Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (PDM-BHJ)

RELATÓRIO FINAL
Tomo I

Novembro de 2021



ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ

RELATÓRIO FINAL

TOMO I

Versão 02

Novembro de 2021

APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no **Relatório Final** (P10), elaborado pela PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., no âmbito do PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ, objeto do Contrato 056/2018, com a Agência das Bacias PCJ.

O presente relatório segue as orientações metodológicas dos Termos de Referência do Processo Licitatório e do Plano de Trabalho (P1), de modo a alcançar os resultados esperados.

Novembro de 2021

EXPEDIENTE

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

CBH-PCJ

Luciano Santos Tavares de Almeida – Presidente

Marco Antônio dos Santos – Vice-presidente

André Luiz Sanchez Navarro– Secretário Executivo

Caroline Túbero Bacchin – Secretária Executiva Adjunta

PCJ FEDERAL

Luciano Santos Tavares de Almeida – Presidente

Sidney José da Rosa – 1ª Vice-presidente

Marco Antônio dos Santos – 2ª Vice-presidente

Roseli dos Santos Souza – 3ª Vice-presidente

André Luiz Sanchez Navarro– Secretário Executivo

CBH-PJ1

Sidney José da Rosa – Presidente

Laene Fonseca Vilas Boas – Vice-presidente

Damião Aparecido do Couto – Secretário Executivo

Rodrigo Alves de Oliveira - Secretário Executivo Adjunto

Coordenação dos trabalhos

Coordenação de Projetos da Agência das Bacias PCJ

Elaine Franco de Campos - Coordenadora de Projetos

Danilo Carlos Ferreira Costa

Karla Romão

Lívia Maria Ongaro Modolo

Mariane Rodrigues Amuy

Gerenciadora da Coordenação de Projetos da Agência das Bacias PCJ

Empresa Novaes Engenharia e Construções LTDA

Grupo Técnico de Acompanhamento

Prefeitura da Estância de Atibaia

Daniel Borghi Filho

José Ferreira Neto

Dorival Hernandes

Prefeitura de Cabreúva

Glaucia Cristiane Souza

Rosimeire Rabelo Timporim

Andrea Manami Yoshikawa

Prefeitura de Campo Limpo Paulista

Sandra Araújo

Cristiano Tadeu Santos Garcia

Maria Karolina Silva Tamberlini

Prefeitura Municipal de Indaiatuba / Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE Indaiatuba)

Roberto Mário Polga

Caio Antônio do Amaral Sampaio

Vanessa Cristina do Carmo Kuhl

Prefeitura da Estância Turística de Itu

Guilherme Rodrigues Pereira Petri

Vagner da Cruz

Fernando Maciel Boff

Guilherme Gazzola

Prefeitura de Itupeva

Andressa Juliana Boldrin

Kleberson Renato da Silva

Silvio Roberto Savio

Prefeitura de Jarinu

Mariliza Scarelli Soranz

Harry Nicolau Kowaski

Pedro Zago

Prefeitura de Jundiaí
Maria das Graças Martini

Martim de França Silveira Ribeiro

Prefeitura Municipal de Mairiporã

José Rafael Pinheiro Tostes

Maria de Lourdes Almeida Dantas

José Roberto Margonari da Silva

Ana Lúcia Gonçalves de Moraes e Paiva

Alexandre Kise

Prefeitura da Estância Turística de Salto
Sandro Roberto Stivanelli

Eduardo Donizette Jordão

Káren Katiúcia de Paiva Vieira

Prefeitura de Várzea Paulista
Rafael Tamberlini

João José de Lima

Peterson de Ávila Alves Afonso

Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)

Marco Antonio Garcia de Almeida (*In memoriam*)

Luiz Roberto Moretti (*In memoriam*)

Thalita Benetello

Andreia Daniela Modenez Carvalho

Câmara Técnica de Saneamento (CT-SA)
Marco Antonio Garcia de Almeida

Thalita Benetello

CETESB
Domênico Tremarolli

Renata Nogueira de Araujo Loes

Lineu José Bassoi

Marta Lorenti Escoura

Câmara Técnica do Plano de Bacias (CT-PB)
Roberto Mário Polga

Câmara Técnica de Uso e Conservação da Água no Meio Rural (CT-Rural)

Miguel Madalena Milinski

Câmara Técnica de Conservação e Proteção de Recursos Naturais (CT-RN)

Claudia Grabher

Petrus Bartholomeus Weel

Contratante

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ)

Sergio Razera – Diretor Presidente

Patrícia Gobet de Aguiar Barufaldi - Diretora Técnica

Ivens de Oliveira – Diretor Administrativo e Financeiro

(Contrato Agência das Bacias PCJ 056/2018)

Consultora Contratada – PROFILL Engenharia e Ambiente

Coordenação Geral

Eng. Civil Mauro Jungblut

Coordenação Executiva

Eng. Civil Sidnei Gusmão Agra

Apoio à Coordenação

Engª. Hídrica Thawara Fonseca Guidolin

Equipe Técnica

Advogado Giuliano Deboni

Arquiteta e Urbanista Juliana Tonet

Arquiteto e Urbanista Klaus Jungblut

Eng. Agrônomo Lauro Paes

Engª. Ambiental Ana Helfer

Eng. Ambiental Filipe Franz Teske

Engª. Ambiental Paola Marques Kuele

Engª. Ambiental Tailana Bubolz Jeske

Engª. Ambiental Thainá Lessa Cavaltante

Eng. Cartógrafo Vinicius Melgarejo Montenegro

Eng. Civil Carlos Bortoli

Engª. Civil Cristiane Fragata dos Santos

Eng. Civil Dante Gama Larentis

Eng. Civil Henrique Kotzian

Eng. Civil Lucas Rangel Martins

Engª. Civil Mirela Miorim

Eng. Civil Nilson Teixeira

Engª. Civil Patrícia Cardoso

Eng. Civil e Agrimensor Tadeu de Souza Oliveira

Estagiária Engª. Civil Caroline Lazzari

Geógrafa Isabel Rekowsky

Geógrafo Peterson Oliveira

Relações Públicas Karina Galdino Agra

Sociólogo Eduardo Audibert

Téc. em Hidrologia Rogério Nunes

Téc. em Edificações Júlia Campos

PREFÁCIO

Há tempos, os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí vêm sofrendo com frequentes eventos de cheia. Como em diversos outros locais, as planícies sofreram um intenso processo de urbanização, com o aumento da ocupação de áreas sensíveis à ocorrência desses eventos. A diminuição das áreas vegetadas e o consequente incremento da impermeabilização do solo, decorrentes da urbanização, são fatores contribuem para uma maior frequência e intensidade de cheias e inundações.

A elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (PDM-BHJ), iniciada em 2018, teve como objetivos principais caracterizar as causas das inundações ocorridas nas zonas urbanas dos municípios da região e apresentar propostas de implantação de ações estruturais e não estruturais, nas áreas urbanas e rurais, relacionadas ao controle de cheias, observando os horizontes de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo (20 anos) prazos.

Participaram do seu processo de elaboração representantes de todos os municípios com território na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, membros de Câmaras Técnicas dos Comitês PCJ e a sociedade civil.

Trata-se de uma iniciativa inovadora, especialmente pelo comprometimento em estudar questões afetas à drenagem em área tão ampla e em definir parâmetros voltados a orientar a sua gestão.

Nesse sentido, o Plano ora aprovado constitui instrumento de subsídio ao planejamento e gestão, elencando propostas de implantação de ações e contribuindo para a adoção de diretrizes gerais de caráter regional, voltadas a orientar a elaboração e a revisão de Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem, adequados à realidade de cada município e à da unidade hidrográfica envolvida.

André Luiz Sanchez Navarro

Secretário Executivo do CBH-PCJ e PCJ Federal

APRESENTAÇÃO

A presente publicação reúne informações acerca da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí e todo o detalhamento do Plano Diretor de Macrodrenagem, elaborado com recursos financeiros oriundos da Cobrança PCJ Federal e previstos nas ações do PAP – Plano de Aplicação Plurianual 2017-2020.

Trata-se de um estudo de caráter técnico extremamente relevante realizado por meio da contratação da empresa Profill Engenharia e Ambiente S.A. no ano de 2018 com permanente acompanhamento da Coordenação de Projetos da Agência das Bacias PCJ e que agora será incluído como parte dos cadernos temáticos do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

Os municípios beneficiados são Atibaia, Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Itu, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Mairiporã, Salto e Várzea Paulista. Dada a importância da Bacia Hidrográfica do Jundiaí dentro do contexto das Bacias PCJ, este plano é de fundamental relevância, não somente para os municípios envolvidos, mas para as Bacias PCJ como um todo.

Neste relatório é possível conhecer tudo sobre o plano: objetivos; caracterização da área de estudo; levantamento de informações; análise de dados de monitoramento hidrológico; diagnóstico; prognóstico, plano de ações; detalhamento das ações estruturais e resultados das medidas estruturais recomendadas.

A partir de agora, com o plano concluído, a pactuação e comprometimento dos municípios envolvidos é essencial para a continuidade do Plano de Macrodrenagem e para a amenização dos problemas de inundações e cheias vivenciados, de forma planejada e integrada de maneira que o município a montante não empurre o problema para o município a jusante.

Fica evidente a importância dos municípios se unirem em torno de um desafio que é de todos. Desta forma, esse estudo passa a ser uma importante ferramenta para que os municípios da região possam elaborar e/ou revisar seus Planos Diretores Municipais de Drenagem e, então, alavancar recursos financeiros para o desenvolvimento das ações propostas, a fim de que efetivamente sejam minimizados os efeitos das enchentes nas cidades.

Sergio Razera

Diretor-Presidente da Fundação Agência das Bacias PCJ

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 81

2. OBJETIVOS 84

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 85

4. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES NOS MUNICÍPIOS 90

4.1. Planos e estudos anteriores 90

4.1.1. Planos Municipais de Saneamento Básico 90

4.1.2. Planos Diretores de Drenagem Urbana 110

4.1.3. Instrumentos jurídicos e institucionais 119

4.2. Visitas aos municípios da BHJ 128

4.2.2. Sistemas de macrodrenagem municipais 143

5. LEVANTAMENTOS DE CAMPO 210

5.1. Metodologia aplicada 210

5.1.1. Marcos Geodésicos 210

5.1.2. Equipamentos utilizados e procedimentos de coleta 216

5.1.3. Pós-processamentos das informações 218

5.2. Resultados 221

5.2.1. Seções de controle 221

5.2.2. Travessias 221

5.2.3. Confluências 221

6. ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO 222

6.1. Dados pluviométricos 222

6.1.1. Precipitações médias anuais e precipitações máximas 224

6.1.2. Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas 233

6.2. Dados fluviométricos 264

6.2.1. Vazões máximas 265

6.2.2. Níveis máximos 270

7. DIAGNÓSTICO 272

7.1. Simulação hidrológica 272
7.1.1. Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 273
7.1.2. Precipitações de projeto 290
7.1.3. O modelo Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) 293
7.1.4. Resultados da simulação hidrológica 300
7.2. Simulação hidrodinâmica 319
7.2.1. Elaboração do MNT (Modelo Numérico de Terreno) 319
7.2.2. O modelo River Analysis System (HEC-RAS) 321
7.2.3. Procedimentos de simulação realizados 326
7.3. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação 329
7.3.1. Tempo de retorno de 2 anos 329
7.3.2. Tempo de retorno de 5 anos 329
7.3.3. Tempo de retorno de 10 anos 330
7.3.4. Tempo de retorno de 25 anos 330
7.3.5. Tempo de retorno de 50 anos 330
7.3.6. Tempo de retorno de 100 anos 330
7.3.7. Compilação dos resultados para todos os tempos de retorno 330
7.3.8. Análise dos resultados 331
7.4. Avaliação da condição atual da BHJ 341
7.4.1. Capacidade de escoamento nos afluentes principais do Rio Jundiaí 341
7.4.2. Capacidade de escoamento nas travessias do Rio Jundiaí 347
7.4.3. Identificação das sub-bacias prioritárias para intervenções 356
8. PROGNÓSTICO 366
8.1. Simulação hidrológica 366
8.1.1. Cenário futuro de ocupação: estimativa do parâmetro Curve Number (CN) 366
8.1.2. Metodologia empregada 372
8.1.3. Resultados da simulação hidrológica de prognóstico 374
8.2. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação 389

8.2.1. Tempo de retorno de 2 anos 389
8.2.2. Tempo de retorno de 5 anos 389
8.2.3. Tempo de retorno de 10 anos 389
8.2.4. Tempo de retorno de 25 anos 390
8.2.5. Tempo de retorno de 50 anos 390
8.2.6. Tempo de retorno de 100 anos 390
8.2.7. Resultados da simulação hidrodinâmica: todos os TRs simulados 390
8.2.8. Análise dos resultados 391
9. CONCEPÇÃO DO PLANO DE AÇÕES 403
9.1. Proposta de intervenções estruturais 403
9.1.1. Cenários de intervenções estruturais simulados 403
9.1.2. Outras medidas: ações de drenagem sustentável 439
9.2. Composição de custos e seleção de alternativa estrutural recomendada 452
9.2.1. Estimativa de custos 452
9.2.2. Análise comparativa das alternativas 469
9.2.3. Alternativa recomendada: cenário de medidas estruturais combinadas 473
9.3. Estrutura do Plano de Ações 478
9.3.1. Medidas estruturais 478
9.3.2. Medidas não-estruturais 481
10. PLANO DE AÇÕES 488
10.1. Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias 489
10.1.1. Ações a serem desenvolvidas 489
10.1.2. Resultados esperados 490
10.1.3. Atores envolvidos e atribuições 490
10.1.4. Custos e fontes de financiamento 490
10.1.5. Manutenção (ou Revisão) 491
10.1.6. Cronograma de implementação 491
10.2. Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí 492

10.2.1. Ações a serem desenvolvidas 492
10.2.2. Resultados esperados 493
10.2.3. Atores envolvidos e atribuições 493
10.2.4. Custos e fontes de financiamento 494
10.2.5. Manutenção (ou Revisão) 494
10.2.6. Cronograma de implementação 494
10.3. Programa de manejo de drenagem sustentável 495
10.3.1. Ações a serem desenvolvidas 496
10.3.2. Resultados esperados 498
10.3.3. Atores envolvidos e atribuições 498
10.3.4. Custos e fontes de financiamento 499
10.3.5. Manutenção (ou Revisão) 500
10.3.6. Cronograma de implementação 501
10.4. Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta 501
10.4.1. Ações a serem desenvolvidas 502
10.4.2. Resultados esperados 508
10.4.3. Atores envolvidos e atribuições 508
10.4.4. Custos e fontes de financiamento 509
10.4.5. Manutenção (ou Revisão) 510
10.4.6. Cronograma de implementação 511
10.5. Programa de educação ambiental 512
10.5.1. Ações a serem desenvolvidas 514
10.5.2. Resultados esperados 517
10.5.3. Atores envolvidos e atribuições 518
10.5.4. Custos e fontes de financiamento 518
10.5.5. Manutenção (ou Revisão) 519
10.5.6. Cronograma de implementação 519
10.6. Programa de medidas de fiscalização e controle 519

