticidade em termos de risco à inundação.

Estima-se que o custo marginal para que se cumpra a quarta etapa, que proporcionará uma proteção de Tr 100 anos em toda bacia, seja de, aproximadamente, 15% e 10% do total a ser investido, respectivamente, para as alternativas 1 e 2.

TABELA 8.6 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa				TOTAL (milhões R\$)
	1ª (milhões R\$)	2ª (milhões R\$)	3ª (milhões R\$)	4ª (milhões R\$)	
Alternativa 1	2.516	35	134	564	3.248
Alternativa 2	2.559	239	65	333	3.196

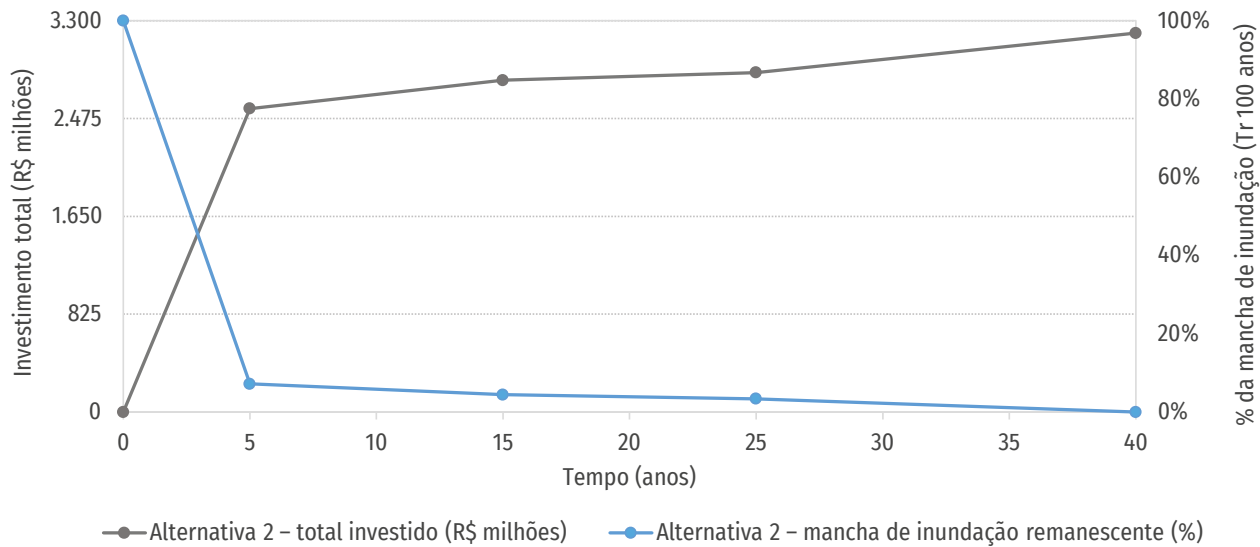
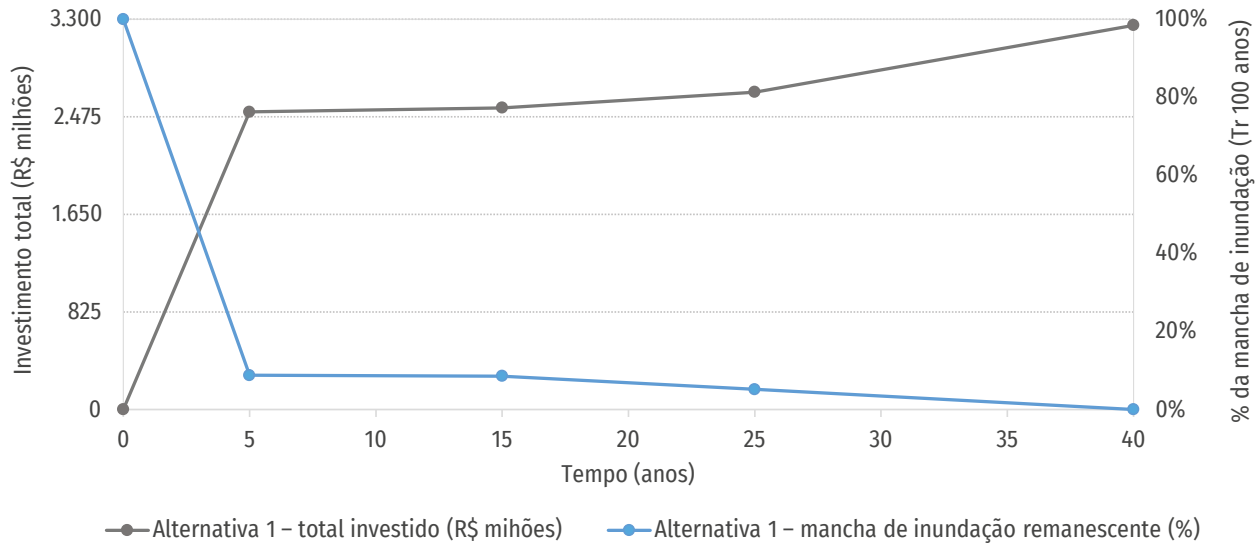


