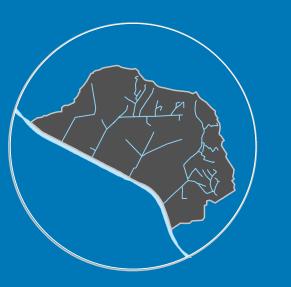




ADERNO DE BACIA HIDROGRÁFIC

# BACIAS DOS CÓRREGOS BELINI E DAS CORUJAS







Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

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

### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

## BACIAS DOS CÓRREGOS BELINI E DAS CORUJAS

São Paulo, 2023





| 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                   |  |  |  |
| Adriana Afonso Sandre                | Bióloga e Arquiteta Urbanista |  |  |  |
| Riciane Pombo                        | Arquiteta Urbanista           |  |  |  |
| Fernando Kenzo Onuki                 | Renderização de Imagens       |  |  |  |
| Carolina Lopes Casella               | Estagiária                    |  |  |  |
| Juliana Rodrigues Prado de Oliveira  | Estagiária                    |  |  |  |
| Lucas Alves da Costa                 | Estagiário                    |  |  |  |

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

Foto da capa: FCTH

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacias dos córregos Belini e das Corujas / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2023. 276 p.

ISBN 978-65-89429-14-2

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Ipiranga (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**

|    | Apre  | sentação  | 9     | 4.  | мар        | eamento de areas críticas              | 133 |
|----|-------|---|-------|-----|------------|--|-----|
| 1. |       | nição de diretrizes básicas<br>estudos                | 13    |     | 4.1<br>4.2 | Áreas inundáveisÁreas críticas         |     |
| 2. | Plar  | no Diretor Estratégico – PDE<br>cterização das bacias | 15    | 5.  |            | dos e projetos existentes<br>as bacias |     |
|    | 2.1   | Localização   |       | 6.  | Alte       | rnativas propostas                     | 163 |
|    | 2.2   | Histórico das baciass<br>Hidrografia                  |       |     | 6.1        | Funcionamento das estruturas do pôlder |     |
|    | 2.4   | Monitoramento hidrológico                             |       |     | 6.2        | Alternativa 1                          | 171 |
|    | 2.5   | Relevo  |       |     | 6.3        | Alternativa 2                          | 178 |
|    | 2.6   | Carta geotécnica                                      |       |     | 6.4        | Localização e principais               |     |
|    | 2.7   | Uso do solo   | 78    |     |            | caracteríticas das obras<br>nas bacias | 188 |
|    | 2.8   | Zoneamento urbano                                     | 84    |     | 6.5        | Vistas e perspectivas da               | 100 |
|    | 2.9   | População   | 98    |     |            | proposta de abertura do                |     |
|    | 2.10  |   |       |     |            | córrego Belini                         |     |
|    |       | municipal   | 105   |     | 6.6        | Medidas complementares                 |     |
|    | 2.11  | Sistema de esgotamento                                | 405   |     | 6.7        | Medidas não estruturais                |     |
|    |       | sanitário   |       |     | 6.8        | Medidas de controle na fonte           | 228 |
|    | 2.12  | Sistema viário  | 110   | 7.  | Etap       | as de implantação das alternativas     | 235 |
| 3. | Crité | erios para o estudo                                   | 115   |     | 7.1        | Desempenho das                         |     |
|    | 3.1   | Chuva de projeto                                      | 116   |     |            | intervenções da 1ª etapa               | 248 |
|    | 3.2   | Análise de evento observado                           | 119   | 8.  | Cust       | to estimado                            | 255 |
|    | 3.3   | Sub-bacias hidrográficas                              | 121   | 9.  | Indi       | cadores de drenagem urbana             | 267 |
|    | 3.4   | Impermeabilização das bacia                           | s 125 | 10  |            | siderações finais                      |     |
|    |       |   |       | 10. |            | -                                      |     |
|    |       |   |       |     | Glas       | ssárin                                 | 273 |

## Lista de abreviaturas e siglas

**ACD** Área de Contribuição Direta

**CCOI** Centro de Controle Operacional Integrado

**CET** Companhia de Engenharia de Tráfego

**CGE** Centro de Gerenciamento de Emergência

**CienTec** Parque da Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo

**CN** Curve Number

**COE** Código de Obras e Edificações

**COMDEC** Coordenadoria Municipal de Defesa Civil

**CPTM** Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

**CRHi** Coordenadoria de Recursos Hídricos

**CTB** Código de Trânsito Brasileiro

**CTH** Centro Tecnológico de Hidráulica

DAEE Departamento de Águas e Energia ElétricaEMAE Empresa Metropolitana de Águas e Energia

**EPA** Environmental Protection Agency

| EPUSP  | Escola Politécnica da<br>Universidade de São Paulo | PMSP                  | Prefeitura do Município de São<br>Paulo                                   |  |
|--------|--|-----------------------|---|--|
| FCTH   | Fundação Centro Tecnológico de<br>Hidráulica       | PPCV                  | Plano Preventivo Chuvas de<br>Verão                                       |  |
| FLU    | Fluviométrico                                      | PROCAV                | Programa de Canalização de  |  |
| FUSP   | Fundação de Apoio à<br>Universidade de São Paulo   |                       | Córregos e Construção de<br>Avenidas de Fundo de Vale                     |  |
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia<br>e Estatística | QA<br>RMSP            | Quota Ambiental<br>Região Metropolitana de São                            |  |
| IDF    | Intensidade-duração-frequência                     |                       | Paulo   |  |
| IPVS   | Índice Paulista de<br>Vulnerabilidade Social       | SAAP                  | Associação dos Amigos de Alto<br>dos Pinheiros                            |  |
| LPUOS  | Lei de Parcelamento, Uso e<br>Ocupação do Solo     | SAISP                 | Sistema de Alerta a Inundações<br>de São Paulo                            |  |
| MPCA   | Minnesota Pollution Control<br>Agency              | SEHAB                 | Secretaria Municipal de<br>Habitação                                      |  |
| MDC    | Mapa Digital da Cidade                             | SF                    | Secretaria Municipal da Fazenda   |  |
| NUDEC  | Núcleos de Defesa Civil                            | SIURB                 | Secretaria Municipal de<br>Infraestrutura Urbana e Obras                  |  |
| PA     | Perímetro de Qualificação<br>Ambiental             | SMADS                 | Secretaria Municipal de<br>Assistência Social                             |  |
| PCSWMM | Personal Computer Storm Water<br>Management Model  | SMDU                  | Secretaria Municipal de<br>Desenvolvimento Urbano                         |  |
| PDD    | Plano Diretor de Drenagem                          | SMSP                  | Secretaria Municipal de   |  |
| PDE    | Plano Diretor Estratégico                          | <b>C.</b> 1 <b>C.</b> | Coordenação das Subprefeituras  |  |
| PDMAT  | Plano Diretor de Macrodrenagem<br>do Alto Tietê    | SMSU                  | Secretaria Municipal de<br>Segurança Urbana                               |  |
| PERH   | Plano Estadual de Recursos<br>Hídricos             | SMT                   | Secretaria Municipal de<br>Transportes                                    |  |
| PHA    | Departamento de Engenharia<br>Hidráulica           | SMUL                  | Secretaria Municipal de<br>Urbanismo e Licenciamento                      |  |
| PMH    | Plano Municipal de Habitação                       | SSRH                  | Secretaria de Saneamento e<br>Recursos Hídricos do Estado de<br>São Paulo |  |

| SVMA    | Secretaria Municipal do Verde e<br>do Meio Ambiente         | ZEMP  | Zona Eixo de Estruturação da<br>Transformação Urbana Previsto |  |
|---------|---|-------|---|--|
| SWMM    | Storm Water Management Model                                | ZEP   | Zona Especial de Preservação                                  |  |
| Tc      | Duração crítica do evento                                   | ZEPAM | Zona Especial de Preservação                                  |  |
| Tr      | Período de retorno  |       | Ambiental   |  |
| UACDC   | University of Arkansas<br>Community Design Center           | ZEPEC | Zona Especial de Preservação<br>Cultural                      |  |
| UNDP    | United Nations Development                                  | ZER   | Zona Exclusivamente Residencial                               |  |
| Program |   | ZEU   | Zona Eixo de Estruturação da                                  |  |
| USP     | Universidade de São Paulo                                   |       | Transformação Urbana  |  |
| UTM     | Universal Transversa de Mercato <b>r</b>                    | ZEUP  | Zona Eixo de Estruturação da<br>Transformação Urbana Previsto |  |
| VTR     | Via de Trânsito Rápido                                      | ZM    | Zona Mista  |  |
| ZC      | Zona Centralidade   | ZOE   | Zonas de Ocupação Especial                                    |  |
| ZCOR    | Zona Corredor   | ZPDS  | Zona de Preservação e   |  |
| ZDE     | Zona de Desenvolvimento                                     | 2. 55 | Desenvolvimento Sustentável                                   |  |
|         | Econômico   | ZPI   | Zona Predominantemente  |  |
| ZEIS    | Zona Especial de Interesse Social                           |       | Industrial  |  |
| ZEM     | Zona Eixo de Estruturação da<br>Transformação Metropolitana | ZPR   | Zona Predominantemente<br>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 da bacia e as medidas para o controle de cheias, o Caderno é uma ferramenta de apoio para a SIURB na análise de projetos existentes, otimizando as soluções e oferecendo um diagnóstico do desempenho das intervenções para cenários futuros e eventos críticos de chuvas observadas.

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

Este Caderno refere-se às bacias hidrográficas dos córregos Belini e das Corujas, localizadas na margem direita do Rio Pinheiros, na região Oeste do Município de São Paulo, próximo à sua confluência com o Rio Tietê.

O Caderno está dividido em dez capítulos. O Capítulo 1 estabelece um conjunto de princípios básicos que devem ser seguidos no planejamento das obras de drenagem da bacia hidrográfica.

No Capítulo 2, é apresentado o diagnóstico 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 da bacia e o mapeamento das áreas críticas considerando o risco de inundação, o sistema viário estrutural, os equipamentos

urbanos vulneráveis e as áreas de favela próximas aos córregos.

O Capítulo 5 traz os estudos já realizados para as bacias. Eles servem como primeira orientação para a proposição de medidas para o controle de cheias.

No Capítulo 6, são expostas as alternativas estudadas, formadas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas três etapas: a primeira etapa é delineada para proteger as áreas críticas das bacias contra chuvas mais recorrentes; a segunda protege a bacia para chuvas com Tr 25 anos; e a terceira etapa, por sua vez, protege a bacia para chuvas com Tr 100 anos. Esse capítulo aborda ainda a necessidade de adoção de medidas não estruturais, como o zoneamento de inundações e sua regulamentação; o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em situações de emergência de inundações; e o sistema de alerta de inundações no Município de São Paulo. Também apresenta a aplicabilidade das medidas de controle na fonte 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 com Tr 100 anos. Uma verificação do desempenho individual das medidas de controle de cheias consideradas na primeira etapa foi realizada, levando em conta a redução da mancha de inundação quando essas medidas forem submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

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

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

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

## 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)<sup>1</sup>, 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)<sup>2</sup>; o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FUSP, 2009)<sup>3</sup>, 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)<sup>4</sup>; entre outros.

### PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO - PDE

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, de 31 de julho de 2014, é uma lei municipal que orienta o desenvolvimento e o crescimento da cidade até 2029. Esse plano encontra-se atualmente em revisão.

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

A estratégia territorial do Plano Diretor estrutura-se a partir de duas macrozonas, cada uma delas subdividas 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.

<sup>1.</sup> São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB).

<sup>2.</sup> 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.

<sup>3.</sup> Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP.

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

- Macroárea de estruturação metropolitana – abrange áreas das planícies fluviais dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, com articulação com o Centro e prolongamento junto a importantes avenidas.
- Macroárea de urbanização consolidada

   caracterizada por um padrão elevado
   de urbanização, forte saturação viária
   e elevada concentração de empregos
   e serviços.
- Macroárea de qualificação da urbanização – é caracterizada pela existência de usos residenciais e não residenciais instalados em edificações horizontais e verticais, com um padrão médio de urbanização e de oferta de serviços e equipamentos.
- Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana caracteriza-se pela existência de elevados índices de vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano. É ocupada por uma população predominantemente de baixa renda que se instala em assentamentos precários e irregulares.
- 2. Macrozona de proteção e recuperação ambiental – é um território ambientalmente frágil devido a suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento

- hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação. Tem dentre seus objetivos a conservação e a recuperação dos serviços ambientais existentes.
- Macroárea de redução da vulnerabilidade e recuperação ambiental caracteriza-se pela predominância de elevados índices de vulnerabilidade socioambiental, baixos índices de desenvolvimento humano e assentamentos precários e irregulares.
- Macroárea de controle e qualificação urbana e ambiental – caracterizada pela existência de vazios intraurbanos com ou sem cobertura vegetal e áreas urbanizadas com distintos padrões de ocupação.
- Macroárea de contenção urbana e uso sustentável – caracterizada pela existência de fragmentos significativos de vegetação nativa, entremeados por atividades agrícolas, sítios e chácaras de recreio que protegem e/ou impactam, em graus distintos, a qualidade dos recursos hídricos.
- Macroárea de preservação de ecossistemas naturais – é caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processos ainda conservam suas características naturais.

Predominam áreas de remanescentes florestais naturais, várzeas preservadas, cabeceiras de drenagem, nascentes e cursos d'água ainda pouco impactados por atividades antrópicas.

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

A rede de estruturação e transformação urbana é composta da rede hídrica ambiental (constituída pelo conjunto de cursos d'água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d'água e planícies aluviais) e dos parques urbanos, lineares e naturais, com áreas verdes significativas e áreas protegidas. Dentre os objetivos urbanísticos e ambientais estratégicos relacionados à recuperação e proteção da rede hídrica ambiental, estão:

- Ampliar progressivamente as áreas permeáveis ao longo dos fundos de vale e cabeceiras de drenagem, as áreas verdes significativas e a arborização, para minimização dos processos erosivos, das enchentes e das ilhas de calor;
- Ampliar os parques urbanos e lineares para equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e livres e, assim, garantir espaços de lazer e recreação para a população;

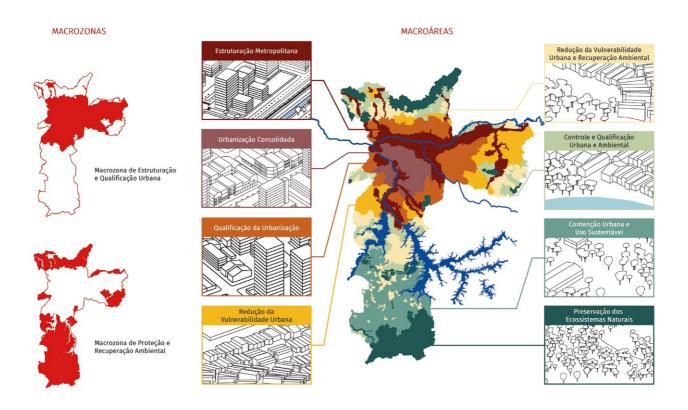
- Proteger nascentes, olhos-d'água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;
- Articular, através de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares.

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

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

- Fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talvegues;
- Elementos de microdrenagem, como vias, sarjetas, meio-fio, bocas-de-lobo, galerias de água pluvial, entre outros;

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



- Elementos de macrodrenagem, como canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres, em especial os parques lineares.

O Art. 215 da Lei nº 16.050/2014, que aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de

São Paulo, apresenta, dentre os objetivos do sistema de drenagem, a redução dos riscos de inundação e alagamento e de suas consequências sociais; a redução da poluição hídrica e do assoreamento; e a recuperação ambiental de cursos d'água e dos fundos de vale. Ainda define diretrizes de preservação ambiental e de participação da sociedade nas ações de drenagem e de manejo das águas pluviais.

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

- Elaborar o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, consideradas as ações de limpeza urbana previstas no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Criar um órgão municipal de planejamento e gestão de drenagem e dos recursos hídricos;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações e aprimorar os sistemas de alerta e de emergência;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Implantar sistemas de detenção ou retenção temporária das águas pluviais que contribuam para a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente;
- Implantar o Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, composto por intervenções urbanas nos fundos de vale, articulando ações de saneamento e drenagem, a implantação de parques lineares e a urbanização de favelas. Um

- de seus principais objetivos é a ampliação progressiva das áreas verdes ao longo dos fundos de vale;
- Desassorear os cursos d'água, canais, galerias, reservatórios e demais elementos do sistema de drenagem;
- Revisar a legislação referente aos sistemas de retenção de águas pluviais;
- Implementar medidas de controle dos lançamentos na fonte em áreas privadas e públicas;
- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carreada para os corpos hídricos;
- Adotar pisos drenantes nas pavimentações de vias locais e passeios de pedestres.

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

- Proteger e recuperar as áreas de preservação permanente e os ecossistemas ligados aos cursos d'água;
- Conectar áreas verdes e espaços públicos;
- Controlar enchentes:

- Evitar a ocupação inadequada dos fundos de vale;
- Propiciar áreas verdes destinadas à conservação ambiental, ao lazer, à fruição e a atividades culturais;
- Ampliar a percepção dos cidadãos sobre o meio físico.

Os cadernos de Bacia Hidrográfica são 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 infraestrutura sustentável, como as medidas de controle na fonte;
- 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 detenção ou retenção temporária das águas pluviais, visando a redução das inundações e a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, adotando critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das infraestruturas com o meio ambiente urbano:
- 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 das bacias

### 2.1 LOCALIZAÇÃO

As bacias dos córregos Belini e das Corujas localizam-se na zona Oeste do Município de São Paulo. Os dois córregos são afluentes da margem direita do Rio Pinheiros em seu trecho inferior, entre a Usina Elevatória de Traição e a Barragem de Retiro. Essas bacias possuem área de drenagem de 2,0 km² e 2,5 km², respectivamente. Este estudo abrange também toda a Área de Contribuição Direta (ACD) de 3,8 km², situada entre as bacias da Vila Leopoldina e do córrego Verde Pinheiros. Juntas, totalizam uma área de 8,3 km², correspondente a 0,5 % da área total do município.

O mapa da **FIGURA 2.1** ilustra a localização das bacias dos córregos Belini e das Corujas no Município de São Paulo.

## Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta Quadra viária

Área de drenagem: 8,3 km²

← Linha férrea

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)













### 2.2 HISTÓRICO DAS BACIAS

As bacias dos córregos Belini e das Corujas inserem-se no contexto de ocupação e modificação do espaço urbano dos bairros Alto de Pinheiros e Vila Madalena.

Os primeiros registros de ocupação do Alto de Pinheiros datam de 1770, a partir da expulsão dos jesuítas da região, sob a Lei Marquês de Pombal<sup>5</sup>, e posterior leilão de suas terras. Em 1850, tais terras já eram propriedades rurais particulares, a saber: Chácara do Barão, Freguesia da Bela Vista, Chácara da Boa Vista, Água Branca, Bela Veneza e Sítio do Buraco<sup>6</sup>.

No início do século XX, toda a área foi adquirida pelo banqueiro francês Edouard Fontaine de Laveleye, fundador da empresa City of São Paulo Improvements and Freehold Land Company Limited, a Cia. City<sup>7</sup>. Em 3 de março de 1912, a Cia. City passou a atuar oficialmente no Brasil e, no ano seguinte, já vendia seus primeiros terrenos.

O planejamento urbanístico do bairro Alto de Pinheiros baseou-se no conceito de "cidade-jardim" ou "bairro-jardim", caracterizado pelo processo de urbanização gradual e progressivo, cujos princípios consistem no respeito às curvas de nível; na previsão de grande parte de áreas livres, como praças e canteiros; na arborização; e na preservação de áreas verdes. A arborização, os passeios com faixas verdes e a ocupação dos lotes – em sua maioria com residências unifamiliares e recuos – obedeceram aos padrões da Cia. City, e essas exigências foram, depois, incorporadas à legislação municipal<sup>6,7</sup>.

Até então, os fundos de vale e as várzeas eram desocupados, em decorrência das enchentes periódicas do Rio Pinheiros e de seus principais córregos afluentes. A urbanização da região foi estudada extensivamente até a aprovação da proposta final de arruamento e canalização de águas até o Rio Pinheiros. Ao mesmo tempo, se deu a canalização e a retificação deste, concedidas à Companhia Light & Power.

Dentre os afluentes, o córrego Belini tem sua nascente a montante da Praça Panamericana, na Vila Madalena, distrito de Alto de Pinheiros, dentro da área de influência da subprefeitura de Pinheiros.

<sup>5.</sup> São Paulo (Município). **Subprefeitura de Pinheiros – Histórico**, 18 jan. 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/pinheiros/historico/index.php. Acesso em: 29 jun. 2023.

SAAP (Associação dos Amigos de Alto dos Pinheiros). História. Disponível em: https://www.saap.org.br/nosso-bairro/historia. Acesso em: 30 jun. 2023.

<sup>7.</sup> CIA. CITY. História. Disponível em: http://www.ciacity.com.br/historia.php. Acesso em: 30 jun. 2023.

O córrego escoa por galerias de drenagem sob o viário, até desaguar no Rio Pinheiros. Ele atravessa a região de Alto de Pinheiros e a Avenida Professor Fonseca Rodrigues e passa próximo ao Parque Villa-Lobos, com foz no Rio Pinheiros.

A sudeste do córrego Belini, encontra-se o córrego das Corujas. Sua nascente original estaria próxima à Travessa Raul Seixas, localizada no bairro da Vila Madalena. Denominada Vila dos Farrapos no século XVI, a região era habitada por indígenas que procuravam moradia após a chegada dos jesuítas na área central da cidade. Um aldeamento nos arredores de Pinheiros foi constituído, onde missionários jesuítas realizavam seus trabalhos religiosos com os indígenas da região<sup>8</sup>. Nos primórdios da ocupação de São Paulo, a Vila Madalena era parte de Pinheiros, estendendo-se das planícies do Rio Pinheiros até o planalto da Avenida Paulista.

A Vila Madalena, no início do século XX, era apenas uma sequência de morros, que começava próxima ao chamado córrego Verde e terminava perto do córrego das Corujas.

Era uma imensa gleba de terra. Havia árvores frutíferas e capinzais ótimos para o pasto de gado. Na época, apenas poucos se arriscavam para um passeio a cavalo, ou a pé, para caça a aves. O local onde havia mais movimento era o Largo dos Pinheiros, hoje conhecido como Largo da Batata. As pessoas apenas andavam a cavalo, ou de carroça, na chamada Estrada das Boiadas, hoje Avenida Dr. Diógenes Ribeiro de Lima, que termina no vizinho bairro da Lapa (Avelino, 2009)9.

De formação recente, o bairro da Vila Madalena sofreu grandes transformações em um curto período. Apesar de breve, o histórico do bairro é repleto de acontecimentos e modificações.

Na primeira década do século XX, um processo intensivo de imigração contribuiu para a ocupação da região e a aquisição de terras, formando chácaras no terreno do Vale das Corujas, de topografia acidentada. Os imigrantes foram atraídos para a região principalmente devido à proximidade com a linha de bonde construída pela Light, que ligava o bairro de Pinheiros ao centro da cidade, e com os cemitérios do Araçá e da

<sup>8.</sup> São Paulo (Município). Subprefeitura de Pinheiros - Histórico, op. cit.

<sup>9.</sup> AVELINO, Y. D. Vila Madalena e a imigração portuguesa: cultura, trabalho, religião e cotidiano. *In*: MATOS, M. I.; SOUSA, F.; HECKER, A. (orgs.). **Deslocamentos & histórias**: os portugueses. Bauru, SP: Edusc, 2009.

Consolação, que, por sua vez, empregavam muitos dos recém-chegados<sup>10</sup>.

A predominância de pequenas residências com edículas em lotes estreitos e compridos, sem energia elétrica e de difícil acesso, em razão da topografia acidentada, se manteve até 1946. Isso se deveu especialmente à atuação do Padre Olavo Pezzotti, vigário da Capela de Santa Maria Madalena e São Miguel Arcanjo, responsável pela expansão da infraestrutura local, pela pavimentação de ruas, pela ampliação da rede de esgoto e pela extensão da linha de bonde.

Entre as décadas de 1960 e 1980, as residências tradicionais dos imigrantes passaram a ser alugadas para estudantes, professores e artistas. Aos poucos, pelas demandas do novo perfil populacional, surgiram edificações de caráter comercial e de serviços, dando início ao surgimento de bares que serviriam de ponto de encontro para artistas e intelectuais. A partir da década de 1990, a facilidade de acesso à região da Vila Madalena, por sua localização privilegiada, resultou no processo de verticalização, descaracterizando a ocupação previamente horizontal do bairro. A atração constante de novos moradores potencializou o desenvolvimento da

região como polo de lazer e cultura, o que permanece até os dias atuais<sup>10</sup>.

Neste contexto histórico, a canalização do córrego das Corujas tem início na década de 1940. Em mapas de 1943, percebem-se alterações nos leitos fluviais da região, como a retificação do Rio Pinheiros e os primeiros indícios de canalização ou enterramento de partes do córrego das Corujas. Mapas posteriores, de 1972, já apresentam o córrego das Corujas canalizado, com poucas de suas passagens a céu aberto<sup>10</sup>. Atualmente, o córrego escoa predominantemente por galerias e tubulações de águas pluviais até desaguar no Rio Pinheiros, ao cruzar as avenidas Pedroso de Morais e Doutora Ruth Cardoso. Ainda destaca-se um trecho do córrego a céu aberto, localizado na Praça Dolores Ibarruri, popularmente conhecida como Praça das Corujas.

A praça em questão é relevante para a população por ser dotada de infraestrutura de lazer, bem-estar e esporte para os moradores do bairro, além de abrigar espécies de fauna e flora da região. Localizada em uma área baixa, próxima ao córrego das Corujas, era frequentemente atingida por inundações durante eventos de precipitação intensa.

**<sup>10.</sup>** PORTUGHEIS, D. J. **Vila Madalena**: polo de comércio, lazer e cultura. Relatório (Pesquisa de Iniciação Científica) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.labcom.fau.usp.br/wp-content/uploads/2015/07/Vila-Madalena-RF.pdf. Acesso em: 30 jun. 2023.



FIGURA 2.2 Pç. Panamericana no ano de 1950 (foto: Cia. City)

A fim de minimizar os impactos dessas inundações, foram concluídas em 2010 obras de melhoria do sistema de drenagem de águas pluviais da praça. O sistema é composto por biovaletas de piso drenante que proporcionam, entre outros benefícios, a retenção das águas pluviais e, consequentemente, corroboram com o amortecimento das cheias das Corujas<sup>11</sup>.

### 2.3 HIDROGRAFIA

A hidrografia principal da área de estudo do Caderno é composta pelo córrego Belini, situado mais a oeste, e pelo córrego das Corujas, a leste. A extensão total do talvegue principal é de aproximadamente 2.490 m no córrego Belini e de 2.770 m no córrego das Corujas.

O córrego Belini tem suas nascentes localizadas nas imediações da Rua Cerro Corá, na Vila Madalena. Ele escoa pelas ruas Alvilândia, Japiaçóia e Belini e pela Avenida Arruda Botelho, até desaguar no Rio Pinheiros. Já o córrego das Corujas tem sua nascente localizada na Rua Orós, no bairro Sumarezinho, seguindo em galerias sob a

Rua Dom Rosalvo e a Avenida das Corujas, com um trecho aberto junto à Praça Dolores Ibarruri, também conhecida como Praça das Corujas. Na sequência, escoa sob as ruas Romeu Perrotti, Padre Artur Somensi e Lélis Vieira, até a sua foz no Rio Pinheiros, por sob a Avenida Professor Frederico Hermann Júnior.

O mapa da rede de drenagem das bacias dos córregos Belini e das Corujas é apresentado na **FIGURA 2.3**. O traçado desse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos existentes nas bacias, elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo, além de levantamentos de campo efetuados pela equipe da FCTH. Nele, é possível observar que os córregos dessas bacias escoam, predominantemente, em canais subterrâneos, com exceção do trecho ao longo da Praça das Corujas.

A **FIGURA 2.4** indica as dimensões das galerias principais das bacias dos córregos Belini e das Corujas, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias.

<sup>11.</sup> ÁREAS VERDES DAS CIDADES. **Praça das Corujas – Praça Dolores Ibarruri em São Paulo**, 29 set. 2017. Disponível em: https://www.areasverdesdascidades.com.br/2017/09/praca-das-corujas-praca-dolores-ibaburri-vila-madalena-sp. html. Acesso em: 29 jun. 2023.



### Convenção

| Bacias do Belini e das Corujas |
|--------------------------------|
| Área de contribuição direta    |
| Quadra viária                  |
| <br>Linha férrea               |

### Rede hídrica

——— Rio e córrego a céu aberto

Rio e córrego fechado

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

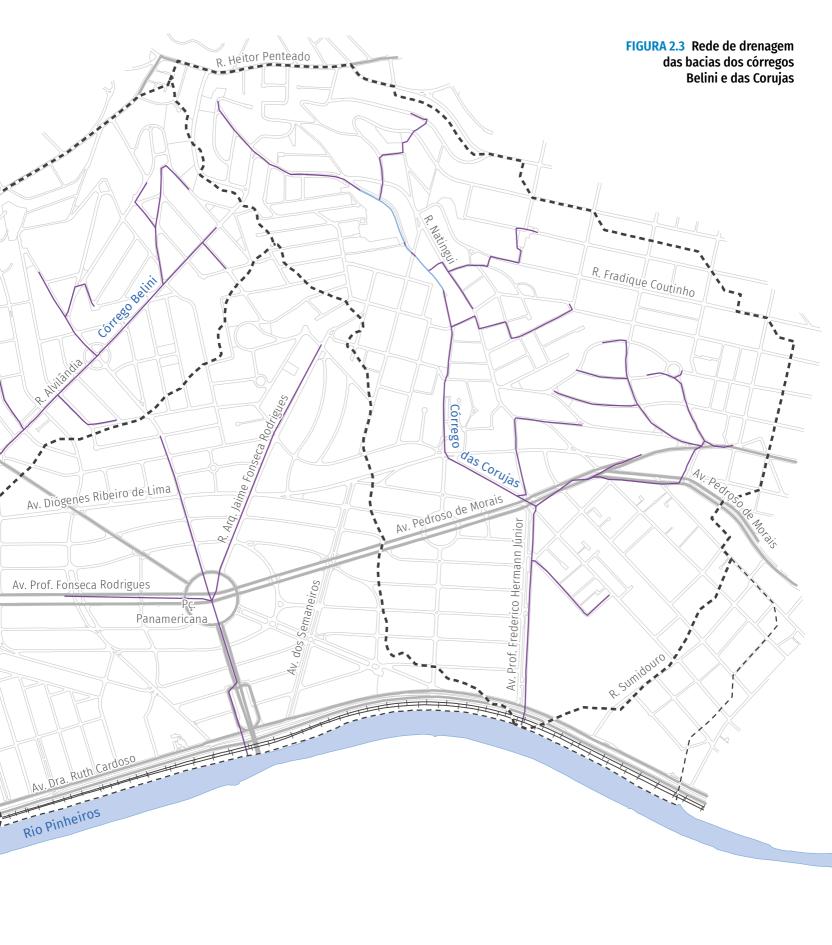












### Convenção

Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

Canal/galeria principal

### Rede hídrica

Rio e córrego a céu abertoRio e córrego fechado

### Dimensões em metros

Ø Seção circular

☑ Seção retangular fechada

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

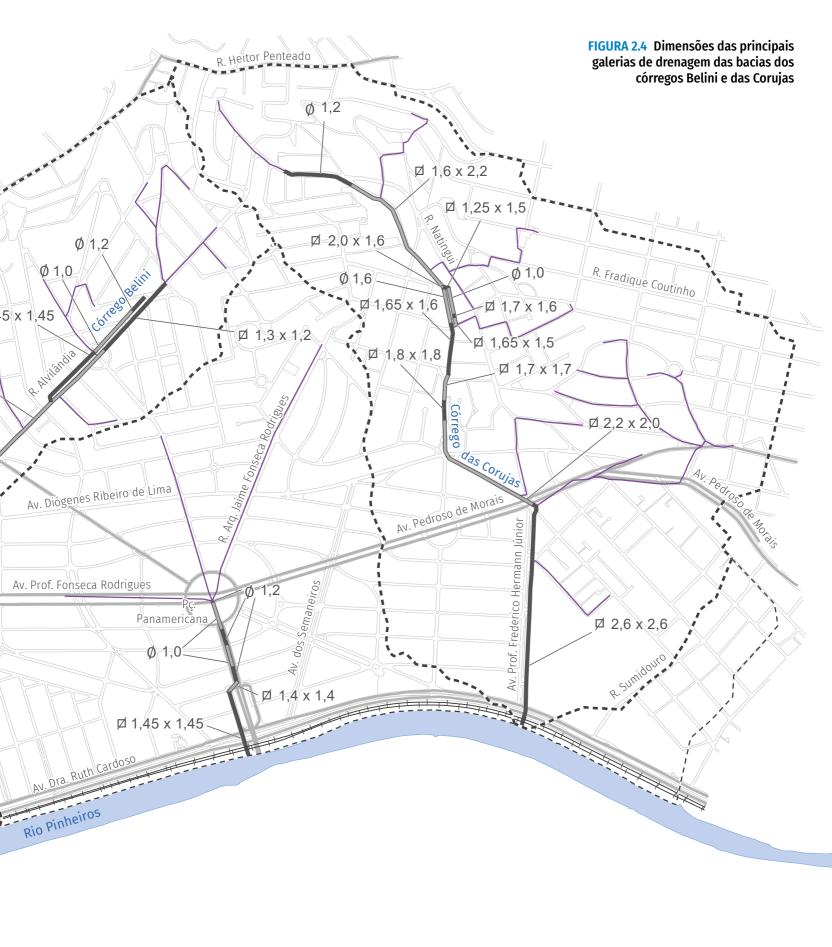
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e SIURB (2023)











### **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, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, 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 sustentável na busca de 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 da urbanização sobre o sistema de drenagem, em que são adotadas medidas tradicionalmente utilizadas, e necessárias, como reforço de galeria, canalizações, reservatórios

de armazenamento e pôlderes, 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 Paulo<sup>12</sup>, os sistemas de drenagem existentes no município ainda são majoritariamente convencionais. Contudo, há que se destacar na bacia do Aclimação um dispositivo, implantado no sistema de macrodrenagem, representado pelo 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 manutenção da fauna e flora aquática. E, no contexto do Caderno em estudo, destaca-se a implantação parcial de medidas de drenagem sustentáveis no Parque das Corujas.