10.6.1. Ações a serem desenvolvidas 520
10.6.2. Resultados esperados 536
10.6.3. Atores envolvidos e atribuições 536
10.6.4. Custos e fontes de financiamento 536
10.6.5. Manutenção (ou Revisão) 538
10.6.6. Cronograma de implementação 539
10.7. Programa de estruturação do setor de drenagem urbana 540
10.7.1. Ações a serem desenvolvidas 540
10.7.2. Resultados esperados 554
10.7.3. Atores envolvidos e atribuições 555
10.7.4. Custos e fontes de financiamento 555
10.7.5. Manutenção (ou Revisão) 556
10.7.6. Cronograma de implementação 556
10.8. Programa de elaboração de Planos de Drenagem Municipal 557
10.8.1. Ações a serem desenvolvidas 558
10.8.2. Resultados esperados 560
10.8.3. Atores envolvidos e atribuições 560
10.8.4. Custos e fontes de financiamento 560
10.8.5. Manutenção (ou Revisão) 561
10.8.6. Cronograma de implementação 561
10.9. Resumo dos Programas propostos para implementação do PDM-BHJ 562
11. INDICAÇÃO EM PLANTA DAS AÇÕES ESTRUTURAIS PROPOSTAS 566
11.1. Conjunto de Ações I 566
11.1.1. Reservatório de retenção na SB01 568
11.1.2. Reservatório de detenção na SB03 569
11.1.3. Reservatório de retenção na SB04 572
11.1.4. Reservatório de detenção na SB05 574
11.2. Conjunto de Ações II 577

11.3. Conjunto de Ações III 580
11.4. Cronograma físico-financeiro do Conjunto de Ações propostas 590
12. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA COM A IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS RECOMENDADAS: MANCHAS DE INUNDAÇÃO 595
12.1. Tempo de retorno de 2 anos 595
12.2. Tempo de retorno de 5 anos 595
12.3. Tempo de retorno de 10 anos 596
12.4. Tempo de retorno de 25 anos 596
12.5. Tempo de retorno de 50 anos 596
12.6. Tempo de retorno de 100 anos 596
12.7. Comparação entre o cenário de Diagnóstico e com as medidas estruturais recomendadas 597
12.7.1. Comparação para o TR de 2 anos 597
12.7.2. Comparação para o TR de 5 anos 597
12.7.3. Comparação para o TR de 10 anos 597
12.7.4. Comparação para o TR de 25 anos 598
12.7.5. Comparação para o TR de 50 anos 598
12.7.6. Comparação para o TR de 100 anos 598
12.7.7. Avaliação do efeito das medidas propostas considerando o uso e ocupação do solo da BHJ 598
13. MINUTAS PARA ELABORAÇÃO DE TERMOS DE REFERÊNCIA DE PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM NOS MUNICÍPIOS DA BHJ 608
13.1. Estudos prévios 609
13.2. Cadastro topográfico 612
13.3. Definição de cenários e verificação do sistema 618
13.4. Proposição e avaliação de alternativas de projeto 623
13.5. Anteprojetos de engenharia 628
13.6. Plano de Ações 629

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 631

15. APÊNDICES 636

APÊNDICE I Desenhos do Capítulo 5: Levantamentos de Campo 636

APÊNDICE II Mapas do Capítulo 7: Diagnóstico 918

APÊNDICE III Mapas do Capítulo 8: Prognóstico 1045

APÊNDICE IV Desenhos do capítulo 11: Indicação em Planta das Ações Estruturais Propostas 1172

APÊNDICE V Mapas do Capítulo 12: Resultados da Simulação Hidrodinâmica com a Implantação das Medidas Estruturais Recomendadas 1284

16. ANEXOS 1424

ANEXO I Marcos Geodésicos utilizados durante os levantamentos de campo .. 1424

ANEXO II Catálogos dos equipamentos utilizados durante o levantamento de campo1427

ANEXO III Fichas cadastrais das travessias ao longo do Rio Jundiaí 1434

ANEXO IV Hidrogramas de projeto das sub-bacias do Rio Jundiaí 1435

ANEXO V Perfis transversais da linha d'água do Rio Jundiaí nas travessias 1467

ANEXO VI Comparação entre os resultados da simulação hidrológica 1468

ANEXO VII Mapas das áreas recomendadas para utilização como amortecimento para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí 1501

ANEXO VIII Seções transversais a montante das travessias para simulação com TR 2 anos 1534

ANEXO IX "Seções tipo" definidas para intervenção na calha 1552

ANEXO X Hidrogramas ao longo do trecho do Rio Jundiaí simulado (Cenário final: combinação de alternativas) 1556

ANEXO XI Orçamentos detalhados dos Programas e Ações para a BHJ 1698

i. Detalhamento de custos do "*Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias*" 1698

ii. Detalhamento de custos do "*Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí*" 1699

iii. Detalhamento de custos do "*Programa de manejo de drenagem sustentável*" 1700

iv. Detalhamento de custos do "*Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta*" 1701

v. Detalhamento de custos do "*Programa de educação ambiental*" 1707

vi. Detalhamento de custos do "*Programa de medidas de fiscalização e controle*" 1707

vii. Detalhamento de custos do "*Programa de estruturação do setor de drenagem urbana*" 1710

ANEXO XII Detalhamento dos Elementos de Locação da bacia de retenção proposta na SB01 1712

ANEXO XIII Detalhamento dos Elementos de Locação da bacia de retenção proposta na SB03 1713

ANEXO XIV Detalhamento dos Elementos de Locação da bacia de retenção proposta na SB04 1714

ANEXO XV Detalhamento dos Elementos de Locação da bacia de retenção proposta na SB05 1715

ANEXO XVI Minuta de Termo de Referência para revisão do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Atibaia contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí1716

ANEXO XVII Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Cabreúva contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1740

ANEXO XVIII Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem do município de Campo Limpo Paulista..... 1765

ANEXO XIX Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Indaiatuba contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1794

ANEXO XX Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Itu contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1823

ANEXO XXI Minuta de Termo de Referência para revisão do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Itupeva contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí1848

ANEXO XXII Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Jarinu contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1879

ANEXO XXIII Minuta de Termo de Referência para revisão do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Jundiaí contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí1904

ANEXO XXIV Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Mairiporã contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1938

ANEXO XXV Minuta de Termo de Referência para elaboração do Plano Municipal de Drenagem da parcela do município de Salto contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 1963

ANEXO XXVI Minuta de Termo de Referência para revisão do Plano Municipal de Drenagem do município de Várzea Paulista 1990

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1. Extensão de vias potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Jundiaí, agrupadas por tempo de retorno. 87

Quadro 3.2. Número de edificações potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Jundiaí, agrupadas por tempo de retorno. 88

Quadro 4.1. Instrumentos de política municipal dos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 126

Quadro 4.2. Informações acerca dos agendamentos de visitas nos municípios da BHJ.129

Quadro 4.3. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Atibaia.... 129

Quadro 4.4. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Cabreúva. 130

Quadro 4.5. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Cabreúva. 131

Quadro 4.6. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Campo Limpo Paulista..... 131

Quadro 4.7. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Campo Limpo Paulista..... 132

Quadro 4.8. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Indaiatuba. 132

Quadro 4.9. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Indaiatuba. 133

Quadro 4.10. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Itu..... 134

Quadro 4.11. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Itupeva. 134

Quadro 4.12. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Itupeva. 136

Quadro 4.13. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Jarinu... 136

Quadro 4.14. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Jundiaí. 137

Quadro 4.15. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Jundiaí. 138

Quadro 4.16. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Mairiporã. 138

Quadro 4.17. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Mairiporã. 139

Quadro 4.18. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Salto. 140

Quadro 4.19. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Salto. 141

Quadro 4.20. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Várzea Paulista. 141

Quadro 4.21. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Várzea Paulista. 143

Quadro 6.1. Informações gerais dos postos pluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 224

Quadro 6.2. Informações gerais dos postos fluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 264

Quadro 7.1. Equações aplicadas para o cálculo do tempo de concentração das bacias hidrográficas do Rio Jundiaí. 286

Quadro 7.2. Métodos de simulação que podem ser utilizados no software HEC-HMS. . 293

Quadro 7.3. Classificação das vias localizadas nas manchas de inundação, por município. 334

Quadro 7.4. Extensão de vias atingidas pela mancha de inundação por tempo de retorno.334

Quadro 7.5. Porcentual das vias atingidas por cada mancha de inundação, por classe da via. 335

Quadro 7.6. Número de unidades de saúde localizadas em cada mancha de inundação por município..... 338

Quadro 7.7. Número de unidades de educação localizadas em cada mancha de inundação, separadas por município. 339

Quadro 7.8. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, por município. 340

Quadro 7.9. Relação dos afluentes principais do Rio Jundiaí com sub-bacias e confluências do levantamento de campo. 341

Quadro 8.1. Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas para a simulação hidrológico do Prognóstico na BHJ. 373

Quadro 8.2. Classificação das vias localizadas nas manchas de inundação, por município, para o cenário de ocupação futura na BHJ. 394

Quadro 8.3. Extensão de vias atingidas pela mancha de inundação do cenário de Prognóstico por tempo de retorno. 395

Quadro 8.4. Porcentual das vias atingidas por cada mancha de inundação no Prognóstico, por classe da via. 395

Quadro 8.5. Número de unidades de saúde localizadas em cada mancha de inundação do Prognóstico por município. 398

Quadro 8.6. Número de unidades de educação localizadas em cada mancha de inundação do Prognóstico, separadas por município. 399

Quadro 8.7. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, por município, para o cenário de Prognóstico. 401

Quadro 9.1. Lista das cinco travessias com maiores efeitos de remanso para TR de 2 e 100 anos. 418

Quadro 9.2. Quantitativos das “seções tipo” e bermas definidas, por município, ao longo da calha do Rio Jundiaí. 423

Quadro 9.3. Quantificação das vias atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ. 437

Quadro 9.4. Quantificação das ferrovias atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ. 437

Quadro 9.5. Quantificação das edificações atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ. 438

Quadro 9.6. Características de dispositivos de controle de escoamento. 441

Quadro 9.7. Custo Unitário Básico dos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, no mês de novembro de 2020. 453

Quadro 9.8. Resumo de custos com desapropriação para a situação atual na zona de inundação e quantitativo de obras para as alternativas e cenários propostos de medidas estruturais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 471

Quadro 10.1. Cronograma físico-financeiro proposto para o programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ. 491

Quadro 10.2. Cronograma físico-financeiro proposto para o programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí, na BHJ. 495

Quadro 10.3. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de manejo de drenagem sustentável na BHJ. 501

Quadro 10.4. Informações gerais dos postos pluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 503

Quadro 10.5. Postos telemétricos operados pelo DAEE no Rio Jundiaí. 504

Quadro 10.6. Ações envolvendo monitoramento, previsão, alerta e resposta, e seus custos, indicados no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035. 510

Quadro 10.7. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta na BHJ. 511

Quadro 10.8. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de educação ambiental na BHJ. 519

Quadro 10.9. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de medidas de fiscalização e controle na BHJ. 539

Quadro 10.10. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de Estruturação do Setor de Drenagem Urbana na BHJ. 556

Quadro 10.11. Etapas e atividades mínimas a serem desenvolvidas na elaboração dos PDDr nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 559

Quadro 10.12. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal na BHJ. 561

Quadro 10.13. Resumo dos Programas e Ações propostos para implementação no PDM-BHJ. 564

Quadro 11.1. Cronograma físico-financeiro proposto para a execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ. 592

Quadro 11.2. Cronograma físico-financeiro proposto para a execução das obras de modificação da calha ao longo do Rio Jundiaí. 593

Quadro 12.1. Categorização das classes de uso e ocupação do solo da BHJ. 599

Quadro 13.1. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU. 608

Quadro 13.2. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana por município da BHJ. 611

Quadro 16.1. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU da parcela do município de Atibaia contida na BHJ. 1717

Quadro 16.2 – Estimativa* de população urbana e rural de Atibaia. 1719

Quadro 16.3. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Atibaia, entre 2003-2016. 1720

Quadro 16.4. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana de Atibaia a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1720

Quadro 16.5. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Atibaia. 1722

Quadro 16.6. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Atibaia. 1722

Quadro 16.7. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Atibaia. 1722

Quadro 16.8. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Atibaia. 1736

Quadro 16.9. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Atibaia. 1736

Quadro 16.10. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total sugeridos para a elaboração do PDDU de Atibaia. 1737

Quadro 16.11. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município Atibaia. 1739

Quadro 16.12. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Cabreúva..... 1741

Quadro 16.13. Estimativa de população urbana e rural do município de Cabreúva..... 1743

Quadro 16.14. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Cabreúva, entre 2003-2016..... 1744

Quadro 16.15. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Cabreúva, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1744

Quadro 16.16. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Cabreúva..... 1746

Quadro 16.17. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Cabreúva..... 1747

Quadro 16.18. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Cabreúva..... 1747

Quadro 16.19. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Cabreúva.. 1761

Quadro 16.20. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Cabreúva. 1761

Quadro 16.21. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Cabreúva..... 1762

Quadro 16.22. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Cabreúva..... 1764

Quadro 16.23. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Campo Limpo Paulista..... 1766

Quadro 16.24. Estimativa de população urbana e rural do município de Campo Limpo Paulista. 1768

Quadro 16.25. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias do município de Campo Limpo Paulista, entre 2003-2016.1769

Quadro 16.26. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana do município de Campo Limpo Paulista, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1769

Quadro 16.27. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Campo Limpo Paulista. 1771

Quadro 16.28. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Campo Limpo Paulista. 1772

Quadro 16.29. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Campo Limpo Paulista. 1772

Quadro 16.30. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico no município de Campo Limpo Paulista. 1773

Quadro 16.31. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Campo Limpo Paulista para TR 100, 50, 25, 10, 5 e 2 anos. . 1773

Quadro 16.32. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Campo Limpo Paulista no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1774

Quadro 16.33. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, na calha do Rio Jundiaí, no município de Campo Limpo Paulista. 1774

Quadro 16.34. Características, quantitativos e custos dos reservatórios simulados na BHJ para a alternativa de medidas estruturais recomendadas no município de Campo Limpo Paulista. 1777

Quadro 16.35. Quantitativo das "seções-tipo", bermas e seus custos, para a alternativa de medidas estruturais recomendadas no município de Campo Limpo Paulista. 1777

Quadro 16.36. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Campo Limpo Paulista. 1789

Quadro 16.37. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Limpo Paulista. 1790

Quadro 16.38. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para a elaboração do PDDU de Campo Limpo Paulista. 1790

Quadro 16.39. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Campo Limpo Paulista. 1793

Quadro 16.40. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Indaiatuba. 1795

Quadro 16.41. Estimativa de população urbana e rural do município de Indaiatuba.... 1797

Quadro 16.42. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Indaiatuba, entre 2003-2016..... 1798