FIGURA 8.1 Curvas de investimento e de redução da mancha de inundação ao longo do tempo

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 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 das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho.

TABELA 9.1 Parâmetros para avaliação e acompanhamento do sistema de drenagem das bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho

Parâmetro		Valor
Área das bacias		Água Vermelha: 5,1 km ² Lajeado: 11,1 km ² São Martinho: 1,8 km ² Total (incluindo ACDs): 20,6 km ²
Perímetro das bacias		Água Vermelha: 16,5 km Lajeado: 18,9 km São Martinho: 6,4 km Total (incluindo ACDs): 30,1 km
Extensão total de córregos		49,3 km
Extensão do curso principal		Água Vermelha: 6.635 m Lajeado: 7.404 m São Martinho: 2.170 m
Extensão de córregos fechados		29,3 km
Declividade média do talvegue		Água Vermelha: 0,010 m/m Lajeado: 0,009 m/m São Martinho: 0,004 m/m
Reservatórios existentes	Número de reservatórios	0
	Volume	0 m ³
Área inundável (situação atual)	Tr 5 anos	3,233 km ²
	Tr 10 anos	3,437 km ²
	Tr 25 anos	3,744 km ²
	Tr 100 anos	4,097 km ²
Risco de inundação	Muito alto	2,310 km ²
	Alto	0,391 km ²
	Médio	0,405 km ²
	Baixo	0,991 km ²
Área impermeável média	Atual	79,8%
	Máxima permitida	83,8%
Espaços abertos (% da área da bacia)		14,4%
Número de habitantes		351 mil habitantes
Vulnerabilidade média (excluídas as áreas não classificadas)		3,9 (média)

Considerações finais

O Caderno de Bacias Hidrográficas 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 das bacias e de estudos específicos, como o mapa de inundações, o risco de inundação e as áreas críticas.

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

As medidas de controle estudadas abordaram soluções estruturais, como reservatórios, canalizações, parques lineares e o mapa do potencial de implantação de SbN, produzido tendo em vista o incentivo à adoção das medidas sustentáveis de controle de cheias. 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

Foram avaliadas duas alternativas de controle de cheias para as bacias dos ribeirões Água Vermelha e Lajeado e do córrego São Martinho. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento localizados em áreas desocupadas e áreas públicas, minimizando interferências com o tráfego de veículos e custos associados à desapropriação de lotes. A Alternativa 2 manteve a implantação das galerias e reservatórios propostos pela Alternativa 1 e acrescentou a implantação de parques lineares para a redução dos volumes propostos de reservação.

As duas alternativas protegem as bacias para Tr 100 anos. Isso indica que, para eventos hidrológicos maiores que 100 anos, ocorrerão inundações, ou seja, as bacias não estarão protegidas 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 as bacias para chuvas de Tr 10 anos; a terceira etapa foi composta por obras que protegem as bacias para chuvas de Tr 25 anos; e a quarta etapa, com obras para proteção 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, subprefeituras de São Miguel, Itaim Paulista e Guaianases e Prefeitura de Ferraz de Vasconcelos.

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 ambientais²⁸.

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.

28. 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.