Vale lembrar que os processos resultantes da ocupação desordenada e acelerada e da intensa impermeabilização do solo urbano, somada à implantação do sistema de

<sup>12.</sup> 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-desao-paulo-ultrapassa-a-marca-de-200-jardins-de-chuva-na-cidade. Acesso em: 22 jun. 2023.

drenagem das vias, tem impacto significativo no aumento do escoamento superficial e das vazões nos corpos hídricos receptores. A ampliação do 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 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 aproximar das condições do hidrograma amortecido den-tro da capacidade do sistema.

Essas medidas atuam de diferentes formas para obter o resultado esperado. Reservatórios, assim como os parques lineares e lagoas com função de reservação, tem 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 assim como indicado a seguir. Este agravamento dos picos de vazão visto no hidrograma, é função da redução da rugosidade e retificação dos canais e consequente aumento das velocidades e volumes transportados. Por sua vez as soluções de drenagem sustentáveis têm características que promovem o acúmulo de volume de forma dispersa pela área da bacia, aumentando a reservação e infiltração dos volumes retidos. O impacto destas medidas é apresentado na figura FIGURA **2.6**, a seguir.

Assim, o uso das medidas de drenagem convencionais de forma integrada com as soluções de drenagem sustentáveis são ferramentas para a redução dos impactos do processo de urbanização e controle das cheias nas bacias hidrográficas.

FIGURA 2.5 Hidrograma hipotético dos efeitos da urbanização

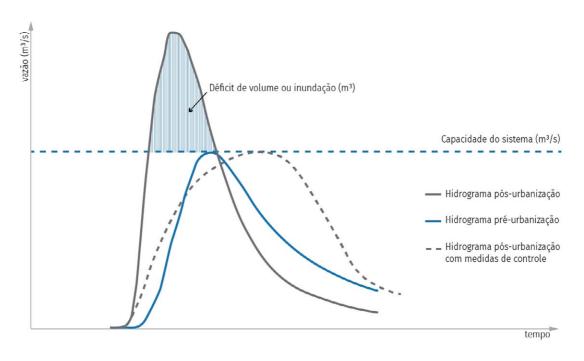
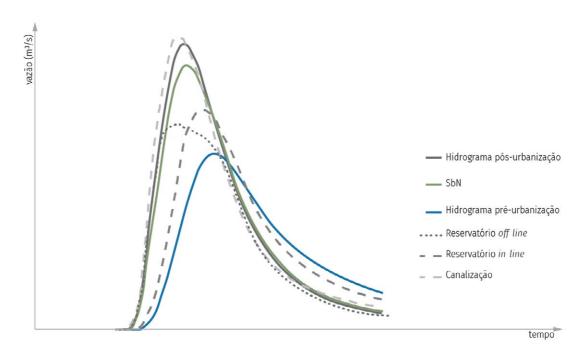


FIGURA 2.6 Hidrograma representativo da ação das medidas de controle



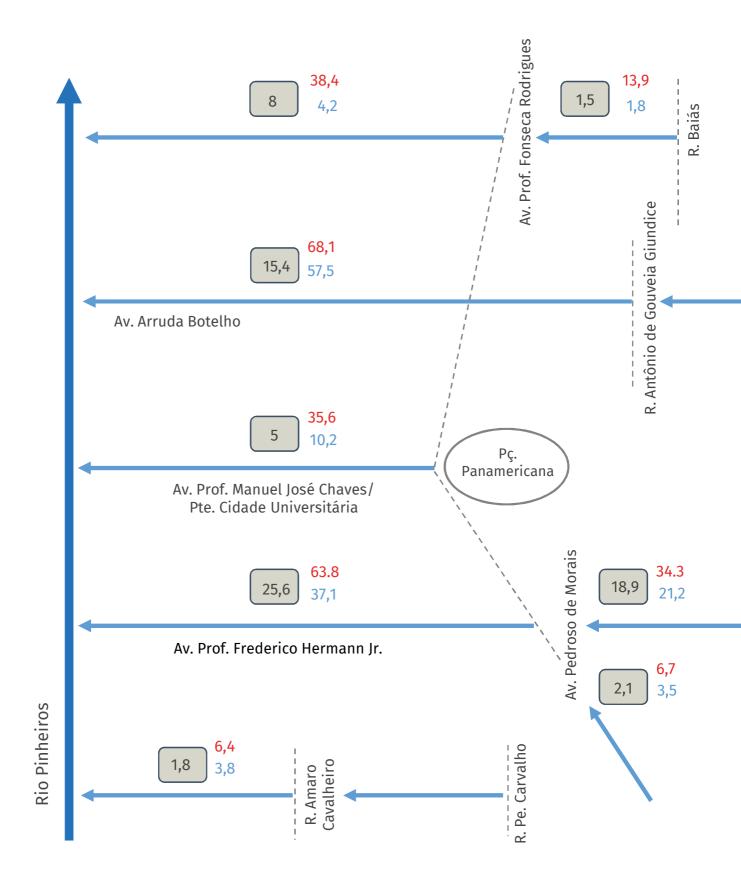
Outra forma de avaliar e representar o sistema de drenagem existente são os diagramas unifilares. Esses são esquemas sintéticos dos cursos d'água, nos quais são representados, de forma organizada, os principais elementos da rede hídrica na bacia hidrográfica, tais como afluentes e medidas de controle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

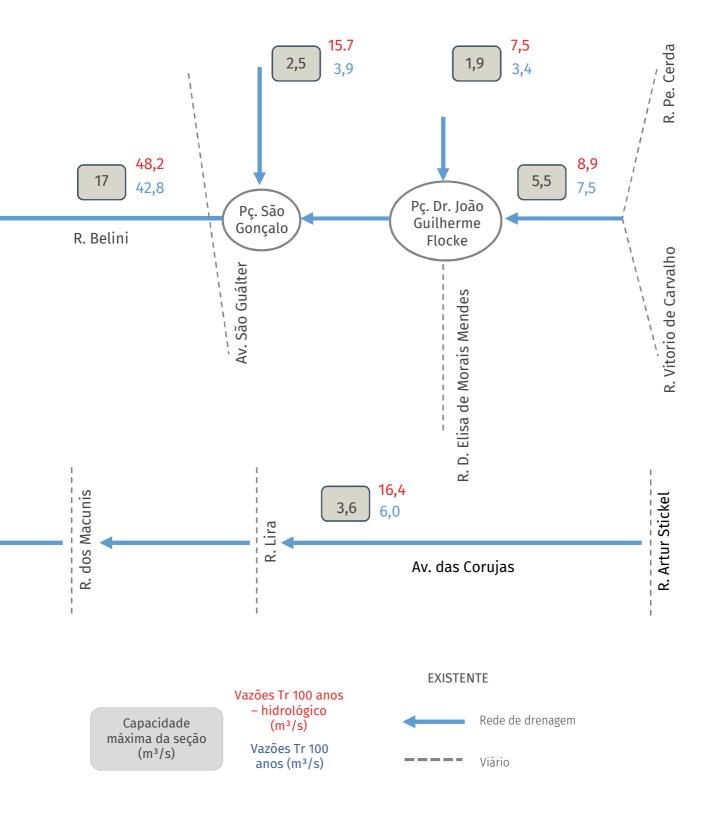
Por conseguinte, o diagrama unifilar das bacias dos córregos Belini e das Corujas é exibido na **FIGURA 2.7**. Nesse diagrama, são apresentadas as capacidades de cada trecho da rede hidráulica, caracterizando a situação da rede existente. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões hidráulicas máximas registradas nos canais e as galerias para a chuva de período de retorno de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento de cheias nas galerias.

As deficiências no sistema de drenagem da bacia podem ser notadas pela diferença entre a capacidade máxima da seção e a vazão afluente de Tr 100 anos. O sistema não apresentaria deficiência se as vazões de Tr 100 anos fossem iguais ou menores do que as capacidades máximas das seções. Nas bacias dos córregos Belini e das Corujas, assim como em suas áreas de contribuição direta, verificou-se a presença de locais de insuficiência do sistema de drenagem. Entre eles, destacam-se a galeria principal do córrego Belini; o trecho de galeria existente na área de contribuição direta, que está entre as duas bacias; e o trecho médio da galeria principal do córrego das Corujas. Verificou-se ainda que, para Tr 5 anos, a galeria do Belini já apresenta insuficiência em relação ao transporte da drenagem. Para Tr 100 anos, tem-se o mesmo cenário. O trecho de galeria da área de contribuição direta, por sua vez, está defasado já para os eventos atuais, como pode ser comprovado pelo histórico de inundações.

Com relação à galeria do córrego das Corujas, destaca-se a insuficiência de seu trecho médio. Essa restrição de capacidade prejudica o escoamento nos trechos tanto de montante como de jusante.

FIGURA 2.7 Diagrama unifilar de vazões das bacias dos córregos Belini e das Corujas – situação atual





# **2.3.2** INUNDAÇÕES NAS BACIAS DOS CÓRREGOS BELINI E DAS CORUJAS

Nas bacias dos córregos Belini e das Corujas, 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, que aterraram, canalizaram e tamponaram a rede de drenagem natural. A ocupação das margens dos córregos principais das bacias e a conversão deles em galerias de drenagem e canais, limitados ao espaço disponível pelo traçado urbano, acabaram por reduzir a capacidade de suas áreas de várzea de amortecer os picos de cheia.

O levantamento de inundações nas bacias dos córregos Belini e das Corujas reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, manchas de inundação do PDMAT3, pontos de inundações cadastrados pela SAAP e cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2004 a 2023. Esse levantamento deu subsídios para o estudo e o diagnóstico das áreas críticas da bacia sujeitas a inundações e alagamentos.

Na bacia do córrego Belini, foram detectados problemas nas regiões mais a jusante do córrego, próximas à confluência com o Rio Pinheiros – no trecho da Avenida Arruda Botelho até seu cruzamento com a Rua Bennet e nas imediações das ruas Orobó e Alexandre Herculano –, afetando, entre outros edifícios e residências, o Colégio Santa Cruz, o Anhembi Tênis Clube e adjacências (**FIGURA 2.8**).

Já na bacia do córrego das Corujas, os problemas se concentram em sua porção média, a jusante do trecho em que o córrego está canalizado em seção aberta retangular. Tal fato decorre da redução de dimensões da seção de escoamento, já que, após o trecho em canalização aberta, o córrego passa a escoar por uma galeria de 1,6 m de diâmetro útil, tamanho que não comporta a vazão de pico nos eventos de precipitação mais intensa.

As inundações ocorrem também na área de contribuição direta entre os córregos Belini e das Corujas, desde a Marginal Pinheiros até as ruas Açaré e Guerra Junqueiro. Também verificam-se pontos de alagamento distribuídos pela bacia, sendo a maioria deles concentrada ao longo da Marginal Pinheiros e na Avenida Pedroso de Morais.

A **FIGURA 2.9** traz o mapa de inundações nas bacias dos córregos Belini e das Corujas.

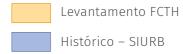




FIGURA 2.8 Inundações nas imediações das ruas Orobó e Alexandre Herculano (fotos: Anhembi Tênis Clube)

# Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta Quadra viária

Levantamento de inundações/alagamentos

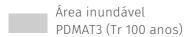


⊢ Linha férrea

Pontos de alagamento CET/CGE (2004-2023)

- IntransitávelTransitável
- Pontos de alagamento SAAP

  (Associação dos Amigos de Alto dos Pinheiros)



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

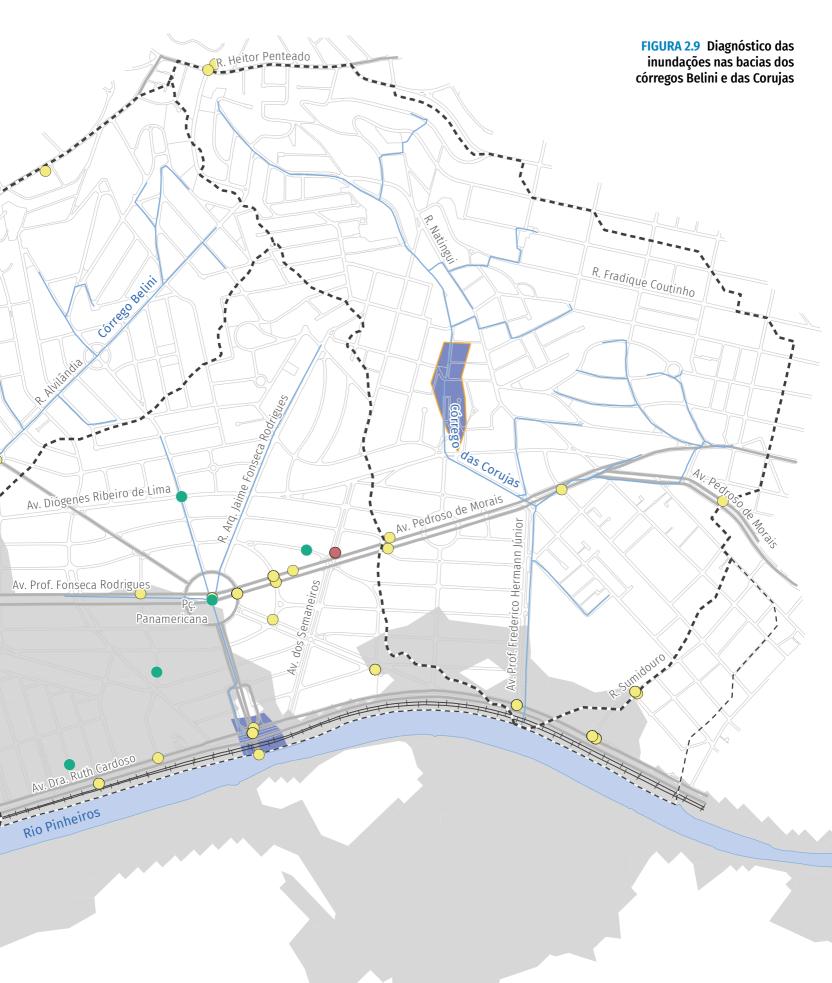
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023), PDMAT3, SIURB (histórico), SAAP e CGE/CET (2004- 2023)











# 2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico das bacias dos córregos Belini e das Corujas, iniciando de montante para jusante, conforme a localização indicada no mapa de referência ao lado das fotos e respectiva visadas. As imagens ilustram os pontos críticos da bacia em termos de inundação e alagamento, ao longo do curso d'água principal e de seus mais importantes afluentes. Também são apontados os locais onde foram executadas inspeções das galerias, além de algumas das áreas disponíveis para reservação. São eles:

- Desemboque de galeria da ACD junto da estação Pinheiros da Linha 9-Esmeralda da CPTM (FIGURA 2.10);
- Trecho aberto e de montante do córrego das Corujas, junto da Praça das Corujas (FIGURA 2.11);
- Trecho aberto e de jusante do córrego das Corujas, junto da Praça das Corujas (FIGURA 2.12);
- Ponto de alagamento nas imediações da Rua Isabel de Castela, no córrego das Corujas (FIGURA 2.13);

- Desemboque da galeria do córrego das Corujas no Rio Pinheiros (FIGURA 2.14);
- Galeria na Praça Panamericana (FIGU-RA 2.15);
- Praça Arcipreste Anselmo de Oliveira, inspeção de poço de visita (encoberto) e área de estacionamento disponível para implantação de reservatório (FI-GURA 2.16);
- Desemboque das galerias da ACD da Praça Panamericana no Rio Pinheiros, junto da estação Cidade Universitária da Linha 9-Esmeralda da CPTM (FIGURA 2.17);
- Galeria do córrego Belini, inspeção na Avenida Professor Fonseca Rodrigues (FIGURA 2.18);
- Galeria na Rua Orobó (FIGURA 2.19);
- Desemboque da galeria do córrego Belini no Rio Pinheiros (FIGURA 2.20);
- Ponto baixo da Avenida Diógenes Ribeiro de Lima (FIGURA 2.21);
- Galeria do córrego Boaçava, logo a montante do Parque Villa-Lobos, na Avenida Professor Fonseca Rodrigues (FIGURA 2.22);
- Desemboque da galeria do córrego Boaçava no Rio Pinheiros (FIGURA 2.23).









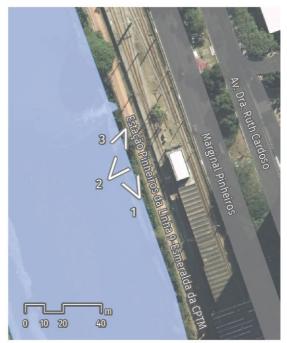


FIGURA 2.10 Fotos do desemboque das galerias da ACD no Rio Pinheiros, junto da estação Pinheiros da Linha 9-Esmeralda da CPTM











FIGURA 2.11 Fotos do trecho aberto do córrego das Corujas, trecho de montante, junto da Pç. das Corujas











FIGURA 2.12 Fotos do trecho aberto do córrego das Corujas, trecho de jusante, junto da Pç. das Corujas











FIGURA 2.13 Fotos do ponto de alagamento nas imediações da R. Isabel de Castela, no córrego das Corujas











FIGURA 2.14 Fotos do desemboque da galeria do córrego das Corujas no Rio Pinheiros









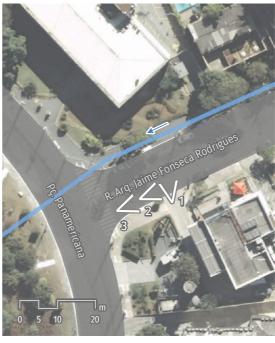


FIGURA 2.15 Fotos da galeria na Pç. Panamericana







FIGURA 2.16 Fotos das imediações da Pç. Arcipreste Anselmo de Oliveira









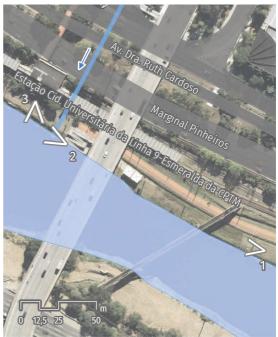


FIGURA 2.17 Fotos do desemboque das galerias da ACD da Pς. Panamericana no Rio Pinheiros, junto da estação Cid. Universitária da Linha 9-Esmeralda da CPTΜ













FIGURA 2.19 Fotos da galeria na R. Orobó







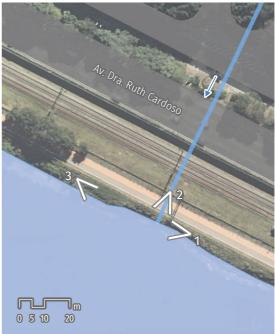




FIGURA 2.20 Fotos do desemboque da galeria do córrego Belini no Rio Pinheiros











FIGURA 2.21 Fotos do ponto baixo da Av. Diógenes Ribeiro de Lima





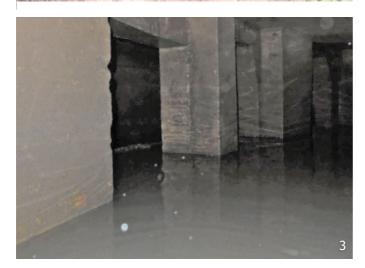






FIGURA 2.22 Fotos da galeria do córrego Boaçava, logo a montante do Pq. Villa-Lobos, na Av. Prof. Fonseca Rodrigues









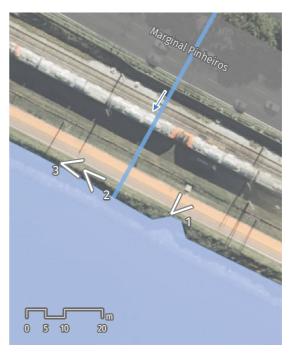


FIGURA 2.23 Fotos do desemboque da galeria do córrego Boaçava no Rio Pinheiros

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

O nível de rio é medido por um transdutor de nível, que pode ser de pressão ou ultrassônico. O sensor de nível ultrassônico tem como principal vantagem não entrar em contato com a água. O sensor de pressão é utilizado em locais em que não existe a possibilidade de 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. Esta, 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 dos córregos Belini e das Corujas, há dois postos da rede telemétrica, um no trecho aberto do córrego das Corujas e outro no Rio Pinheiros, próximo à Ponte Cidade Universitária, além de um posto localizado nas proximidades dessas bacias, dentro da Universidade de São Paulo (USP), no Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH), conforme descrição a seguir:

 Posto 1001635 – Córrego das Corujas: operação com início em novembro/ 2021;

- Posto 277 Rio Pinheiros Ponte Cidade Universitária: operação com início em setembro/2007;
- Posto 1000790 CTH-USP: operação com início em novembro/2008;
- Posto 1001517 Rio Pinheiros Estrutura de Retiro: operação com início em maio/2014.

A FIGURA 2.24 indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo e, da FIGURA 2.25 até a FIGURA 2.27, são apresentadas as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos). Na sequência, da FIGURA 2.29 à FIGURA 2.31, por sua vez, são indicadas as precipitações médias mensais dos postos Córrego das Corujas, Rio Pinheiros – Ponte Cidade Universitária e CTH-USP, respectivamente.



## Convenção

Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

Estação automática – SAISP

Rio Pinheiros – Estrutura de Retiro

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH/SAISP (2023)









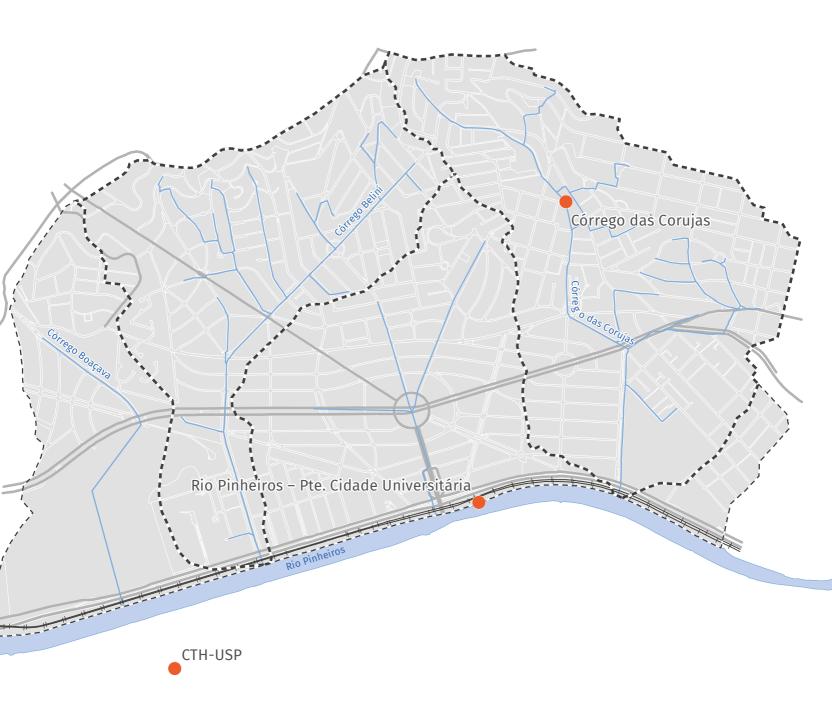


FIGURA 2.25 Pluviograma histórico do Posto 1001635 – Córrego das Corujas

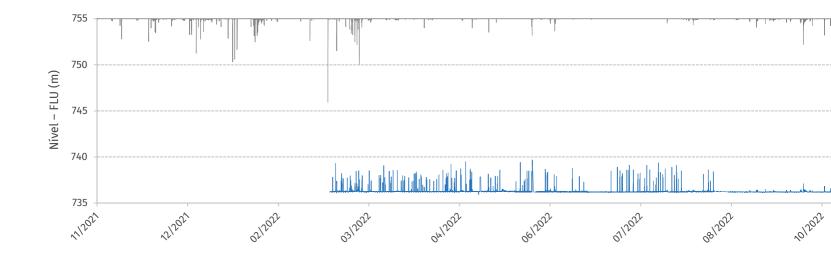
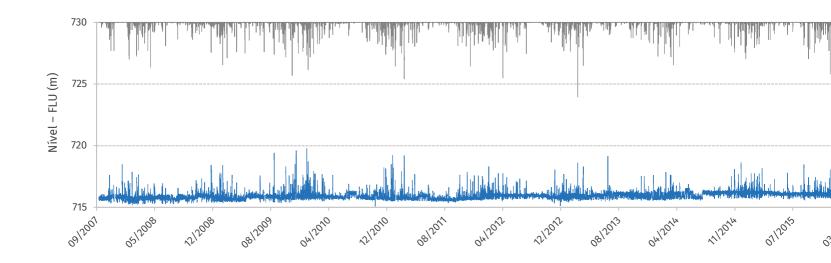
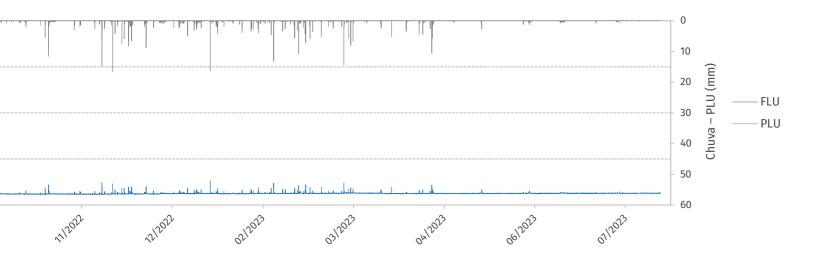
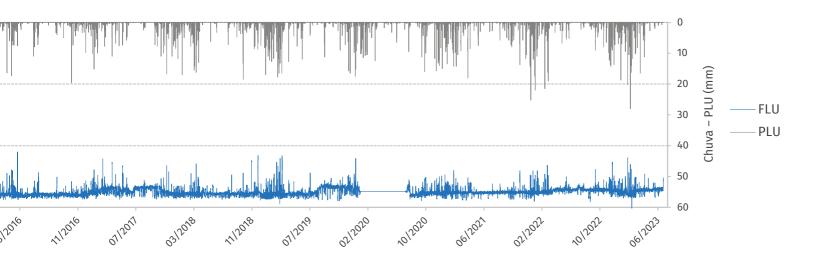


FIGURA 2.26 Fluviograma e pluviograma históricos do Posto 277 – Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária







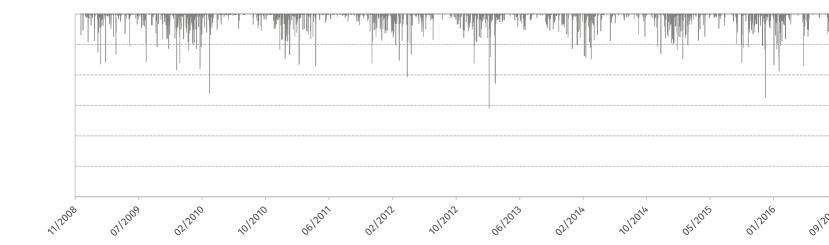
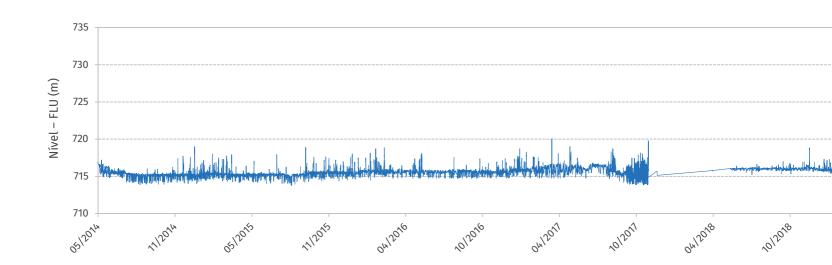
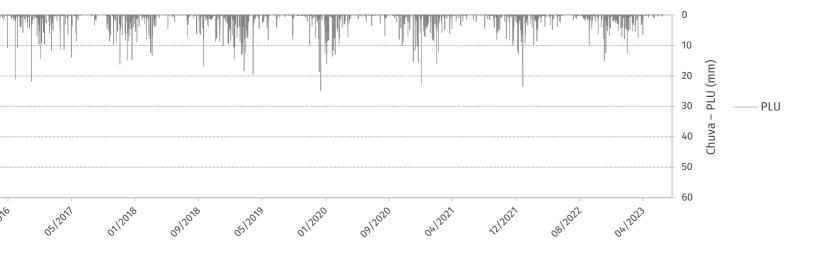


FIGURA 2.28 Fluviograma histórico do Posto 1001517 – Rio Pinheiros – Estrutura de Retiro





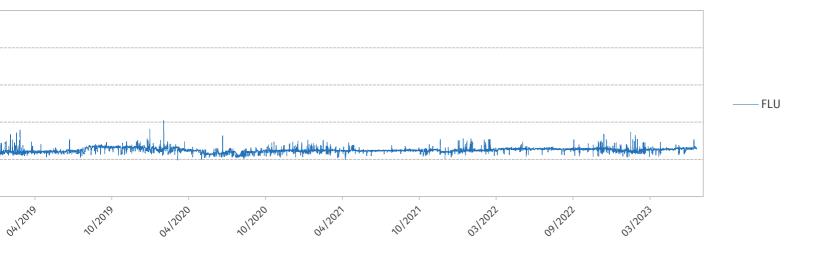


FIGURA 2.29 Precipitação média mensal no Posto 1001635 – Córrego das Corujas

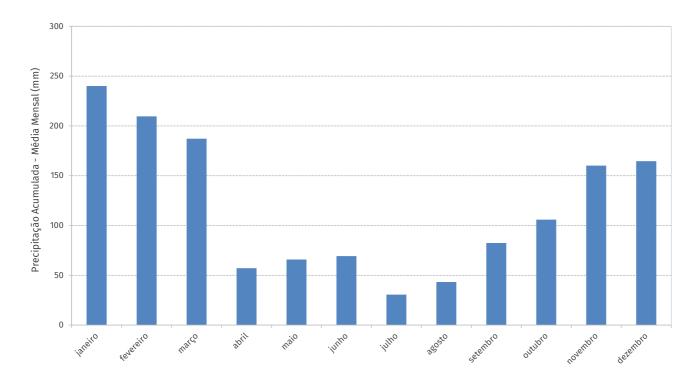


FIGURA 2.30 Precipitação média mensal no Posto 277 - Rio Pinheiros - Pte. Cidade Universitária

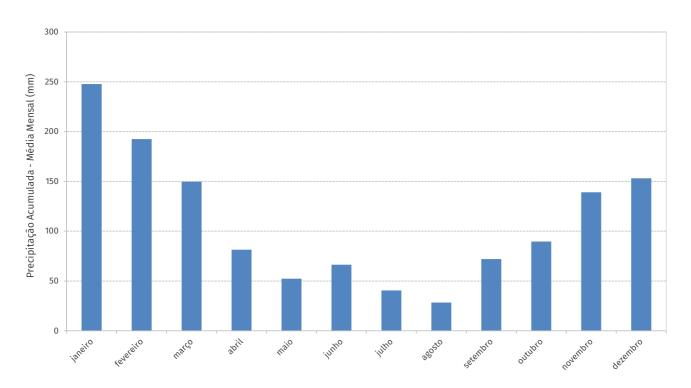
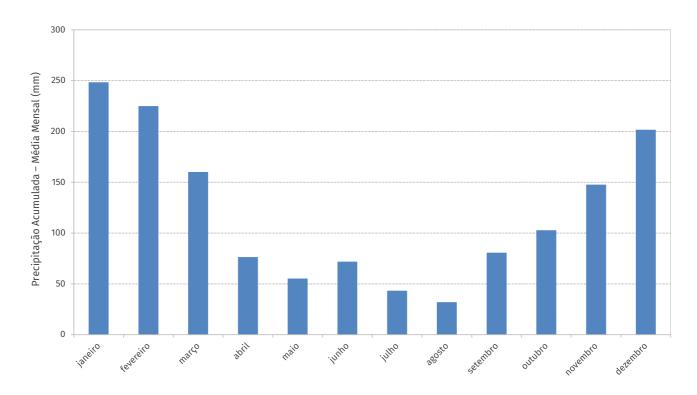


FIGURA 2.31 Precipitação média mensal no Posto 1000790 – CTH-USP



#### 2.5 RELEVO

Entre os principais fatores que interferem no comportamento hidráulico e hidrológico de uma bacia hidrográfica, o 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.

Os elementos topográficos do sítio urbano de São Paulo nos quais as bacias se inserem são os terraços fluviais de nível intermediário; os baixos terraços fluviais do vale do Rio Pinheiros, em geral mantidos por cascalheiros e aluviões antigos; e a planície aluvial desse mesmo rio. Essa planície é dotada de dois níveis: o de inundação, sujeito a cheias periódicas, ligeiramente mais alto e menos encharcado e com domínio de aluviões argiloarenosas e de solos turfosos de várzea; e o sujeito a enchentes anuais, caracterizado como uma zona de "banhados" marginais e meandros abandonados, com solos argilosos escuros e permanentemente encharcados<sup>13</sup>.

O canal principal do córrego Belini apresenta declividade média de 0,0184 m/m, estimada a partir do perfil longitudinal da **FIGURA 2.32**. Já o córrego das Corujas tem declividade média de 0,0233 m/m, verificada a partir do perfil longitudinal da **FIGURA 2.33**.

O mapa hipsométrico com as elevações das bacias dos córregos Belini e das Corujas é apresentado na **FIGURA 2.34**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações dessa bacia variam de 814 m na cabeceira até 716 m no exutório.