Quadro 16.43. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Indaiatuba, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1798

Quadro 16.44. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Indaiatuba. 1801

Quadro 16.45. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Indaiatuba. 1801

Quadro 16.46. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Indaiatuba. 1802

Quadro 16.47. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico no município de Indaiatuba. 1803

Quadro 16.48. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Indaiatuba para TR 100, 50, 25, 10, 5 e 2 anos. 1803

Quadro 16.49. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Indaiatuba no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1803

Quadro 16.50. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Indaiatuba identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1804

Quadro 16.51. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, na calha do Rio Jundiaí, no município de Indaiatuba..... 1804

Quadro 16.52. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido, para o município de Indaiatuba. 1806

Quadro 16.53. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Indaiatuba. 1818

Quadro 16.54. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Indaiatuba. 1819

Quadro 16.55. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Indaiatuba..... 1819

Quadro 16.56. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Indaiatuba. 1822

Quadro 16.57. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Itu. 1824

Quadro 16.58. Estimativa de população urbana e rural do município de Itu. 1826

Quadro 16.59. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Itu, entre 2003-2016. 1827

Quadro 16.60. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Itu, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ.1827

Quadro 16.61. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Itu. 1829

Quadro 16.62. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Itu. 1829

Quadro 16.63. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Itu. 1829

Quadro 16.64. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Itu no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1830

Quadro 16.65. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Itu. 1844

Quadro 16.66. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Itu..... 1844

Quadro 16.67. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Itu. 1845

Quadro 16.68. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Itu. 1847

Quadro 16.69. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Itupeva. 1849

Quadro 16.70. Estimativa de população urbana e rural do município de Itupeva..... 1851

Quadro 16.71. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Itupeva, entre 2003-2016. 1852

Quadro 16.72. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Itupeva, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1852

Quadro 16.73. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Itupeva. 1855

Quadro 16.74. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Itupeva. 1856

Quadro 16.75. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Itupeva. 1856

Quadro 16.76. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico no município de Itupeva. 1858

Quadro 16.77. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Itupeva para TR 100, 50, 25, 10, 5 e 2 anos. 1858

Quadro 16.78. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Itupeva no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1858

Quadro 16.79. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Itupeva identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1859

Quadro 16.80. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, na calha do Rio Jundiaí, no município de Itupeva. 1860

Quadro 16.81. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido. 1862

Quadro 16.82. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Itupeva..... 1874

Quadro 16.83. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Itupeva. 1875

Quadro 16.84. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Itupeva. 1875

Quadro 16.85. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Itupeva. 1878

Quadro 16.86. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Jarinu. 1880

Quadro 16.87. Estimativa de população urbana e rural do município de Jarinu..... 1882

Quadro 16.88. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Jarinu, entre 2003-2016. 1883

Quadro 16.89. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Jarinu, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ.1883

Quadro 16.90. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Jarinu. 1885

Quadro 16.91. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Jarinu. 1885

Quadro 16.92. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Jarinu. 1885

Quadro 16.93. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Jarinu no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1887

Quadro 16.94. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Jarinu identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1887

Quadro 16.95. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Jarinu..... 1900

Quadro 16.96. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Jarinu. 1901

Quadro 16.97. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Jarinu. 1901

Quadro 16.98. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Jarinu. 1903

Quadro 16.99. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Jundiaí. 1905

Quadro 16.100. Estimativa de população urbana e rural do município de Jundiaí. 1907

Quadro 16.101. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias do município de Jundiaí, entre 2003-2016. 1908

Quadro 16.102. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana do município de Jundiaí, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1908

Quadro 16.103. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Jundiaí. 1914

Quadro 16.104. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Jundiaí. 1914

Quadro 16.105. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Jundiaí. 1915

Quadro 16.106. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico no município de Jundiaí. 1916

Quadro 16.107. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Jundiaí para TR 100, 50, 35,10, 5 e 2 anos. 1916

Quadro 16.108. Áreas com problemas de erosão identificados no município no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí no município de Jundiaí. 1916

Quadro 16.109. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Jundiaí identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1917

Quadro 16.110. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, na calha do Rio Jundiaí, no município de Jundiaí. 1918

Quadro 16.111. Quantitativo das “seções-tipo”, bermas e seus custos, para a alternativa de medidas estruturais recomendada no município de Jundiaí. 1920

Quadro 16.112. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido, no município de Jundiaí. 1920

Quadro 16.113. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Jundiaí..... 1933

Quadro 16.114. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Jundiaí. 1934

Quadro 16.115. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Jundiaí. 1934

Quadro 16.116. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Jundiaí..... 1937

Quadro 16.117. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Mairiporã. 1939

Quadro 16.118. Estimativa de população urbana e rural do município de Mairiporã. .. 1941

Quadro 16.119. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Mairiporã, entre 2003-2016. 1942

Quadro 16.120. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Mairiporã, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1942

Quadro 16.121. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Mairiporã. 1944

Quadro 16.122. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Mairiporã. 1944

Quadro 16.123. Relação dos cursos d’água contidos nos limites da BHJ, para o município de Mairiporã. 1945

Quadro 16.124. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Mairiporã identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1945

Quadro 16.125. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Mairiporã. . 1958

Quadro 16.126. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Mairiporã. 1959

Quadro 16.127. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Mairiporã. 1959

Quadro 16.128. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Mairiporã. 1962

Quadro 16.129. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Salto. 1964

Quadro 16.130. Estimativa de população urbana e rural do município de Salto. 1966

Quadro 16.131. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Salto, entre 2003-2016. 1967

Quadro 16.132. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Salto, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1967

Quadro 16.133. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Salto. 1969

Quadro 16.134. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Salto. 1969

Quadro 16.135. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Salto. 1970

Quadro 16.136. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico no município de Salto. 1971

Quadro 16.137. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Salto para TR 100, 50, 25, 10, 5 e 2 anos. 1971

Quadro 16.138. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Salto no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1971

Quadro 16.139. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Salto identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 1971

Quadro 16.140. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, na calha do Rio Jundiaí, no município de Salto. 1972

Quadro 16.141. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido. 1974

Quadro 16.142. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Salto. 1986

Quadro 16.143. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Salto. 1987

Quadro 16.144. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Salto..... 1987

Quadro 16.145. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Salto. 1989

Quadro 16.146. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU do município de Várzea Paulista. 1991

Quadro 16.147. Estimativa de população urbana e rural do município de Várzea Paulista.1993

Quadro 16.148. Número de ocorrências de desastres de origem hídrica, danos humanos, e número de decretos/portarias no município de Várzea Paulista, entre 2003-2016. 1994

Quadro 16.149. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana no município de Várzea Paulista, a partir de informações dos Produtos anteriores do PDM da BHJ. 1994

Quadro 16.150. Relação entre a área total e a área contida nos limites da BHJ, para o município de Várzea Paulista. 1998

Quadro 16.151. Relação das sub-bacias hidrográficas da BHJ presentes no município de Várzea Paulista. 1998

Quadro 16.152. Relação dos cursos d'água contidos nos limites da BHJ, para o município de Várzea Paulista. 1998

Quadro 16.153. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, para o cenário de Prognóstico, no município de Várzea Paulista. 1999

Quadro 16.154. Quantitativo de áreas recomendadas para desocupação e sua relação com a área urbana do município de Várzea Paulista para TR 100, 50, 35,10, 5 e 2 anos..... 1999

Quadro 16.155. Áreas com problemas de erosão identificados no município de Várzea Paulista no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 2000

Quadro 16.156. Áreas que apresentam processos de assoreamento no município de Várzea Paulista identificadas no desenvolvimento do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 2000

Quadro 16.157. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação no município de Várzea Paulista, na calha do Rio Jundiaí. 2000

Quadro 16.158. Quantitativo das “seções-tipo”, bermas e seus custos, para a alternativa de medidas estruturais recomendadas no município de Várzea Paulista. 2002

Quadro 16.159. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido no município de Várzea Paulista. 2003

Quadro 16.160. Discriminação das atividades e as fontes dos recursos financeiros para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Várzea Paulista.2015

Quadro 16.161. Estimativa de levantamentos topográficos e cadastrais para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Várzea Paulista. 2016

Quadro 16.162. Cronograma de quantitativos, profissionais sugeridos e valor total para elaboração do PDDU de Várzea Paulista. 2016

Quadro 16.163. Cronograma sugerido para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Várzea Paulista. 2019

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1. Precipitações médias anuais das estações pluviométricas contidas na BHJ.226

Tabela 6.2. Relações de conversão utilizadas (Fonte: adaptado de Tucci, 1993)..... 233

Tabela 6.3. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Itupeva..... 236

Tabela 6.4. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Itupeva. 237

Tabela 6.5. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva. 238

Tabela 6.6. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva. 238

Tabela 6.7. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Itupeva.239

Tabela 6.8. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva. 239

Tabela 6.9. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva. 240

Tabela 6.10. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Jundiaí... 243

Tabela 6.11. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Jundiaí. 244

Tabela 6.12. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí..... 245

Tabela 6.13. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí..... 245

Tabela 6.14. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Jundiaí.246

Tabela 6.15. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí..... 246

Tabela 6.16. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí..... 247

Tabela 6.17. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal. 250

Tabela 6.18. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal. 250

Tabela 6.19. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal..... 252

Tabela 6.20. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal..... 252

Tabela 6.21. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal (02347020)..... 253

Tabela 6.22. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal..... 253

Tabela 6.23. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal..... 254

Tabela 6.24. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Indaiatuba.257

Tabela 6.25. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Indaiatuba. 258

Tabela 6.26. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba..... 259

Tabela 6.27. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba..... 259

Tabela 6.28. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Indaiatuba. 260

Tabela 6.29. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba..... 260

Tabela 6.30. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba..... 261

Tabela 6.31. Previsão de alturas máximas de precipitação (mm) para a estação Rio Acima (Fonte: adaptado de CPRM, 2013)..... 263

Tabela 6.32. Previsão de intensidades máximas de precipitação (mm/h) para a estação Rio Acima (Fonte: adaptado de CPRM, 2013). 263

Tabela 6.33. Vazões médias mensais das estações fluviométricas contidas na BHJ. ... 265

Tabela 6.34. Vazões máximas obtidas a partir da aplicação do método de Gumbel, para os tempos de retorno de 2, 5, 10 anos. 267

Tabela 6.35. Vazões máximas obtidas a partir da aplicação do método de Gumbel, para os tempos de retorno de 25, 50 e 100 anos. 267

Tabela 6.36. Valores máximos de nível d'água obtidos pela distribuição de máximos de Gumbel para a estação fluviométrica PCH Porto Góes Barramento. 271

Tabela 7.1. Características das sub-bacias do Rio Jundiaí. 274

Tabela 7.2. Grupos Hidrológicos associados aos tipos de solo presentes na BHJ. 278

Tabela 7.3. Classes de uso do solo equivalentes para a BHJ e respectivos valores de CN associados. 280

Tabela 7.4. Valores mínimos, médios e máximos do parâmetro CN obtidos nas sub-bacias da BHJ. 282

Tabela 7.5. Parâmetros de entrada no cálculo do tempo de concentração das sub-bacias da BHJ. 285

Tabela 7.6. Tempos de concentração obtidos com a equação de Watt & Chow para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí. 287

Tabela 7.7. Vazões de base estimadas para as sub-bacias do Rio Jundiaí..... 289

Tabela 7.8. Indicação das equações IDF utilizadas em cada uma das sub-bacias do Rio Jundiaí. 291

Tabela 7.9. Resumo das principais características dos hietogramas de TR 100 anos, TR 50 anos e TR 25 anos..... 294

Tabela 7.10. Resumo das principais características dos hietogramas de TR 10 anos, TR 5 anos e TR 2 anos..... 296

Tabela 7.11. Valores característicos do hidrograma de projeto de 2 anos de tempo de recorrência. 300

Tabela 7.12. Valores característicos do hidrograma de projeto de 5 anos de tempo de recorrência. 302

Tabela 7.13. Valores característicos do hidrograma de projeto de 10 anos de tempo de recorrência. 304

Tabela 7.14. Valores característicos do hidrograma de projeto de 25 anos de tempo de recorrência. 306

Tabela 7.15. Valores característicos do hidrograma de projeto de 50 anos de tempo de recorrência. 307

Tabela 7.16. Valores característicos do hidrograma de projeto de 100 anos de tempo de recorrência. 309

Tabela 7.17. Resumo dos valores características das simulações de TR 100 anos, TR 50 anos e TR 25 anos..... 312

Tabela 7.18. Resumo dos valores características das simulações de TR 10 anos, TR 5 anos e TR 2 anos..... 315

Tabela 7.19. Capacidade de descarga estimada para os afluentes principais do Rio Jundiaí. 344

Tabela 7.20. Diferenças entre a capacidade de descarga e as vazões de projeto estimadas para os principais afluentes do Rio Jundiaí. 345

Tabela 7.21. Diferenças percentuais entre a capacidade de descarga e as vazões de projeto estimadas para os principais afluentes do Rio Jundiaí. 346

Tabela 7.22. Lista das 68 travessias, classificadas por tipo, município e localização. ... 347

Tabela 7.23. Níveis de cheias nas travessias do Rio Jundiaí para os diversos tempos de retorno simulados. 351

Tabela 7.24. Resultado da análise comparativa entre os níveis de cheia e as cotas das travessias ao longo do Rio Jundiaí. 353

Tabela 7.25. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, separadas por município da calha do Rio Jundiaí. 355

Tabela 7.26. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 02 e 05 anos. 357

Tabela 7.27. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 10 e 25 anos. 358

Tabela 7.28. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 50 e 100 anos. 360

Tabela 7.29. Classificação de criticidade das sub-bacias do Rio Jundiaí. 362

Tabela 8.1. Densidades populacionais estimadas para o cenário atual (2020) e cenário futuro (2040) dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 366

Tabela 8.2. Porcentagem de área impermeável atual e futura para os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 367

Tabela 8.3. Quantitativos de área urbana atual e projetada para os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 368

Tabela 8.4. Valores mínimos, médios e máximos do parâmetro CN obtidos no cenário de prognóstico (ano de 2040) nas sub-bacias do Rio Jundiaí. 369

Tabela 8.5. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 2 anos de tempo de recorrência. 374

Tabela 8.6. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 5 anos de tempo de recorrência. 376

Tabela 8.7. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 10 anos de tempo de recorrência. 378

Tabela 8.8. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 25 anos de tempo de recorrência. 380

Tabela 8.9. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 50 anos de tempo de recorrência. 382

Tabela 8.10. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 100 anos de tempo de recorrência. 384

Tabela 8.11. Incremento percentual da vazão de pico e do volume total escoado entre os valores do cenário de Diagnóstico e de Prognóstico. 387

Tabela 8.12. Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) nas manchas de inundação, por município, para o cenário de Prognóstico. 400

Tabela 9.1. Áreas disponíveis, conforme os critérios de uso e ocupação do solo considerados, para detenção por sub-bacia. 408

Tabela 9.2. Área disponível, conforme os critérios de uso e ocupação do solo considerados, para detenção por município. 409

Tabela 9.3. Capacidade máxima de vazão suportada por trecho de rio ao longo do canal principal do Rio Jundiaí (sub-bacias pares). 410

Tabela 9.4. Características dos reservatórios de amortecimento por sub-bacia. 412

Tabela 9.5. Área ocupada por reservatório de amortecimento por sub-bacia. 414

Tabela 9.6. Dimensões das "seções tipo" definidas ao longo da calha do Rio Jundiaí. . 423

Tabela 9.7. Trechos de recomposição da calha (leito natural) por município, ao longo do Rio Jundiaí. 424

Tabela 9.8. Travessias necessárias de intervenção ao longo da calha do Rio Jundiaí. . 425

Tabela 9.9. Características e quantitativos dos reservatórios simulados na BHJ, por cenário. 430

Tabela 9.10. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 1. 430

Tabela 9.11. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 1..... 430

Tabela 9.12. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 2. 431

Tabela 9.13. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 2..... 432

Tabela 9.14. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 3. 432

Tabela 9.15. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 3..... 433

Tabela 9.16. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 4. 433

Tabela 9.17. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 4..... 434

Tabela 9.18. Quantitativo de áreas atingidas pela mancha de inundação gerada no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ. ... 439

Tabela 9.19. Valor do terreno bruto (VTb) de mercado e corrigido para os muncípios da BHJ localizados ao longo da calha do Rio Jundiaí. 455

Tabela 9.20. Custos de projetos de bacias de detenção *on-line* e *off-line.* 456

Tabela 9.21. Custos estimados com bacias de detenção, por sub-bacia, para a BHJ. .. 458

Tabela 9.22. Custos estimados com bacias de detenção, por município, para a BHJ. .. 459

Tabela 9.23. Custos de projetos de canalização por concreto ou dragagem. 460

Tabela 9.24. Custo estimado de canalização em concreto e bermas, por município, para a calha do Rio Jundiaí. 462

Tabela 9.25. Custo estimado para limpeza e dragagem, por município, para a calha do Rio Jundiaí. 462

Tabela 9.26. Custos de projetos de travessias. 463

Tabela 9.27. Custo estimado em obras de travessias por município. 464

Tabela 9.28. Custo estimado por cenário com reservatórios de amortecimentos, de acordo com o gasto. 466

Tabela 9.29. Custo estimado por cenário com obras de intervenção na calha do Rio Jundiaí. 466

Tabela 9.30. Resumo de custos dos cenários de medidas combinadas. 466

Tabela 9.31. Custo estimado dos quatro reservatórios de amortecimentos para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias, de acordo com o gasto. 467

Tabela 9.32. Custos estimados com desapropriação para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias, por grupo de infraestrutura considerado. 468

Tabela 9.33. Resumo de custos totais para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias. 468

Tabela 9.34. Características, quantitativos e custos dos reservatórios simulados na BHJ para a alternativa de medidas estruturais recomendada. 473

Tabela 9.35. Quantitativos das “seções-tipo”, bermas e seus custos definidos para a alternativa de medidas estruturais recomendada. 475

Tabela 9.36. Quantitativo das “seções-tipo”, bermas e seus custos, por município, para a alternativa de medidas estruturais recomendada. 475

Tabela 9.37. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido.476

Tabela 9.38. Quantitativos das “seções-tipo” do canal e de bermas definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta para a BHJ. 479

Tabela 9.39. Quantitativo das “seções-tipo” do canal e bermas, por município, para a alternativa de medidas estruturais proposta para a BHJ. 479

Tabela 9.40. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido.480

Tabela 10.1. Custos (totais e por obra) estimados para a execução de desapropriações e obras do programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias. 490

Tabela 10.2. Custos (totais por tipo de intervenção) por município estimados para a execução das obras do programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí. 494

Tabela 10.3. Ações envolvendo manejo de drenagem sustentável indicadas no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035. 500

Tabela 10.4. Custos (totais e por ação) estimados para a execução do programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta..... 509

Tabela 10.5. Custos (totais e por atividade) estimados para a execução do programa de educação ambiental. 518

Tabela 10.6. Áreas a serem preservadas para detenção de cheias na BHJ, por município.528

Tabela 10.7. Quantitativo, para o Rio Jundiaí e seus afluentes, das áreas para detenção de cheias na BHJ. 530

Tabela 10.8. Áreas de Muito Alta, Alta e Média restrição à ocupação urbana identificadas na BHJ, por município..... 534

Tabela 10.9. Custos (totais e por ação) estimados para a execução do programa de medidas de fiscalização e controle. 536

Tabela 10.10. Quantitativo das regiões com problemas de assoreamento, por município, na BHJ. 543

Tabela 10.11. Altura da borda livre para barragens com alturas iguais ou inferiores a 10 m, indicadas para aplicação nos dispositivos propostos na BHJ (Fonte: ELETROBRÁS, 2000). 552

Tabela 10.12. Típicos valores do coeficiente de rugosidade ‘n’ de Manning*, sugeridos para aplicação nos dispositivos propostos na BHJ. 553

Tabela 10.13. Tempos de recorrência de cheias adotados para alguns tipos de estruturas de drenagem* e sugeridos para os dispositivos propostos na BHJ. 554

Tabela 10.14. Custos (total e por município) estimados para a execução do programa de estruturação do setor de drenagem urbana..... 555

Tabela 10.15. Custos (totais e por município) estimados para a execução do programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal. 560

Tabela 11.1. Características e quantitativos dos reservatórios simulados na BHJ, para a composição da alternativa de medidas estruturais recomendada..... 566

Tabela 11.2. Quantitativos das seções-tipo do canal e de bermas previamente definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ..... 577

Tabela 11.3. Quantitativo das seções-tipo do canal e bermas, por município, previamente definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ..... 577

Tabela 11.4. Informações das seções trapezoidais para os trechos com modificações estruturais propostas na calha do Rio Jundiaí. 579

Tabela 11.5. Travessias com intervenções necessárias, para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ..... 580

Tabela 11.6. Resumo do dimensionamento das travessias para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 584

Tabela 11.7. Custos (totais e por obra) estimados para a execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ..... 590

Tabela 11.8. Custos (totais e por obra) estimados para a execução das obras de modificação da calha ao longo do Rio Jundiaí. 592

Tabela 12.1. Relação entre as áreas na mancha de inundação para o cenário atual e o cenário com intervenções proposto neste PDM, e a comparação entre os cenários do percentual de redução de regiões atingidas..... 600

Tabela 12.2. Relação entre as áreas na mancha de inundação para o cenário atual e o cenário com intervenções proposto neste PDM, e a comparação entre os cenários do percentual de redução de regiões atingidas, para os municípios da calha do Rio Jundiaí na BHJ..... 602

Tabela 12.3. Número de edificações em áreas de risco a inundações na BHJ..... 606

Tabela 12.4. Custos de desapropriação do terreno, para as áreas com edificações sujeitas à inundação do Rio Jundiaí, por tempo de retorno simulado. 606

Tabela 12.5. Custos de desapropriação do terreno e das benfeitoras nele presentes, para as áreas com edificações sujeitas à inundação do Rio Jundiaí, por tempo de retorno simulado. 607

Tabela 16.1. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 1..... 1435

Tabela 16.2. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 2..... 1436

Tabela 16.3. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 3..... 1437

Tabela 16.4. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 4..... 1438

Tabela 16.5. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 5..... 1439

Tabela 16.6. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 6..... 1440

Tabela 16.7. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 7..... 1441

Tabela 16.8. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 8..... 1442

Tabela 16.9. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 9..... 1443

Tabela 16.10. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 10..... 1444

Tabela 16.11. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 11..... 1445

Tabela 16.12. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 12..... 1446

Tabela 16.13. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 13..... 1447

Tabela 16.14. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 14..... 1448

Tabela 16.15. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 15..... 1449

Tabela 16.16. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 16..... 1450

Tabela 16.17. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 17..... 1451

Tabela 16.18. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 18..... 1452

Tabela 16.19. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 19..... 1453

Tabela 16.20. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 20..... 1454

Tabela 16.21. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 21..... 1455

Tabela 16.22. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 22..... 1456

Tabela 16.23. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 23..... 1457

Tabela 16.24. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 24..... 1458

Tabela 16.25. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 25..... 1459

Tabela 16.26. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 26..... 1460

Tabela 16.27. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 27..... 1461

Tabela 16.28. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 28..... 1462

Tabela 16.29. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 29..... 1463

Tabela 16.30. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 30..... 1464

Tabela 16.31. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 31..... 1465

Tabela 16.32. Vazões de pico das simulações realizadas para a sub-bacia 32..... 1466

Tabela 16.33. Detalhamento de custos: construção de reservatório de amortecimento de cheias na SB01. 1698

Tabela 16.34. Detalhamento de custos: construção de reservatório de amortecimento de cheias na SB03. 1698

Tabela 16.35. Detalhamento de custos: construção de reservatório de amortecimento de cheias na SB04. 1698

Tabela 16.36. Detalhamento de custos: construção de reservatório de amortecimento de cheias na SB05. 1699

Tabela 16.37. Detalhamento de custos: execução de canalizações em concreto na calha do Rio Jundiaí. 1699

Tabela 16.38. Detalhamento de custos: execução de bermas na calha do Rio Jundiaí.1699

Tabela 16.39. Detalhamento de custos: adequação de travessias na calha do Rio Jundiaí.1700

Tabela 16.40. Detalhamento de custos: estudo e seleção de áreas prioritárias, e quantificação de seus benefícios, para a região da BHJ. 1701

Tabela 16.41. Detalhamento de custos: aquisição e instalação de estação fluviométrica com telemetria no Rio Jundiaí-Mirim. 1702

Tabela 16.42. Detalhamento de custos: implantação de sistema de previsão de chuvas na BHJ. 1702

Tabela 16.43. Detalhamento de custos: acompanhamento de sistema de previsão de chuvas na BHJ. 1703

Tabela 16.44. Detalhamento de custos: implantação de sistema de previsão de níveis e vazões no Rio Jundiaí. 1704

Tabela 16.45. Detalhamento de custos: acompanhamento de sistema de previsão de níveis e vazões no Rio Jundiaí. 1704

Tabela 16.46. Detalhamento de custos: implantação de sistema de alerta e resposta na BHJ. 1705

Tabela 16.47. Detalhamento de custos: acompanhamento de sistema de alerta e resposta na BHJ. 1706

Tabela 16.48. Detalhamento de custos: execução de ações de educação ambiental na BHJ. 1707

Tabela 16.49. Detalhamento de custos: contratação de estudo específico de Zoneamento da Planície de Inundação na BHJ. 1708

Tabela 16.50. Detalhamento de custos: contratação de estudo específico para seleção de áreas ribeirinhas para detenção de cheias, nos municípios da BHJ. 1709

Tabela 16.51. Detalhamento de custos: estimativa de preço para formalização de 1 hectare de área destinada à detenção de cheias em parque e/ou Unidade de Conservação, na BHJ.1710

Tabela 16.52. Detalhamento de custos: definição de arranjo institucional e sustentabilidade financeira do setor de drenagem para os municípios da BHJ. 1711

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1. Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, indicando seus municípios, sedes e áreas urbanas. 86

Mapa 4.1. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Atibaia. 145

Mapa 4.2. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Cabreúva..... 147

Mapa 4.3. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Cabreúva..... 150

Mapa 4.4. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Campo Limpo Paulista (segunda parte). 153

Mapa 4.5. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Campo Limpo Paulista. 157

Mapa 4.6. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Indaiatuba. 167

Mapa 4.7. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itu. 170

Mapa 4.8. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itupeva. 179

Mapa 4.9. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jarinu. 182

Mapa 4.10. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jundiaí. 187

Mapa 4.11. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Mairiporã. 195

Mapa 4.12. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Salto. 200

Mapa 4.13. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Várzea Paulista. 209

Mapa 5.1. Localização dos Marcos Geodésicos utilizados nos serviços de campo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 212

Mapa 6.1. Localização das estações pluviométricas selecionadas na bacia. 223

Mapa 6.2. Distribuição espacial das precipitações médias anuais na BHJ. 225

Mapa 6.3. Raio de influências das estações pluviométricas da Bacia do Rio Jundiaí. ... 232

Mapa 6.4. Localização das estações fluviométricas selecionadas na bacia. 266

Mapa 7.1. Delimitação das sub-bacias do Rio Jundiaí..... 276

Mapa 7.2. Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. (Fonte: ROSSI, 2017). 277

Mapa 7.3. Grupos hidrológicos associados aos tipos de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 279

Mapa 7.4. Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (adaptado de PROFILL/RHAMA, 2018a). 281

Mapa 7.5. CN (Curve Number) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí..... 284

Mapa 7.6. Modelo Numérico do Terreno (MNT) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. . 322

Mapa 7.7. Espacialização das informações relativas aos macrodrenos principais da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 342

Mapa 7.8. Identificação da criticidade das sub-bacias do Rio Jundiaí. 364

Mapa 8.1. CN (Curve Number) do cenário de prognóstico para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 371

Mapa 9.1. Proposta de medidas estruturais da alternativa de melhor custo-benefício (Cenário 4) para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí 474

Mapa 9.2. Espacialização das travessias com intervenções propostas na calha do Rio Jundiaí, no Cenário 4 medidas estruturais. 477

Mapa 10.1. Áreas a serem preservadas para detenção de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 529

Mapa 10.2. Áreas de Muito Alta, Alta e Média restrição à ocupação urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 535

Mapa 10.3. Áreas com problemas de assoreamento e erosão urbana identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. 545

Mapa 11.1. Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: reservatórios, canalizações em concreto e bermas. 567

Mapa 11.2. Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: adequação de travessias. 582

Mapa 11.3. Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: etapas de execução das obras recomendadas. 591

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Atibaia. 144

Figura 4.2. Trecho do Ribeirão Piraí que foi retificado, no município de Cabreúva. 148

Figura 4.3. Plantio de mata ciliar ao longo do trecho retificado do Ribeirão Piraí, no município de Cabreúva..... 148

Figura 4.4. Ponte Emancipadores sobre o Rio Jundiaí, apresentando cruzamento de tubulação (à esquerda) e Erosão às margens do Rio Jundiaí observada no município de Campo Limpo Paulista (à direita). 151

Figura 4.5. Travessia de emissário de esgoto da SABESP sobre o Rio Jundiaí, em Campo Limpo Paulista. 151

Figura 4.6. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Campo Limpo Paulista (primeira parte)..... 152

Figura 4.7. Barramento junto ao Rio Jundiaí (à esquerda) e captação de água (à direita) da empresa Thyssenkrupp, no município de Campo Limpo Paulista..... 154

Figura 4.8. Barramento no Rio Jundiaí para captação da SABESP (à esquerda) e retificação do Rio Jundiaí no trecho de captação da SABESP (à direita), no município de Campo Limpo Paulista. 155

Figura 4.9. Praça Marchetti, área de inundação localizada no município de Campo Limpo Paulista. 155