### 2.6 CARTA GEOTÉCNICA

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

A **FIGURA 2.35** apresenta a carta geotécnica da área das bacias dos córregos Belini e das Corujas, com suas unidades geológicas. Destacam-se, nesse mapa, a planície

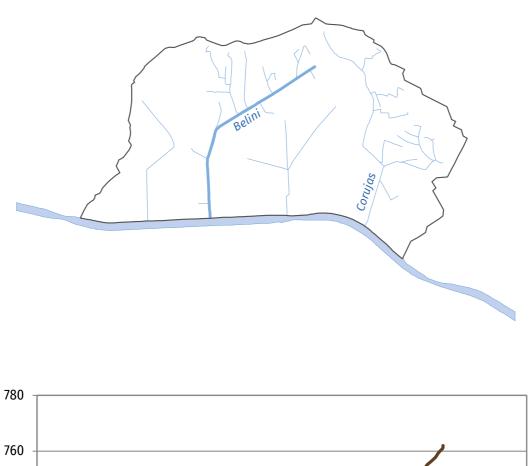
**<sup>13.</sup>** AB'SÁBER, A. N. O sítio urbano de São Paulo. *In*: AZEVEDO, A. (Org.). **A cidade de São Paulo**: estudo de geografia urbana. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1958. p. 169-243.

aluvial e as áreas de fundo de vale com baixa declividade (menores que 5%), com predominância de solo arenoargiloso, solos compressíveis e terra mole, onde o nível do lençol freático é raso. Nessa área, destaca-se também a grande área de aterro na região dos pargues Villa-Lobos e Cândido Portinari.

As bacias constituem-se de sedimento terciário, formado predominantemente por argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados.

Capeando esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso laterizado, vermelho, denominado tecnicamente de argila porosa. Já o solo superficial tem textura argilosa e é bem laterizado. Seu horizonte mais profundo apresenta textura predominantemente argilosa, com intercalações mais arenosas, onde pode haver lençóis d'água suspensos<sup>14</sup>.

**<sup>14.</sup>** São Paulo (Município). Secretaria Municipal do Planejamento (SEMPLA). **Relatório da carta geotécnica do município de São Paulo**, 1992.



760 740 720 700 0 500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000 Distância (m)

FIGURA 2.32 Perfil longitudinal do córrego Belini

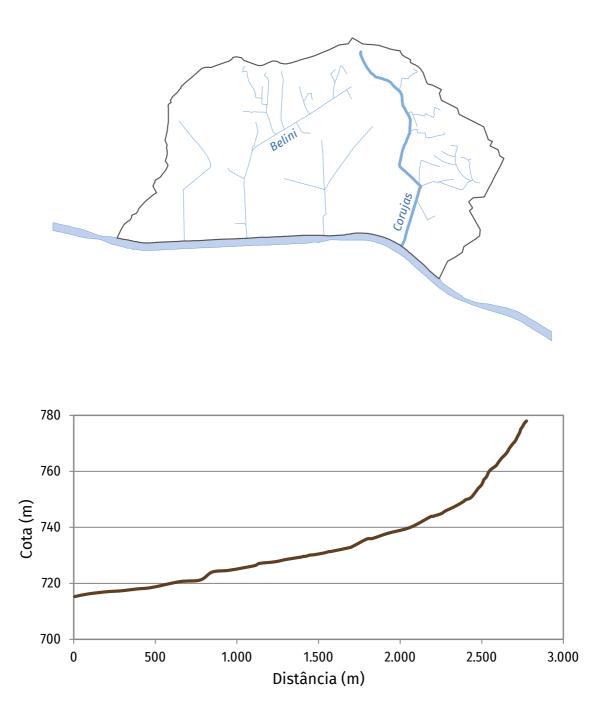


FIGURA 2.33 Perfil longitudinal do córrego das Corujas

Rede hídrica

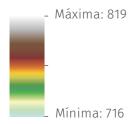
Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

#### Elevação (m)



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

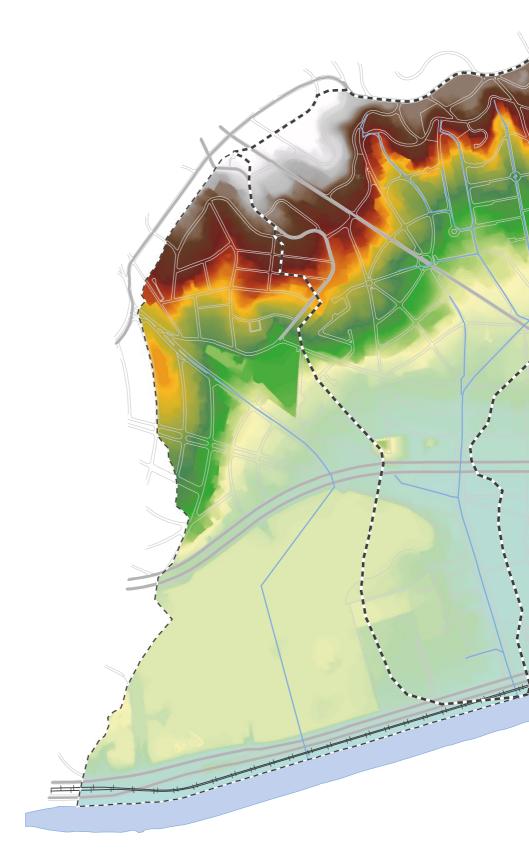
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

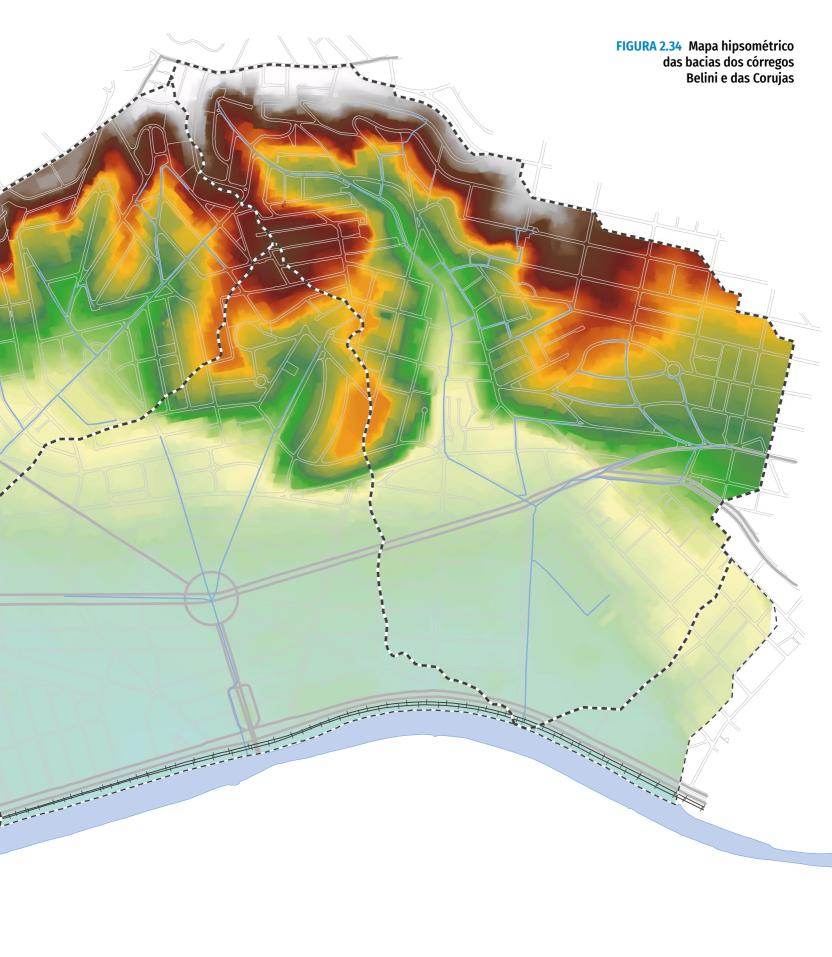












Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

#### Carta geotécnica



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

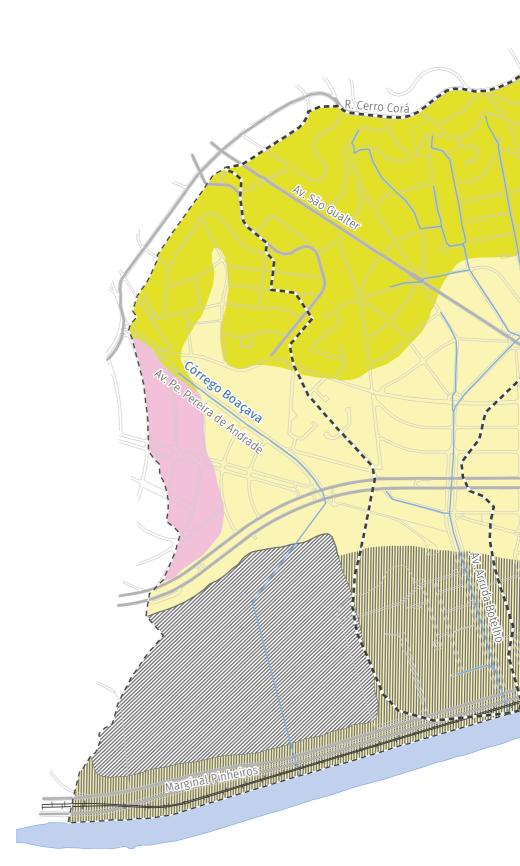
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Carta Geotécnica do Município de São Paulo (1993)

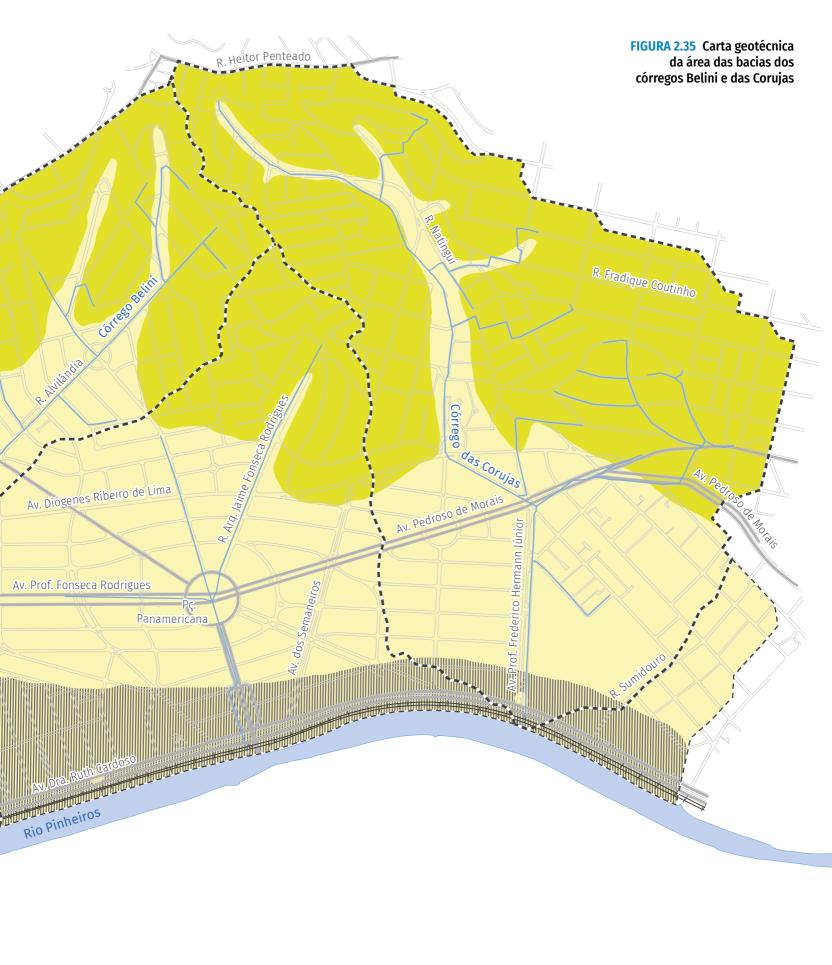












#### 2.7 USO DO SOLO

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

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

A **TABELA 2.1** indica os usos observados nas bacias dos córregos Belini e das Corujas, com suas respectivas porcentagens em relação à área total das bacias. O mapa dos usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.36**.

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

Os parques e as áreas verdes existentes na área de estudo do Caderno são apresentados no mapa da **FIGURA 2.37**.

| TABELA 2.1 Usos do solo registrados nas bacias dos córregos Belini e das Corujas |            |                     |  |  |  |
|--|------------|---------------------|--|--|--|
| Usos do solo   | Área (km²) | Área das bacias (%) |  |  |  |
| Residencial horizontal baixo padrão  | 2,94       | 34,92               |  |  |  |
| Ruas, áreas pavimentadas e cemitério   | 2,10       | 24,95               |  |  |  |
| Espaços abertos  | 1,28       | 15,23               |  |  |  |
| Residencial vertical médio alto padrão   | 0,73       | 8,65                |  |  |  |
| Equipamento urbano   | 0,50       | 5,98                |  |  |  |
| Residencial, comércio e serviços   | 0,45       | 5,36                |  |  |  |
| Comércio e serviços  | 0,37       | 4,45                |  |  |  |
| Residencial horizontal baixo padrão  | 0,02       | 0,22                |  |  |  |
| Comércio, serviços, indústria e armazém  | 0,02       | 0,19                |  |  |  |
| Indústria e armazém  | 0,00       | 0,04                |  |  |  |
| Residencial vertical baixo padrão  | 0,00       | 0,02                |  |  |  |
| Total  | 8,41       | 100,00              |  |  |  |



Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Area de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Uso do solo

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

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)











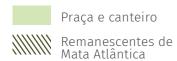


Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas ! Área de contribuição direta Quadra viária Linha férrea

#### Parques municipais e estaduais



#### Outras áreas verdes



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023), Plano Diretor Estratégico (2014) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)













#### 2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento das bacias dos córregos Belini e das Corujas se insere no contexto do Plano Regional da subprefeitura de Pinheiros.

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

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

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

Territórios de transformação: objetivam 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).

As bacias dos córregos Belini e das Corujas estão inseridas nas macroáreas de estruturação metropolitana e de urbanização consolidada, conforme a **FIGURA 2.37**.

O zoneamento das bacias é classificado conforme indica a **FIGURA 2.38**.

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

| TABELA 2.2  Descrição das zonas de uso e ocupação do solo nas bacias dos córregos Belini e das Corujas |           |                     |  |  |  |
|--|-----------|---------------------|--|--|--|
| Zonas  | Sigla     | Área das bacias (%) |  |  |  |
| Zona Exclusivamente Residencial  | ZER-1     | 35,0                |  |  |  |
| Zona Mista   | ZM        | 18,2                |  |  |  |
| Zona Especial de Proteção Ambiental  | ZEPAM     | 10,1                |  |  |  |
| Praça e canteiro   | PracaCant | 8,7                 |  |  |  |
| Zona Centralidade  | ZC        | 7,8                 |  |  |  |
| Zona Predominantemente Residencial   | ZPR       | 7,2                 |  |  |  |
| Zona Corredor 1  | ZCOR-1    | 6,6                 |  |  |  |
| Zona Corredor 2  | ZCOR-2    | 2,4                 |  |  |  |
| Zona de Ocupação Especial  | ZOE       | 2,2                 |  |  |  |
| Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana   | ZEU       | 0,8                 |  |  |  |
| Clubes Esportivos Sociais  | AC-1      | 0,5                 |  |  |  |
| Zona Corredor 3  | ZCOR-3    | 0,5                 |  |  |  |
| Zona Especial de Interesse Social 3  | ZEIS-3    | 0,1                 |  |  |  |
| Zona Especial de Interesse Social 1  | ZEIS-1    | 0,1                 |  |  |  |

Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

#### Macroáreas

Macroárea de estruturação metropolitana

Macroárea de urbanização consolidada

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

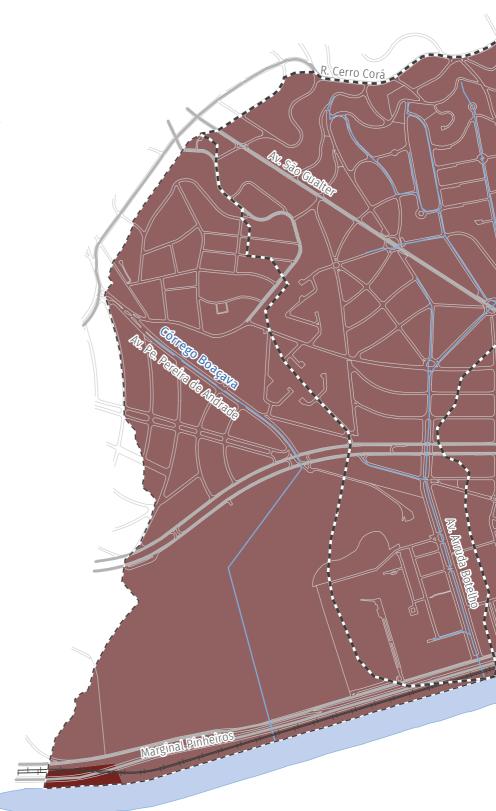
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Plano Diretor Estratégico (2014)

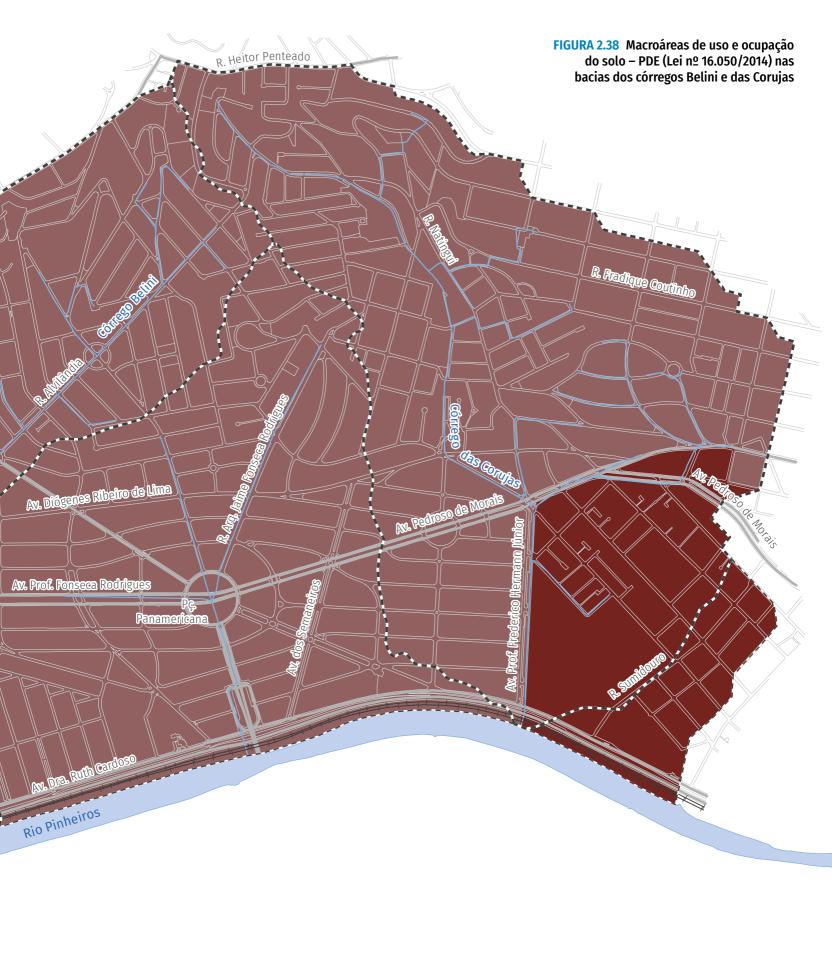


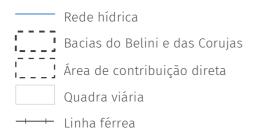












#### Zoneamento



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

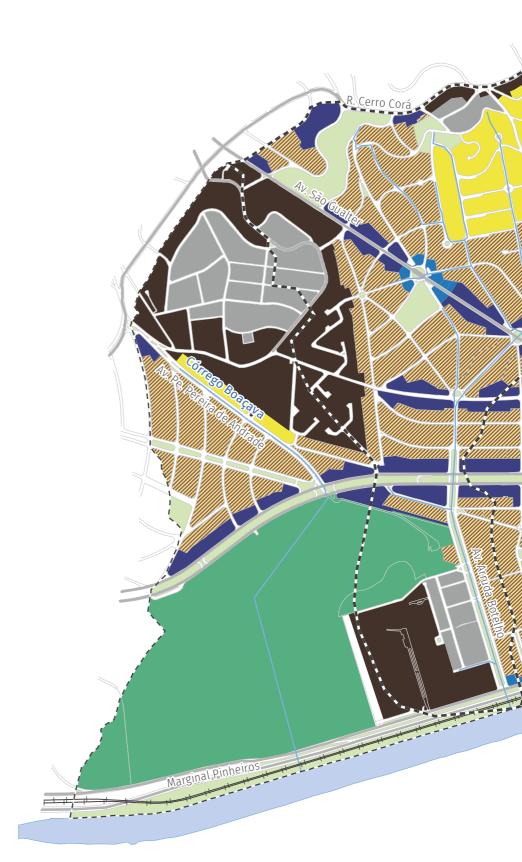
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

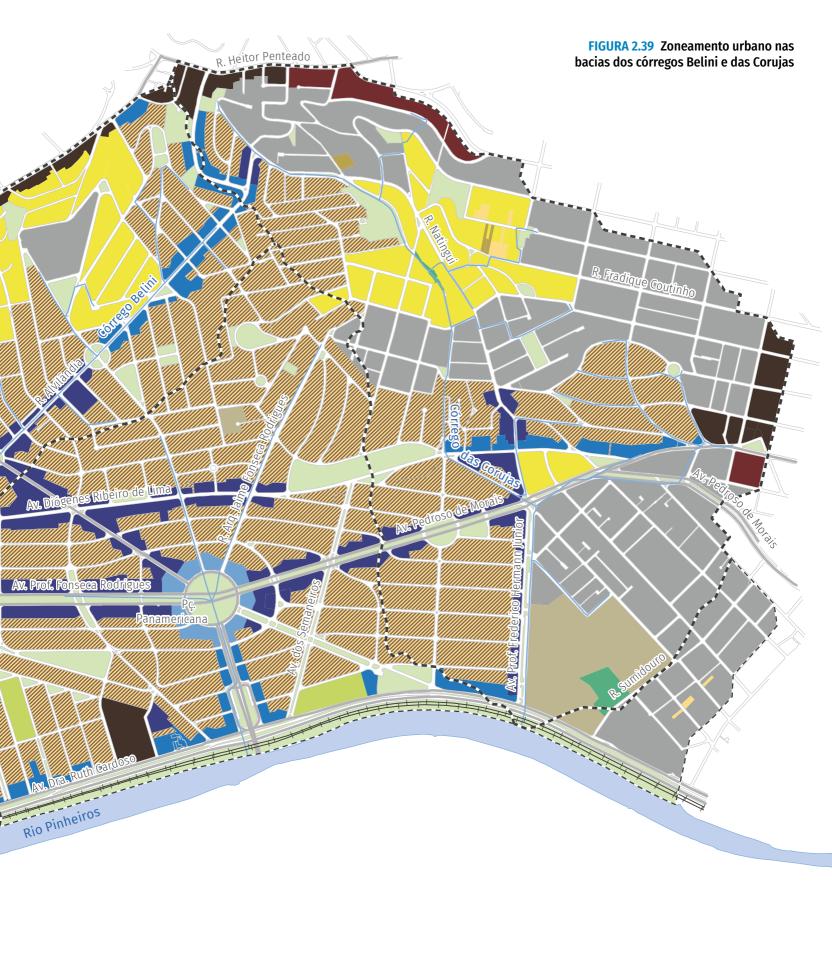












área total menor ou igual a 500 m² estão isentos de aplicação da QA.

O Art. 79 adverte que 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 em termos de QA, assim como perímetros com alto desempenho ambiental e baixo potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA<sup>15</sup>.

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

Na área de estudo do Caderno, estão incluídos os PAs 4 e 5. Foram atribuídas para essas áreas taxas de permeabilidade

**<sup>15.</sup>** CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. Tese (doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-31052016-141005/pt-br.php. Acesso em: 18. set. 2018.

mínima permitida em função do tamanho dos lotes, se menor ou igual a 500 m<sup>2</sup> ou se maior que 500 m<sup>2</sup>, conforme os valores da **TABELA 2.3**.

A **FIGURA 2.40** indica os perímetros de qualificação ambiental das bacias dos córregos Belini e das Corujas e de suas ACD. A **FIGURA 2.41** mostra o mapeamento da taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e 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.

#### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

PA9

PA10

PA11

PA12

PA13(b)

| de qualificação ambiental (Quadro 3A – Quota Ambiental) |                                       |                           |  |  |  |
|---|---------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Perímetro de<br>qualificação ambiental                  | Taxa de permeabilidade <sup>(a)</sup> |                           |  |  |  |
|   | Lote ≤ 500 m <sup>2</sup>             | Lote > 500 m <sup>2</sup> |  |  |  |
| 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                      |  |  |  |

0,10

0,20

0,20

0,20

NA

0,15

0,25

0,30

NA

TABELA 2.3 Taxa de permeabilidade mínima nos perímetros

(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.



Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Área de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Perímetro Ambiental



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

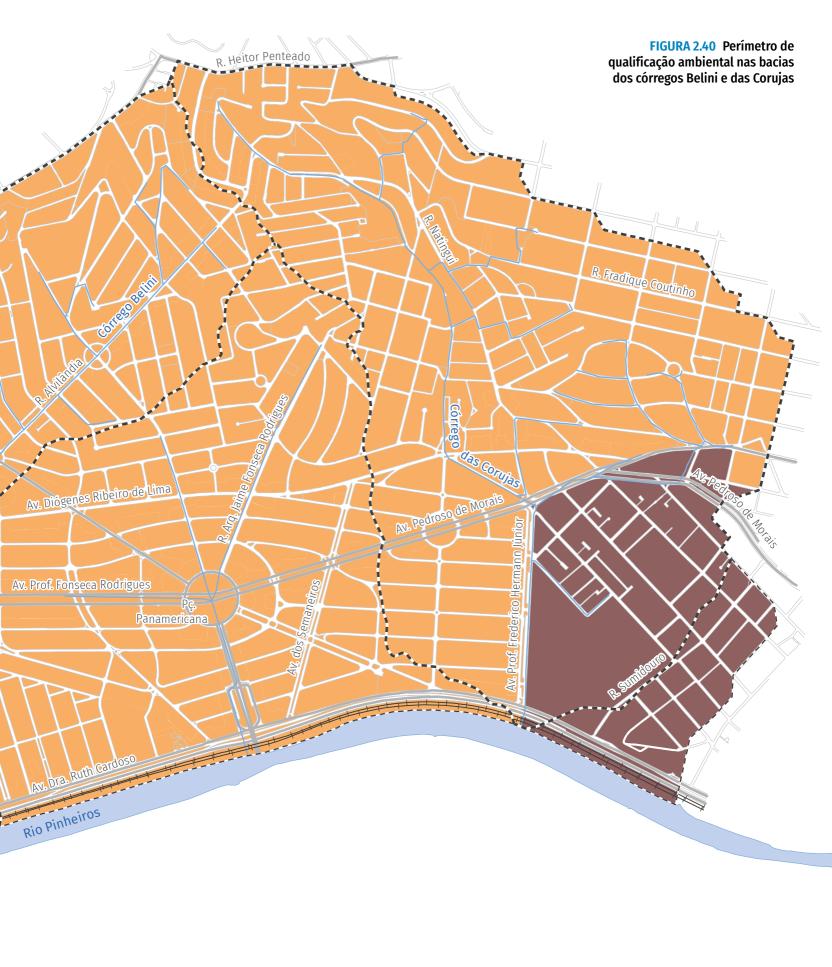












Rede hídrica

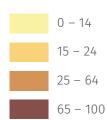
Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

#### Permeabilidade mínima exigida por lei (%)



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

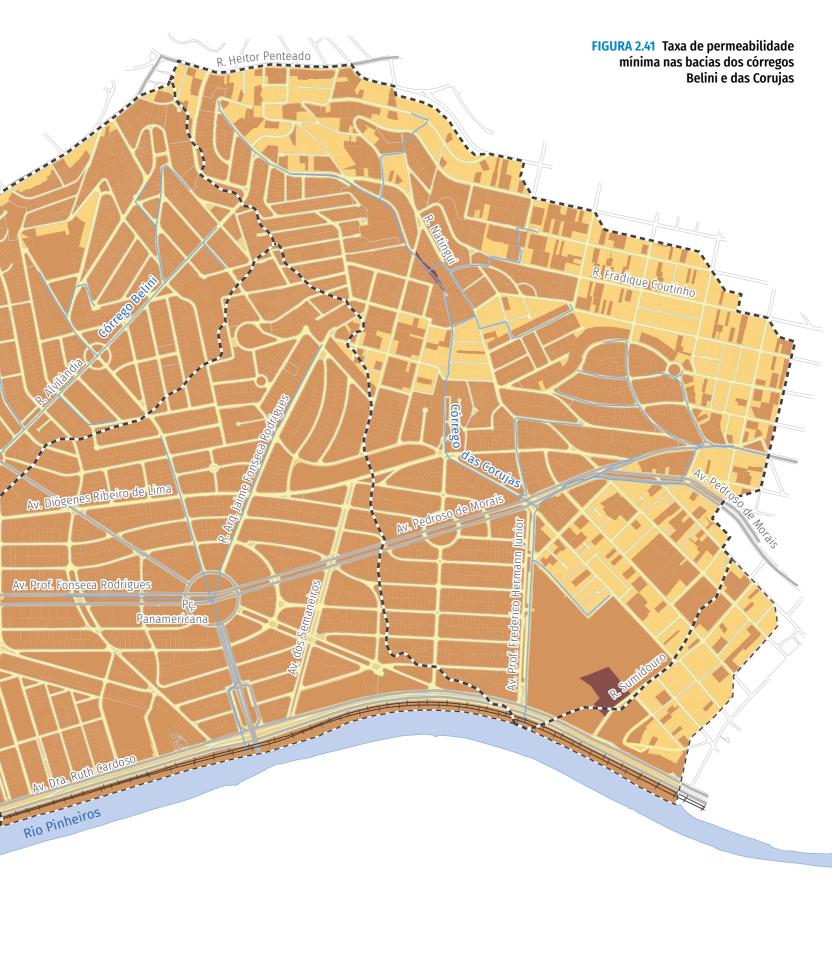












#### 2.9 POPULAÇÃO

#### 2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.42** apresenta a densidade populacional das bacias dos córregos Belini e das Corujas, e de suas áreas de contribuição direta, onde residem 54 mil habitantes (IBGE, 2010).

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)<sup>16</sup>.

## **2.9.2** ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IPVS

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

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

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

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

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

A localização das moradias também implica importantes variações em relação às oportunidades econômicas e sociais, e pode conduzir a processos de exclusão. Em muitos

**<sup>16.</sup>** 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.

casos, o local de residência pode 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 se caracteriza 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.

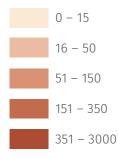
O IPVS consiste em uma tipologia de situações de exposição à vulnerabilidade, agregando aos indicadores de renda outros, referentes ao ciclo de vida familiar e à escolaridade, no espaço intraurbano, como aglomerado subnormal (favela) e sua localização (urbana ou rural). Assim sendo, o IPVS é composto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

riáveis: 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 e suas ACD. Na **FIGURA 2.43**, é apresentado o mapa desse índice nas bacias. O grupo designado como "não classificado" representa áreas sem população residente ou com menos de 50 domicílios particulares permanentes, o que, no caso deste estudo, corresponde a 0,3% dessa área.

Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Área de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Densidade demográfica (hab/ha)



Nº de habitantes: 54 mil (IBGE, 2010)

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

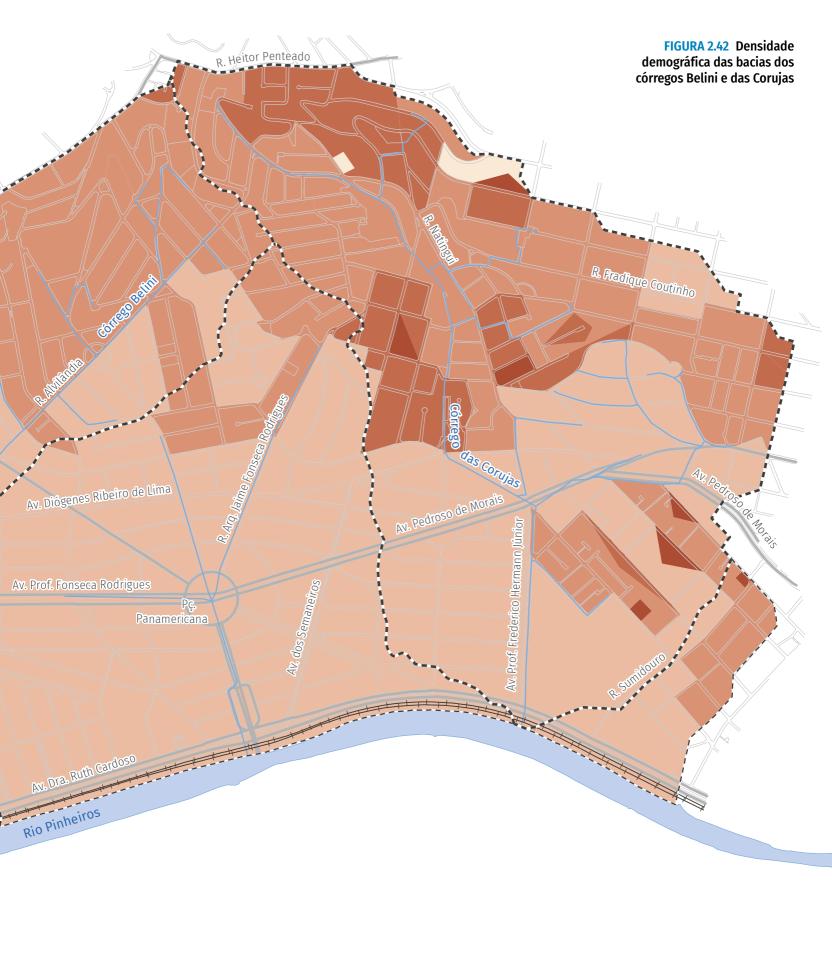
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Censo Demográfico - IBGE (2010)











Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Área de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

Baixíssima vulnerabilidade
Vulnerabilidade muito baixa
Vulnerabilidade baixa
Vulnerabilidade média
Vulnerabilidade alta
Vulnerabilidade muito alta

Não classificado\*

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

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023), Censo Demográfico - IBGE (2010) e SEADE (2010)













#### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

| TABELA 2.4 Grupos do IPVS nas bacias dos córregos Belini e das Corujas |                                |                            |  |  |                                |  |
|--|--------------------------------|----------------------------|--|--|--------------------------------|--|
| Grupo  | IPVS 2010                      | Situação<br>socioeconômica | Ciclo de vida familiar                                     | Situação e tipo de<br>setores por grupo        | Classificação IPVS<br>(% área) |  |
| 0  | Não classificado               | -                          | -  | -  | 0,3                            |  |
| 1  | Baixíssima<br>vulnerabilidade  | Muito alta                 | Famílias jovens,<br>adultas e idosas                       | Urbanos e rurais não<br>especiais e subnormais | 87,4                           |  |
| 2  | Vulnerabilidade<br>muito baixa | Média                      | Famílias adultas e idosas                                  | Urbanos e rurais não<br>especiais e subnormais | 12,3                           |  |
| 3  | Vulnerabilidade<br>baixa       | Média                      | Famílias jovens  | Urbanos e rurais não<br>especiais e subnormais | -                              |  |
| 4  | Vulnerabilidade<br>média       | Baixa                      | Famílias adultas e idosas                                  | Urbanos não especiais<br>e subnormais          | -                              |  |
| 5  | Vulnerabilidade<br>alta        | Baixa                      | Famílias jovens em setores urbanos                         | Urbanos não especiais                          | -                              |  |
| 6  | Vulnerabilidade<br>muito alta  | Baixa                      | Famílias jovens residentes<br>em aglomerados<br>subnormais | Urbanos subnormais                             | -                              |  |
| 7  | Altíssima<br>vulnerabilidade   | Baixa                      | Famílias idosas, adultas e<br>jovens em setores rurais     | Rurais   | -                              |  |

## **2.10** DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial das bacias dos córregos Belini e das Corujas se dá pela subprefeitura de Pinheiros.

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

A **FIGURA 2.44** indica a divisão territorial administrativa das bacias dos córregos Belini e das Corujas.

## **2.11** SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é composto pelos sistemas necessários ao afastamento e tratamento dos efluentes sanitários, incluindo as infraestruturas e instalações de coleta, desde as ligações prediais, o afastamento, o tratamento e a disposição final de esgotos<sup>17</sup>.

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 2.45** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos na área de estudo do Caderno.

<sup>17.</sup> Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

# Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta

- J

Quadra viária

→ Linha férrea

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

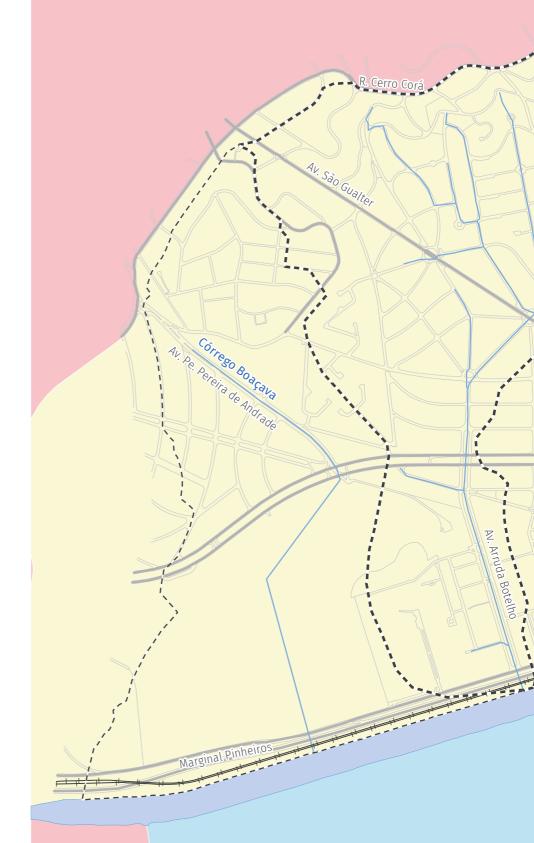


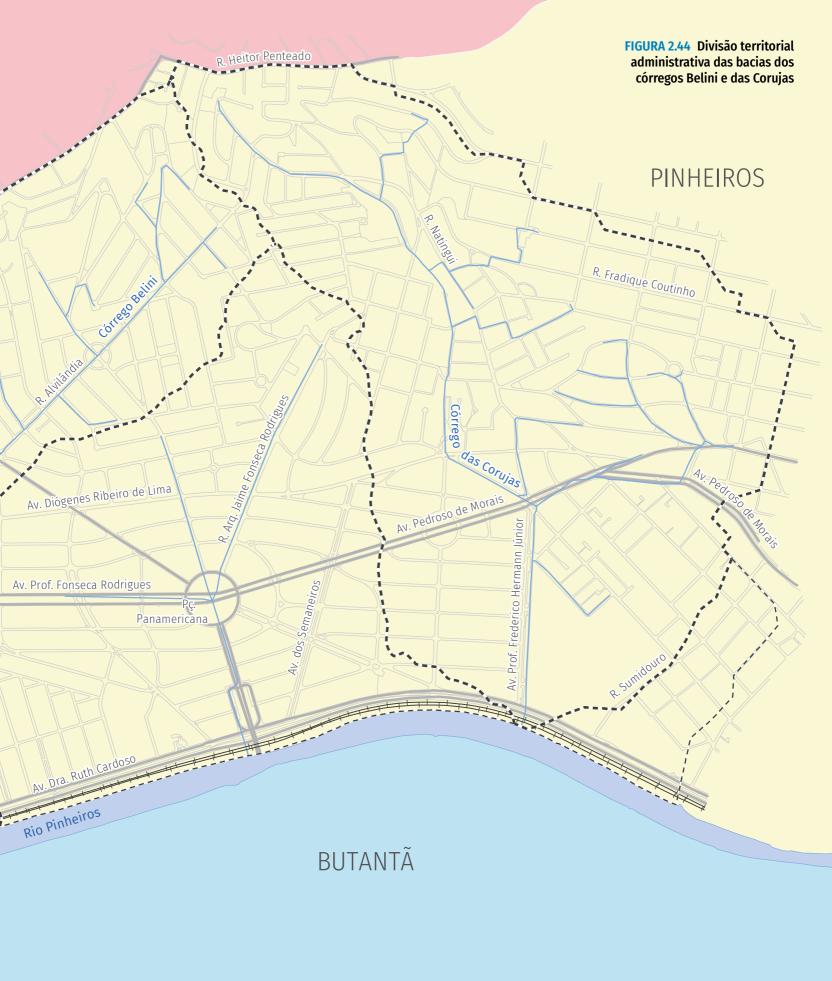






### LAPA





|   | Rede hídrica                   |
|---|--------------------------------|
| [0.03]                                    | Bacias do Belini e das Corujas |
| $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ | Área de contribuição direta    |
|   | Quadra viária                  |
| <del></del>                               | Linha férrea                   |

#### Esgotamento sanitário

Interceptor existenteColetor tronco existenteColetor tronco planejadoRede de esgoto existente

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

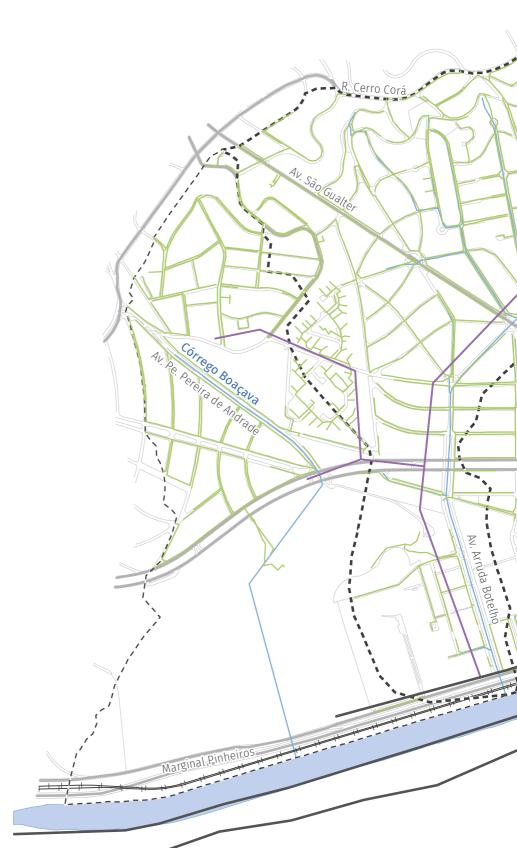
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Plano Diretor Estratégico (2014)

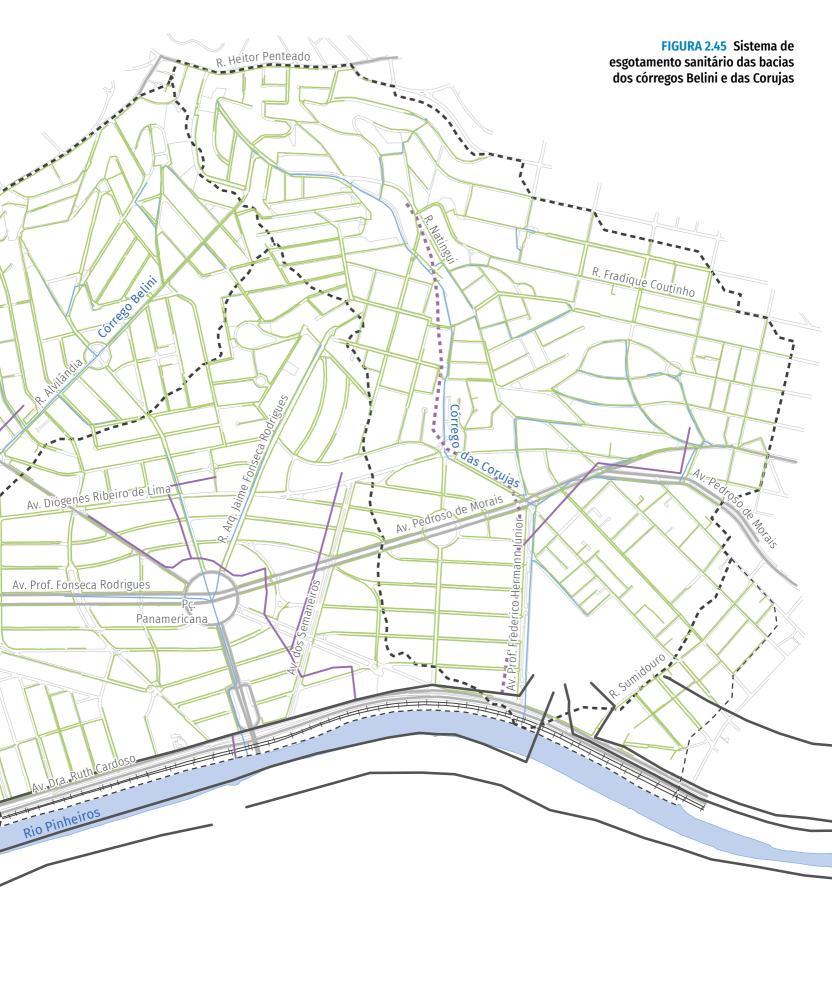












#### 2.12 SISTEMA VIÁRIO

Historicamente, a implantação de avenidas em fundos 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 córregos Belini e das Corujas se estruturam de acordo com os seguintes eixos viários: a foz é na Avenida Doutora Ruth Cardoso, na Marginal Pinheiros; a porção média da bacia do Belini é cortada pela Avenida São Gualter, pela Avenida Professor Fonseca Rodrigues e pela Rua Alvilândia; a área de contribuição direta entre as duas bacias é cortada pelas avenidas Professor Fonseca Rodrigues, Pedroso de Morais, São Gualter e Professor Manuel José Chaves. Na bacia do córrego das Corujas, temos ainda a Avenida Pedroso de Morais em seu trecho médio e a Avenida Professor Frederico Hermann Júnior em seu trecho mais a jusante, antes da foz. A FIGURA 2.46 apresenta o sistema viário descrito.



# Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta Quadra viária Linha férrea

#### Sistema viário

VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia

---- Via arterial

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

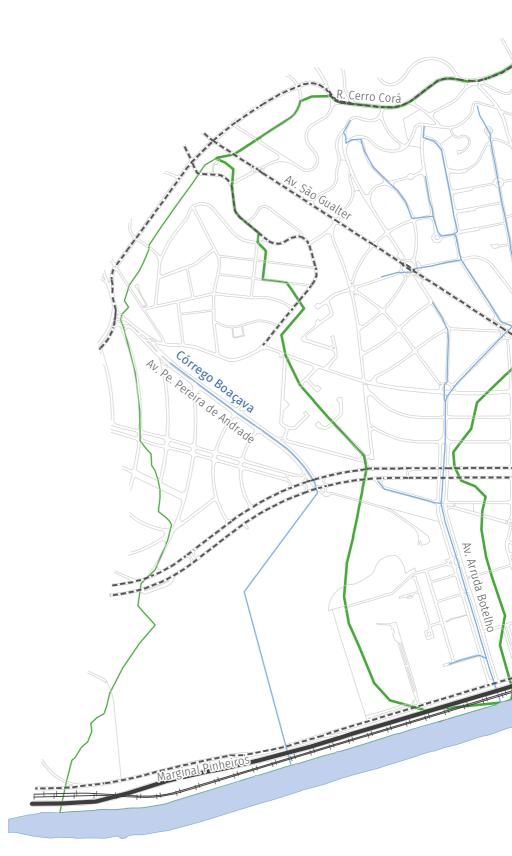
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e CET (2019)

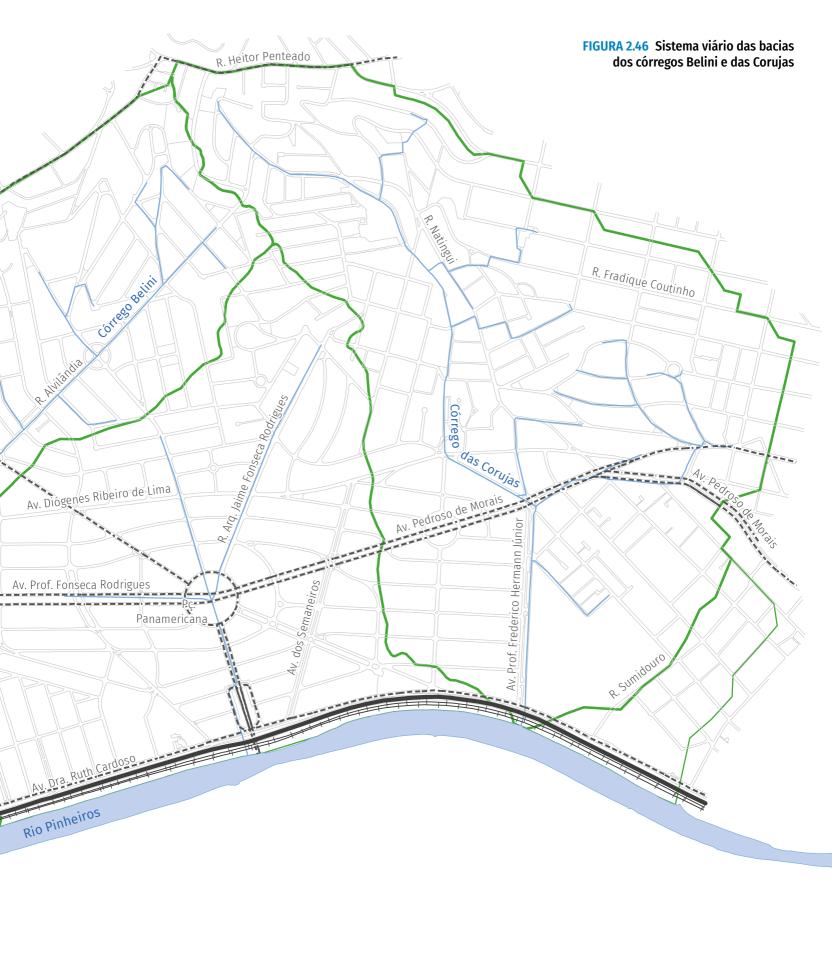












# Critérios para o estudo

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, o escoamento superficial direto e o escoamento nos sistemas de drenagem, naturais ou artificiais.

Na hidrologia urbana, é necessário conhecer o regime de precipitação: sua magnitude, o risco de ocorrência e sua distribuição temporal e espacial, assim como as características da ocupação da bacia hidrográfica, que influenciam diretamente as taxas de infiltração e a 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 detenção, entre outros, condicionam a velocidade com que a água escoa numa 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 córregos Belini e das Corujas, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica e, também, pelo cálculo das chuvas de projeto. Para a obtenção dos hidrogramas de projeto, foram analisados os parâmetros do escoamento superficial por sub-bacia de drenagem, tais como e a impermeabilização atual e a impermeabilização máxima permitida, segundo a atual LPUOS.

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

#### **3.1** CHUVA DE PROJETO

A chuva de projeto consiste em um evento crítico de precipitação construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva e em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica. Tais características estatísticas e parâmetros são representados sinteticamente por 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 córregos Belini e das Corujas 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)<sup>18</sup>.

<sup>18.</sup> 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 ≤ t ≤ 1440 min, onde:

A = 32.77

B = 20

C = -0.878

D = 16.1

E = 30

F = -0.9306

G = -0.4692

H = -0.8474

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

A tormenta de projeto frequentemente utilizada em projetos hidrológicos para bacias urbanas 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)19, em que a precipitação é desagregada em passos de tempo discriminados pela duração total, os blocos de altura de chuva em cada passo são rearranjados de forma que a maior altura de precipitação seja colocada no centro de duração, e os blocos seguintes são posicionados de forma decrescente e alternados (direita e esquerda) do bloco central; e distribuição de Huff (Huff, 1967)<sup>20</sup>, em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação é classificada em quartis e

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

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

| TABELA 3.1 Precipitações calculadas para diferentes períodos de retorno |                   |           |            |            |             |  |  |
|---|-------------------|-----------|------------|------------|-------------|--|--|
| ~ ~ / : >   | Precipitação (mm) |           |            |            |             |  |  |
| Duração (min)   | Tr 2 anos         | Tr 5 anos | Tr 10 anos | Tr 25 anos | Tr 100 anos |  |  |
| 10  | 8,5               | 11,5      | 13,5       | 16,1       | 19,8        |  |  |
| 20  | 13,7              | 18,6      | 21,8       | 25,9       | 31,9        |  |  |
| 30  | 10,4              | 14,1      | 16,6       | 19,7       | 24,3        |  |  |
| 40  | 5,5               | 7,4       | 8,7        | 10,3       | 12,7        |  |  |
| 50  | 1,1               | 1,6       | 1,8        | 2,2        | 2,7         |  |  |
| 60  | 0,4               | 0,5       | 0,6        | 0,7        | 0,8         |  |  |
| Precipitação total<br>acumulada   | 39,6              | 53,7      | 63,0       | 74,8       | 92,3        |  |  |

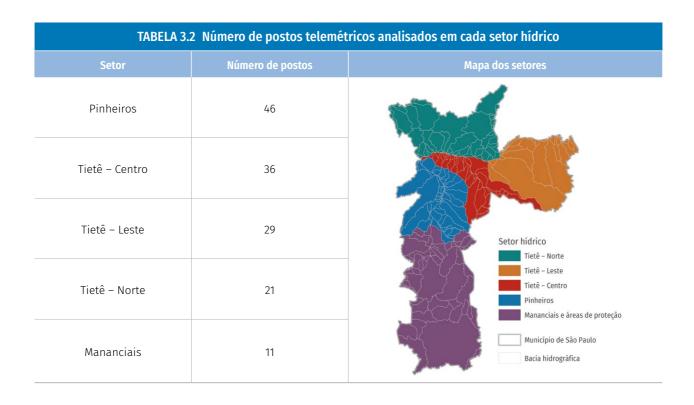
determina-se, para cada quartil, as curvas de probabilidade de excedência da precipitação sobre uma precipitação adimensional.

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

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

A determinação das distribuições foi efetuada em quatro etapas: separação de eventos; classificação de eventos quanto à duração; cálculo das porcentagens de cada passo de tempo; e cálculo das médias de porcentagens para cada passo de tempo. Tratando-se das bacias em estudo, localizadas no setor hídrico Pinheiros, foram utilizados 22 postos telemétricos e analisados 117 eventos com duração de até 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.

#### **3.2** ANÁLISE DE EVENTO OBSERVADO

Nos dias 9 e 10 de fevereiro de 2020, as bacias dos córregos Belini e das Corujas e áreas adjacentes sofreram sérios problemas, devido a um evento de precipitação prolongada na cidade de São Paulo. O nível máximo do Rio Pinheiros observado durante esse evento foi de 720,2 m (datum vertical, Sirgas, 2000, ortométrico), no

posto fluviométrico da Barragem de Retiro. Esse foi um evento crítico, com o maior nível registrado nesse posto nos últimos 10 anos e bastante documentado nos meios de comunicação.

Os dados de precipitação indicaram 133 mm, 127 mm e 128 mm precipitados em um período de 17 horas nos postos CTH-USP, Ponte Cidade Universitária e Córrego das Corujas, respectivamente (**FIGURA 3.2**). Esse evento apresentou baixa intensidade de precipitação, porém, ocorreu por um período prolongado.

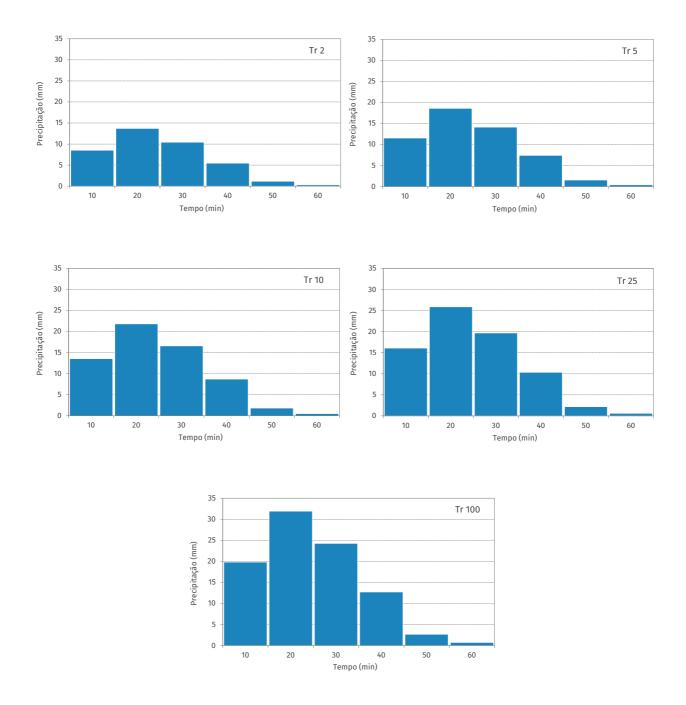


FIGURA 3.1 Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos

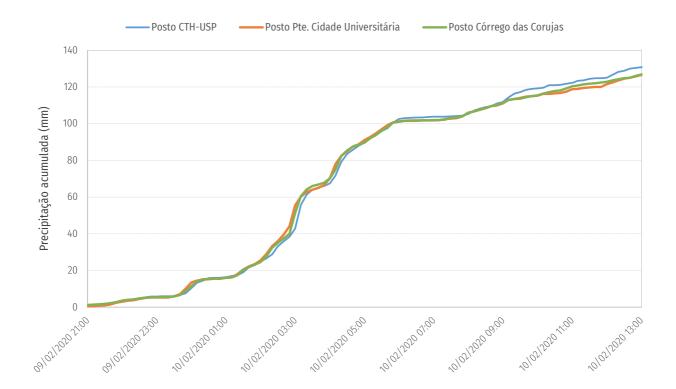


FIGURA 3.2 Precipitação acumulada no evento de 10 de fevereiro de 2020 (fonte: SAISP, 2021)

O Rio Pinheiros extravasou, e suas águas avançaram por sobre as bacias (**FIGURA 2.8**), invadindo a via Marginal, a ferrovia e a planície aluvial das bacias, em especial na área da várzea do Rio Pinheiros, entre a Avenida Arruda Botelho, sobre o córrego Belini, e a Avenida Professor Manuel José Chaves, que liga a Ponte da Cidade Universitária à Praça Panamericana.

#### **3.3** SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, as bacias dos córregos Belini e das Corujas, juntamente com suas ACD, foram divididas em 39 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 3.3** é apresentada a divisão de sub-bacias empregada no modelo hidrológico-hidráulico adotado.

Rede hídrica
Sub-bacia

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

+ + Linha férrea

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

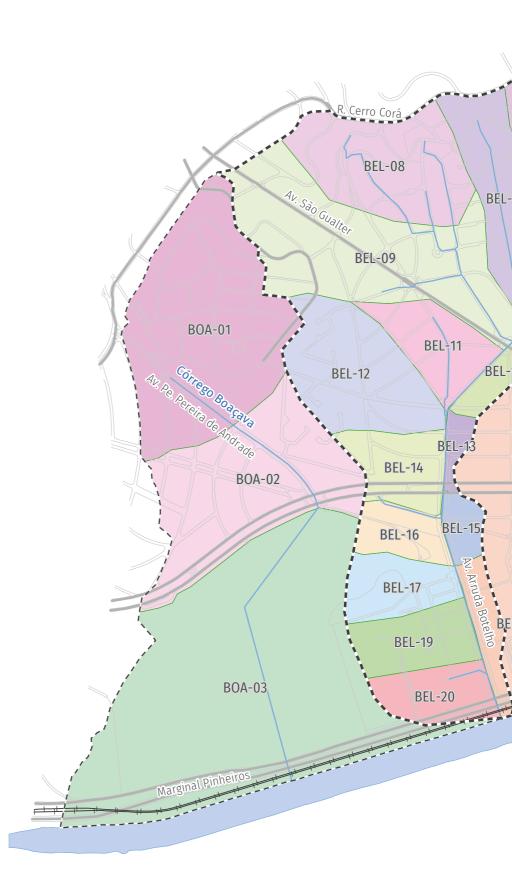
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

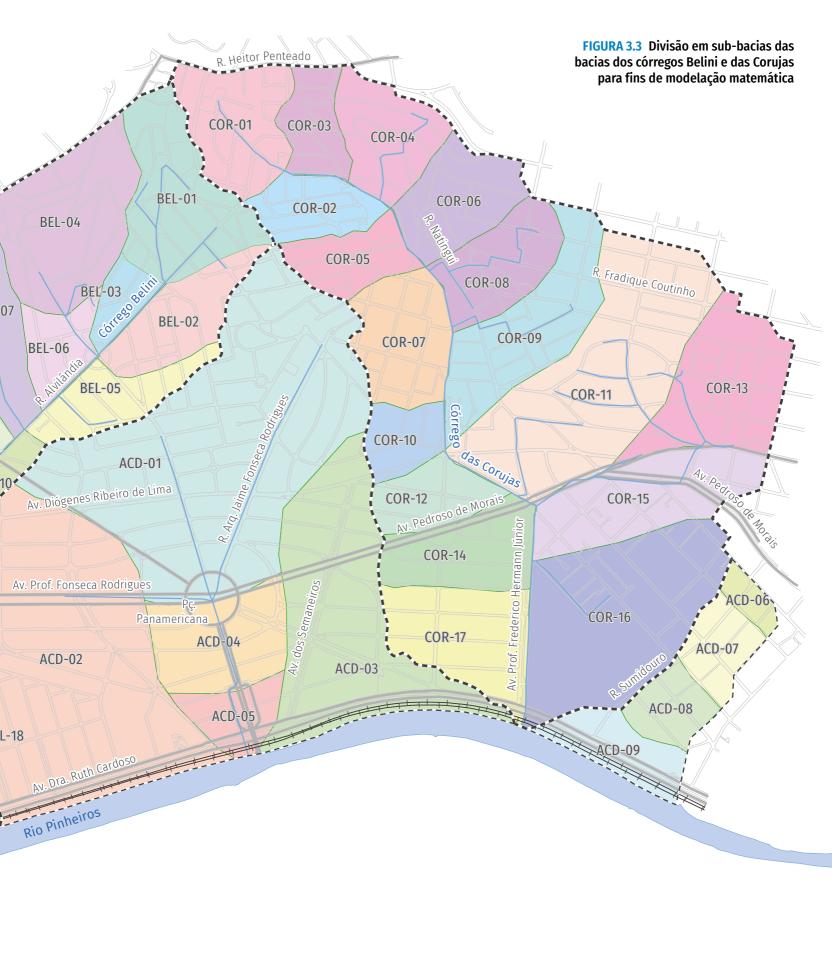












#### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

| TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias |            |                          |                                |           |            |                          |                                |
|--|------------|--------------------------|--------------------------------|-----------|------------|--------------------------|--------------------------------|
| Sub-bacia  | Área (km²) | Declividade<br>média (%) | Comprimento do<br>talvegue (m) | Sub-bacia | Área (km²) | Declividade<br>média (%) | Comprimento do<br>talvegue (m) |
| BEL-01   | 1,90       | 10,3                     | 673                            | COR-03    | 0,71       | 18,2                     | 372                            |
| BEL-02   | 1,10       | 14,4                     | 319                            | COR-04    | 1,17       | 15,8                     | 440                            |
| BEL-03   | 0,41       | 8,4                      | 176                            | COR-05    | 0,80       | 9,5                      | 495                            |
| BEL-04   | 2,19       | 10,5                     | 510                            | COR-06    | 1,22       | 13,7                     | 484                            |
| BEL-05   | 0,91       | 5,6                      | 568                            | COR-07    | 1,33       | 5,1                      | 488                            |
| BEL-06   | 0,65       | 2,5                      | 241                            | COR-08    | 1,18       | 14,3                     | 469                            |
| BEL-07   | 1,44       | 7,9                      | 781                            | COR-09    | 1,86       | 7,0                      | 1031                           |
| BEL-08   | 1,88       | 11,6                     | 642                            | COR-10    | 0,60       | 9,8                      | 287                            |
| BEL-09   | 3,25       | 7,5                      | 1163                           | COR-11    | 3,94       | 5,3                      | 1085                           |
| BEL-10   | 0,42       | 1,8                      | 100                            | COR-12    | 0,81       | 0,7                      | 460                            |
| BEL-11   | 0,88       | 5,5                      | 500                            | COR-13    | 1,88       | 3,9                      | 768                            |
| BEL-12   | 1,78       | 7,4                      | 590                            | COR-14    | 1,26       | 0,6                      | 518                            |
| BEL-13   | 0,18       | 1,5                      | 78                             | COR-15    | 1,83       | 2,6                      | 822                            |
| BEL-14   | 0,78       | 0,8                      | 360                            | COR-16    | 3,33       | 2,0                      | 960                            |
| BEL-15   | 0,29       | 0,3                      | 138                            | COR-17    | 1,58       | 1,0                      | 670                            |
| BEL-16   | 0,53       | 2,5                      | 300                            | ACD-01    | 7,17       | 5,1                      | 1240                           |
| BEL-17   | 0,74       | 2,5                      | 385                            | ACD-02    | 6,50       | 1,2                      | 1112                           |
| BEL-18   | 0,44       | 0,8                      | 544                            | ACD-03    | 3,66       | 4,7                      | 965                            |
| BEL-19   | 0,83       | 1,4                      | 416                            | ACD-04    | 1,47       | 0,3                      | 313                            |
| BEL-20   | 0,73       | 1,8                      | 465                            |           |            |                          |                                |

#### **3.4** IMPERMEABILIZAÇÃO DAS BACIAS

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo<sup>21</sup>. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado em cada bacia.

Para essa avaliação, foram selecionadas quadras com tipologias de uso do solo homogêneas e analisadas todas as tipologias presentes nas bacias 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 das bacias; 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 córregos Belini e das Corujas, por sua vez, é apresentada na **TABELA 3.5**.

TABELA 3.4 Valor médio de impermeabilidade adotado na segmentação das imagens

| Classe           | % Impermeável<br>adotada |
|------------------|--------------------------|
| Espaços Abertos  | 15                       |
| Áreas Edificadas | 95                       |
| Outros           | 80                       |

### TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

| por cipologia de uso do solo                |               |  |  |  |
|---|---------------|--|--|--|
| Uso do solo                                 | % Impermeável |  |  |  |
| Comércio e Serviços                         | 84,5          |  |  |  |
| Equipamento Urbano                          | 64,9          |  |  |  |
| Indústria e Armazém                         | 73,1          |  |  |  |
| Residencial Horizontal<br>Baixo Padrão      | 84,3          |  |  |  |
| Residencial Horizontal<br>Médio Alto Padrão | 76,4          |  |  |  |
| Residencial Vertical<br>Baixo Padrão        | 71,3          |  |  |  |
| Residencial Vertical<br>Médio Alto Padrão   | 74,4          |  |  |  |
| Espaços Abertos                             | 24,7          |  |  |  |
| Viário                                      | 94,8          |  |  |  |

Assim, os valores de impermeabilização atual das bacias foram obtidos considerando as tipologias de uso do solo e as respectivas porcentagens de área impermeável. A **FIGURA 3.4** ilustra a impermeabilização atual das bacias.

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

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

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 3.5**.

A **TABELA 3.6** indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia considerada,

para a condição atual e a máxima permitida por lei.

No total das 39 sub-bacias, onze delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior do que a máxima permitida, e as demais estão com valores iguais ou muito próximos do valor máximo permitido por lei.