Figura 4.10. Córrego Mãe Rosa, afluente direto do Rio Jundiaí no município de Campo Limpo Paulista. 156

Figura 4.11. Aduela estrangulando a passagem de água (à esquerda), e dissipador de energia (à direita), ambos localizados no Córrego Marsola, município de Campo Limpo Paulista.158

Figura 4.12. Rio Jundiaí na região do bairro Jardim Santa Catarina, no município de Campo Limpo Paulista..... 158

Figura 4.13. Córrego Tejipió, localizado entre a Rua da Bragantina e a Rua Rio Tejipió, no município de Campo Limpo Paulista. 159

Figura 4.14. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Indaiatuba. 160

Figura 4.15. Travessia localizada sobre barramento localizado no Córrego do Barnabé, município de Indaiatuba. 161

Figura 4.16. Ponte da estrada vicinal para o Quilombo, no município de Indaiatuba. 162

Figura 4.17. Estrangulamento no Rio Jundiaí, na ponte da estrada para o Quilombo, no município de Indaiatuba. 162

Figura 4.18. Ponte do bairro Pimenta, próximo à ETA III, no município de Indaiatuba. . 163

Figura 4.19. Pilares no Rio Jundiaí, junto à ponte do bairro Pimenta, no município de Indaiatuba. 163

Figura 4.20. Trecho do Córrego do Barnabé retificado, no município de Indaiatuba..... 164

Figura 4.21. Parque linear localizado no Córrego do Barnabé (à esquerda), e trecho do Córrego do Barnabé (à direita), no município de Indaiatuba. 164

Figura 4.22. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte da Estrada do Quilombo, no município de Indaiatuba, onde é possível observar erosão junto às margens. 165

Figura 4.23. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte do Bairro Pimenta, no município de Indaiatuba, onde é possível observar afloramento rochoso e erosão junto às margens..... 165

Figura 4.24. Trecho do Rio Jundiaí ao lado da ETA III, no município de Indaiatuba, onde nota-se a erosão das margens próximo ao afloramento rochoso. 166

Figura 4.25. Região onde há um “piscinão” sob a praça, localizado entre a Avenida Conceição e a Rua Alagoas, no município de Indaiatuba. 168

Figura 4.26. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itu. 169

Figura 4.27. Assoreamento do Rio Jundiaí após a ponte da Estrada da Mina, no município de Itupeva. 171

Figura 4.28. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte da Praça de Eventos, no município de Itupeva, onde observa-se afloramento rochoso e erosão às margens do manancial. 171

Figura 4.29. Processos erosivos atuando em trecho do Rio Jundiaí, próximo à ponte Monte Serrat, no município de Itupeva. 172

Figura 4.30. Ponto de erosão observado no Córrego São José, afluente do Rio Jundiaí, no município de Itupeva. 172

Figura 4.31.Barramento da antiga Usina 2, localizada no Rio Jundiaí, no município de Itupeva. 173

Figura 4.32. Dique de contenção de águas localizado no Bairro Hortênsia, no município de Itupeva. 173

Figura 4.33. Diques de contenção de águas dos Bairros Hortênsia e São João, no município de Itupeva. 174

Figura 4.34. Rio Jundiaí em trecho logo a montante da ponte do Bairro da Chave, em área de dragagem conhecida como “Porto da Areia”, no município de Itupeva. 175

Figura 4.35. Rio Jundiaí a jusante da ponte do Bairro da Chave, no município de Itupeva.175

Figura 4.36. Ponte Estrada da Mina, onde observa-se os pilares da estrutura dentro do Rio Jundiaí, no município de Itupeva. 176

Figura 4.37. Entulho causado por restos de vegetação acumulado junto à ponte São José, no Rio Jundiaí, município de Itupeva. 176

Figura 4.38. Piscinão do Córrego Piracatu, no município de Itupeva. 177

Figura 4.39. Trecho retificado do Córrego Piracatu, localizado na Avenida Ulysses Guimarães (Bairro Hortênsia), onde são observados alguns dispositivos de contenção de cheias do município de Itupeva. 177

Figura 4.40. Trechos no Rio Jundiaí de afloramento rochoso, corredeiras e pouca profundidade, a jusante da Ponte da Mina, no município de Itupeva. 178

Figura 4.41. Corredeiras no Rio Jundiaí, próximo da divisa dos municípios de Itupeva e Indaiatuba. 178

Figura 4.42. Exemplos de travessias no município de Jarinu (adaptado de B&B Engenharia, 2016). 180

Figura 4.43. Parque Jardim das Tulipas (à esquerda) e respectivo dique e piscinão (à direita), localizado no município de Jundiaí. 181

Figura 4.44. Dique e piscinão localizados no Parque Jardim das Tulipas, no município de Jundiaí. 183

Figura 4.45. Dique próximo ao Campus da Universidade Paulista (UNIP), no município de Jundiaí. 183

Figura 4.46. Ponte Castro Alves (em detalhe à esquerda) localizada sobre o Rio Jundiaí, no município de Jundiaí. 184

Figura 4.47. Rio Jundiaí nas proximidades do Campus da UNIP, e ao fundo a Ponte Anhanguera (à esquerda), apresentada em detalhe à direita. 185

Figura 4.48. Travessia de tubulações sobre o Rio Jundiaí, no bairro do Distrito Industrial, município de Jundiaí. 185

Figura 4.49. Rio Jundiaí no trecho a jusante da ponte sobre a Rodovia Anhanguera, no bairro Distrito Industrial, município de Jundiaí. 186

Figura 4.50. Informações recebidas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Mairiporã. 189

Figura 4.51. Cabeceira do Rio Jundiaí, acerca de apenas 2 km a jusante de sua nascente, no município de Mairiporã. 190

Figura 4.52. Afluente sem nome do Rio Jundiaí, localizado na região do empreendimento “Minha Casa, Minha Vida”, no bairro Terra Preta em Mairiporã. 190

Figura 4.53. Trecho do Rio Jundiaí no bairro Jundiaizinho, no município de Mairiporã.. 191

Figura 4.54. Afluente sem nome do Rio Jundiaí no bairro Mil Flores, município de Mairiporã. 191

Figura 4.55. Ruas do bairro Mil Flores, em Mairiporã, onde são observadas comportas nos acessos para evitar inundações nas residências. 192

Figura 4.56. Travessia da Rodovia Fernão Dias sobre o Rio Jundiaí, próximo da divisa entre os municípios de Mairiporã e Atibaia. 193

Figura 4.57. Região próxima à travessia da Rodovia Fernão Dias sobre o Rio Jundiaí. 193

Figura 4.58. Trecho do Rio Jundiaí paralelo à Rodovia Fernão Dias, no município de Mairiporã. 194

Figura 4.59. Ponte sobre o Rio Jundiaí, localizada no bairro Mil Flores, município de Mairiporã. 194

Figura 4.60. Rio Jundiaí na região próxima à Ponte dos Trabalhadores, bairro Centro do município de Salto. 196

Figura 4.61. Rio Jundiaí no trecho de montante (à esquerda) e de jusante (à direita) da ponte sobre a Rua Japão, no município de Salto. Observa-se a grande quantidade de rochas dispostas sobre o leito do rio. 197

Figura 4.62. Travessia treliçada de adutoras de água tratada sobre o Rio Jundiaí, no município de Salto. 197

Figura 4.63. Ponte da Praça “dos Velhos” sobre o Rio Jundiaí, onde se observa pouca diferença de altura entre a cota de fundo do tabuleiro da ponte e o nível d’água do Rio Jundiaí. . 198

Figura 4.64. Ponte Nova, localizada na foz do Rio Jundiaí, no município de Salto. 198

Figura 4.65. Barragem da PCH Porto Góes, no Rio Tietê, de responsabilidade da EMAE.199

Figura 4.66. Rio Jundiaí em seu trecho final, na confluência com o Rio Tietê, no município de Salto. 199

Figura 4.67. Barramento para captação de água da SABESP, no Córrego Mursa, município de Várzea Paulista. 201

Figura 4.68. Barramento no Córrego Pinheirinho, pertencente ao Frigorífico A’Doro (à esquerda) e respectiva captação de água para os processos da empresa (à direita), no município de Várzea Paulista. 201

Figura 4.69. Córrego Bertioga, um dos principais cursos d’água do município de Várzea Paulista. 202

Figura 4.70. Área do futuro piscinão a ser implementado no Córrego Bertioga (à esquerda) e respectiva placa de indicação da obra (à direita), município de Várzea Paulista – SP. . 202

Figura 4.71. Local da construção do túnel *“on line”* no Córrego Bertioga, em Várzea Paulista. 203

Figura 4.72. Tubulação que será trocada por três linhas de aduelas no Córrego Bertioga (à esquerda) e respectiva placa indicando o andamento das obras (à direita), no município de Várzea Paulista. 203

Figura 4.73. Vista do Córrego Bertioga em seu trecho retificado, no município de Várzea Paulista. 204

Figura 4.74. Vista do Córrego Promeca, em seu trecho retificado, com logradouros em ambas as margens, no município de Várzea Paulista..... 204

Figura 4.75. Córrego Itália e seu afluente – Córrego da Popular. Ambos são contribuintes do Rio Jundiaí, no trecho que cruza o município de Várzea Paulista. 205

Figura 4.76. Passarela sobre o Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, com erosão acentuada das margens (à esquerda) e vista à jusante da passarela, onde os processos erosivos continuam atuando nas margens (à direita)..... 206

Figura 4.77. Ponte Seca sobre o Rio Jundiaí, configurando uma das regiões de estrangulamento e ocorrência de inundações no município de Várzea Paulista. 206

Figura 4.78. Ponte Isaac Galvão sobre o Rio Jundiaí, também uma das regiões de estrangulamento do referido manancial no município de Várzea Paulista. 207

Figura 4.79. Ponte do Posto 1500 sobre o Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, onde é possível observar grande acúmulo de vegetação ao longo da calha do Rio Jundiaí neste ponto (à direita) e o desmoronamento de uma das margens (à esquerda)..... 207

Figura 4.80. Passagem de adutora de esgoto da SABESP sobre o Rio Jundiaí, no município de Várzea Paulista. 208

Figura 5.1. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (vista do Rio Jundiaí).... 211

Figura 5.2. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (detalhe). 213

Figura 5.3. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (vista da ponte)..... 213

Figura 5.4. Levantamento realizado no RN 07 em 18/05/2019. 214

Figura 5.5. Levantamento realizado no RN 06 em 18/05/2019. 215

Figura 5.6. Equipamento GNSS South Galaxy G1 RTK utilizado durante os levantamentos dinâmicos em campo (Fonte: Allcomp, 2019a). 217

Figura 5.7. Equipamento Pentax Linertec LGN-100N RTK utilizado durante os levantamentos estáticos em campo (Fonte: Allcomp, 2019b). 218

Figura 5.8. Pontos originais coletados em campo (Fonte: Google Earth). 219

Figura 5.9. Pontos retificados com altimetrias representadas em azul (Fonte: Google Earth). 220

Figura 6.1. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Ermida. 228

Figura 6.2. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Itupeva. 228

Figura 6.3. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Jundiaí. 229

Figura 6.4. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Fazenda Pinhal..... 230

Figura 6.5. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Indaiatuba..... 230

Figura 6.6. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Salto. 231

Figura 6.7. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Itupeva. 235

Figura 6.8. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Itupeva. 237

Figura 6.9. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Itupeva. 241

Figura 6.10. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Jundiaí. 242

Figura 6.11. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Jundiaí. 244

Figura 6.12. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Jundiaí. 248

Figura 6.13. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal. .. 249

Figura 6.14. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal. 251

Figura 6.15. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal. 255

Figura 6.16. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Indaiatuba. 256

Figura 6.17. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Indaiatuba. 258

Figura 6.18. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Indaiatuba. 262

Figura 6.19. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Campo Limpo. 268

Figura 6.20. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Jundiaí. 268

Figura 6.21. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Itupeva. 269

Figura 6.22. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Itaici. 269

Figura 6.23. Valores de níveis d'água máximos calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação linimétrica da PCH Porto Góes – Barramento (Nota: Valores de cota de nível d'água relacionados a Referência de Nível (RN) oficial utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE)..... 271

Figura 7.1. Aplicação de quatro equações diferentes para o cálculo do tempo de concentração das sub-bacias do Rio Jundiaí..... 287

Figura 7.2. Representação esquemática do modelo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí criado no software HEC-HMS. 299

Figura 7.3. Vazão de pico do hidrograma de 2 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 301

Figura 7.4. Vazão de pico do hidrograma de 5 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 303

Figura 7.5. Vazão de pico do hidrograma de 10 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 305

Figura 7.6. Vazão de pico do hidrograma de 25 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 307

Figura 7.7. Vazão de pico do hidrograma de 50 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 309

Figura 7.8. Vazão de pico do hidrograma de 100 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 311

Figura 7.9. Resumo, em ordem crescente, das vazões de pico obtidas para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, em todos os cenários simulados. 318

Figura 7.10. Diagrama Unifilar para simulação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. ... 320

Figura 7.11. Representação dos termos da equação de energia (HEC-RAS, 2016). 324

Figura 7.12. Subdivisão das seções - cálculo da condutância (HEC-RAS, 2016). 324

Figura 7.13. Representação do trecho do Rio Jundiaí utilizado para simulação. 328

Figura 8.1. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 2 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 376

Figura 8.2. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 5 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 378

Figura 8.3. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 10 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 380

Figura 8.4. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 25 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 382

Figura 8.5. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 50 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 384

Figura 8.6. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 100 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN. 386

Figura 9.1. Exemplos de aproveitamento de reservatórios de detenção em a) praça de esportes e b) parque municipal (Fonte: FEAM, 2006). 404

Figura 9.2. Bacias de detenção nas cidades de a) Porto Alegre/RS - Praça Júlio Andreatta (Fonte: MARTINS, 2015) e b) Sorocaba/SP - RDC Água Vermelha (Foto: Fernando Abreu). ... 405

Figura 9.3. Bacias de retenção nas cidades de a) Porto Alegre/RS - Parque Marinha do Brasil (Foto: Jackson Lagoas/PMPA) e b) São Paulo/SP - Parque do Ibirapuera. 405

Figura 9.4. Esquema ilustrativo de reservatórios de amortecimento *on-line* e *off-line* (Fonte: adaptado de Canholi (2005) apud Martins (2015)). 406

Figura 9.5. Fluxograma resumo das etapas para cálculo do volume de amortecimento dos reservatórios por sub-bacia. 411

Figura 9.6. Divisão do Rio Jundiaí em trechos de leito modificado e leito natural. 417

Figura 9.7. Fotos das travessias com maiores efeito de remanso – TR 2 anos. 419

Figura 9.8. Fotos das travessias com maiores efeitos de remanso - TR 100 anos. 420

Figura 9.9. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí – Simulação TR 2 anos (efeito de remanso).421

Figura 9.10. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí – Simulação TR 100 anos (efeito de remanso). 422

Figura 9.11. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí com intervenção na calha - TR 10 anos. 426