Quando analisado o valor médio, observa-se que a lei autorizaria um aumento de até 10% na impermeabilidade média da área total das bacias dos córregos Belini e Corujas e das áreas de contribuição direta. A impermeabilização atual é de 70%, e a permitida, de 77%. Essa diferença, em termos hidrológicos, impacta o hidrograma obtido nas modelagens, uma vez que uma maior impermeabilidade é precursora de picos de vazão mais elevados e de maiores velocidades de escoamento superficial.

| TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei |                      |                  |           |                      |                  |
|--|----------------------|------------------|-----------|----------------------|------------------|
| Sub-bacia  | Área impermeável (%) |                  |           | Área impermeável (%) |                  |
|  | Atual                | Máxima permitida | Sub-bacia | Atual                | Máxima permitida |
| BEL-01   | 75,3                 | 75,1             | COR-03    | 77,9                 | 84,0             |
| BEL-02   | 75,8                 | 74,4             | COR-04    | 76,3                 | 81,1             |
| BEL-03   | 81,6                 | 75,1             | COR-05    | 74,1                 | 74,2             |
| BEL-04   | 76,2                 | 76,3             | COR-06    | 80,1                 | 77,5             |
| BEL-05   | 77,3                 | 74,2             | COR-07    | 81,1                 | 78,5             |
| BEL-06   | 80,0                 | 74,6             | COR-08    | 78,2                 | 76,5             |
| BEL-07   | 80,5                 | 76,0             | COR-09    | 78,9                 | 80,6             |
| BEL-08   | 69,2                 | 75,8             | COR-10    | 70,7                 | 75,5             |
| BEL-09   | 77,6                 | 77,1             | COR-11    | 82,1                 | 78,0             |
| BEL-10   | 81,6                 | 74,7             | COR-12    | 78,8                 | 73,5             |
| BEL-11   | 73,4                 | 74,8             | COR-13    | 83,6                 | 82,4             |
| BEL-12   | 79,8                 | 76,4             | COR-14    | 78,0                 | 76,2             |
| BEL-13   | 78,7                 | 75,9             | COR-15    | 82,7                 | 83,7             |
| BEL-14   | 74,8                 | 75,2             | COR-16    | 73,7                 | 77,0             |
| BEL-15   | 73,8                 | 75,2             | COR-17    | 79,5                 | 74,2             |
| BEL-16   | 43,9                 | 36,2             | ACD-01    | 78,3                 | 74,8             |
| BEL-17   | 44,0                 | 33,6             | ACD-02    | 74,9                 | 75,6             |
| BEL-18   | 70,0                 | 75,1             | ACD-03    | 70,4                 | 77,2             |
| BEL-19   | 75,8                 | 77,5             | ACD-04    | 78,4                 | 75,7             |
| BEL-20   | 70,9                 | 78,6             | ACD-05    | 75,3                 | 78,8             |
| BOA-01   | 79,4                 | 81,0             | ACD-06    | 82,6                 | 84,1             |
| BOA-02   | 74,1                 | 74,3             | ACD-07    | 81,4                 | 83,6             |
| BOA-03   | 35,0                 | 24,8             | ACD-08    | 79,6                 | 84,3             |
| COR-01   | 79,7                 | 80,3             | ACD-09    | 59,2                 | 80,6             |
| COR-02   | 74,7                 | 74,5             | Média     | 74,7                 | 74,6             |

Rede hídrica

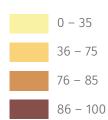
Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

#### Área impermeável atual (%)



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

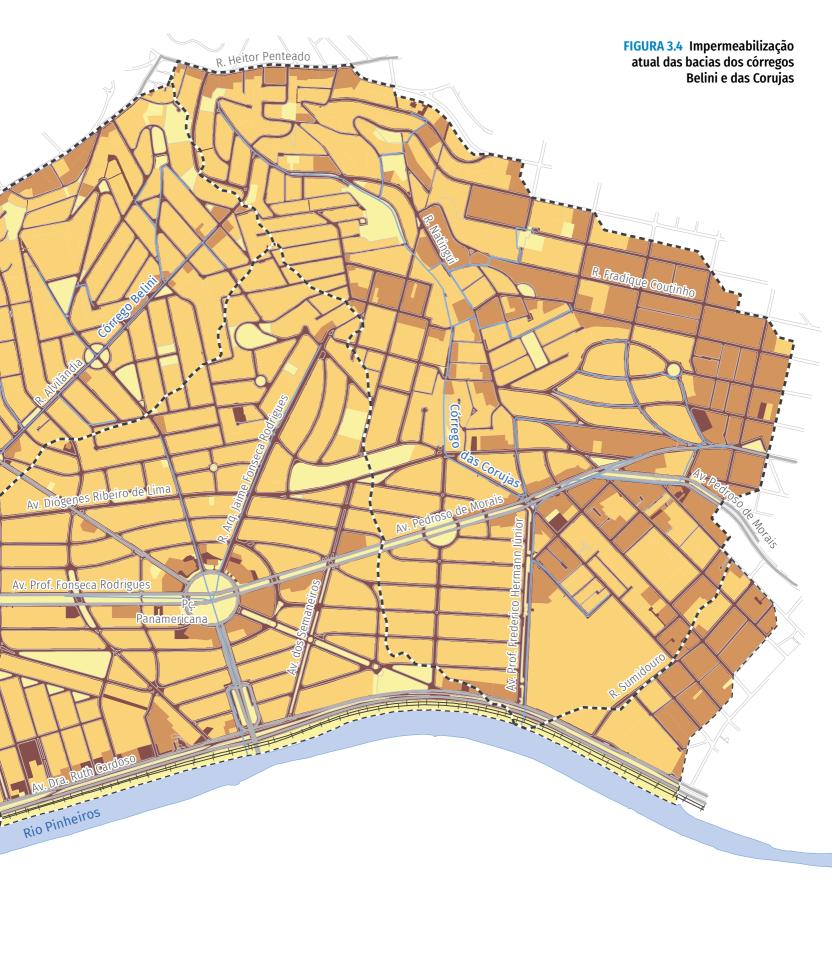
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)











Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

Área impermeável máxima permitida por lei (%)

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

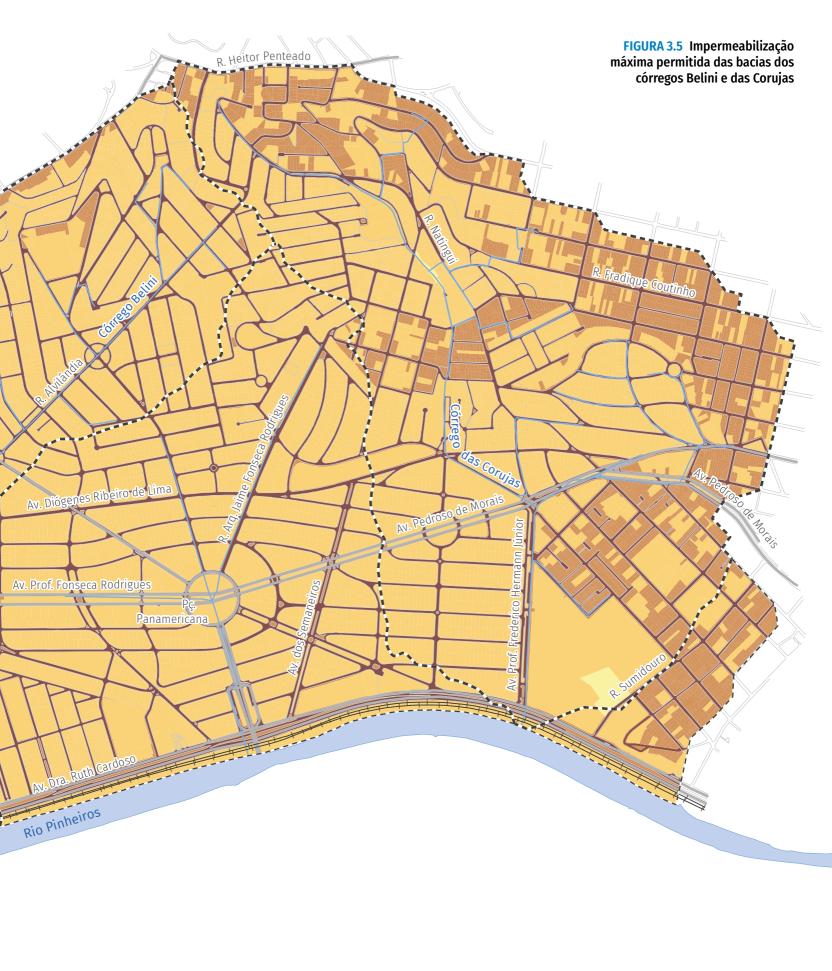












# Mapeamento de áreas críticas

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 das bacias dos córregos Belini e das Corujas. Esse mapa considera as áreas inundáveis associadas ao risco hidrológico, o risco de inundação, o sistema viário estrutural e os equipamentos urbanos localizados em áreas inundáveis.

#### **4.1** ÁREAS INUNDÁVEIS

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

A área das bacias dos córregos Belini e das Corujas, semelhante à área de drenagem da Vila Leopoldina, é bastante suscetível às variações de nível do Rio Pinheiros, e isso se dá principalmente em razão de dois fatores: extensa área de planície aluvial, que cobre mais da metade das bacias e que apresenta praticamente a mesma cota em toda a sua extensão; e a altura baixa do desemboque das galerias de macrodrenagem no Rio Pinheiros, implicando no seu funcionamento com seção parcialmente ocupada pelo remanso do rio.

Por meio da análise do histórico dos postos de telemetria existentes no Rio Pinheiros e dos resultados do modelo hidráulico-hidrológico alinhados aos preceitos do PDMAT, foi adotada a cota de 720,2 m como nível máximo do Rio Pinheiros na foz dos dois córregos de interesse. Esta cota corresponde ao nível máximo observado na

série histórica dos últimos 10 anos no posto fluviométrico da Barragem de Retiro. Esse valor foi considerado para a composição do mapa de áreas críticas e, por conseguinte, para o dimensionamento das medidas neste Caderno de Bacia Hidrográfica. Uma simulação do evento foi realizada no modelo computacional, e a inundação resultante pode ser observada na **FIGURA 4.1**. O resultado obtido encontra respaldo nos dados levantados em campo e nos pontos de alagamento da CET/CGE.

Para o estudo das cheias originadas na própria bacia, foi realizado o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações a partir da modelagem matemática hidráulica e hidrológica para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos, utilizando o nível normal de 716,8 m do Rio Pinheiros (**FIGURA 4.2**), e o nível crítico medido de 720,2 m (**FIGURA 4.3**).



Fotos de inundação na Av. Arruda Botelho e R. Orobó (fotos: acervo de SIURB)

Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

Mancha de inundação da simulação para o evento de 10 de fevereiro de 2020

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

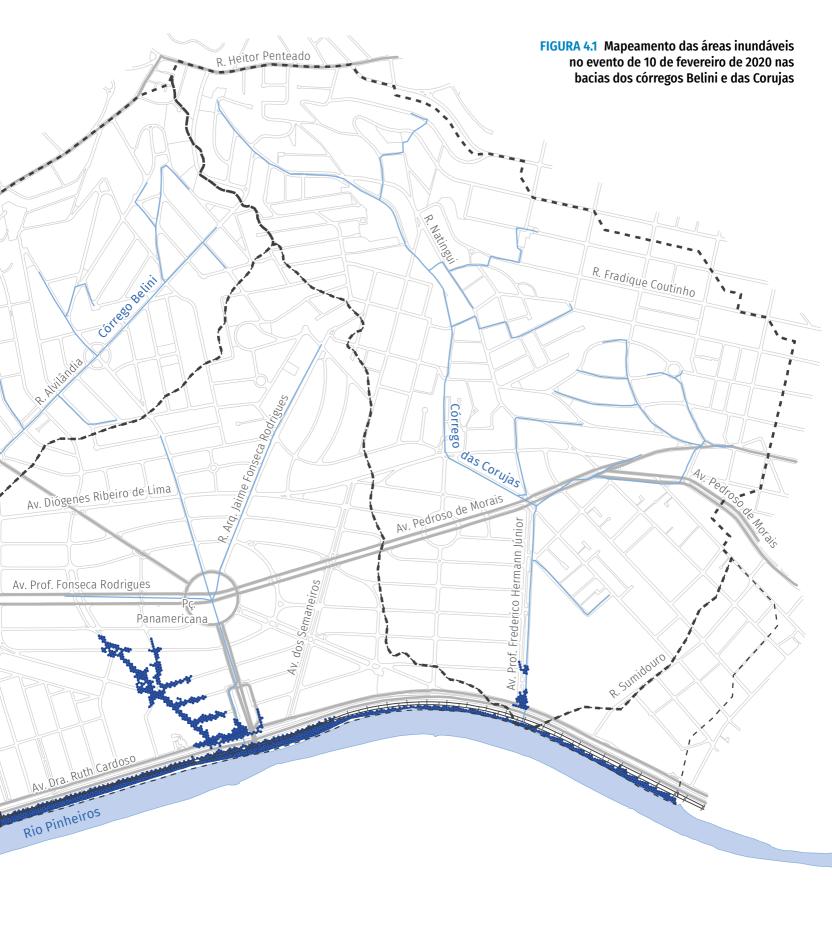








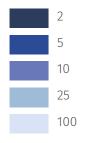




Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Área de contribuição direta

Quadra viária

#### Período de retorno (anos)

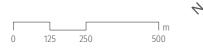


SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

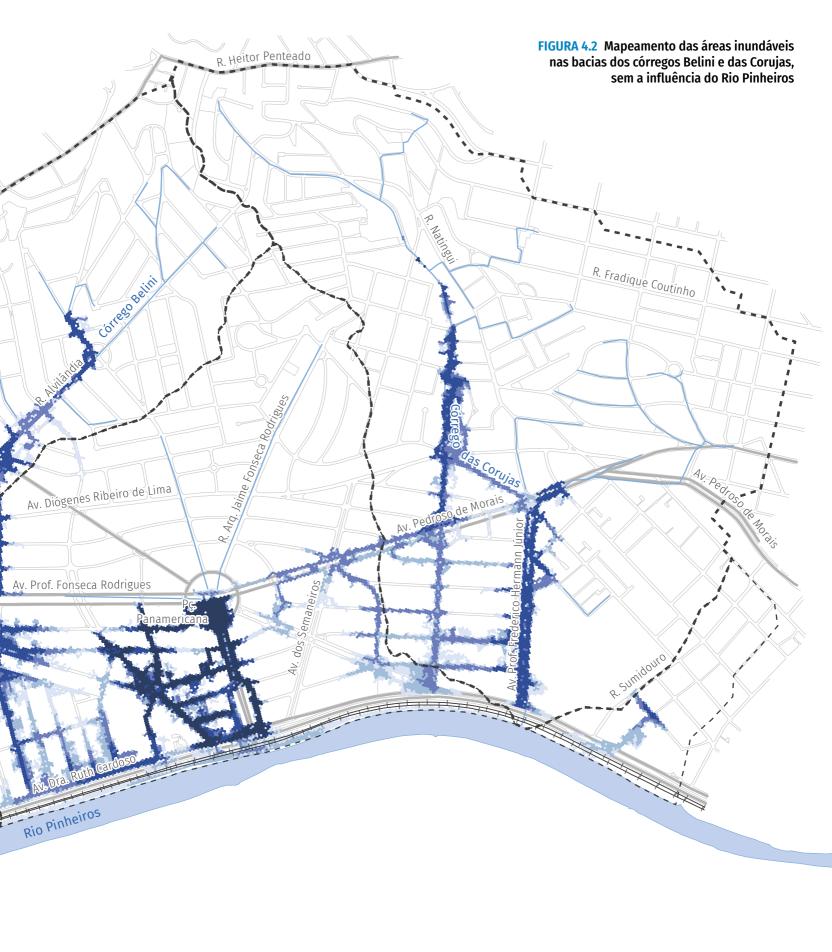








R. Cerro Corá



Rede hídrica

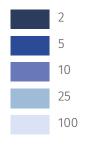
Bacias do Belini e das Corujas

Ārea de contribuição direta

Quadra viária

→ ⊢ Linha férrea

#### Período de retorno (anos)



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

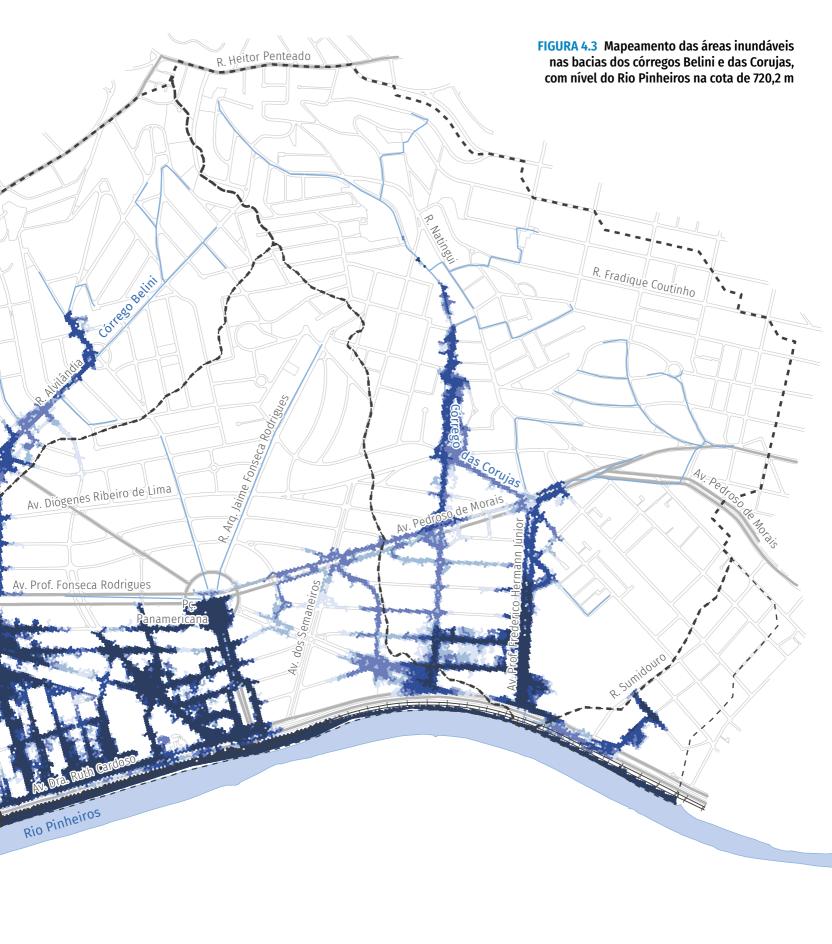
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)











#### 4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis da bacia próximas aos córregos. Dentre essas áreas, foram considerados os equipamentos urbanos vulneráveis, cortiços e favelas, o sistema viário estrutural 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 serem 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 ocorrerem danos ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004<sup>22</sup>).

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 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

<sup>22.</sup> UNDP (United Nations Development Program). **Reducing disaster risk**: a challenge for development. Nova York: UNDP, 2004.

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

| TABELA 4.1 Graus de risco de inundação |              |                    |  |  |  |
|--|--------------|--------------------|--|--|--|
| Grau de risco                          | Escala*      | % da área de risco |  |  |  |
| Baixo                                  | 0 - 0,002    | 34,2               |  |  |  |
| Médio                                  | 0,002 - 0,01 | 55,7               |  |  |  |
| Alto                                   | 0,01 - 0,04  | 10,1               |  |  |  |
| Muito alto                             | 0,04 - 1     | 0,1                |  |  |  |

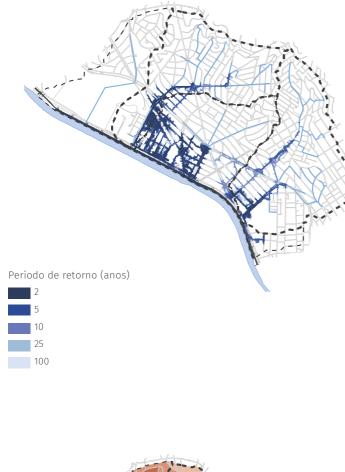
<sup>\*</sup> Essa escala foi adotada em função da análise para o Município de São Paulo.

Em seguida, a **FIGURA 4.5** 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 4.6**.

FIGURA 4.4 Dados utilizados na obtenção do risco de inundação



Risco de inundação



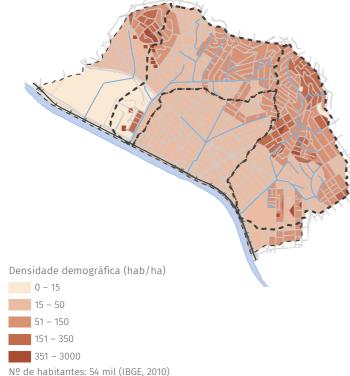
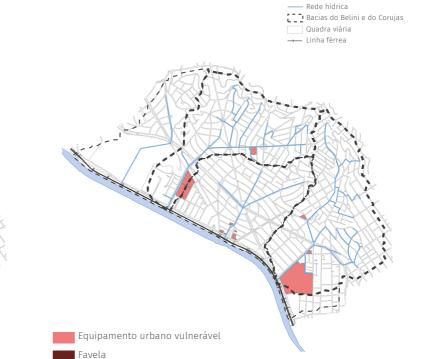


FIGURA 4.5 Dados utilizados na obtenção das áreas críticas

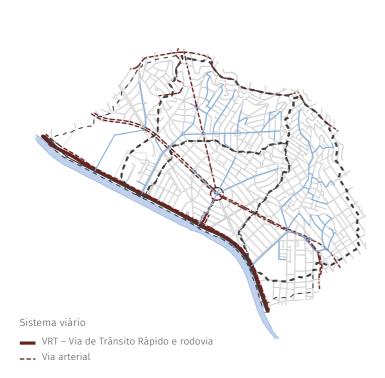
Risco de inundação

Baixo

Médio Alto Muito alto

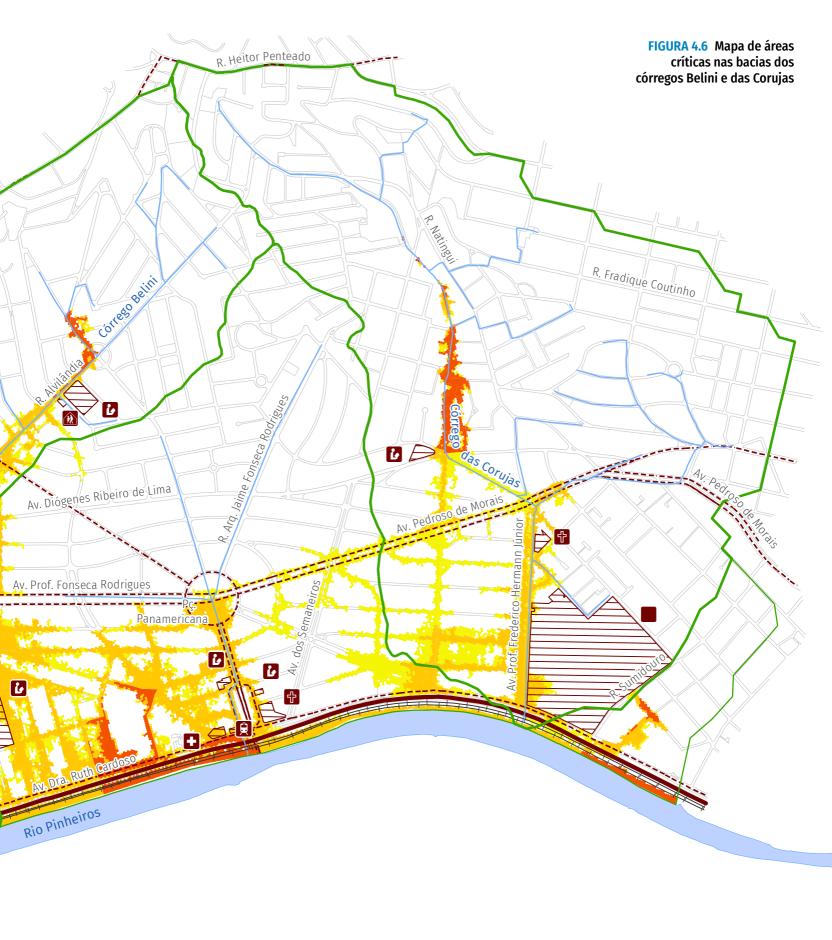


Convenção





## Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta Quadra viária Linha férrea R. Cerro Corá Áreas críticas Risco de inundação (classificação) Baixo Av. São Gualter Médio Alto Muito alto Lotes em vulnerabilidade Equipamento Urbano Av. De Pereira de Andrade Assistência Social Estação Trem/CPTM Igreja Serviço de Saúde Subprefeitura de Pinheiros Unidade de Ensino Sistema viário VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia - Via arterial SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23) FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica 500



## Estudos e projetos existentes para as bacias

O sistema de macrodrenagem nas bacias dos córregos Belini e das Corujas vem sendo desenvolvido ao longo dos anos, pelo interesse em reduzir os impactos de inundação nos fundos de vale, nos lotes vizinhos aos córregos, nos locais de grande visibilidade, nos espaços urbanos bastante frequentados pela população e em vias de tráfego intenso, essenciais para o transporte e o deslocamento de veículos e pessoas.

Os projetos para o controle de cheias existentes nessas bacias e em suas áreas de contribuição direta têm como principal objetivo a proteção das seguintes áreas: trecho final do córrego Belini, antes de chegar ao Rio Pinheiros, na Avenida Arruda Botelho e na Rua Orobó, paralela à avenida; área delimitada pelo trecho mais a jusante do córrego Belini e eixo que corta a Praça Panamericana, na área de contribuição direta entre as duas bacias; e trecho médio do córrego das Corujas, ao longo da Rua Natingui, e o trecho final desse córrego, na Avenida Professor Frederico Hermann Júnior.

Constam no acervo da SIURB diversos estudos de possíveis medidas estruturais para o controle de cheias em ambas as bacias, contemplando

#### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

o aumento de seções transversais de galerias, a reparação de galerias e a proposição de galerias de reforço, bem como de reservatórios para a detenção de cheias. Os projetos existentes e a localização de cada intervenção proposta são apresentados no mapa da **FIGURA 5.1** e descritos detalhadamente nos itens subsequentes.



# Convenção Rede hídrica Bacias do Belini e das Corujas Área de contribuição direta Quadra viária

Projetos existentes

Enger

Reparo de galeria

– Linha férrea

Geométrica



Sabesp



PSI

**G**aleria

USP - EP/FAU



Lagoas pluviais

Planorte

Galeria de reforço

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)











#### 1. Reparos nas galerias

A necessidade de reparos nas galerias dos córregos Belini e das Corujas foi detectada em dois relatórios técnicos de avaliação, elaborados pela Enger Engenharia, sendo um para o córrego Belini (2000) e outro para o córrego das Corujas (2001). Os documentos levantaram informações da situação das galerias principais dos dois córregos no que diz respeito ao seu estado estrutural e de conservação, além de elencar obstruções existentes (**FIGURA 5.2**), com foco nos reparos necessários para a segurança e uma melhor eficiência da rede de drenagem das bacias.





FIGURA 5.2 Na imagem de cima, galeria do córrego Belini com tubo transversal. Abaixo, imagem de galeria do córrego das Corujas com armadura aparente (fotos: Enger Engenharia)

## 2. Reservatório de amortecimento de cheias

O projeto da Geométrica Engenharia de Projetos S/C Ltda. (2002) contempla o estudo hidrológico e o projeto básico de um reservatório, a ser instalado junto à Praça Dolores Ibarruri, localizada ao longo da Avenida das Corujas, no sub-trecho compreendido entre as ruas Natingui e Juranda, conforme demonstra a **FIGURA 5.3.** 

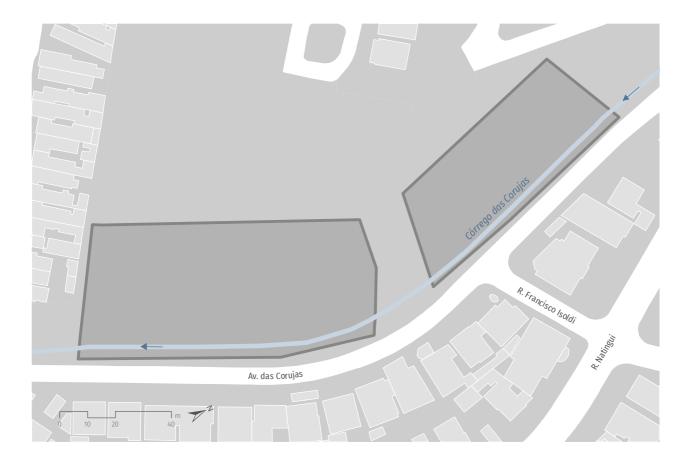


FIGURA 5.3 Áreas consideradas para a implantação de um reservatório com duas células (Geométrica, 2002)

## 3. Reativação de trecho de galeria- córrego das Corujas

Feito pela Planorte Engenharia, contratada pela Prefeitura de São Paulo em 2015, o estudo contempla a proposta de reativação de um trecho de galeria. O projeto estipula inicialmente a derrubada de um muro na Rua Romeu Perrotti, que atualmente impede a passagem de água para um dos trechos da galeria principal do córrego das Corujas. Para isso, propõem-se uma primeira caixa

de interligação, na Rua Lira, conectando esse trecho então bloqueado a um novo, tubular, de 1,5 m de diâmetro, que segue até a Rua Isabel de Castela. Nesse ponto, é proposta uma segunda caixa de interligação de mesma dimensão, que passaria a unir o trecho novo proposto com o trecho a ser reativado, que percorre a bacia pela Rua Padre Artur Somensi até encontrar a galeria principal do córrego das Corujas na Rua Professor Muniz (FIGURA 5.4).

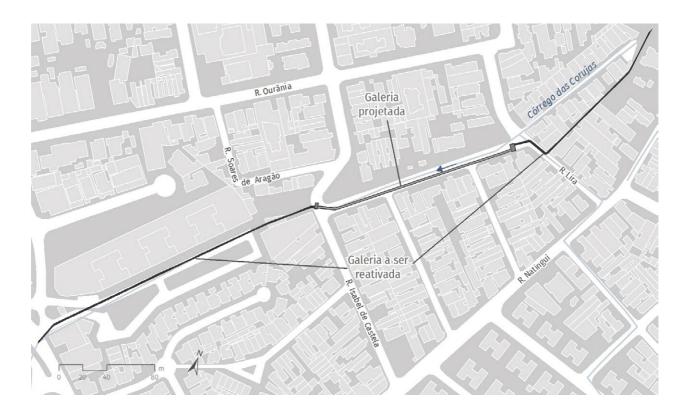


FIGURA 5.4 Reativação de galeria no córrego das Corujas, na R. Pe. Artur Somensi (fonte: Planorte Engenharia)

## 4. Construção de novo trecho de galeria- córrego das Corujas

Feito pela PSI Engenharia S/S Ltda., contratada pela Prefeitura de São Paulo em 2017, o estudo contempla uma proposta de solução para um dos problemas de drenagem nas imediações do córrego das Corujas. No projeto, verificou-se a necessidade de uma nova galeria na

Rua Natingui, entre a Avenida Professor Frederico Hermann Júnior e a Rua Vupabussu, em virtude da existência de um ponto baixo naquela rua. A eliminação do acúmulo de água nesse local seria viável com a instalação de uma boca-de-lobo para a captação do escoamento, associada a uma galeria de reforço até o sistema existente.



FIGURA 5.5 Galeria na R. Natingui (fonte: PSI Engenharia S/S Ltda.)

## 5. Abertura de trecho do córrego das Corujas

Essa proposta contempla o estudo e o projeto de abertura do córrego das Corujas em seu trecho final, na Avenida Professor Frederico Hermann Júnior, entre as ruas Carlos Rath e Ernesto Nazaré (**FIGURA 5.6**). A proposta foi desenvolvida pelo escritório Guajava, Arquitetura da Paisagem e Urbanismo (2021) para a Sabesp.



FIGURA 5.6 Abertura de trecho do córrego das Corujas (fonte: Guajava, 2021)

### Revitalização da Praça das Corujas com a implantação de medidas de drenagem sustentáveis

Em função de uma demanda da população local para revitalizar a Praça das Corujas e tornar o local mais agradável e seguro, além de contribuir para a mitigação dos problemas de inundação e de poluição das águas do entorno, uma equipe de arquitetos e engenheiros da USP se uniu para atender essas demandas. Assim, no ano de 2008, foi concebido um projeto inovador e multidisciplinar que introduzia as medidas de drenagem sustentáveis para o tratamento do espaço urbano e dos problemas que envolviam a quantidade e a qualidade das águas do local.

Foram previstas biovaletas para a captação e condução do escoamento superficial

das ruas que contribuem para a área da praça. Nos taludes, as biovaletas seriam dotadas de pequenos barramentos, para a diminuição da velocidade do escoamento. Ao final, as biovaletas desembocariam em pequenas lagoas pluviais antes de chegarem ao córrego das Corujas (FIGURA 5.7).

Entre outros dispositivos de lazer, sociabilização e contemplação, como bancos e deques, o projeto também abrangeu a utilização de pavimentos permeáveis nos caminhos e o plantio de vegetação para contenção de margens e renaturalização.

O projeto foi implantado parcialmente. Das intervenções de drenagem propostas, mantiveram-se as biovaletas (**FIGURA 5.8**), mas sem o amortecimento das lagoas pluviais.



FIGURA 5.7 Revitalização proposta para a Pç. das Corujas (fonte: USP – EP/FAU, 2018)





FIGURA 5.8 Biovaletas na Pç. das Corujas em outubro de 2022 (fotos: FCTH)

## **Alternativas propostas**

Este capítulo apresenta duas alternativas para o controle de cheias. Cada alternativa é composta por um conjunto de medidas estruturais, com o intuito de conceder às bacias o grau de proteção de 100 anos. As intervenções foram dimensionadas para o cenário de impermeabilização máxima do solo permitida por lei.

As alternativas visam ao controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais situadas nas bacias dos córregos Belini e das Corujas e em seus afluentes.

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

Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Sempre que possível, considerou-se a implantação de reservatórios de armazenamento abertos, por seus custos reduzidos de implantação e manutenção e pela possibilidade de integração com as estruturas urbanas existentes;

- Poço de reservação funciona como um reservatório fechado de menor dimensão, podendo ser alocado sob o viário. Foi concebido para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante sem uso de bombeamento;
- Reforço de galeria trata-se da ampliação da capacidade de escoamento de um trecho, com a implantação de uma nova galeria, para complementar a capacidade de escoamento do sistema (galeria de reforço);
- Ampliação de seção transversal trata--se da substituição de trechos de galeria existentes por uma nova galeria, de maiores dimensões.

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

No estudo deste Caderno, foram previstas três etapas de implantação: a primeira etapa é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em locais frequentemente afetados pelas cheias, ou naqueles caracterizados pelas áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana; a segunda etapa visa à proteção para chuvas de Tr 25 anos; e a terceira etapa engloba obras para proteção de Tr 100 anos.

Para o Caderno da Bacia Hidrográfica dos córregos Belini e das Corujas, adotou-se na primeira etapa obras caracterizadas como prioritárias e/ou projetos previamente aprovados pela prefeitura.