Figura 9.12. Esquema de uma vala de infiltração paralela à rua (Fonte: SÃO PAULO, 2012; FEAM, 2006). 442

Figura 9.13. Vala de infiltração paralela à rua em Seattle, nos Estados Unidos (Foto de *U.S. Environmental Protection Agency* - EPA). 442

Figura 9.14. a) Esquema ilustrativo e b) exemplo de aplicação de uma trincheira de infiltração (Fonte: SÃO PAULO, 2012). 443

Figura 9.15. *Wetlands* de fluxo superficial (Fonte: ADASA, 2018). 444

Figura 9.16. *Wetlands* de fluxo a) subsuperficial horizontal e b) superficial vertical (Fonte: ADASA, 2018). 445

Figura 9.17. Exemplo de barraginhas em propriedade agrícola (Fonte: EMBRAPA, 2009).446

Figura 9.18. Barraginhas implantadas pela Associação Mata Ciliar (AMC) na região do Circuito das Águas e Sistema Cantareira (Foto de: Associação Mata Ciliar - http://mataciliar.org.br/). 447

Figura 9.19. Exemplo de terraceamento em lavoura (Foto de: Jonatan Jumes/Epagri). 449

Figura 9.20. Exemplo de plantio de cana-de-açúcar em curva de nível (Fonte: EMBRAPA. Disponível em: https://www.embrapa.br/bme_images/o/7560040o.jpg). 449

Figura 9.21. Práticas agrícolas no estado de São Paulo: a) marcação de área com técnica de terraceamento no município de Santo Antônio de Posse pelo Departamento de Agricultura e Meio Ambiente (Fonte: Prefeitura de Santo Antônio de Posse); b) terraceamento com curva de nível realizado em Pardinho pela equipe da Codasp (Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo de São Paulo); c) plantação de cenoura em curva de nível em São José do Rio Pardo (Foto: Paulo E. Trani); d) terraços para plantação de pimenta em Indaiatuba (Foto: Adoro Pimenta Ltda ME). 450

Figura 9.22. Exemplo do uso de cordões de vegetação em terrenos declivosos (Fonte: LÓPEZ-FALCÓN; ESPINOZA, 2015). 451

Figura 9.23. Exemplo de consorciamento de culturas: café e braquiária (Fonte: Revista Cultivar. Disponível em: https://www.grupocultivar.com.br/noticias/culturas-como-cafe-e-mamao-podem-ser-mais-produtivas-consorciadas-com-braquiaria). 452

Figura 9.24. Curva: relação entre custo do projeto e volume de detenção para volumes inferiores, menores que 1 hm³. 457

Figura 9.25. Curva: relação entre custo do projeto e volume de detenção para volumes superiores, a partir de 1 hm³. 457

Figura 9.26. Curva: relação entre a área da seção e o custo por metro de canalização em concreto. 461

Figura 9.27. Curva: relação entre a área da seção e o custo por metro de dragagem/limpeza. 461

Figura 9.28. Curva: relação entre a largura e o custo em obras de travessias, por metro de extensão. 464

Figura 9.29. Gráfico de custos estimados e redução (quantitativa e percentual) por cenário, em relação ao custo do cenário de situação atual. 472

Figura 10.1. Trecho do Rio Jundiaí onde é sugerida aplicação de Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI)..... 524

Figura 10.2. Rotina e frequência de inspeção em sarjetas, bocas de lobo, bueiros, galerias e canais recomendada para a BHJ. 547

Figura 10.3. Rotina e frequência de inspeção em reservatórios de amortecimento recomendada para a BHJ. 548

Figura 10.4. Rotina e frequência de inspeção em equipamentos eletromecânicos recomendada para a BHJ. 549

Figura 10.5. Indicação de frequência de limpeza de sistemas públicos de drenagem, por município, para a BHJ. 550

Figura 12.1. Redução de áreas na mancha de inundação, na comparação entre os cenários atual e proposto, agrupada por tempo de retorno e categoria de uso e ocupação do solo. 601

Figura 13.1 Seção transversal de ponte com estruturas para cadastro. 615

Figura 13.2. Seção transversal de galeria e calha de córrego. 616

Figura 16.1. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 1..... 1435

Figura 16.2. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 2..... 1436

Figura 16.3. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 3..... 1437

Figura 16.4. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 4..... 1438

Figura 16.5. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 5..... 1439

Figura 16.6. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 6..... 1440

Figura 16.7. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 7..... 1441

Figura 16.8. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 8..... 1442

Figura 16.9. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 9..... 1443

Figura 16.10. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 10..... 1444

Figura 16.11. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 11..... 1445

Figura 16.12. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 12..... 1446

Figura 16.13. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 13..... 1447

Figura 16.14. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 14..... 1448

Figura 16.15. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 15. 1449
Figura 16.16. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 16. 1450
Figura 16.17. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 17. 1451
Figura 16.18. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 18. 1452
Figura 16.19. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 19. 1453
Figura 16.20. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 20. 1454
Figura 16.21. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 21. 1455
Figura 16.22. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 22. 1456
Figura 16.23. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 23. 1457
Figura 16.24. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 24. 1458
Figura 16.25. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 25. 1459
Figura 16.26. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 26. 1460
Figura 16.27. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 27. 1461
Figura 16.28. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 28. 1462
Figura 16.29. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 29. 1463
Figura 16.30. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 30. 1464
Figura 16.31. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 31. 1465
Figura 16.32. Hidrogramas simulados para a sub-bacia 32. 1466
Figura 16.33. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB01. 1469
Figura 16.34. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB02. 1470
Figura 16.35. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB03. 1471
Figura 16.36. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB04. 1472
Figura 16.37. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB05. 1473

Figura 16.38. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB06. 1474

Figura 16.39. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB07. 1475

Figura 16.40. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB08. 1476

Figura 16.41. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB09. 1477

Figura 16.42. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB10. 1478

Figura 16.43. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB11. 1479

Figura 16.44. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB12. 1480

Figura 16.45. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB13. 1481

Figura 16.46. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB14. 1482

Figura 16.47. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB15. 1483

Figura 16.48. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB16. 1484

Figura 16.49. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB17. 1485

Figura 16.50. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB18. 1486

Figura 16.51. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB19. 1487

Figura 16.52. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB20. 1488

Figura 16.53. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB21. 1489

Figura 16.54. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB22. 1490

Figura 16.55. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB23. 1491

Figura 16.56. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB24. 1492

Figura 16.57. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB25. 1493

Figura 16.58. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB26. 1494

Figura 16.59. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB27. 1495

Figura 16.60. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB28. 1496

Figura 16.61. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB29. 1497

Figura 16.62. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB30. 1498

Figura 16.63. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB31. 1499

Figura 16.64. Comparação entre os hidrogramas do cenário de Diagnóstico (esquerda) e Prognóstico (direita) para a sub-bacia SB32. 1500

LISTA DE MAPAS (APÊNDICES)

Apêndices - Mapa 1. Mancha de inundação – TR de 2 anos..... 919

Apêndices - Mapa 2. Mancha de inundação – TR de 5 anos..... 937

Apêndices - Mapa 3. Mancha de inundação – TR de 10 anos..... 955

Apêndices - Mapa 4. Mancha de inundação – TR de 25 anos..... 973

Apêndices - Mapa 5. Mancha de inundação – TR de 50 anos..... 991

Apêndices - Mapa 6. Mancha de inundação – TR de 100 anos..... 1009

Apêndices - Mapa 7. Manchas de inundação nos Tempos de Retornos de 02, 05, 10, 25, 50 e 100 anos. 1027

Apêndices - Mapa 8. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 2 anos..... 1046

Apêndices - Mapa 9. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 5 anos..... 1064

Apêndices - Mapa 10. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 10 anos..... 1082

Apêndices - Mapa 11. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 25 anos..... 1100

Apêndices - Mapa 12. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 50 anos..... 1118

Apêndices - Mapa 13. Mancha de inundação (Prognóstico) – TR de 100 anos..... 1136

Apêndices - Mapa 14. Manchas de inundação (Prognóstico) nos Tempos de Retornos de 02, 05, 10, 25, 50 e 100 anos..... 1154

Apêndices - Mapa 15. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 2 anos..... 1285

Apêndices - Mapa 16. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 5 anos..... 1305

Apêndices - Mapa 17. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 10 anos..... 1326

Apêndices - Mapa 18. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 25 anos..... 1346

Apêndices - Mapa 19. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 50 anos..... 1366

Apêndices - Mapa 20. Mancha de inundação, considerando a execução das Intervenções Estruturais propostas para a BHJ – TR de 100 anos..... 1386

Apêndices - Mapa 21. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 2 anos..... 1406

Apêndices - Mapa 22. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 5 anos..... 1409

Apêndices - Mapa 23. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 10 anos..... 1412

Apêndices - Mapa 24. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 25 anos..... 1415

Apêndices - Mapa 25. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 50 anos..... 1418

Apêndices - Mapa 26. Comparação da mancha de inundação do cenário atual e do cenário com a execução de medidas estruturais propostas – TR de 100 anos..... 1421

LISTA DE DESENHOS (APÊNDICES)

Apêndices - Desenho 1. Levantamento topobatimétrico – Seções SC1 e SC2. 637

Apêndices - Desenho 2. Levantamento topobatimétrico – Seções SC3 e SC4. 638

Apêndices - Desenho 3. Levantamento topobatimétrico – Seções SC5 e SC6. 639

Apêndices - Desenho 4. Levantamento topobatimétrico – Seções SC7 e SC8. 640

Apêndices - Desenho 5. Levantamento topobatimétrico – Seções SC9 e SC10. 641

Apêndices - Desenho 6. Levantamento topobatimétrico – Seções SC11 e SC12..... 642

Apêndices - Desenho 7. Levantamento topobatimétrico – Seções SC13 e SC14..... 643

Apêndices - Desenho 8. Levantamento topobatimétrico – Seções SC15 e SC16..... 644

Apêndices - Desenho 9. Levantamento topobatimétrico – Seções SC17 e SC18..... 645

Apêndices - Desenho 10. Levantamento topobatimétrico – Seções SC19 e SC20..... 646

Apêndices - Desenho 11. Levantamento topobatimétrico – Seções SC21 e SC22..... 647

Apêndices - Desenho 12. Levantamento topobatimétrico – Seções SC23 e SC24..... 648

Apêndices - Desenho 13. Levantamento topobatimétrico – Seções SC25 e SC26..... 649

Apêndices - Desenho 14. Levantamento topobatimétrico – Seções SC27 e SC28..... 650

Apêndices - Desenho 15. Levantamento topobatimétrico – Seções SC29 e SC30..... 651

Apêndices - Desenho 16. Levantamento topobatimétrico – Seções SC31 e SC32..... 652

Apêndices - Desenho 17. Levantamento topobatimétrico – Seções SC33 e SC34..... 653

Apêndices - Desenho 18. Levantamento topobatimétrico – Seções SC35 e SC36..... 654

Apêndices - Desenho 19. Levantamento topobatimétrico – Seções SC37 e SC38..... 655

Apêndices - Desenho 20. Levantamento topobatimétrico – Seções SC39 e SC40..... 656

Apêndices - Desenho 21. Levantamento topobatimétrico – Seções SC41 e SC42..... 657

Apêndices - Desenho 22. Levantamento topobatimétrico – Seções SC43 e SC44..... 658

Apêndices - Desenho 23. Levantamento topobatimétrico – Seções SC45 e SC46..... 659

Apêndices - Desenho 24. Levantamento topobatimétrico – Seções SC47 e SC48..... 660

Apêndices - Desenho 25. Levantamento topobatimétrico – Seções SC49 e SC50..... 661

Apêndices - Desenho 26. Levantamento topobatimétrico – Seções SC51 e SC52..... 662

Apêndices - Desenho 27. Levantamento topobatimétrico – Seções SC53 e SC54..... 663

Apêndices - Desenho 28. Levantamento topobatimétrico – Seções SC55 e SC56..... 664

Apêndices - Desenho 29. Levantamento topobatimétrico – Seções SC57 e SC58..... 665

Apêndices - Desenho 30. Levantamento topobatimétrico – Seções SC59 e SC60..... 666

Apêndices - Desenho 31. Levantamento topobatimétrico – Seções SC61 e SC62..... 667

Apêndices - Desenho 32. Levantamento topobatimétrico – Seções SC63 e SC64..... 668

Apêndices - Desenho 33. Levantamento topobatimétrico – Seções SC65 e SC66..... 669

Apêndices - Desenho 34. Levantamento topobatimétrico – Seções SC67 e SC68..... 670

Apêndices - Desenho 35. Levantamento topobatimétrico – Seções SC69 e SC70..... 671

Apêndices - Desenho 36. Levantamento topobatimétrico – Seções SC71 e SC72..... 672

Apêndices - Desenho 37. Levantamento topobatimétrico – Seções SC73 e SC74..... 673

Apêndices - Desenho 38. Levantamento topobatimétrico – Seções SC75 e SC76..... 674

Apêndices - Desenho 39. Levantamento topobatimétrico – Seções SC77 e SC78..... 675

Apêndices - Desenho 40. Levantamento topobatimétrico – Seções SC79 e SC80..... 676

Apêndices - Desenho 41. Levantamento topobatimétrico – Seções SC81 e SC82..... 677

Apêndices - Desenho 42. Levantamento topobatimétrico – Seções SC83 e SC84..... 678

Apêndices - Desenho 43. Levantamento topobatimétrico – Seções SC85 e SC86..... 679

Apêndices - Desenho 44. Levantamento topobatimétrico – Seções SC87 e SC88..... 680

Apêndices - Desenho 45. Levantamento topobatimétrico – Seções SC89 e SC90..... 681

Apêndices - Desenho 46. Levantamento topobatimétrico – Seções SC91 e SC92..... 682

Apêndices - Desenho 47. Levantamento topobatimétrico – Seções SC93 e SC94..... 683

Apêndices - Desenho 48. Levantamento topobatimétrico – Seções SC95 e SC96..... 684

Apêndices - Desenho 49. Levantamento topobatimétrico – Seções SC97 e SC98..... 685

Apêndices - Desenho 50. Levantamento topobatimétrico – Seções SC99 e SC100..... 686

Apêndices - Desenho 51. Levantamento topobatimétrico – Seções SC101 e SC102.... 687

Apêndices - Desenho 52. Levantamento topobatimétrico – Seções SC103 e SC104.... 688

Apêndices - Desenho 53. Levantamento topobatimétrico – Seções SC105 e SC106.... 689

Apêndices - Desenho 54. Levantamento topobatimétrico – Seções SC107 e SC108.... 690

Apêndices - Desenho 55. Levantamento topobatimétrico – Seções SC109 e SC110.... 691

Apêndices - Desenho 56. Levantamento topobatimétrico – Seções SC111 e SC112.... 692

Apêndices - Desenho 57. Levantamento topobatimétrico – Seções SC113 e SC114.... 693

Apêndices - Desenho 58. Levantamento topobatimétrico – Seções SC115 e SC116.... 694