Com o intuito de facilitar a implantação das medidas, sem impacto na proteção hidrológica, foram elaboradas 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.

Além disso, nas duas alternativas propostas, considerou-se o nível de 720,2 m no Rio Pinheiros, em conformidade com a análise de níveis de água apresentada no item 4.1.

As alternativas conferem às bacias proteção hidrológica para chuvas de Tr 100 anos considerando a condição atual de impermeabilização das áreas de estudo, uma vez que estas já se encontram com taxas de impermeabilização que superam os valores máximos permitidos por lei.

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

## **6.1** FUNCIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DO PÔLDER

O conjunto de estruturas do pôlder está inserido em ambas as alternativas, sendo a principal solução adotada nesse estudo para os alagamentos da zona de planície quando o nível do Rio Pinheiros está alto. A solução é semelhante à proposta apresentada no caderno da bacia da Vila Leopoldina, que também é atingida pelas cheias do Rio Pinheiros. Esse sistema reúne a capacidade de escoar as vazões das bacias, além de proteger as áreas baixas do remanso das águas do rio.

Esse conjunto sugerido de medidas estruturais é composto por válvulas flap, dique, sistema de microdrenagem e reservatório com bombeamento. A estrutura de proteção da planície de inundação, das bacias e áreas de contribuição associadas, corresponde ao dique proposto. Tal estrutura configura-se como uma barreira física, com topo estabelecido de acordo com a cota máxima verificada no Rio Pinheiros. A cota de topo do dique foi definida em função do nível máximo observado no evento do dia 10 de fevereiro de 2020, que foi de 720,2 m, acrescentando uma altura de segurança de 1,3 m em relação a essa cota, sendo estabelecida, assim, a cota de 721,5 m.

O dique protegerá as áreas baixas das bacias contra o avanço superficial das águas do Rio Pinheiros. Os pontos de fechamento das extremidades desse dique devem ser analisados na fase de projeto, levando em consideração a cota de segurança de 721,5 m. Apresenta-se na FIGURA **6.1** uma solução proposta para esse caso, pela utilização de comportas e elevação de trecho da Marginal Pinheiros, em complemento com trechos de muretas de concreto. Tais estruturas seriam então implantadas no ponto final da extensão do dique, a ser estudado e estabelecido. Assim, as estruturas e modificações ficariam dispostas perpendicularmente a esse limite. Tanto a

RIO PINHEIROS

RIO PINHEIROS

RIO PINHEIROS

FIGURA 6.1 Estrutura prevista para proteção lateral dos limites da área estudada



elevação do trecho da Marginal, como as comportas instaladas nos trilhos da CPTM, e as muretas propostas, impedem em conjunto que as águas contornem o dique nos eventos extremos de inundação e atinjam as áreas baixas, suscetíveis as cheias do Rio Pinheiros. Na **FIGURA 6.1** é apresentada uma das concepções que pode ser utilizada, a depender de estudos específicos para a implantação da estrutura de proteção.

O funcionamento dessa estrutura está representado da **FIGURA 6.2** à **FIGURA 6.7**. O esquema ilustra a altura real de um dos das bacias. A **FIGURA 6.2** mostra um cenário corriqueiro, sem chuva, no qual o nível médio do Rio Pinheiros já invade as galerias. A **FIGURA 6.3** representa um nível alto, de 719,5 m, que atinge as bacias por refluxo pelas galerias – nota-se que apenas o evento isolado de nível alto do Rio Pinheiros já é capaz de impactar as bacias, mesmo sem um evento local de precipitação. A **FIGURA 6.4** mostra a importância da instalação das válvulas *flap* nos desemboques, protegendo as bacias do remanso do rio principal.

Na sequência, a **FIGURA 6.5** representa o mesmo nível alto de 719,5 m, porém com precipitação nas bacias. Apenas com as válvulas flap as águas pluviais não conseguem escoar naturalmente por gravidade, causando alagamentos; por isso, é necessário um sistema de microdrenagem local e um reservatório com bombeamento, a fim de fazer um escoamento forçado dessa água para o Rio Pinheiros. Por fim, a FIGURA 6.6 mostra que, mesmo com as intervenções citadas, as bacias não estão protegidas contra níveis de extravasamento do rio, como se deu no evento de 10 de fevereiro de 2020. Por essa razão, se faz necessária a instalação de um dique, para contenção superficial das águas (FIGURA 6.7). Para que o pôlder tenha efetividade para proteção, não somente das áreas internas, mas também da via marginal do Pinheiros e da ferrovia, é necessária a implantação conjunta deste com o sistema já proposto no caderno da Vila Leopoldina. Essas obras, implantadas em conjunto, garantem a continuidade da proteção em todo

o trecho na avenida e da ferrovia, que ficam abaixo das cotas de cheia do rio Pinheiros.

As obras que constituem o pôlder podem ser implantadas em conjunto ou em etapas, conforme segue:

- Instalação das válvulas flap na saída das galerias: obtém-se a proteção quanto ao remanso do Rio Pinheiros pelas galerias;
- 2. Implantação dos reservatórios e dos sistemas de bombas: protege as bacias em eventos conjuntos de cheia local mais elevação do nível do Rio Pinheiros até a cota de transbordamento de 719,7 m;
- 3. Construção do dique na margem do rio: oferece segurança quanto ao risco de inundação para eventos conjuntos de cheia local mais elevação do nível do Rio Pinheiros até a cota de 721,5 m. Essa solução evita seu transbordamento em eventos como o de 10 de fevereiro de 2020 e a inundação da via Marginal e da ferrovia.

FIGURA 6.2 Esquema representativo com nível médio do Rio Pinheiros ocupando parcialmente a seção das galerias das bacias

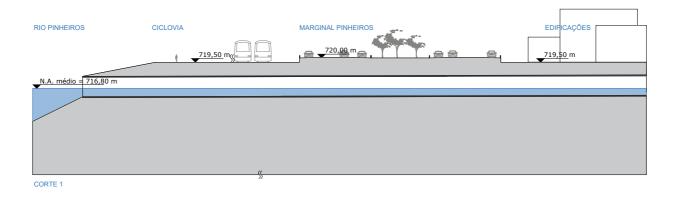


FIGURA 6.3 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros, que remansa para dentro das bacias e reflui pelas galerias

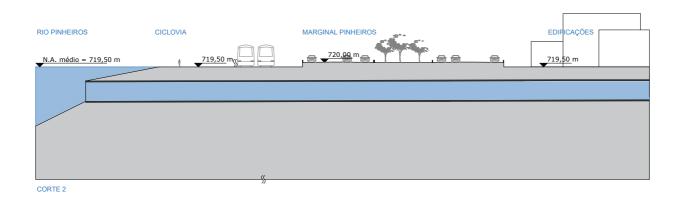


FIGURA 6.4 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros e instalação de válvulas flap, que permitem a proteção das bacias contra o efeito de remanso do rio

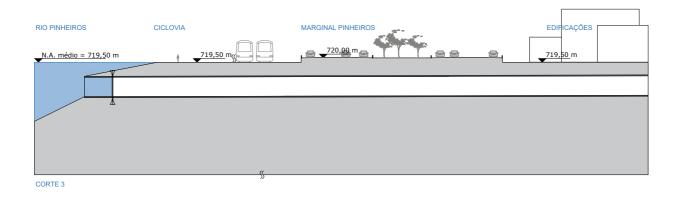


FIGURA 6.5 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros e instalação do reservatório e do sistema de bombeamento, a fim de fazer o escoamento forçado da água na área de interesse

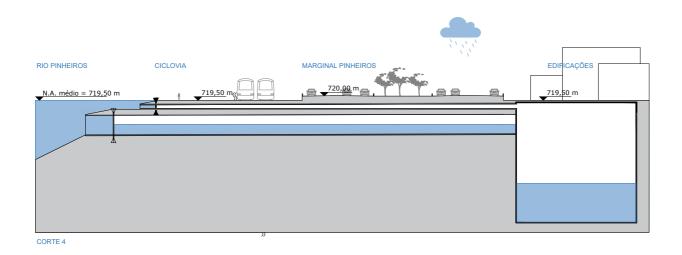


FIGURA 6.6 Esquema representativo com nível de 720,2 m do Rio Pinheiros (nível observado em 10 de fevereiro de 2020), em que a água invade as bacias pela superfície

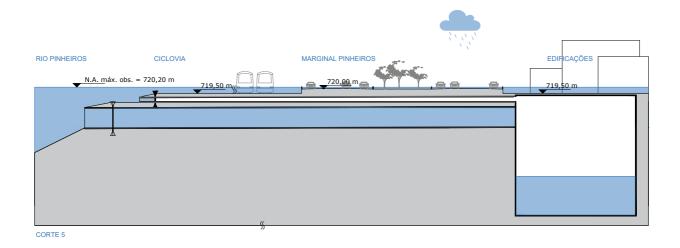
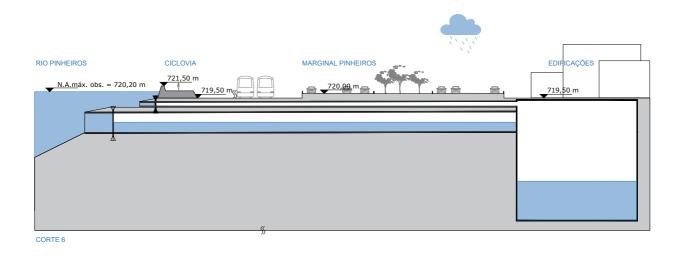


FIGURA 6.7 Esquema representativo com nível de 720,2 m do Rio Pinheiros e instalação do dique, protegendo as bacias contra eventos de chuva local concomitantes à ocorrência de nível alto no rio



#### 6.2 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 foi concebida de modo a minimizar os custos de desapropriação, com retenção da água drenada para reservatórios convencionais em áreas públicas ou em lotes sem ocupação – e em um número o menor possível.

Essa alternativa contempla a implantação de um dique de proteção para as cheias do Rio Pinheiros (4.100 m); cinco reservatórios de armazenamento (180,8 mil m³); três pôlderes (19,5 mil m³); trechos de ampliação da seção transversal de galeria (547 m); trechos de implantação de galerias novas (1.733 m); e trechos de implantação de galerias de reforço (2.346 m).

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

Em seguida, a **FIGURA 6.8** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as três etapas de implantação das ações. Já na **FIGURA 6.9** está indicado o diagrama unifilar de vazões escoadas para uma chuva de Tr 100 anos e, também, a capacidade de escoamento do sistema de drenagem das bacias dos córregos Belini e das Corujas a partir das intervenções propostas na Alternativa 1.

| TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1 |                    |                           |  |                 |                       |                        |                |
|---|--------------------|---------------------------|--|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Etapa   | Local              | Intervenção               | Referência   | Dimensões       |                       |                        |                |
|   |                    |                           |  | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa                             | Belini/<br>Corujas | Dique                     | Via Marginal Pinheiros   | 4.100           | -                     | 32.800                 | -              |
|   | Belini             | Pôlder Belini<br>(DBC-1)  | Lote existente entre a Av. Arruda<br>Botelho e a R. São Bento do Sul   | -               | -                     | 1.300                  | 6.500          |
|   | ACD                | Implantação<br>de galeria | No canteiro que separa a R.<br>General Furtado do Nascimento<br>da Av. das Nações Unidas,<br>com início na altura da R.<br>Massaca até sua conexão<br>na galeria do córrego Belini,<br>na Av. Arruda Botelho | 490             | 4                     | 982                    | -              |

| TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1 |         |  |  |                 |                       |                        |                |
|---|---------|--|--|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
|   | Local   | Intervenção                                  | Referência   | Dimensões       |                       |                        |                |
| Etapa   |         |  |  | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |
|   | ACD     | Implantação<br>de galeria                    | No canteiro que separa a<br>R. General Furtado do Nascimento<br>da Av. das Nações Unidas, com<br>início na altura da R. Miralta até<br>sua conexão na galeria existente<br>na Av. Prof. Manuel José Chaves | 385             | 4                     | 770                    | -              |
| 12  |         |  | No canteiro da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura da<br>R. Honorato Faustino, até sua<br>conexão na galeria existente na<br>Av. Prof. Manuel José Chaves                                       | 455             | 6,25                  | 1.135                  | -              |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa                             |         |  | No canteiro da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura<br>da Pç. Silveira Santos até a<br>Av. Prof. Frederico Hermann Jr.   | 405             | 4                     | 806                    | -              |
|   |         | Pôlder ACD<br>(DBC-2)                        | Entre a estação Cidade<br>Universitária e a Pte. Cidade<br>Universitária   | -               | -                     | 1.300                  | 8.060          |
|   | Corujas | Pôlder Corujas<br>(DBC-3)                    | No estacionamento da<br>subprefeitura de Pinheiros, entre<br>a Av. Prof. Frederico Hermann<br>Jr. e a Av. das Nações Unidas  | -               | -                     | 900                    | 4.950          |
|   | Belini  | Reservatório<br>RBC-1 (fechado,<br>off line) | Pç. Dr. João Guilherme Flocke, no<br>cruzamento entre a R. Alvilândia<br>e a R. D. Elisa de Morais Mendes  | -               | -                     | 1.050                  | 15.750         |
| 2 <u>ª</u><br>Etapa                             | Corujas | Reservatório<br>RBC-2 (fechado,<br>off line) | Terreno existente entre a Av.<br>Arruda Botelho e seu cruzamento<br>com a Av. Prof. Fonseca Rodrigues  | -               | -                     | 4.500                  | 67.500         |
|   |         | Reservatório<br>RBC-3 (fechado,<br>off line) | Lote a ser desapropriado entre<br>a R. Natingui, a R. Francisco<br>Isoldi e a Av. das Corujas  | -               | -                     | 2.600                  | 33.800         |
|   |         | Reservatório<br>RBC-4 (fechado,<br>off line) | Lotes a serem desapropriados<br>entre a R. dos Macunis, a R. Prof.<br>Muniz e a R. Lelis Vieira  | -               | -                     | 2.600                  | 39.000         |
| 3 <u>ª</u><br>Etapa                             | Belini  | Galeria de<br>reforço                        | R. Boquim, entre a R. Barão<br>de Morenos e a R. Japiaçoia   | 300             | 4                     | 600                    | -              |
|   |         |  | Trecho da R. Japiaçoia e<br>da R. Belini até a Av. Prof.<br>Fonseca Rodrigues  | 640             | 9                     | 1.926                  | -              |

|             |         |  |   | a Alternativa 1  Dimensões |                       |                        |                |
|-------------|---------|--|---|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Etapa       | Local   | Intervenção                                  | Referência  | Extensão<br>(m)            | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |
|             | Belini  | Ampliação<br>de seção<br>transversal         | Trecho da R. D. Elisa de<br>Morais Mendes, com início na<br>R. Caminha de Amorim até a<br>Pç. Dr. João Guilherme Flocke   | 175                        | 2,5                   | 312                    | -              |
|             | ACD     | Galeria de<br>reforço                        | Da Pç. Panamericana até o<br>Rio Pinheiros, ao longo da<br>Av. Prof. Manuel José Chaves   | 575                        | 10.5                  | 2.013                  | -              |
| 3ª<br>Etapa |         |  | Paralela ao córrego Boaçava,<br>ao longo da Av. Pe. Pereira de<br>Andrade, entre a R. Baiás e a<br>Av. Prof. Fonseca Rodrigues, até<br>o início do trecho de galeria<br>que adentra o Pq. Villa-Lobos | 400                        | 2,7                   | 600                    | -              |
|             |         |  | Trecho ao longo da R.<br>Conselheiro Pereira Pinto, entre<br>a R. Amaro Cavalheiro e seu<br>desemboque no Rio Pinheiros   | 430                        | 4                     | 858                    | -              |
|             | Corujas | Ampliação<br>de seção<br>transversal         | Trecho na Av. das Corujas, a<br>jusante da R. Max Engelhardt,<br>até o trecho de canal aberto   | 135                        | 4                     | 268                    | -              |
|             |         | Ampliação<br>de seção<br>transversal         | Trecho na Av. Pedroso de Morais,<br>com início na Av. Brig. Faria<br>Lima e término na Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr.   | 240                        | 4                     | 480                    | -              |
|             |         | Remoção de<br>barreira física                | Remoção de muro em trecho<br>de galeria dupla na R. Romeu<br>Perrotti, na bifurcação<br>final do canal aberto   | -                          | -                     | -                      | -              |
|             |         | Implantação<br>de galeria                    | Galeria circular entre a R. Lira<br>e a R. Isabel de Castela,<br>com implantação de duas<br>caixas de interligação  | 175                        | 1,77                  | 264                    | -              |
|             |         | Reativação<br>de galeria                     | Trecho existente entre a R. Isabel<br>de Castela e a R. Prof. Muniz   | 255                        | 1,77                  | 381                    | -              |
|             |         | Reservatório<br>RBC-5 (fechado,<br>off line) | Área próxima à Pç. Roquete<br>Pinto, pegando o viário   | -                          | -                     | 1.650                  | 24.750         |

### Convenção

Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Area de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Alternativa 1

1ª etapa (obras prioritárias)

Reservatório do pôlder
Galeria de reforço
HIIIII Dique

Válvula flap

2ª etapa (Tr 25 anos)



3ª etapa (Tr 100 anos)

Reservatório

Galeria de reforço

■■■ Substituição de galeria

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)



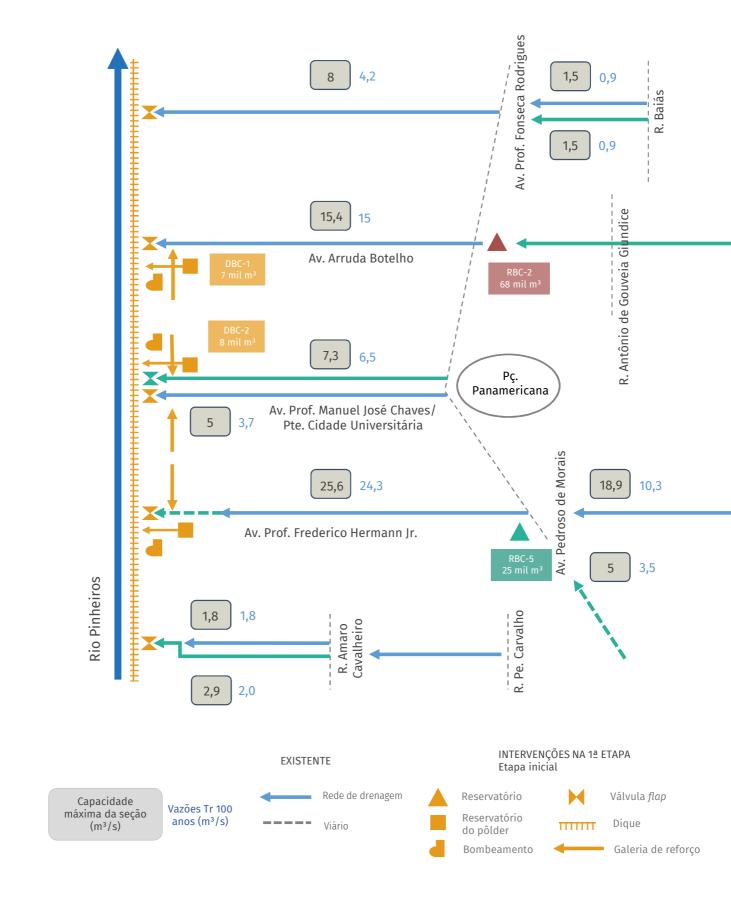


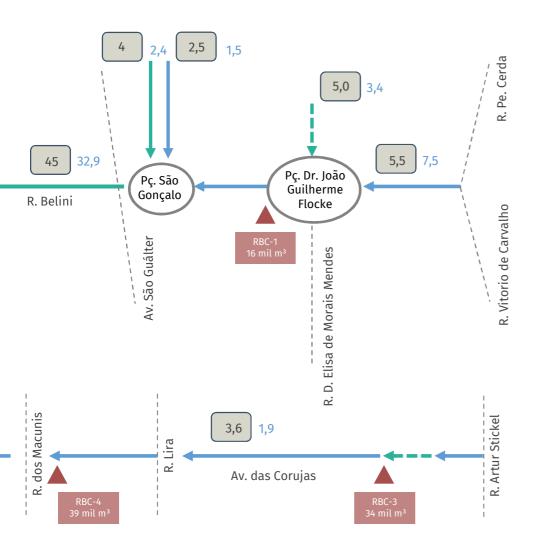


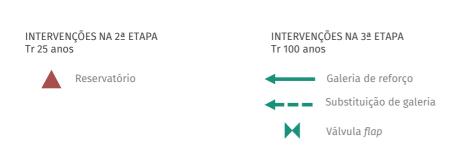




FIGURA 6.9 Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas







#### **6.3** ALTERNATIVA 2

Diferentemente da Alternativa 1, a Alternativa 2 deu prioridade à implantação de galerias em carga e à proposição de reservatórios menores. O objetivo de implantar os pequenos reservatórios implantados sob as vias públicas é o de oferecer uma alternativa com menor impacto ambiental, sem remoção de árvores, ou redução de área permeável. Outra vantagem é a de não depender da desapropriação de imóveis particulares. Esses reservatórios foram posicionados preferencialmente em vias com maior declividade e nas cabeceiras das bacias, procurando assim viabilizar um sistema de esgotamento do reservatório parte por gravidade, parte por infiltração no solo, evitando a utilização de sistemas de bombeamento, onde possível.

Essa alternativa contempla a implantação de três trechos de galerias em carga (2.400 m); 76 reservatórios de menor porte ou poços de reservação, cada um com 550 m³ (41,8 mil m³); três reservatórios convencionais (74,5 mil m³); três pôlderes (15,5 mil m³); ampliação de seção transversal das galerias (3.381 m); e a desativação de trechos de galeria.

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

Posteriormente, na **FIGURA 6.10**, consta a localização das obras previstas na Alternativa 2, indicando as três etapas de implantação de ações. Por fim, na **FIGURA 6.11**, está indicado o diagrama unifilar de vazões escoadas e, também, a capacidade de escoamento das estruturas de drenagem a partir das intervenções propostas na Alternativa 2.



|                     | Local              | Intervenção               |   | Dimensões       |                       |                        |                |
|---------------------|--------------------|---------------------------|---|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Etapa               |                    |                           | Referência  | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa | Belini/<br>Corujas | Dique                     | Via Marginal Pinheiros  | 4.100           | -                     | 32.800                 | -              |
|                     | Belini             | Pôlder Belini<br>(DBC-1)  | Lote existente entre a Av. Arruda<br>Botelho e a R. São Bento do Sul  | -               | -                     | 1.000                  | 5.500          |
|                     |                    | 8 poços de<br>reservação  | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 632                    | 4.400          |
|                     | ACD                | Implantação<br>de galeria | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado do<br>Nascimento da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura<br>da R. Massaca até sua conexão<br>na galeria do córrego Belini,<br>na Av. Arruda Botelho  | 515             | 6                     | 1.539                  | -              |
|                     |                    |                           | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado do<br>Nascimento da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura<br>da R. Miralta até sua conexão<br>na galeria existente da Av.<br>Prof. Manuel José Chaves | 380             | 4                     | 762                    | -              |
|                     |                    | Implantação<br>de galeria | No canteiro da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura da<br>R. Honorato Faustino, até sua<br>conexão na galeria existente da<br>Av. Prof. Manuel José Chaves  | 455             | 6,25                  | 1.135                  | -              |
|                     |                    |                           | No canteiro da Av. das Nações<br>Unidas, com início na altura<br>da Pç. Silveira Santos até a<br>Av. Prof. Frederico Hermann Jr.  | 400             | 4                     | 800                    | -              |
|                     |                    | Pôlder ACD<br>(DBC-2)     | Entre a estação Cidade<br>Universitária e a Pte.<br>Cidade Universitária  | -               | -                     | 900                    | 4.500          |
|                     |                    | 4 poços de<br>reservação  | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 316                    | 2.200          |
|                     | Corujas            | 10 poços de<br>reservação | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 790                    | 5.500          |
|                     |                    | Pôlder Corujas<br>(DBC-3) | No estacionamento da<br>subprefeitura de Pinheiros, entre<br>a Av. Prof. Frederico Hermann Jr.<br>e a Av. das Nações Unidas   | -               | -                     | 1.000                  | 5.500          |

| TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2 |         |   |   |                 |                       |                        |                |  |
|---|---------|---|---|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|--|
|   | Local   | Intervenção                                     | Referência  | Dimensões       |                       |                        |                |  |
| Etapa   |         |   |   | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |  |
|   | Belini  | Reservatório<br>RBC-1<br>(fechado,<br>off line) | Pç. Dr. João Guilherme Flocke, no<br>cruzamento entre a R. Alvilândia<br>e a R. D. Elisa de Morais Mendes   | -               | -                     | 1.050                  | 12.600         |  |
|   |         | Implantação<br>de galeria<br>em carga           | Trecho com início no<br>cruzamento da R. Japiaçoia<br>com a R. Belini, prologando-se<br>pela Av. Arruda Botelho até<br>desaguar no Rio Pinheiros                | 1.125           | 9                     | 3.375                  | 10.125         |  |
| 2 <u>a</u>                                      |         | 9 poços de<br>reservação                        | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 711                    | 4.950          |  |
| Etapa   | ACD     | 4 poços de<br>reservação                        | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 316                    | 2.200          |  |
|   | Corujas | Reservatório<br>RBC-3 (fechado,<br>off line)    | Lote a ser desapropriado entre<br>a R. Natingui, a R. Francisco<br>Isoldi e a Av. das Corujas   | -               | -                     | 2.600                  | 31.720         |  |
|   |         | 10 poços de<br>reservação                       | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 790                    | 5.500          |  |
|   |         | Reservatório<br>RBC-4 (fechado,<br>off line)    | Lotes a serem desapropriados<br>entre a R. dos Macunis, a R. Prof.<br>Muniz e a R. Lelis Vieira   | -               | -                     | 2.600                  | 27.000         |  |
|   |         | Galeria de<br>reforço                           | R. Boquim, entre a R. Barão<br>de Morenos e a R. Japiaçoia  | 300             | 4                     | 600                    | -              |  |
|   | Belini  |   | Trecho da R. Japiaçoia<br>até a R. Belini   | 565             | 9                     | 1.692                  | -              |  |
| 3 <u>ª</u><br>Etapa                             |         | Ampliação<br>de seção<br>transversal            | Trecho da R. D. Elisa de Morais<br>Mendes, com início na R.<br>Caminha de Amorim até a<br>Pç. Dr. João Guilherme Flocke   | 175             | 2,5                   | 312                    | -              |  |
|   |         | 13 poços de<br>reservação                       | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 1.027                  | 7.150          |  |
|   | ACD     | Desativação<br>de galeria                       | Galeria existente com início na<br>Pç. Panamericana, correndo pela<br>Av. Prof. Manuel José Chaves<br>e cortando a Av. das Nações<br>Unidas até o Rio Pinheiros | 575             | 2,0                   | 834                    | -              |  |

|                     | Local   | Intervenção                           | Referência  | Dimensões       |                       |                        |                |
|---------------------|---------|---------------------------------------|---|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Etapa               |         |                                       |   | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |
| 3 <u>a</u><br>Etapa | ACD     | Implantação<br>de galeria<br>em carga | Galeria com início na Pç.<br>Panamericana, correndo pela<br>Av. Prof. Manuel José Chaves<br>e cortando a Av. das Nações<br>Unidas até o Rio Pinheiros   | 565             | 12,25                 | 1.978                  | 6.922          |
|                     |         | 4 poços de<br>reservação              | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 316                    | 2.200          |
|                     |         | Galeria de<br>reforço                 | Paralela ao córrego Boaçava,<br>ao longo da Av. Pe. Pereira de<br>Andrade, entre a R. Baiás e a<br>Av. Prof. Fonseca Rodrigues, até<br>o início do trecho de galeria<br>que adentra o Pq. Villa-Lobos | 400             | 2,7                   | 600                    | -              |
|                     |         |                                       | Trecho ao longo da R.<br>Conselheiro Pereira Pinto, entre<br>a R. Amaro Cavalheiro e seu<br>desemboque no Rio Pinheiros   | 430             | 4                     | 858                    | -              |
|                     | Corujas | Ampliação<br>de seção<br>transversal  | Trecho na Av. das Corujas, a<br>jusante da R. Max Engelhardt,<br>até o trecho de canal aberto   | 135             | 4                     | 268                    | -              |
|                     |         |                                       | Trecho na Av. Pedroso de<br>Morais, com início na Av. Brig.<br>Faria Lima e término na Av.<br>Prof. Frederico Hermann Jr.   | 240             | 4                     | 480                    | -              |
|                     |         | 14 poços de<br>reservação             | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado no<br>mapa da Alternativa 2  | -               | 79                    | 1.106                  | 7.700          |
|                     |         | Implantação<br>de galeria<br>em carga | Galeria com início na altura da<br>R. Almeida Garrett, percorrendo<br>a Av. Prof. Frederico Hermann Jr.<br>até chegar ao Rio Pinheiros  | 670             | 7,5                   | 2.013                  | 5.033          |
|                     |         | Remoção de<br>barreira física         | Remoção de muro em trecho<br>de galeria dupla na R. Romeu<br>Perrotti, na bifurcação<br>final do canal aberto   | -               | -                     | -                      | -              |
|                     |         | Implantação<br>de galeria             | Galeria circular entre a R. Lira<br>e a R. Isabel de Castela,<br>com implantação de duas<br>caixas de interligação  | 175             | 1,77                  | 264                    | -              |
|                     |         | Reativação<br>de galeria              | Trecho existente entre a R. Isabel<br>de Castela e a R. Prof. Muniz   | 255             | 1,77                  | 381                    | -              |

| TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2 |         |   |   |                 |                       |                        |                |  |
|---|---------|---|---|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|--|
| Etapa   | Local   | Intervenção   | Referência  | Dimensões       |                       |                        |                |  |
|   |         |   |   | Extensão<br>(m) | Área da<br>seção (m²) | Área em<br>planta (m²) | Volume<br>(m³) |  |
| Etapa<br>comple-<br>mentar                      | Corujas | Criação de patamares ao longo do tre-cho aberto do córrego e re-cuperação das estruturas de drenagem da Pç. das Corujas | Pç. das Corujas e trecho aberto<br>do córrego das Corujas | -               | 9                     | -                      | 2.900          |  |

#### Convenção

Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Area de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Alternativa 2

1ª etapa (obras prioritárias)

Reservatório do pôlder
Galeria de reforço

HHHH Dique

Válvula flap

▲ Poço de reservação

#### 2ª etapa (Tr 25 anos)

Reservatório

**Conduto forçado** 

▲ Poço de reservação

#### 3ª etapa (Tr 100 anos)

Galeria de reforço

--- Substituição de galeria

---- Conduto forçado

▲ Poço de reservação

### Etapa complementar de requalificação urbanística

---- Galeria de reforço

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

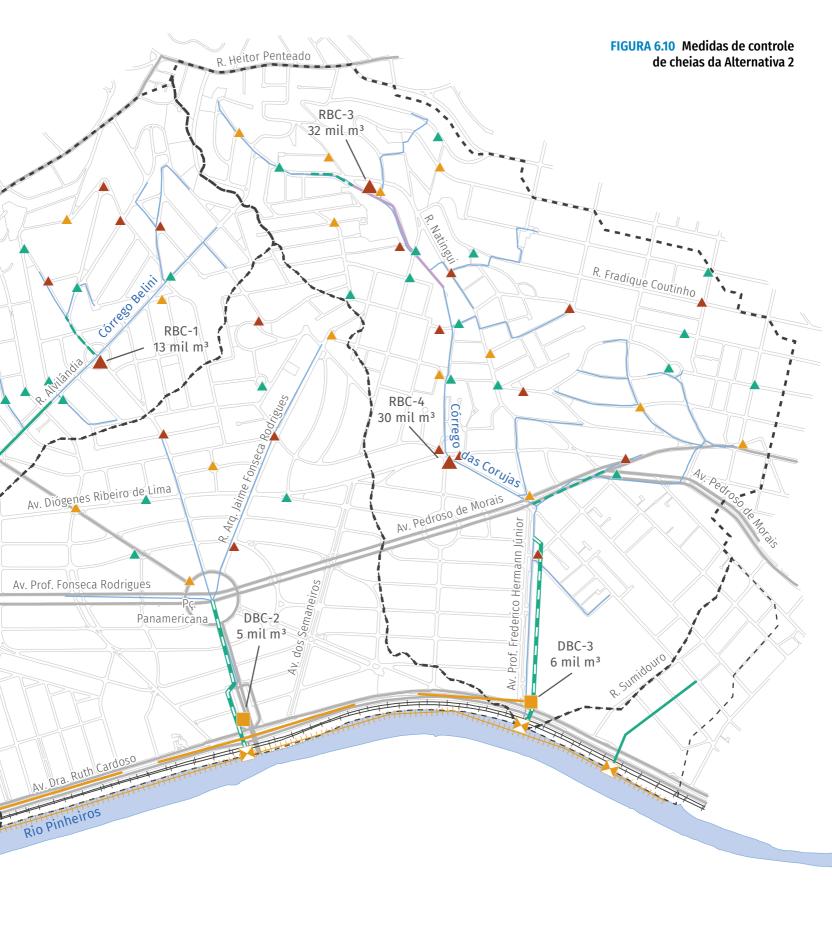
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)

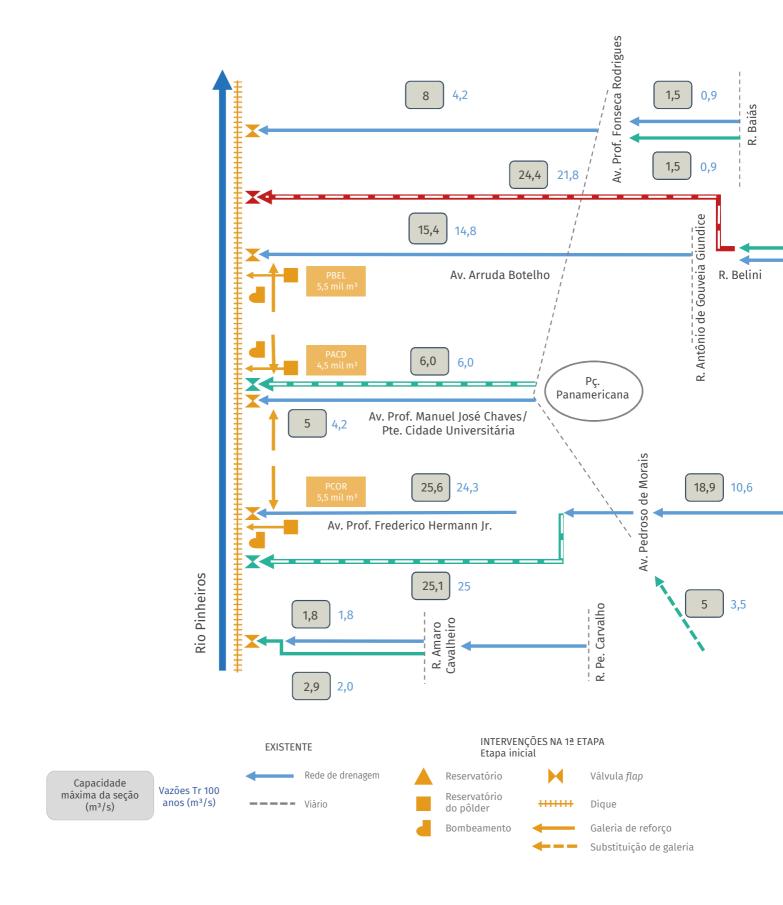


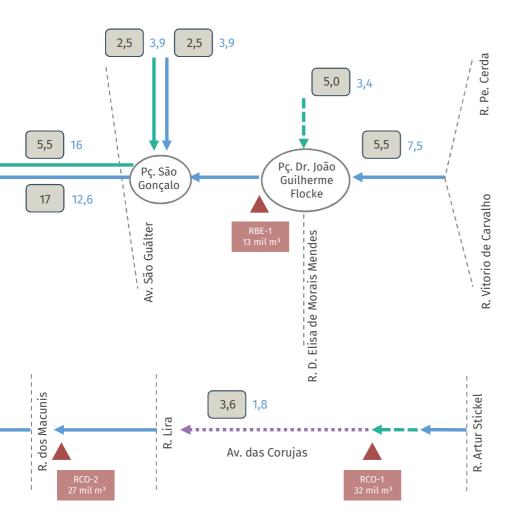














ETAPA COMPLEMENTAR Requalificação urbanística

Recuperação da Pç. das Corujas e criação de patamares de reservação no trecho aberto do córrego das Corujas

# **6.4** LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS NAS BACIAS

Este item indica as localizações das áreas e as principais características dos reservatórios e dos pôlderes propostos nas alternativas apresentadas.