Apêndices - Desenho 59. Levantamento topobatimétrico – Seções SC117 e SC118.... 695

Apêndices - Desenho 60. Levantamento topobatimétrico – Seções SC119 e SC120.... 696

Apêndices - Desenho 61. Levantamento topobatimétrico – Seções SC121 e SC122.... 697

Apêndices - Desenho 62. Levantamento topobatimétrico – Seções SC123 e SC124.... 698

Apêndices - Desenho 63. Levantamento topobatimétrico – Seções SC125 e SC126.... 699

Apêndices - Desenho 64. Levantamento topobatimétrico – Seções SC127 e SC128.... 700

Apêndices - Desenho 65. Levantamento topobatimétrico – Seções SC129 e SC130.... 701

Apêndices - Desenho 66. Levantamento topobatimétrico – Seções SC131 e SC132.... 702

Apêndices - Desenho 67. Levantamento topobatimétrico – Seções SC133 e SC134.... 703

Apêndices - Desenho 68. Levantamento topobatimétrico – Seções SC135 e SC136.... 704

Apêndices - Desenho 69. Levantamento topobatimétrico – Seções SC137 e SC138.... 705

Apêndices - Desenho 70. Levantamento topobatimétrico – Seções SC139 e SC140.... 706

Apêndices - Desenho 71. Levantamento topobatimétrico – Seções SC141 e SC142.... 707

Apêndices - Desenho 72. Levantamento topobatimétrico – Seções SC143 e SC144.... 708

Apêndices - Desenho 73. Levantamento topobatimétrico – Seções SC145 e SC146.... 709

Apêndices - Desenho 74. Levantamento topobatimétrico – Seções SC147 e SC148.... 710

Apêndices - Desenho 75. Levantamento topobatimétrico – Seções SC149 e SC150.... 711

Apêndices - Desenho 76. Levantamento topobatimétrico – Seções SC151 e SC152.... 712

Apêndices - Desenho 77. Levantamento topobatimétrico – Seções SC153 e SC154.... 713

Apêndices - Desenho 78. Levantamento topobatimétrico – Seções SC155 e SC156.... 714

Apêndices - Desenho 79. Levantamento topobatimétrico – Seções SC157 e SC158.... 715

Apêndices - Desenho 80. Levantamento topobatimétrico – Seções SC159 e SC160.... 716

Apêndices - Desenho 81. Levantamento topobatimétrico – Seções SC161 e SC162.... 717

Apêndices - Desenho 82. Levantamento topobatimétrico – Seções SC163 e SC164.... 718

Apêndices - Desenho 83. Levantamento topobatimétrico – Seções SC165 e SC166.... 719

Apêndices - Desenho 84. Levantamento topobatimétrico – Seções SC167 e SC168.... 720

Apêndices - Desenho 85. Levantamento topobatimétrico – Seções SC169 e SC170.... 721

Apêndices - Desenho 86. Levantamento topobatimétrico – Seções SC171 e SC172.... 722

Apêndices - Desenho 87. Levantamento topobatimétrico – Seções SC173 e SC174.... 723

Apêndices - Desenho 88. Levantamento topobatimétrico – Seções SC175 e SC176.... 724

Apêndices - Desenho 89. Levantamento topobatimétrico – Seções SC177 e SC178.... 725

Apêndices - Desenho 90. Levantamento topobatimétrico – Seções SC179 e SC180.... 726

Apêndices - Desenho 91. Levantamento topobatimétrico – Seções SC181 e SC182.... 727

Apêndices - Desenho 92. Levantamento topobatimétrico – Seções SC183 e SC184.... 728

Apêndices - Desenho 93. Levantamento topobatimétrico – Seções SC185 e SC186.... 729

Apêndices - Desenho 94. Levantamento topobatimétrico – Seções SC187 e SC188.... 730

Apêndices - Desenho 95. Levantamento topobatimétrico – Seções SC189 e SC190.... 731

Apêndices - Desenho 96. Levantamento topobatimétrico – Seções SC191 e SC192.... 732

Apêndices - Desenho 97. Levantamento topobatimétrico – Seções SC193 e SC194.... 733

Apêndices - Desenho 98. Levantamento topobatimétrico – Seções SC195 e SC196.... 734

Apêndices - Desenho 99. Levantamento topobatimétrico – Seções SC197 e SC198.... 735

Apêndices - Desenho 100. Levantamento topobatimétrico – Seções SC199 e SC200.. 736

Apêndices - Desenho 101. Levantamento topobatimétrico – Seções SC201 e SC202.. 737

Apêndices - Desenho 102. Levantamento topobatimétrico – Seções SC203 e SC204.. 738

Apêndices - Desenho 103. Levantamento topobatimétrico – Seções SC205 e SC206.. 739

Apêndices - Desenho 104. Levantamento topobatimétrico – Seções SC207 e SC208.. 740

Apêndices - Desenho 105. Levantamento topobatimétrico – Seções SC209 e SC210.. 741

Apêndices - Desenho 106. Levantamento topobatimétrico – Seções SC211 e SC212.. 742

Apêndices - Desenho 107. Levantamento topobatimétrico – Seções SC213 e SC214.. 743

Apêndices - Desenho 108. Levantamento topobatimétrico – Seções SC215 e SC216.. 744
Apêndices - Desenho 109. Levantamento topobatimétrico – Seções SC217 e SC218.. 745
Apêndices - Desenho 110. Levantamento topobatimétrico – Seções SC219 e SC220.. 746
Apêndices - Desenho 111. Levantamento topobatimétrico – Seções SC221 e SC222.. 747
Apêndices - Desenho 112. Levantamento topobatimétrico – Seções SC223 e SC224.. 748
Apêndices - Desenho 113. Levantamento topobatimétrico – Seções SC225 e SC226.. 749
Apêndices - Desenho 114. Levantamento topobatimétrico – Seções SC227 e SC228.. 750
Apêndices - Desenho 115. Levantamento topobatimétrico – Seções SC229 e SC230.. 751
Apêndices - Desenho 116. Levantamento topobatimétrico – Seções SC231 e SC232.. 752
Apêndices - Desenho 117. Levantamento topobatimétrico – Seções SC233 e SC234.. 753
Apêndices - Desenho 118. Levantamento topobatimétrico – Seções SC235 e SC236.. 754
Apêndices - Desenho 119. Levantamento topobatimétrico – Seções SC237 e SC238.. 755
Apêndices - Desenho 120. Levantamento topobatimétrico – Seções SC239 e SC240.. 756
Apêndices - Desenho 121. Levantamento topobatimétrico – Seções SC241 e SC242.. 757
Apêndices - Desenho 122. Levantamento topobatimétrico – Seções SC243 e SC244.. 758
Apêndices - Desenho 123. Levantamento topobatimétrico – Seções SC245 e SC246.. 759
Apêndices - Desenho 124. Levantamento topobatimétrico – Seções SC247 e SC248.. 760
Apêndices - Desenho 125. Levantamento topobatimétrico – Seções SC249 e SC250.. 761
Apêndices - Desenho 126. Levantamento topobatimétrico – Seções SC251 e SC252.. 762
Apêndices - Desenho 127. Levantamento topobatimétrico – Seções SC253 e SC254.. 763
Apêndices - Desenho 128. Levantamento topobatimétrico – Seções SC255 e SC256.. 764
Apêndices - Desenho 129. Levantamento topobatimétrico – Seções SC257 e SC258.. 765
Apêndices - Desenho 130. Levantamento topobatimétrico – Seções SC259 e SC260.. 766
Apêndices - Desenho 131. Levantamento topobatimétrico – Seções SC261 e SC262.. 767
Apêndices - Desenho 132. Levantamento topobatimétrico – Seções SC263 e SC264.. 768
Apêndices - Desenho 133. Levantamento topobatimétrico – Seções SC265 e SC266.. 769
Apêndices - Desenho 134. Levantamento topobatimétrico – Seções SC267 e SC268.. 770

Apêndices - Desenho 135. Levantamento topobatimétrico – Seções SC269 e SC270.. 771

Apêndices - Desenho 136. Levantamento topobatimétrico – Seções SC271 e SC272.. 772

Apêndices - Desenho 137. Levantamento topobatimétrico – Seções SC273 e SC274.. 773

Apêndices - Desenho 138. Levantamento topobatimétrico – Seções SC275 e SC276.. 774

Apêndices - Desenho 139. Levantamento topobatimétrico – Seções SC277 e SC278.. 775

Apêndices - Desenho 140. Levantamento topobatimétrico – Seções SC279 e SC280.. 776

Apêndices - Desenho 141. Levantamento topobatimétrico – Seções SC281 e SC282.. 777

Apêndices - Desenho 142. Levantamento topobatimétrico – Seções SC283 e SC284.. 778

Apêndices - Desenho 143. Levantamento topobatimétrico – Seções SC285 e SC286.. 779

Apêndices - Desenho 144. Levantamento topobatimétrico – Seções SC287 e SC288.. 780

Apêndices - Desenho 145. Levantamento topobatimétrico – Seções SC289 e SC290.. 781

Apêndices - Desenho 146. Levantamento topobatimétrico – Seções SC291 e SC292.. 782

Apêndices - Desenho 147. Levantamento topobatimétrico – Seções SC293 e SC294.. 783

Apêndices - Desenho 148. Levantamento topobatimétrico – Seções SC295 e SC296.. 784

Apêndices - Desenho 149. Levantamento topobatimétrico – Seções SC297 e SC298.. 785

Apêndices - Desenho 150. Levantamento topobatimétrico – Seções SC299 e SC300.. 786

Apêndices - Desenho 151. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 01..... 787

Apêndices - Desenho 152. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 02..... 788

Apêndices - Desenho 153. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 03..... 789

Apêndices - Desenho 154. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 04..... 790

Apêndices - Desenho 155. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 05..... 791

Apêndices - Desenho 156. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 06..... 792

Apêndices - Desenho 157. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 07..... 793

Apêndices - Desenho 158. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 08..... 794

Apêndices - Desenho 159. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 09..... 795

Apêndices - Desenho 160. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 10..... 796

Apêndices - Desenho 161. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 11..... 797

Apêndices - Desenho 162. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 12..... 798

Apêndices - Desenho 163. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 13..... 799

Apêndices - Desenho 164. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 14..... 800

Apêndices - Desenho 165. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 15..... 801

Apêndices - Desenho 166. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 16..... 802

Apêndices - Desenho 167. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 17..... 803

Apêndices - Desenho 168. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 18..... 804

Apêndices - Desenho 169. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 19..... 805

Apêndices - Desenho 170. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 20..... 806

Apêndices - Desenho 171. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 21..... 807

Apêndices - Desenho 172. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 22..... 808

Apêndices - Desenho 173. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 23..... 809

Apêndices - Desenho 174. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 24..... 810

Apêndices - Desenho 175. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 25..... 811

Apêndices - Desenho 176. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 26..... 812

Apêndices - Desenho 177. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 27..... 813

Apêndices - Desenho 178. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 28..... 814

Apêndices - Desenho 179. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 29..... 815

Apêndices - Desenho 180. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 30..... 816

Apêndices - Desenho 181. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 31..... 817

Apêndices - Desenho 182. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 32..... 818

Apêndices - Desenho 183. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 33..... 819

Apêndices - Desenho 184. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 34..... 820

Apêndices - Desenho 185. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 35..... 821

Apêndices - Desenho 186. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 36..... 822

Apêndices - Desenho 187. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 37..... 823

Apêndices - Desenho 188. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 38..... 824

Apêndices - Desenho 189. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 39..... 825
Apêndices - Desenho 190. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 40..... 826
Apêndices - Desenho 191. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 41..... 827
Apêndices - Desenho 192. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 42..... 828
Apêndices - Desenho 193. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 43..... 829
Apêndices - Desenho 194. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 44..... 830
Apêndices - Desenho 195. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 45..... 831
Apêndices - Desenho 196. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 46..... 832
Apêndices - Desenho 197. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 47..... 833
Apêndices - Desenho 198. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 48..... 834
Apêndices - Desenho 199. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 49..... 835
Apêndices - Desenho 200. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 50..... 836
Apêndices - Desenho 201. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 51..... 837
Apêndices - Desenho 202. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 52..... 838
Apêndices - Desenho 203. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 53..... 839
Apêndices - Desenho 204. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 54..... 840
Apêndices - Desenho 205. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 55..... 841
Apêndices - Desenho 206. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 56..... 842
Apêndices - Desenho 207. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 57..... 843
Apêndices - Desenho 208. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 58..... 844
Apêndices - Desenho 209. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 59..... 845
Apêndices - Desenho 210. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 60..... 846
Apêndices - Desenho 211. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 61..... 847
Apêndices - Desenho 212. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 62..... 848
Apêndices - Desenho 213. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 63..... 849
Apêndices - Desenho 214. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 64..... 850
Apêndices - Desenho 215. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 65..... 851

Apêndices - Desenho 216. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 66..... 852
Apêndices - Desenho 217. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 67..... 853
Apêndices - Desenho 218. Levantamento topobatimétrico – Perfil da Travessia 68..... 854
Apêndices - Desenho 219. Confluências – CF1 e CF2..... 855
Apêndices - Desenho 220. Confluências – CF3 e CF4..... 856
Apêndices - Desenho 221. Confluências – CF5 e CF6..... 857
Apêndices - Desenho 222. Confluências – CF7 e CF8..... 858
Apêndices - Desenho 223. Confluências – CF9 e CF10..... 859
Apêndices - Desenho 224. Confluências – CF10A e CF11. 860
Apêndices - Desenho 225. Confluências – CF12 e CF13..... 861
Apêndices - Desenho 226. Confluências – CF14 e CF15..... 862
Apêndices - Desenho 227. Confluências – CF16 e CF17..... 863
Apêndices - Desenho 228. Confluências – CF18 e CF19..... 864
Apêndices - Desenho 229. Confluências – CF20 e CF21..... 865
Apêndices - Desenho 230. Confluências – CF22 e CF23..... 866
Apêndices - Desenho 231. Confluências – CF24 e CF25..... 867
Apêndices - Desenho 232. Confluências – CF25A e CF26. 868
Apêndices - Desenho 233. Confluências – CF27 e CF28..... 869
Apêndices - Desenho 234. Confluências – CF29 e CF30..... 870
Apêndices - Desenho 235. Confluências – CF31 e CF32..... 871
Apêndices - Desenho 236. Confluências – CF33 e CF34..... 872
Apêndices - Desenho 237. Confluências – CF35 e CF36..... 873
Apêndices - Desenho 238. Confluências – CF37 e CF38..... 874
Apêndices - Desenho 239. Confluências – CF39 e CF40..... 875
Apêndices - Desenho 240. Confluências – CF41 e CF42..... 876
Apêndices - Desenho 241. Confluências – CF43 e CF44..... 877
Apêndices - Desenho 242. Confluências – CF45 e CF45A. 878