FIGURA 6.12 Reservatório RBC-1 no córrego Belini – Alternativas 1 e 2

Alternativas 1 e 2 (2ª etapa)

Volume: 16 mil m³ na Alternativa 1 e 13 mil m³ nas Alternativas 1 e 2

Área: 1.050 m<sup>2</sup>

Localização: Pç. Dr. João Guilherme Flocke, no cruzamento das ruas Alvilândia e

D. Elisa de Moraes Mendes



FIGURA 6.13 Reservatório RBC-2 no córrego Belini – Alternativa 1



Alternativa 1 (2ª etapa)

Volume: 68 mil m³

Área: 4.500 m<sup>2</sup>

Localização: Entre a Av. Arruda Botelho, a Av. Prof. Fonseca Rodrigues e a R. Antônio de Gouveia Giudice





FIGURA 6.14 Pôlder DBC-1 na bacia do córrego Belini – Alternativas 1 e 2

Reservatório do pôlder – DBC-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 7 mil m³ na Alternativa 1 e 6 mil m³

na Alternativa 2

Área: 1.300 m<sup>2</sup>

Localização: Entre a Av. Arruda Botelho, a R. Gen. Furtado do Nascimento e a R. São Bento do Sul



FIGURA 6.15 Pôlder nas ACD centrais, DBC-2 – Alternativas 1 e 2



Reservatório do pôlder – DBC-2

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 8 mil m³ na Alternativa 1 e 5 mil m³ na Alternativa 2

Área: 1.300 m<sup>2</sup>

Localização: Entre a Pte. Cidade Universitária e a R. Gen. Furtado do Nascimento





FIGURA 6.16 Reservatório RBC-3 no córrego das Corujas – Alternativas 1 e 2

Alternativas 1 e 2 (2ª etapa)

Volume: 34 mil m³ na Alternativa 1 e 32 mil m³ na Alternativa 2

Área: 2.600 m<sup>2</sup>

Localização: Entre a Av. das Corujas, a R. Natingui e a R. Francisco Isoldi



FIGURA 6.17 Reservatório RBC-4 no córrego das Corujas – Alternativas 1 e 2



Alternativas 1 e 2 (2ª etapa)

Volume: 39 mil m³ na Alternativa 1 e 30 mil m³ na Alternativa 2

Área: 2.600 m<sup>2</sup>

Localização: Entre a R. dos Macunis

e a R. Prof. Muniz





FIGURA 6.18 Reservatório RBC-5 no córrego das Corujas – Alternativa 1

Alternativa 1 (3ª etapa)

Volume: 25 mil m³

Área: 1.650 m<sup>2</sup>

Localização: Sob a Pç. Roquete Pinto, na Av. Pedroso de Morais



FIGURA 6.19 Pôlder DBC-3 na bacia do córrego das Corujas – Alternativas 1 e 2



Reservatório do pôlder - DBC-3

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 5 mil m³ na Alternativa 1 e 6 mil m³ na Alternativa 2

Área: 1.000 m<sup>2</sup>

Localização: Estacionamento da subprefeitura de Pinheiros, entre a Av. Prof. Frederico Hermann Jr. e a Av. das Nações Unidas



## **6.5** VISTAS E PERSPECTIVAS DA PROPOSTA DE ABERTURA DO CÓRREGO BELINI

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte da proposta de abertura do córrego Belini, na Praça Doutor João Guilherme Floke.

A proposta paisagística foi elaborada visando a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, e a partir de critérios urbanísticos e paisagísticos que vislumbrem a integração harmônica das infraestruturas de drenagem com o meio ambiente urbano.

A proposta está localizada na bacia do córrego Belini, na região oeste da cidade de São Paulo, mais precisamente no Bairro Alto de Pinheiros. Trata-se da revitalização da Praça Doutor João Guilherme Floke, que atualmente se encontra isolada em uma rotatória, com tráfego de veículos passando pelo seu centro, e na implantação de reservatório de amortecimento de cheias sob essa praça. A proposta busca uma transformação notável, envolvendo a remoção das duas vias que cortam o centro da praça e a realocação do tráfego para as laterais da rotatória. Essa alteração possibilitará a criação de um espaço destinado à permanência e à apreciação para a população local.

A abertura do córrego Belini vai além de sua função prática e assume um papel simbólico e didático fundamental. Consiste na proposta de trazer de volta a vazão de base natural do córrego para fluir visivelmente na superfície, mantendo uma pequena lâmina d'água com altura entre 10 e 20 cm. Isso possibilita uma oportunidade única de interação com as águas que fluem pela cidade de São Paulo, criando um ambiente acolhedor para que as pessoas possam se aproximar da água e desfrutar de momentos de lazer e diversão sob a luz desse elemento tão especial e característico de nossa metrópole.

Esse projeto não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também enriquece a experiência urbana, destacando a importância da água em nossa cidade e reforçando seu valor simbólico como um recurso natural.

A revitalização desse trecho do córrego Belini não apenas redesenha o espaço físico, mas nos convida a reconectar com a essência de uma São Paulo em que os córregos eram elementos integrados ao cotidiano da cidade. Ao final, um ambiente favorável para aprendizado, contemplação e celebração do fluxo das águas será construído.



















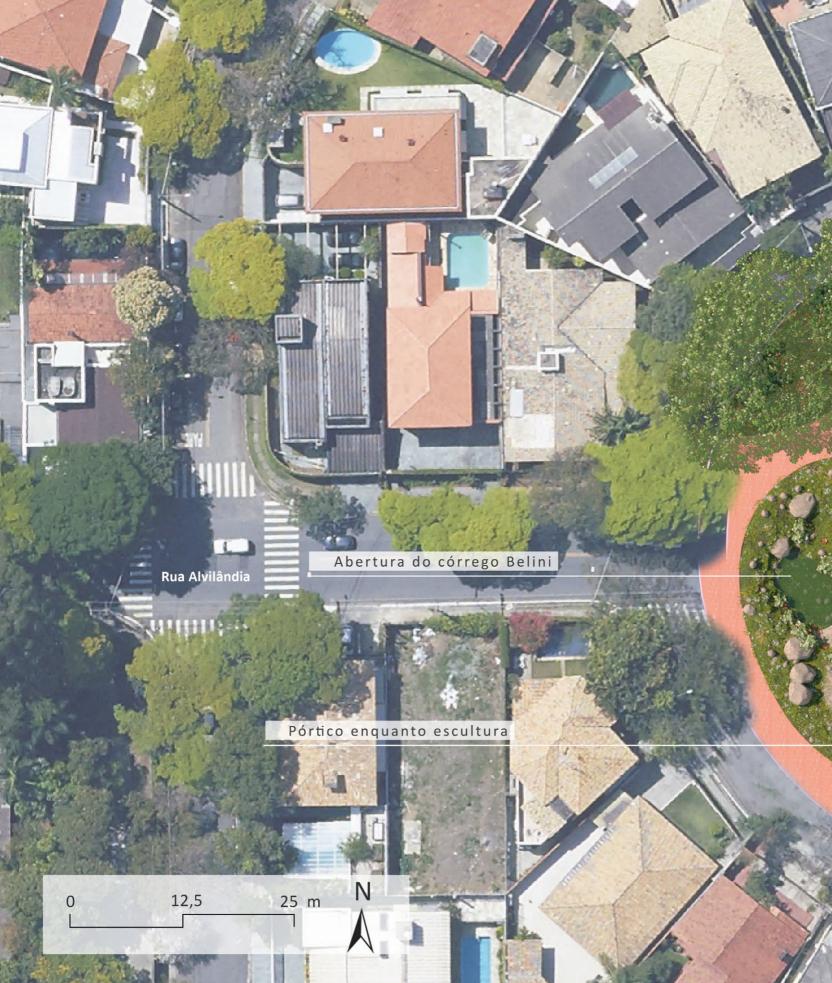




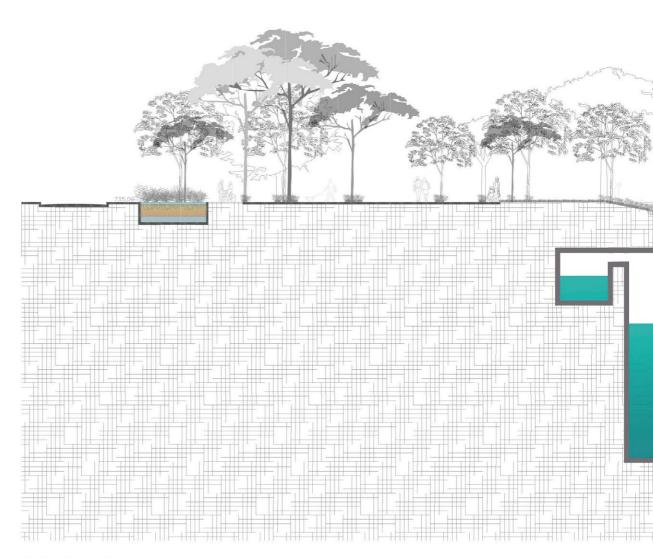




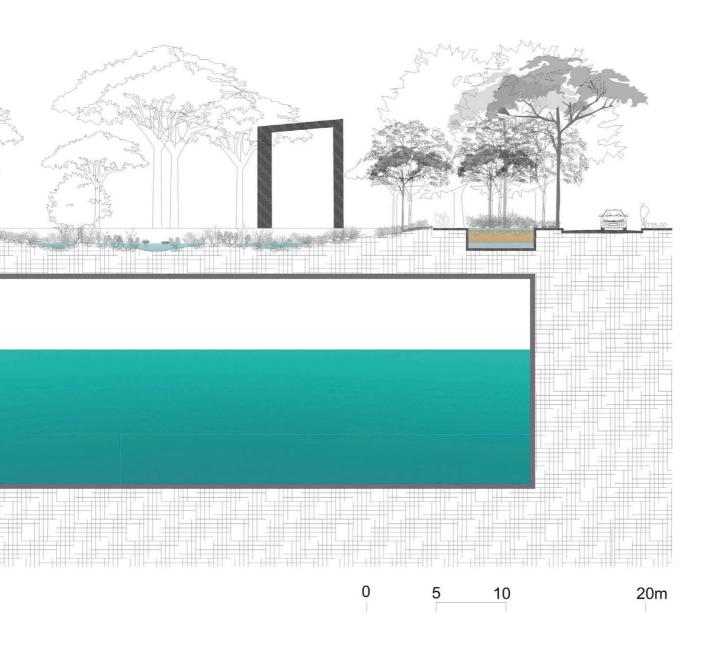








CORTE A-A



#### **6.6** MEDIDAS COMPLEMENTARES

Recomenda-se a realização de inspeção ao longo do canal aberto já instalado no córrego das Corujas, que pode conter pontos de desmoronamento de margens e assoreamento. Tais problemas devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, dando condição necessária para um bom desempenho das outras medidas propostas.

Além do canal aberto, destaca-se a necessidade de reparo nas galerias – como bem atestam os projetos já produzidos para a área (ver no Capítulo 5) –, principalmente nos trechos que forem mantidos de acordo com as alternativas aqui propostas. Também deve ser dada atenção à manutenção das estruturas e das medidas de drenagem sustentáveis implantadas na Praça das Corujas, para seu eficiente funcionamento e colaboração adequada na drenagem.

### **6.7** 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.

# **6.7.1** ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

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

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

O zoneamento das áreas de inundação funciona como um elemento técnico a ser observado na especificação do conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco,

visando minimizar as perdas materiais e humanas resultantes das inundações. Assim, sugere-se como diretrizes de uso e de ocupação do solo, a serem inseridos na lei de zoneamento, critérios gerais como:

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

Como exemplo, foram estimadas as zonas de inundação 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 segue<sup>23</sup>:

- Estabelecimento de um piso com nível superior à linha-d'água estimada;
- Prever o transporte de material de valor para pisos superiores;
- Vedação, temporária ou permanente, de aberturas, como portas, janelas e dispositivos de ventilação;
- Elevação de estruturas existentes;
- Construção de novas estruturas sobre pilotis;
- Construção de pequenos diques circundando as estruturas;
- Realocação ou proteção individual de artigos que possam ser danificados;
- Realocação de equipamentos elétricos para os pisos superiores e desligamento do sistema de alimentação durante o período de cheias;
- Uso de material resistente à submersão ou contato com a água;

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

- Estanqueidade e reforço das paredes de porões e de pisos sujeitos à inundação;
- Ancoragem de paredes contra deslizamentos;
- Prever os efeitos das enchentes nos projetos de esgotos pluviais e cloacais;
- As construções devem ser projetadas para resistir à pressão hidrostática, a empuxos, a momentos e à erosão;
- Para os pavimentos de edificações com risco de inundação, prever o escoamento através da estrutura, evitando o desmoronamento de paredes.

A **FIGURA 6.28** indica as zonas de uso que devem passar por regulamentação junto à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS).

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 desenvolvimen= to de políticas públicas urbanas relacionadas ao planejamento e à gestão de sistemas de drenagem.

## **6.7.2** DIRETRIZES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

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

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

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

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

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

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

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

A articulação entre as instituições envolvidas nas ações emergenciais do Município de São Paulo é representada na **FIGURA 6.29**.

## Convenção

Rede hídrica
Bacias do Belini e das Corujas
Área de contribuição direta
Quadra viária
Linha férrea

#### Zoneamento urbano



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023), FCTH (2023) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)













## **6.7.3** 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.

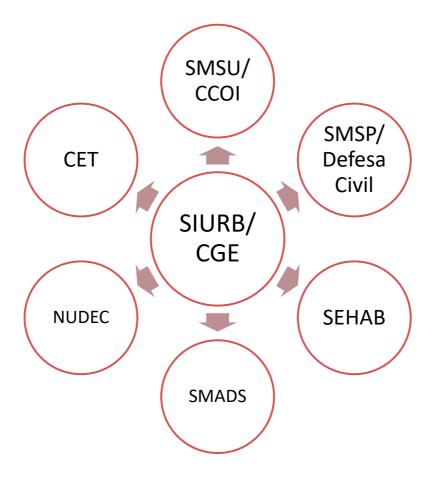


FIGURA 6.29 Articulação institucional em situações de emergência

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.

# **6.7.3.1** 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.

O mapa da **FIGURA 6.30** 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.

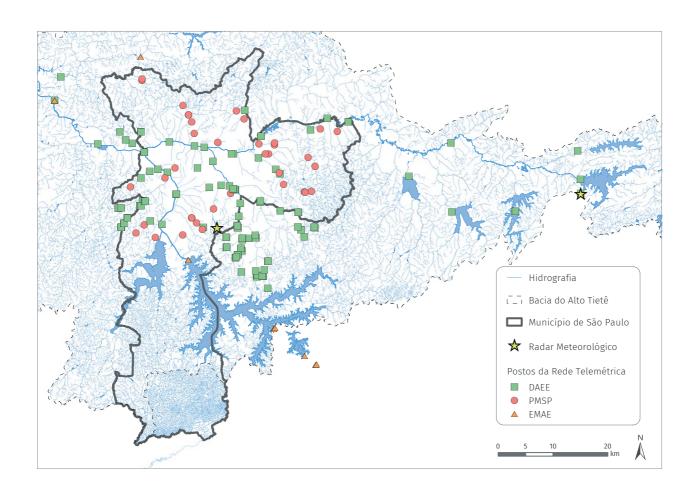


FIGURA 6.30 Postos da rede telemétrica do SAISP

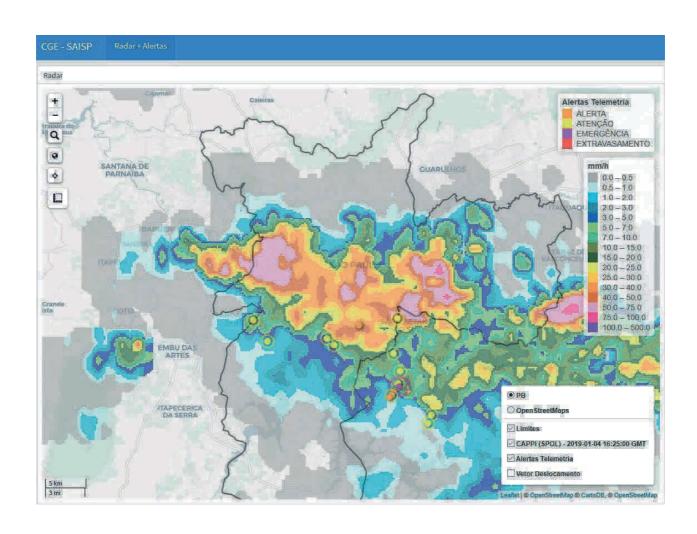


FIGURA 6.31 Mapa de chuva observada e alertas da telemetria

#### 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 6.33** indica o nível do Rio Pinheiros durante a passagem da onda de cheia nos eventos de 15 a 17 de fevereiro de 2019 e seus níveis de criticidade.

# **6.7.3.2** CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA (CGE)

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

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

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

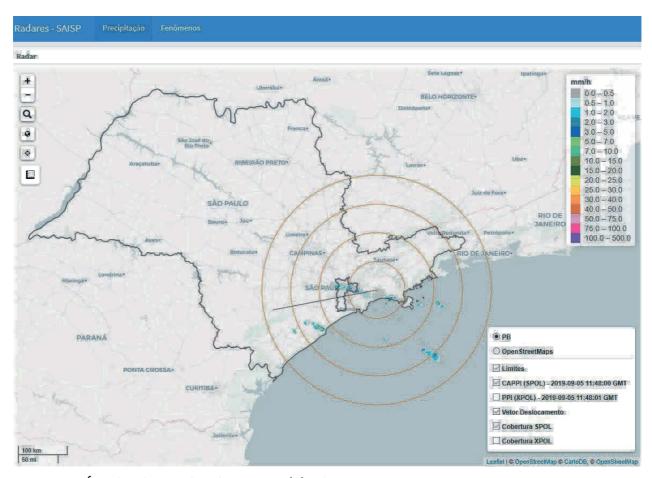


FIGURA 6.32 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE

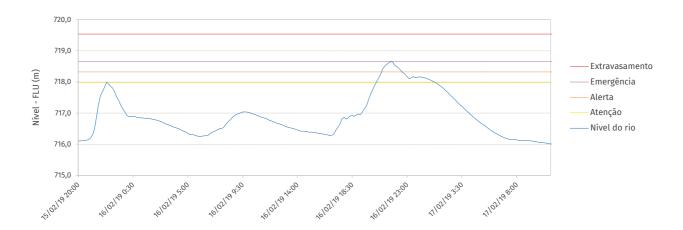


FIGURA 6.33 Nível do posto Rio Pinheiros - Pte. Cidade Universitária

#### **6.8** MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

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

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

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

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

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

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

No que tange à aplicabilidade das medidas de infiltração, é apresentado na **FIGURA 6.34** um mapa que, em função da declividade e da geologia das bacias, indica o potencial de implantação dessas medidas na área estudada pelo Caderno. Salienta-se que, na região da planície aluvial, são indicadas medidas de controle do escoamento superficial sem infiltração, uma vez que esse tipo de terreno, geralmente, é pouco permeável, e o nível do lençol freático é elevado.

Foram consideradas quatro classes potenciais de implantação de medidas de controle na fonte, 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 de potencial levam em consideração dois importantes requisitos para a implantação de medidas de controle infiltrantes: declividades entre 0% e 5% e níveis baixos do lençol freático. Nos locais que não se enquadram nessas condições, a aplicabilidade dessas medidas de infiltração é reduzida, porém não inviável, sendo mais indicadas medidas de retenção, tais como

as chamadas "piscininhas" ou implantação de medidas escalonadas, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

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

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

| TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte<br>(PMSP, 2012 <sup>24</sup> ; UACDC, 2010 <sup>25</sup> e MPCA, 2019 <sup>26</sup> ) |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| Medida   | Descrição  |  |  |  |
| Jardim de chuva<br>(biorretenção)  | Função: filtração, infiltração e detenção  São estruturas simples constituídas por depressão pouco profunda e revestidas com uma camada de substrato (solo preparado para plantio) e plantas. Possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano com o incremento de áreas verdes                                      |  |  |  |
| Canteiro pluvial<br>(biorretenção)   | Função: filtração, infiltração e detenção  Estruturas de biorretenção semelhantes aos jardins de chuva. São geralmente mais profundas e podem apresentar uma configuração linear, sendo possível a implantação ao longo de vias e passeios. Essas estruturas também possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano |  |  |  |
| Biovaleta  | Função: condução, filtração e detenção  Esses dispositivos correspondem a estruturas simples, sendo necessárias apenas escavações, de maneira a conformar depressões com uma direção preponderante de escoamento. É também um dispositivo de biorretenção, pois, enquanto conduz o escoamento superficial, realiza o tratamento das águas pluviais                   |  |  |  |
| Telhado verde  | Função: filtração e detenção  Esse é outro tipo de biorretenção composto por uma camada drenante (colchão drenante) sob uma camada de substrato vegetado. Além de reter e filtrar as águas das chuvas, poderá criar um espaço de lazer e contemplação. Essas estruturas também contribuem para a regulação das temperaturas internas do edifício                     |  |  |  |

<sup>24.</sup> PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). Manual de drenagem e manejo de águas pluviais. São Paulo: SMDU, 2012.

**<sup>25.</sup>** UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.

**<sup>26.</sup>** MPCA (Minnesota Pollution Control Agency). **Green Infrastructure for stormwater management – Minnesota Stormwater Manual**, 2019. Disponível em: https://stormwater.pca.state.mn.us. Acesso em: 2 set. 2019.

| TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte<br>(PMSP, 2012 <sup>24</sup> ; UACDC, 2010 <sup>25</sup> e MPCA, 2019 <sup>26</sup> ) |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| Medida   | Descrição  |  |  |  |
| Trincheiras de infiltração   | Função: filtração e infiltração  Valas de infiltração com material poroso sobre solo permeável são implantadas na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento. Podem ser instaladas ao longo do sistema viário ou, ainda, junto a estacionamentos, praças e parques  |  |  |  |
| Poço de infiltração  | Função: filtração e infiltração  Dispositivo de infiltração das águas pluviais bastante semelhante às trincheiras de infiltração. Trata-se de um poço escavado no solo e preenchido com material poroso, como pedregulhos e cascalhos, e revestido com manta geotêxtil. É um sistema com estrutura pontual e vertical, sendo ideal para áreas urbanizadas, por ocupar pouco espaço   |  |  |  |
| Pavimento permeável  | Função: filtração e infiltração  Pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis ou semipermeáveis. Possibilitam a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária e a infiltração, quando possível, das águas pluviais. Esses dispositivos podem ser estanques e funcionar como reservatórios de amortecimento de águas pluviais   |  |  |  |
| Cisterna   | Função: detenção/retenção  Estruturas de armazenamento implantadas em lotes, conectadas aos telhados, que armazenam volumes de água da chuva. Esses volumes podem ser esvaziados ou utilizados no período sem chuvas. O uso concomitante dessas estruturas para fins de reúso e abatimento de cheias deve ser considerado durante seu dimensionamento  |  |  |  |
| Microrreservatório   | Função: detenção/retenção  Estrutura semelhante às cisternas, propiciam o armazenamento das águas pluviais em lotes. A implantação desse sistema disseminou-se no Município de São Paulo para atender à Lei nº 12.526/2007, que estabelece a obrigatoriedade de captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificados ou não e com área impermeabilizada superior a 500 m² |  |  |  |

## Convenção

Rede hídrica

Bacias do Belini e das Corujas

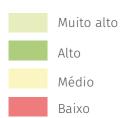
Área de contribuição direta

Quadra viária

Linha férrea

Planície aluvial

## Potencial de implantação de medidas de controle na fonte



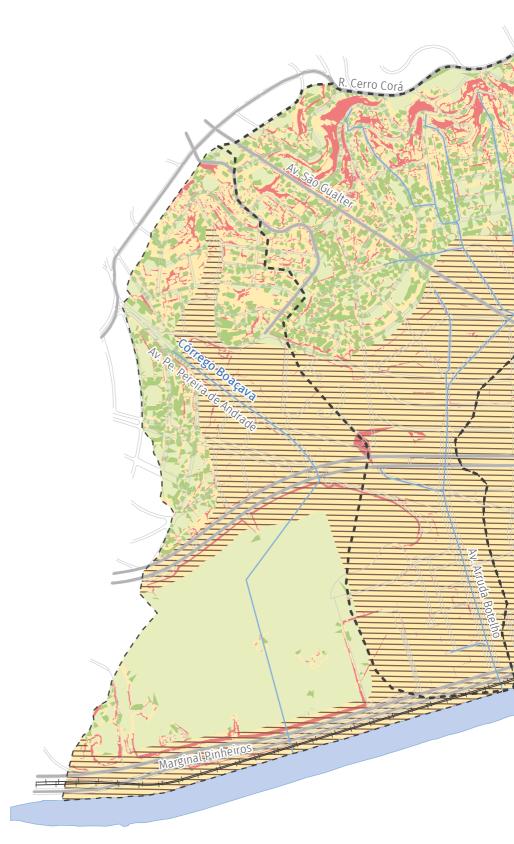
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

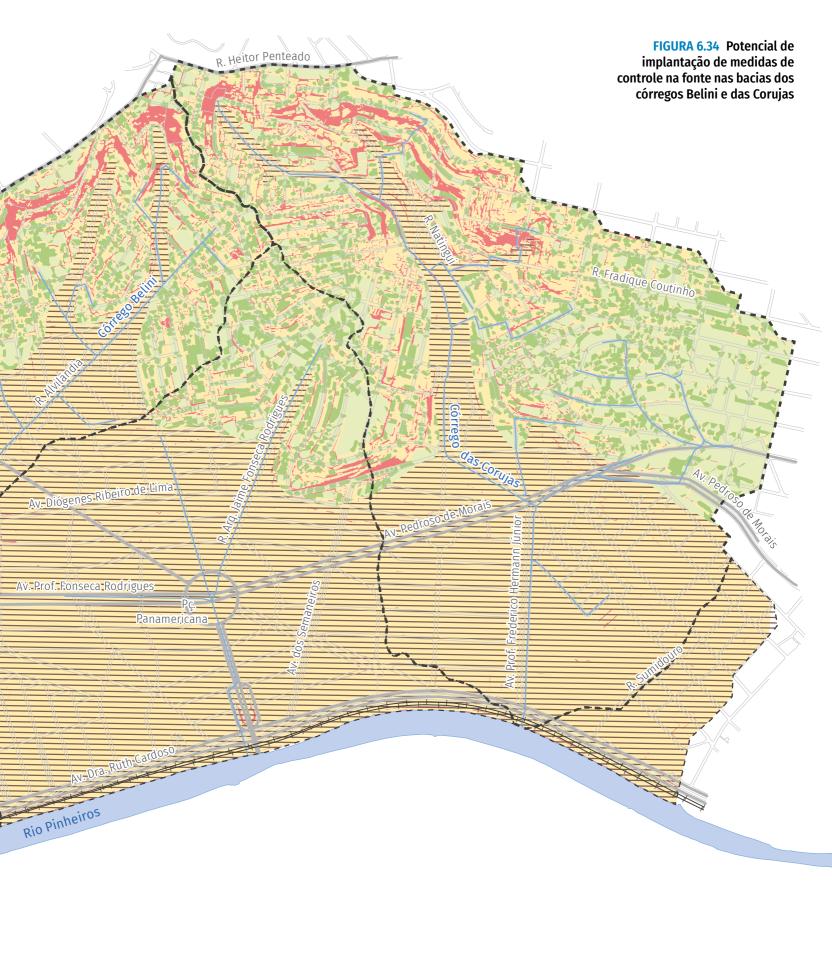
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2023), Mapa Hidrográfico do Município (2023) e FCTH (2023)











# Etapas de implantação das alternativas

Este capítulo apresenta o efeito das obras propostas implantadas em etapas. A estimativa das áreas inundadas serve como indicador da estimativa do efeito das medidas de controle propostas para as bacias.

As medidas estudadas foram dimensionadas visando ao controle do escoamento superficial e à redução das inundações. A 1ª etapa propõe um conjunto de ações que oferece proteção às áreas críticas das bacias frente às chuvas mais recorrentes; a 2ª etapa protege as bacias, integralmente, 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 e no número de lotes atingidos pelas inundações. Os dados referem-se à condição atual (sem intervenção) e à 1ª, 2ª e 3ª etapas de implantação de obras, quando submetidas à chuva de projeto de 100 anos. Ressalta-se que, dos valores apresentados na **TABELA 7.1**, foi subtraída a parcela da área inundada localizada sobre as massas de água dos córregos.

| TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre as bacias |                               |                     |                 |  |  |  |
|---|-------------------------------|---------------------|-----------------|--|--|--|
| Alternativa   | Etapa                         | Área inundada (km²) | Lotes atingidos |  |  |  |
| Sem intervenção   | Atual 0,902                   |                     | 1594            |  |  |  |
|   | 1ª etapa (obras prioritárias) | 0,330               | 838             |  |  |  |
| Alternativa 1   | 2ª etapa (Tr 25)              | 0,185               | 453             |  |  |  |
|   | 3ª etapa (Tr 100)             | 0                   | 0               |  |  |  |
| Alternativa 2   | 1ª etapa (obras prioritárias) | 0,230               | 679             |  |  |  |
|   | 2ª etapa (Tr 25)              | 0,164               | 425             |  |  |  |
|   | 3ª etapa (Tr 100)             | 0                   | 0               |  |  |  |

Ressalta-se que, dos valores apresentados na **TABELA 7.1**, foi subtraída a parcela da área inundada localizada sobre as massas de água dos córregos.

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

Com o intuito de apresentar a redução das manchas de inundação nas etapas iniciais, foram analisados o cenário com chuva de Tr 10 anos, referente à 1ª etapa de obras concluídas, e o cenário com chuva de Tr 25 anos, referente à 2ª etapa de obras concluídas.

A **FIGURA 7.2** apresenta os resultados da Alternativa 1, e a **FIGURA 7.3**, por sua vez, apresenta os resultados da Alternativa 2.

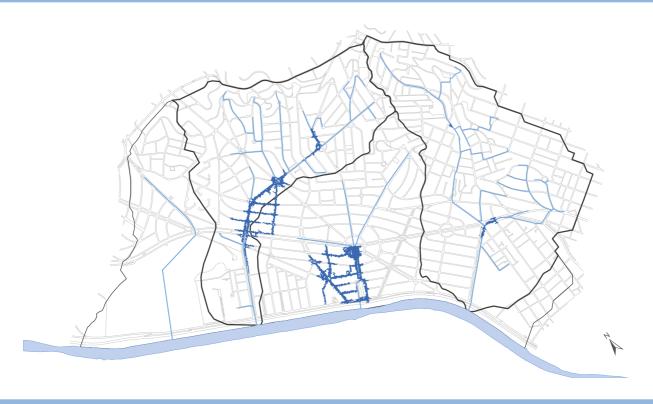
A **FIGURA 7.4** apresenta as manchas de inundação resultantes de uma chuva de Tr 100 anos para a condição sem intervenções e para as três primeiras etapas da Alternativa 1. Ressalta-se que, na 3ª etapa, não há mancha de inundação. A **FIGURA 7.5** apresenta as mesmas informações para a Alternativa 2.

As figuras ilustram o comportamento das manchas quando implantadas as obras previstas em cada etapa e quando submetidas a uma chuva com Tr 100 anos. Destaca-se que, para eventos hidrológicos com períodos de retorno maiores que 100 anos, ocorrerão inundações.



#### Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos





1º etapa da Alternativa 2 – chuva de Tr 5 anos



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



Sem intervenção – chuva de Tr 25 anos





Alternativa 1 – 2ª etapa, chuva de Tr 25 anos



FIGURA 7.2 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 10 anos (cenário sem intervenção e com as obras da 1ª etapa) e para chuvas de Tr 25 anos (cenário sem intervenção e com as obras da 2ª etapa) da Alternativa 1



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





Alternativa 1 – 3º 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 1



Sem intervenção – chuva de Tr 25 anos





Alternativa 2 – 2ª etapa, chuva de Tr 25 anos



FIGURA 7.4 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 10 anos (cenário sem intervenção e com as obras da 1ª etapa) e para chuvas de Tr 25 anos (cenário sem intervenção e com as obras da 2ª etapa) da Alternativa 2



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





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



FIGURA 7.5 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

# **7.1** DESEMPENHO DAS INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA

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

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

A área da mancha de inundação na configuração da rede atual para uma chuva de Tr 5 anos nas bacias é de 0,559 km².

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

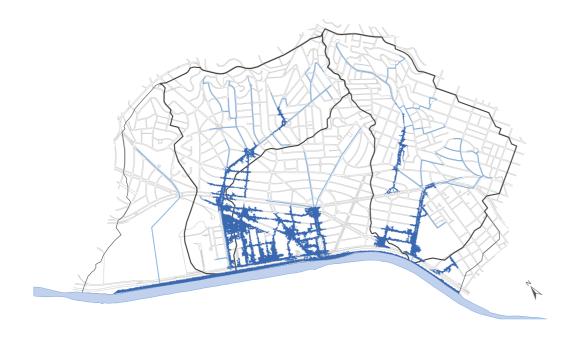
- Pôlder Belini (DBC-1) e galerias de apoio;
- Pôlder ACD (DBC-2) e galerias de apoio;
- Pôlder Corujas (DBC-3) e galerias de apoio.

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

A seguir, é indicado o impacto isolado de cada obra da 1ª etapa para uma chuva de Tr 5 anos (**FIGURA 7.6**).

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.

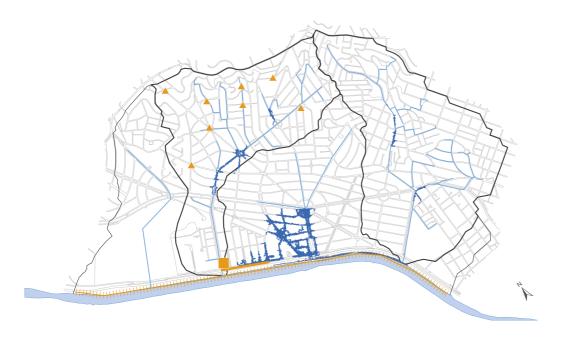




Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,559 km<sup>2</sup>

Pôlder Belini (DBC-1) e galerias de apoio, entre a Marginal Pinheiros e a R. Gen. Furtado do Nascimento – Alternativa 2



#### Descrição

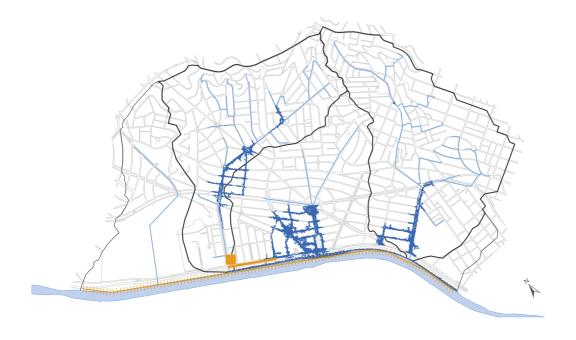
Implantação de pôlder próximo à foz do córrego Belini, com volume de reservação de 5.500 m³, dique, galerias de apoio para escoamento das águas pluviais e 8 poços de reservação (550 m³/cada)

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

0,385 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida

R\$ 81.328.000,00



#### Descrição

Implantação de pôlder próximo à foz do córrego Belini, com volume de reservação de 6.500 m³, dique e galerias de apoio para escoamento das águas pluviais até o pôlder

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos 0,267 km²

Custo estimado da medida R\$ 79.176.000,00

Pôlder da ACD entre as duas bacias (DBC-2) mais as galerias de apoio paralelas à Marginal Pinheiros – Alternativa 1

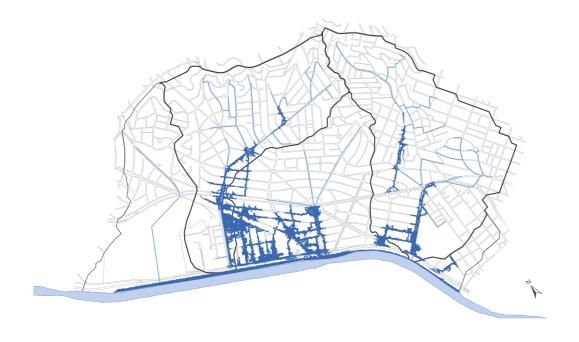


#### Descrição

Implantação de pôlder sob a Ponte Universitária, com volume de reservação de 8.060 m³, dique e galerias de apoio para escoamento das águas pluviais até o pôlder

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos 0.171 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida R\$ 79.674.000,00



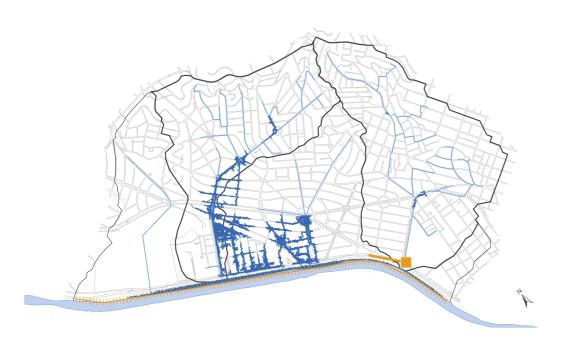
Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,559 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida

R\$ 70.000.000,00

Pôlder Corujas (DBC-3) e galeria de apoio, paralela à Marginal Pinheiros – Alternativa 1



#### Descrição

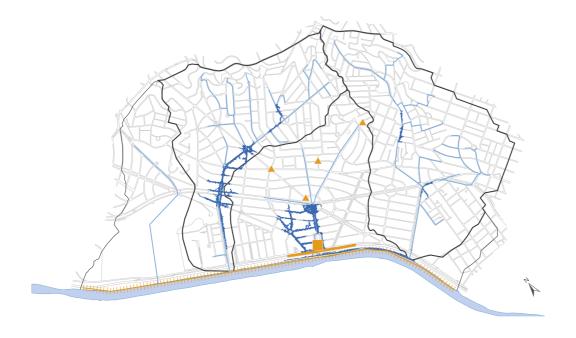
Implantação de pôlder próximo à foz do córrego das Corujas, com volume de reservação de 4.950 m³, dique, galeria de apoio para escoamento das águas pluviais

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

0,173 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida

R\$ 50.112.000,00



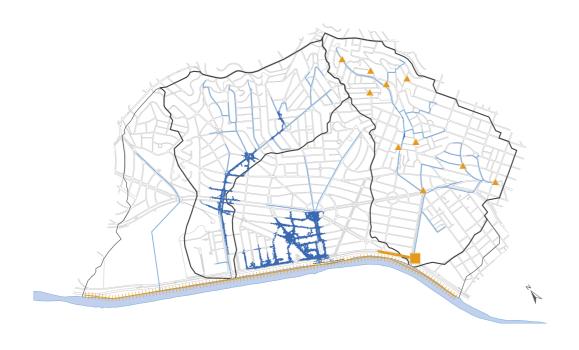
#### Descrição

Implantação de pôlder próximo à foz do córrego Belini, com volume de reservação de 4.500 m³, dique e galerias de apoio para escoamento das águas pluviais até o pôlder e 4 poços de reservação (550 m³/cada)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos 0,405 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida R\$ 60.902.000,00

#### Pôlder Corujas (DBC-3) e galeria de apoio, paralela à Marginal Pinheiros – Alternativa 2



#### Descrição

Implantação de pôlder próximo à foz do córrego das Corujas, com volume de reservação de 5.500 m³, dique, galeria de apoio para escoamento das águas pluviais e 10 poços de reservação (550 m³/cada)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos 0,357 km<sup>2</sup>

Custo estimado da medida

R\$ 57.184.000,00

# **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:

- Implantação de nova galeria: custo médio por m³ de galeria em concreto armado moldada in loco e com método de construção a céu aberto;
- Reservatório fechado *off line*: custo médio por m³ de reservação de reservatório fechado com bombas e revestido em concreto;
- Pôlder: custo médio por m³ de reservação de pôlder fechado com bombas e revestido em concreto;

 Ampliação de seção transversal de galeria: custo médio por m³ de galeria em concreto armado moldada in loco e com método de construção a céu aberto.

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

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

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

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 da Alternativa 1, de R\$ 179 milhões, proporcionaria redução de 47% da área de

inundação de Tr 100 anos. Para a Alternativa 2, com custo de primeira etapa de R\$ 169,5 milhões, essa redução seria de 60%. O custo percentual, por sua vez, é da ordem de 29% do total acumulado para a Alternativa 1 e de 35% para a Alternativa 2.

A maior demanda por recursos, para proteção total da área, se observa na implantação da Alternativa 1, em que consta proposto um número maior de reservatórios convencionais. Por sua vez, dada a proposição dos poços de reservação, o valor da Alternativa 2 é menor, sendo da ordem de 80% do valor da Alternativa 1.

A distribuição de custos para que se cumpra a primeira, a segunda e a terceira etapas de obras, para uma proteção de Tr 5 e 10 anos, de Tr 25 anos e de Tr 100 anos em todas as bacias é da ordem de 29%, 53% e 18% do total para a Alternativa 1, e de 35%, 42% e 22% para a Alternativa 2, respectivamente. A Alternativa 2 ainda conta com uma etapa complementar, da ordem de 1% do valor total.

| TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de maio/2023) |                    |                           |  |                               |                                  |                   |  |  |
|---|--------------------|---------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|
| Etapa   | Local              | Intervenção               | Referência   | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |
|   | Belini/<br>Corujas | Dique                     | Via Marginal Pinheiros   | 15.000.000,00                 | -                                | 15.000.000,00     |  |  |
|   | Belini             | Pôlder Belini<br>(DBC-1)  | Lote existente entre a<br>Av. Arruda Botelho e a<br>R. São Bento do Sul  | 37.050.000,00                 | 18.840.000,00                    | 55.890.000,00     |  |  |
|   |                    | 1 válvula<br>flap         | No final da galeria principal<br>do córrego Belini   | 250.000,00                    | -                                | 250.000,00        |  |  |
|   |                    |                           | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado do<br>Nascimento da Av. das<br>Nações Unidas, com início<br>na altura da R. Massaca<br>até sua conexão na<br>galeria do córrego Belini,<br>na Av. Arruda Botelho  | 8.036.000,00                  | -                                | 8.036.000,00      |  |  |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa   |                    | Implantação<br>de galeria | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado do<br>Nascimento da Av. das<br>Nações Unidas, com início<br>na altura da R. Miralta até<br>sua conexão na galeria<br>existente na Av. Prof.<br>Manuel José Chaves | 6.314.000,00                  | -                                | 6.314.000,00      |  |  |
|   | ACD                |                           | No canteiro da Av. das<br>Nações Unidas, com início<br>na altura da R. Honorato<br>Faustino até sua conexão<br>na galeria existente na Av.<br>Prof. Manuel José Chaves   | 11.660.000,00                 | -                                | 11.660.000,00     |  |  |
|   |                    |                           | No canteiro da Av. das<br>Nações Unidas, com início<br>na altura da Pç. Silveira<br>Santos até a Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr.  | 6.642.000,00                  | -                                | 6.642.000,00      |  |  |
|   |                    | 3 válvulas<br>flap        | No final das galerias das três<br>áreas de contribuição direta   | 750.000,00                    | -                                | 750.000,00        |  |  |
|   |                    | Pôlder ACD<br>(DBC-2)     | Entre a estação Cidade<br>Universitária e a Pte.<br>Cidade Universitária   | 45.950.000,00                 | -                                | 45.950.000,00     |  |  |
|   | Corujas            | 1 válvula<br>flap         | No final da galeria principal<br>do córrego das Corujas  | 250.000,00                    | -                                | 250.000,00        |  |  |

| TAE                 | TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de maio/2023) |   |  |                               |                                  |                   |  |  |  |
|---------------------|---|---|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|--|
| Etapa               | Local   | Intervenção                                     | Referência   | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |  |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa | Corujas   | Pôlder<br>Corujas<br>(DBC-3)                    | No estacionamento<br>da subprefeitura de<br>Pinheiros, entre a Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr. e a<br>Av. das Nações Unidas   | 28.220.000,00                 | -                                | 28.220.000,00     |  |  |  |
|                     | Dalin:  | Reservatório<br>RBC-1<br>(fechado,<br>off line) | Pç. Dr. João Guilherme<br>Flocke, no cruzamento<br>entre a R. Alvilândia e a R.<br>D. Elisa de Morais Mendes   | 25.200.000,00                 | -                                | 25.200.000,00     |  |  |  |
| 2 <u>a</u>          | Belini  | Reservatório<br>RBC-2<br>(fechado,<br>off line) | Terreno existente entre a<br>Av. Arruda Botelho e seu<br>cruzamento com a Av.<br>Prof. Fonseca Rodrigues   | 108.000.000,00                | 35.230.000,00                    | 143.230.000,00    |  |  |  |
| Etapa               | Corujas -   | Reservatório<br>RBC-3<br>(fechado,<br>off line) | Lote a ser desapropriado<br>entre a R. Natingui, a<br>R. Francisco Isoldi e<br>a Av. das Corujas   | 54.080.000,00                 | 28.350.000,00                    | 82.430.000,00     |  |  |  |
|                     |   | Reservatório<br>RBC-4<br>(fechado,<br>off line) | Lotes a serem<br>desapropriados entre a<br>R. dos Macunis, a R. Prof.<br>Muniz e a R. Lelis Vieira   | 62.400.000,00                 | 16.310.000,00                    | 78.710.000,00     |  |  |  |
|                     |   | Galeria de reforço                              | R. Boquim, entre a R. Barão<br>de Morenos e a R. Japiaçoia   | 4.920.000,00                  | -                                | 4.920.000,00      |  |  |  |
|                     | Belini  |   | Trecho da R. Japiaçoia e<br>da R. Belini até a Av. Prof.<br>Fonseca Rodrigues  | 23.616.000,00                 | -                                | 23.616.000,00     |  |  |  |
| 3 <u>a</u>          |   | Ampliação<br>de seção<br>transversal            | Trecho da R. D. Elisa de<br>Morais Mendes, com<br>início na R. Caminha<br>de Amorim até a Pç. Dr.<br>João Guilherme Flocke   | 1.794.000,00                  | -                                | 1.794.000,00      |  |  |  |
| Etapa               |   |   | Da Pç. Panamericana até o<br>Rio Pinheiros, ao longo da<br>Av. Prof. Manuel José Chaves  | 24.754.000,00                 | -                                | 24.754.000,00     |  |  |  |
|                     | ACD   | Galeria de<br>reforço                           | Paralela ao córrego Boaçava,<br>ao longo da Av. Pe. Pereira<br>de Andrade, entre a R.<br>Baiás e a Av. Prof. Fonseca<br>Rodrigues, até o início<br>do trecho de galeria que<br>adentra o Pq. Villa-Lobos | 4.428.000,00                  | _                                | 4.428.000,00      |  |  |  |

| TAE                 | TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de maio/2023) |   |  |                               |                                  |                   |  |  |  |
|---------------------|---|---|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|--|
| Etapa               | Local   | Intervenção                                     | Referência   | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |  |
|                     | ACD   | Galeria de<br>reforço                           | Trecho ao longo da R.<br>Conselheiro Pereira Pinto,<br>entre a R. Amaro Cavalheiro<br>e seu desemboque<br>no Rio Pinheiros | 7.052.000,00                  | -                                | 7.052.000,00      |  |  |  |
|                     |   | Ampliação                                       | Trecho na Av. das Corujas, a<br>jusante da R. Max Engelhardt<br>até o trecho de canal aberto                               | 2.214.000,00                  | -                                | 2.214.000,00      |  |  |  |
|                     |   | de seção<br>transversal                         | Trecho na Av. Pedroso de<br>Morais, com início na Av. Brig.<br>Faria Lima e término na Av.<br>Prof. Frederico Hermann Jr.  | 3.936.000,00                  | -                                | 3.936.000,00      |  |  |  |
| 3 <u>ª</u><br>Etapa | Corujas   | Remoção<br>de barreira<br>física                | Remoção de muro em<br>trecho de galeria dupla<br>na R. Romeu Perrotti,<br>na bifurcação final<br>do canal aberto           | -                             | -                                | -                 |  |  |  |
|                     | 22.29.2   | Implantação<br>de galeria                       | Galeria circular entre a R.<br>Lira e a R. Isabel de Castela,<br>com implantação de duas<br>caixas de interligação         | 1.270.000,00                  | -                                | 1.270.000,00      |  |  |  |
|                     |   | Reativação<br>de galeria                        | Trecho existente entre<br>a R. Isabel de Castela<br>e a R. Prof. Muniz   | -                             | -                                | -                 |  |  |  |
|                     |   | Reservatório<br>RBC-5<br>(fechado,<br>off line) | Área próxima à Pç. Roquete<br>Pinto, pegando o viário  | 39.600.000,00                 | -                                | 39.600.000,00     |  |  |  |
|                     |   | тот   | AL   | 523.386.000,00                | 98.730.000,00                    | 622.116.000,00    |  |  |  |

| TABEL               | TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2023) |  |  |                               |                                  |                   |  |  |  |
|---------------------|---|--|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|--|
| Etapa               | Local   | Intervenção  | Referência   | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |  |
|                     | Belini/<br>Corujas  | Dique  | Via Marginal Pinheiros   | 15.000.000,00                 | -                                | 15.000.000,00     |  |  |  |
|                     |   | Pôlder Belini<br>(DBC-1)   | Lote existente entre a<br>Av. Arruda Botelho e a<br>R. São Bento do Sul  | 31.350.000,00                 | 18.840.000,00                    | 50.190.000,00     |  |  |  |
|                     | Belini  | 1 válvula flap   | No final da galeria<br>principal do<br>córrego Belini  | 250.000,00                    | -                                | 250.000,00        |  |  |  |
|                     |   | 8 poços de<br>reservação   | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2   | 3.219.000,00                  | -                                | 3.219.000,00      |  |  |  |
|                     |   | a R. Ger do Nascidas Nacidas N | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado<br>do Nascimento da Av.<br>das Nações Unidas.<br>Com início na altura<br>da R. Massaca até sua<br>conexão na galeria<br>do córrego Belini, na<br>Av. Arruda Botelho | 12.669.000,00                 | -                                | 12.669.000,00     |  |  |  |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa |   |  | No canteiro que separa<br>a R. General Furtado do<br>Nascimento da Av. das<br>Nações Unidas. Com<br>início na altura da R.<br>Miralta até sua conexão<br>na galeria existente da Av.<br>Prof. Manuel José Chaves   | 6.232.000,00                  | -                                | 6.232.000,00      |  |  |  |
|                     |   |  | No canteiro da Av. das<br>Nações Unidas. Com<br>início na altura da R.<br>Honorato Faustino, até<br>sua conexão na galeria<br>existente da Av. Prof.<br>Manuel José Chaves   | 11.660.000,00                 | -                                | 11.660.000,00     |  |  |  |
|                     |   |  | No canteiro da Av. das<br>Nações Unidas. Com início<br>na altura da Pç. Silveira<br>Santos, até a Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr.   | 6.560.000,00                  | -                                | 6.560.000,00      |  |  |  |
|                     |   | Pôlder ACD<br>(DBC-2)  | Entre a estação Cidade<br>Universitária e a<br>Pte. Cidade Universitária   | 25.650.000,00                 | -                                | 25.650.000,00     |  |  |  |

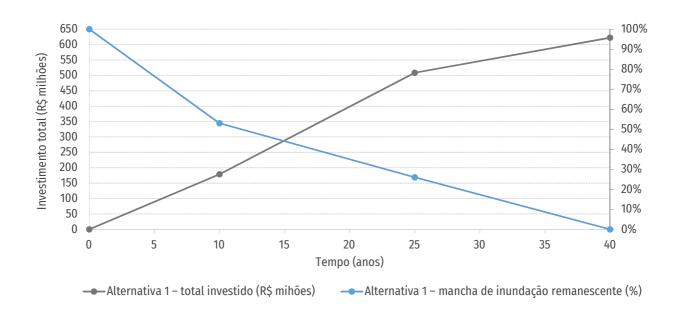
| TABEL               | TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2023) |   |   |                               |                                  |                   |  |  |
|---------------------|---|---|---|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|
| Etapa               | Local   | Intervenção                                     | Referência  | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |
|                     | ACD   | 3 válvulas flap                                 | No final das galerias<br>das três áreas de<br>contribuição direta   | 750.000,00                    | -                                | 750.000,00        |  |  |
|                     | ACD   | 4 poços de reservação                           | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 1.610.000,00                  | -                                | 1.610.000,00      |  |  |
| 1 <u>ª</u><br>Etapa |   | 10 poços de<br>reservação                       | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 4.024.000,00                  | -                                | 4.024.000,00      |  |  |
| ·                   | Corujas   | 1 válvula <i>flap</i>                           | No final da galeria<br>principal do córrego<br>das Corujas  | 250.000,00                    | -                                | 250.000,00        |  |  |
|                     |   | Pôlder Corujas<br>(DBC-3)                       | No estacionamento<br>da Subprefeitura de<br>Pinheiros, entre a Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr. e<br>Av. das Nações Unidas                        | 31.350.000,00                 | -                                | 31.350.000,00     |  |  |
|                     |   | Reservatório<br>RBC-1 (fechado,<br>off-line)    | Pç. Dr. João Guilherme<br>Flocke, no cruzamento<br>da R. Alvilândia e da R.<br>D. Elisa de Morais Mendes  | 20.160.000,00                 | -                                | 20.160.000,00     |  |  |
|                     | Belini  | Implantação<br>de galeria<br>em carga           | Trecho com início<br>no cruzamento da R.<br>Japiaçoia com a R. Belini,<br>se prologando pela<br>Av. Arruda Botelho até<br>desaguar no Rio Pinheiros | 41.513.000,00                 | -                                | 41.513.000,00     |  |  |
| 2 <u>ª</u><br>Etapa | ACD   | 9 poços de<br>reservação                        | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 3.622.000,00                  | -                                | 3.622.000,00      |  |  |
|                     | Corujas   | Reservatório<br>RBC-3<br>(fechado,<br>off-line) | Lote a ser desapropriado<br>entre a R. Natingui,<br>R. Francisco Isoldi e<br>a Av. das Corujas  | 50.752.000,00                 | 28.350.000,00                    | 79.102.000,00     |  |  |
|                     |   | 10 poços de<br>reservação                       | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 4.024.000,00                  | -                                | 4.024.000,00      |  |  |
|                     |   | Reservatório<br>RBC-4 (fechado,<br>off-line)    | Lotes a serem<br>desapropriados entre a<br>R. dos Macunis, R. Prof.<br>Muniz e R. Lelis Vieira  | 43.200.000,00                 | 16.310.000,00                    | 59.510.000,00     |  |  |

| TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2023) |        |                                       |   |                               |                                  |                   |  |  |
|---|--------|---------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--|
| Etapa   | Local  | Intervenção                           | Referência  | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |  |
|   |        | Galeria de                            | R. Boquim, entre a<br>R. Barão de Morenos<br>e R. Japiaçoia   | 4.920.000,00                  | -                                | 4.920.000,00      |  |  |
|   |        | reforço                               | Trecho da R. Japiaçoia<br>até a R. Belini   | 20.849.000,00                 | -                                | 20.849.000,00     |  |  |
|   | Belini | Ampliação<br>de seção<br>transversal  | Trecho da R. D. Elisa de<br>Morais Mendes, com<br>início na R. Caminha<br>de Amorim até a Pç. Dr.<br>João Guilherme Flocke  | 1.794.000,00                  | -                                | 1.794.000,00      |  |  |
|   |        | 13 poços de reservação                | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 5.231.000,00                  | -                                | 5.231.000,00      |  |  |
| 2a  |        | Desativação<br>de galeria             | Galeria existente<br>com início na<br>Pç. Panamericana,<br>correndo pela Av. Prof.<br>Manuel José Chaves,<br>cortando a Av. das<br>Nações Unidas até<br>o Rio Pinheiros                                       | 1.886.000,00                  | -                                | 1.886.000,00      |  |  |
| 3 <u>ª</u><br>Etapa   |        | Implantação<br>de galeria<br>em carga | Galeria com início na Pç.<br>Panamericana, correndo<br>pela Av. Prof. Manuel<br>José Chaves, cortando a<br>Av. das Nações Unidas<br>até o Rio Pinheiros   | 28.378.000,00                 | -                                | 28.378.000,00     |  |  |
|   | ACD    | 4 poços de reservação                 | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2  | 1.610.000,00                  | -                                | 1.610.000,00      |  |  |
|   |        | Galeria de<br>reforço                 | Paralela ao córrego<br>Boaçava, ao longo da Av.<br>Padre Pereira de Andrade,<br>entre a R. Baiás e a Av.<br>Prof. Fonseca Rodrigues,<br>até o início do trecho<br>de galeria que adentra<br>o Pq. Villa-Lobos | 4.428.000,00                  | -                                | 4.428.000,00      |  |  |
|   |        |                                       | Trecho ao longo<br>da R. Conselheiro<br>Pereira Pinto, entre a<br>R. Amaro Cavalheiro<br>e seu desemboque<br>no Rio Pinheiros   | 7.052.000,00                  | -                                | 7.052.000,00      |  |  |

| TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de maio/2023) |  |  |                               |                                  |                   |  |
|---|--|--|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|
| Etapa Local   | Intervenção  | Referência   | Custo de<br>implantação (R\$) | Custo de<br>desapropriação (R\$) | Custo total (R\$) |  |
|   | Ampliação  | Trecho na Av. das<br>Corujas, a jusante da<br>R. Max Engelhardt, até o<br>trecho de canal aberto   | 2.214.000,00                  | -                                | 2.214.000,00      |  |
|   | de seção<br>transversal  | Trecho na Av. Pedroso<br>de Morais, com início na<br>Av. Brigadeiro Faria Lima<br>e término na Av. Prof.<br>Frederico Hermann Jr.            | 3.936.000,00                  | -                                | 3.936.000,00      |  |
|   | 14 poços de<br>reservação  | Distribuídos pela bacia,<br>conforme apresentado<br>no mapa da Alternativa 2   | 5.633.000,00                  | -                                | 5.633.000,00      |  |
| 3 <u>ª</u><br>Etapa Corujas   | Implantação<br>de galeria<br>em carga  | Galeria com início na<br>altura da R. Almeida<br>Garrett, percorrendo<br>a Av. Prof. Frederico<br>Hermann Jr. até chegar<br>ao Rio Pinheiros | 20.603.000,00                 | -                                | 20.603.000,00     |  |
|   | Remoção de<br>barreira física  | Remoção de muro<br>em trecho de galeria<br>dupla, na R. Romeu<br>Perrotti, na bifurcação<br>final do canal aberto                            | -                             | -                                | -                 |  |
|   | Implantação<br>de galeria  | Galeria circular entre a<br>R. Lira e a R. Isabel de<br>Castela, com implantação<br>ainda de duas caixas<br>de interligação                  | 1.270.000,00                  | -                                | 1.270.000,00      |  |
|   | Reativação<br>de galeria   | Trecho existente entre<br>a R. Isabel de Castela<br>e a R. Prof. Muniz   | -                             | -                                | -                 |  |
| Etapa<br>comple-<br>mentar  | Criação de patamares para reservação ao longo do trecho aberto do córrego das trecho aberto do |  | 2.900.000,00                  | -                                | 2.900.000,00      |  |
| 1   | TOTAL  |  | 426.549.000,00                | 63.500.000,00                    | 490.049.000,00    |  |

#### CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

| TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas |                  |                  |                  |                               |                     |  |  |  |
|---|------------------|------------------|------------------|-------------------------------|---------------------|--|--|--|
|   |                  |                  |                  |                               |                     |  |  |  |
| Alternativa   | 1ª (milhões R\$) | 2ª (milhões R\$) | 3ª (milhões R\$) | Complementar<br>(milhões R\$) | Total (milhões R\$) |  |  |  |
| Alternativa 1   | 179,0            | 329,6            | 113,6            | -                             | 622,2               |  |  |  |
| Alternativa 2   | 169,4            | 208,0            | 109,8            | 2,9                           | 490,1               |  |  |  |



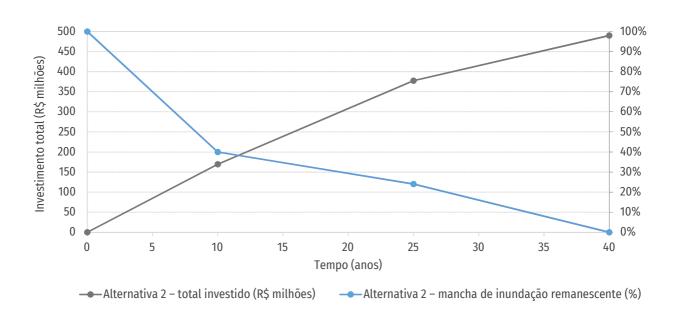


FIGURA 8.1 Curvas de investimento e da redução da mancha de inundação ao longo do tempo

# Indicadores de drenagem urbana

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

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

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

Os indicadores de desempenho do sistema de drenagem apresentam grande potencialidade para auxiliar as entidades envolvidas no processo de gestão e manejo das águas pluviais urbanas. Desse modo, é essencial para a adequada gestão das águas pluviais do município a definição de indicadores urbanos que identifiquem o comportamento do sistema de drenagem, possibilitando, dessa forma, a avaliação e o acompanhamento do planejamento da drenagem por bacia hidrográfica.

Desse modo, para auxiliar o desenvolvimento de indicadores de drenagem, são apresentados na **TABELA 9.1** os principais parâmetros para a avaliação e o acompanhamento do desempenho do sistema de drenagem urbana das bacias dos córregos Belini e das Corujas, juntamente com suas áreas de contribuição direta, que, juntos, compreendem a área estudada neste Caderno.

|                                    | Parâmetro  | Valor             |
|------------------------------------|--|-------------------|
| Área estudada                      |  | 8,3 km²           |
| Perímetro                          |  | 13,1 km           |
| Extensão total de córregos         |  | 5,3 km            |
| Extensão do córrego Boaçava        |  | 0,420 km          |
| Extensão do córrego Belini         |  | 2,5 km            |
| Extensão do córrego das Corujas    |  | 2,8 km            |
| Extensão de córregos fechados      |  |                   |
| Declividade média do talvegue      |  | 0,0136 m/m        |
|                                    | Número de reservatórios  | 0                 |
| Reservatórios existentes           | Volume   | -                 |
|                                    | Tr 2 anos  | 0,394 km²         |
|                                    | Tr 5 anos  | 0,559 km²         |
| Área inundável<br>(situação atual) | Tr 10 anos   | 0,690 km²         |
|                                    | Tr 25 anos   | 0,791 km²         |
|                                    | Tr 100 anos  | 0,903 km²         |
|                                    | egos paçava elini as Corujas fechados talvegue  Número de reservatórios Volume  Tr 2 anos Tr 5 anos Tr 10 anos Tr 25 anos Tr 100 anos  Muito alto Alto Médio Baixo  Atual Máxima permitida | 0,001 km²         |
| Diago do incordo cão               | Alto   | 0,091 km²         |
| Risco de inundação                 | Médio  | 0,502 km²         |
|                                    | Tr 5 anos  Tr 10 anos  Tr 25 anos  Tr 100 anos  Muito alto  Alto  Médio  Baixo  Atual  | 0,308 km²         |
| Área impermeável média             | Atual  | 74,7 %            |
| Area impermeavet media             | Máxima permitida   | 74,6 %            |
| Espaços abertos (% da área das     | bacias)  | 15,2%             |
| Número de habitantes               |  | 54 mil habitantes |
| Vulnerabilidade média (excluída    | s as áreas não classificadas)  | 1 (média)         |

# **Considerações finais**

O Caderno de Bacia Hidrográfica tem como objetivo formular uma série de alternativas para o controle de cheias, tendo em vista fornecer subsídios para futuras discussões que venham a ocorrer quanto ao planejamento, à contratação de novos estudos e à gestão das bacias do município. As propostas de controle de cheias partem de um diagnóstico detalhado da bacia e de estudos específicos, como o mapa de inundações, o risco de inundação e as áreas críticas.

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

As medidas de controle estudadas abordaram soluções estruturais, como reservatórios, canalizações, parques lineares, pôlderes e galerias de reforço. São citadas medidas não estruturais, como o zoneamento das áreas inundáveis no processo de controle de cheias no Município de São Paulo, onde estudos específicos devem ser desenvolvidos. O mapa do potencial de implantação de medidas descentralizadas foi produzido tendo

em vista o incentivo à adoção das medidas sustentáveis de controle de cheias na fonte.

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

Foram avaliadas duas alternativas de controle de cheias para as bacias dos córregos Belini e das Corujas e, também, para as cinco áreas de contribuição direta. A Alternativa 1 prioriza a implantação de reservatórios de armazenamento. A Alternativa 2, por sua vez, apresenta a mesma reservação, mas de forma distribuída nas bacias, com um número maior de reservatórios de menor volume.

As duas alternativas protegem as bacias para Tr 100 anos. Isso indica que, para eventos hidrológicos superiores a 100 anos, poderão ocorrer inundações, ou seja, as bacias não estão 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 protejam as bacias para chuvas de Tr 25 anos; e a terceira etapa englobou 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 e subprefeitura de Pinheiros.

# Glossário

# Alagamento

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

# Chuva de projeto

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

#### Dano

Definição da severidade ou intensidade da lesão resultante de um acidente ou evento adverso. Os danos causados por desastres classificam-se em: danos humanos, materiais, econômicos e ambientais<sup>27</sup>.

#### Dique

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

## **Escoamento superficial direto**

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

# Inundação

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

# Macrodrenagem

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

## Microdrenagem

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

**<sup>27.</sup>** 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.