Apêndices - Desenho 243. Confluências – CF46 e CF47. 879
Apêndices - Desenho 244. Confluências – CF48 e CF49. 880
Apêndices - Desenho 245. Confluências – CF50 e CF51. 881
Apêndices - Desenho 246. Confluências – CF52 e CF53. 882
Apêndices - Desenho 247. Confluências – CF54 e CF55. 883
Apêndices - Desenho 248. Confluências – CF56 e CF57. 884
Apêndices - Desenho 249. Confluências – CF58 e CF59. 885
Apêndices - Desenho 250. Confluências – CF60 e CF61. 886
Apêndices - Desenho 251. Confluências – CF62 e CF63. 887
Apêndices - Desenho 252. Confluências – CF64 e CF65. 888
Apêndices - Desenho 253. Confluências – CF66 e CF67. 889
Apêndices - Desenho 254. Confluências – CF68 e CF69. 890
Apêndices - Desenho 255. Confluências – CF70 e CF71. 891
Apêndices - Desenho 256. Confluências – CF72 e CF73. 892
Apêndices - Desenho 257. Confluências – CF74 e CF75. 893
Apêndices - Desenho 258. Confluências – CF76 e CF77. 894
Apêndices - Desenho 259. Confluências – CF78 e CF79. 895
Apêndices - Desenho 260. Confluências – CF80 e CF81. 896
Apêndices - Desenho 261. Confluências – CF82 e CF83. 897
Apêndices - Desenho 262. Confluências – CF84 e CF85. 898
Apêndices - Desenho 263. Confluências – CF86 e CF87. 899
Apêndices - Desenho 264. Confluências – CF88 e CF89. 900
Apêndices - Desenho 265. Confluências – CF90 e CF91. 901
Apêndices - Desenho 266. Confluências – CF92 e CF93. 902
Apêndices - Desenho 267. Confluências – CF94 e CF95. 903
Apêndices - Desenho 268. Confluências – CF96 e CF97. 904
Apêndices - Desenho 269. Confluências – CF98 e CF99. 905

Apêndices - Desenho 270. Confluências – CF100 e CF101. 906
Apêndices - Desenho 271. Confluências – CF102 e CF103. 907
Apêndices - Desenho 272. Confluências – CF104 e CF105. 908
Apêndices - Desenho 273. Confluências – CF106 e CF107. 909
Apêndices - Desenho 274. Confluências – CF108 e CF109. 910
Apêndices - Desenho 275. Confluências – CF110 e CF111. 911
Apêndices - Desenho 276. Confluências – CF112 e CF113. 912
Apêndices - Desenho 277. Confluências – CF114 e CF115. 913
Apêndices - Desenho 278. Confluências – CF116 e CF117. 914
Apêndices - Desenho 279. Confluências – CF118 e CF119. 915
Apêndices - Desenho 280. Confluências – CF120 e CF121. 916
Apêndices - Desenho 281. Confluências – CF122. 917
Apêndices - Desenho 282. Bacia de Retenção SB01 - Planta de Locação (01/10). 1173
Apêndices - Desenho 283. Bacia de Retenção SB01 - Localização (02/10). 1174
Apêndices - Desenho 284. Bacia de Retenção SB01 – Perfis Horizontais 1 a 5 (03/10).1175
Apêndices - Desenho 285. Bacia de Retenção SB01 – Perfil Horizontal 7 (04/10). 1176
Apêndices - Desenho 286. Bacia de Retenção SB01 – Perfil Horizontal 6, 8 a 12 (05/10).1177
Apêndices - Desenho 287. Bacia de Retenção SB01 – Perfil Vertical 1 (06/10). 1178
Apêndices - Desenho 288. Bacia de Retenção SB01 – Perfis Verticais 2 a 5 (07/10). 1179
Apêndices - Desenho 289. Bacia de Retenção SB01 – Perfis Verticais 6 a 8 (08/10). 1180
Apêndices - Desenho 290. Bacia de Retenção SB01 – Perfis Verticais 9 a 11 (09/10).1181
Apêndices - Desenho 291. Bacia de Retenção SB01 – Traçado e Perfil da Barragem (10/10). 1182
Apêndices - Desenho 292. Bacia de Detenção SB03 - Planta de Locação (01/09). 1183
Apêndices - Desenho 293. Bacia de Detenção SB03 - Perfis Longitudinais, Contorno Externo (02/09). 1184
Apêndices - Desenho 294. Bacia de Detenção SB03 - Perfis Longitudinais e Transversais (03/09). 1185

Apêndices - Desenho 295. Bacia de Detenção SB03 - Perfis Longitudinais e Transversais (04/09). 1186

Apêndices - Desenho 296. Bacia de Detenção SB03 - Perfis Longitudinais (05/09). ... 1187

Apêndices - Desenho 297. Bacia de Detenção SB03 – Situação (06/09). 1188

Apêndices - Desenho 298. Bacia de Detenção SB03 - Perspectiva 3D (07/09). 1189

Apêndices - Desenho 299. Bacia de Detenção SB03 - Perspectiva 3D (2) (08/09). 1190

Apêndices - Desenho 300. Bacia de Detenção SB03 - Caixa de Passagem e Detalhes (09/09). 1191

Apêndices - Desenho 301. Bacia de Retenção SB04 – Planta de Locação (01/11). 1192

Apêndices - Desenho 302. Bacia de Retenção SB04 – Perfis longitudinais, contorno externo (02/11). 1193

Apêndices - Desenho 303. Bacia de Retenção SB04 – Perfis longitudinais, paredes do rio (03/11). 1194

Apêndices - Desenho 304. Bacia de Retenção SB04 – Perfis longitudinais e transversais (04/11). 1195

Apêndices - Desenho 305. Bacia de Retenção SB04 – Perfis transversais (05/11). 1196

Apêndices - Desenho 306. Bacia de Retenção SB04 – Perfis transversais (06/11). 1197

Apêndices - Desenho 307. Bacia de Retenção SB04 – Perfis transversais (07/11). 1198

Apêndices - Desenho 308. Bacia de Retenção SB04 – Situação (08/11). 1199

Apêndices - Desenho 309. Bacia de Retenção SB04 – Perspectiva 3D (09/11). 1200

Apêndices - Desenho 310. Bacia de Retenção SB04 – Detalhes perfil 14 e 21 (10/11).1201

Apêndices - Desenho 311. Bacia de Retenção SB04 – Perfil 1 de detalhe geral da bacia (11/11). 1202

Apêndices - Desenho 312. Bacia de Detenção SB05 - Planta de Locação (01/08). 1203

Apêndices - Desenho 313. Bacia de Detenção SB05 - Perfis Longitudinais (02/08). ... 1204

Apêndices - Desenho 314. Bacia de Detenção SB05 - Perfis Transversais (03/08). ... 1205

Apêndices - Desenho 315. Bacia de Detenção SB05 - Perfis Transversais (04/08). ... 1206

Apêndices - Desenho 316. Bacia de Detenção SB05 - Situação (05/08). 1207

Apêndices - Desenho 317. Bacia de Detenção SB05 – Perspectiva 3D (06/08). 1208

Apêndices - Desenho 318. Bacia de Detenção SB05 - Perspectiva 3D (2) (07/08). 1209

Apêndices - Desenho 319. Bacia de Detenção SB05 - Caixa de Passagem e Detalhes (08/08). 1210

Apêndices - Desenho 320. Seção 11 x 2,5 m – trecho 1/2 (01/07). 1211

Apêndices - Desenho 321. Seção 11 x 2,5 m – trecho 1/2 (02/07). 1212

Apêndices - Desenho 322. Seção 11 x 2,5 m – trecho 1/2 (03/07). 1213

Apêndices - Desenho 323. Seção 11 x 2,5 m – trecho 2/2 (04/07). 1214

Apêndices - Desenho 324. Seção 11 x 2,5 m – trecho 2/2 (05/07). 1215

Apêndices - Desenho 325. Seção 11 x 2,5 m – trecho 2/2 (06/07). 1216

Apêndices - Desenho 326. Seção 11 x 2,5 m – trecho 2/2 (07/07). 1217

Apêndices - Desenho 327. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (01/15). 1218

Apêndices - Desenho 328. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (02/15). 1219

Apêndices - Desenho 329. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (03/15). 1220

Apêndices - Desenho 330. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (04/15). 1221

Apêndices - Desenho 331. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (05/15). 1222

Apêndices - Desenho 332. Seção 12 x 2,5 m – trecho 1/2 (06/15). 1223

Apêndices - Desenho 333. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (07/15). 1224

Apêndices - Desenho 334. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (08/15). 1225

Apêndices - Desenho 335. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (09/15). 1226

Apêndices - Desenho 336. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (10/15). 1227

Apêndices - Desenho 337. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (11/15). 1228

Apêndices - Desenho 338. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (12/15). 1229

Apêndices - Desenho 339. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (13/15). 1230

Apêndices - Desenho 340. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (14/15). 1231

Apêndices - Desenho 341. Seção 12 x 2,5 m – trecho 2/2 (15/15). 1232

Apêndices - Desenho 342. Seção 15 x 3,0 m (01/04)..... 1233

Apêndices - Desenho 343. Seção 15 x 3,0 m (02/04)..... 1234

Apêndices - Desenho 344. Seção 15 x 3,0 m (03/04)..... 1235

Apêndices - Desenho 345. Seção 15 x 3,0 m (04/04)..... 1236

Apêndices - Desenho 346. Seção 17 x 3,0 m (01/04)..... 1237

Apêndices - Desenho 347. Seção 17 x 3,0 m (02/04)..... 1238

Apêndices - Desenho 348. Seção 17 x 3,0 m (03/04)..... 1239

Apêndices - Desenho 349. Seção 17 x 3,0 m (04/04)..... 1240

Apêndices - Desenho 350. Seção 20 x 3,0 m – trecho 1/2 (01/11). 1241

Apêndices - Desenho 351. Seção 20 x 3,0 m – trecho 1/2 (02/11). 1242

Apêndices - Desenho 352. Seção 20 x 3,0 m – trecho 1/2 (03/11). 1243

Apêndices - Desenho 353. Seção 20 x 3,0 m – trecho 1/2 (04/11). 1244

Apêndices - Desenho 354. Seção 20 x 3,0 m – trecho 1/2 (05/11). 1245

Apêndices - Desenho 355. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (06/11). 1246

Apêndices - Desenho 356. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (07/11). 1247

Apêndices - Desenho 357. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (08/11). 1248

Apêndices - Desenho 358. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (09/11). 1249

Apêndices - Desenho 359. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (10/11). 1250

Apêndices - Desenho 360. Seção 20 x 3,0 m – trecho 2/2 (11/11). 1251

Apêndices - Desenho 361. Seção 22 x 3,5 m – trecho 1/2 (01/05). 1252

Apêndices - Desenho 362. Seção 22 x 3,5 m – trecho 1/2 (02/05). 1253

Apêndices - Desenho 363. Seção 22 x 3,5 m – trecho 1/2 (03/05). 1254

Apêndices - Desenho 364. Seção 22 x 3,5 m – trecho 1/2 (04/05). 1255

Apêndices - Desenho 365. Seção 22 x 3,5 m – trecho 1/2 (05/05). 1256

Apêndices - Desenho 366. Seção 24 x 3,5 m – trecho 1/2 (01/05). 1257

Apêndices - Desenho 367. Seção 24 x 3,5 m – trecho 1/2 (02/05). 1258

Apêndices - Desenho 368. Seção 24 x 3,5 m – trecho 1/2 (03/05). 1259

Apêndices - Desenho 369. Seção 24 x 3,5 m – trecho 1/2 (04/05). 1260

Apêndices - Desenho 370. Seção 24 x 3,5 m – trecho 1/2 (05/05). 1261

Apêndices - Desenho 371. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (01/07). 1262

Apêndices - Desenho 372. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (02/07). 1263

Apêndices - Desenho 373. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (03/07). 1264

Apêndices - Desenho 374. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (04/07). 1265

Apêndices - Desenho 375. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (05/07). 1266

Apêndices - Desenho 376. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (06/07). 1267

Apêndices - Desenho 377. Seção 24 x 3,5 m – trecho 2/2 (07/07). 1268

Apêndices - Desenho 378. Redimensionamento – Travessia 15. 1269

Apêndices - Desenho 379. Redimensionamento – Travessia 21. 1270

Apêndices - Desenho 380. Redimensionamento – Travessia 24. 1271

Apêndices - Desenho 381. Redimensionamento – Travessia 25. 1272

Apêndices - Desenho 382. Redimensionamento – Travessia 27. 1273

Apêndices - Desenho 383. Redimensionamento – Travessia 29. 1274

Apêndices - Desenho 384. Redimensionamento – Travessia 37. 1275

Apêndices - Desenho 385. Redimensionamento – Travessia 44. 1276

Apêndices - Desenho 386. Redimensionamento – Travessia 55. 1277

Apêndices - Desenho 387. Redimensionamento – Travessia 56. 1278

Apêndices - Desenho 388. Redimensionamento – Travessia 59. 1279

Apêndices - Desenho 389. Redimensionamento – Travessia 60. 1280

Apêndices - Desenho 390. Redimensionamento – Travessia 61. 1281

Apêndices - Desenho 391. Redimensionamento – Travessia 67. 1282

Apêndices - Desenho 392. Redimensionamento – Travessia 68. 1283

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Agência PCJ – Agência das Bacias PCJ
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico
ARSESP – Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo
Bacias PCJ – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
BHJ – Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRH – Bases Técnicas em Recursos Hídricos
CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
Comitês PCJ – Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CT – Câmara Técnica
CT-MH – Câmara Técnica de Monitoramento Hidrológico dos Comitês PCJ
CT-SA – Câmara Técnica de Saneamento dos Comitês PCJ
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo do Estado de São Paulo
ECP – Estado de Calamidade Pública
EHE – Evento Hidrológico Extremo
Funcap – Fundo Nacional de Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil
GTA – Grupo Técnico de Acompanhamento
IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
LF – Lei Federal
LOA – Lei Orçamentária Anual
MHH – Monitoramento Hidráulico-Hidrológico
OGU – Orçamento Geral da União
PCJ – Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
PDC – Programa de Duração Continuada
PDDr – Plano Diretor de Drenagem
PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDM – Plano Diretor de Macrodrenagem
PDM-BHJ – Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí
PDRF – Plano Diretor de Recomposição Florestal
PIP – Projeto Individual da Propriedade
PLACON – Plano de Contingência
PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PSA – Pagamento por Serviços Ambientais
RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REFAU – Reserva de Fauna
RESEX – Reserva Extrativista

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural
S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
SE – Situação de Emergência
SIG –Sistema de Informações Geográficas
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SP – Estado de São Paulo
TDR – Termos de Referência
TR – Tempo de Retorno
TV – Travessia
UC – Unidade de Conservação
UGRHI – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SP)
UGRHI 05 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
UTM – Universal Transversa de Mercator (Sistema de Projeção Cartográfica)
ZPC – Zona de Passagem de Cheia
ZPI - Zoneamento da Planície de Inundação

LEGENDA DAS FOTOS DE CAPAS

Fotos de capa: Rio Jundiaí no município de Itupeva, a jusante da confluência com o Córrego Caxambuzinho.

Fotos das aberturas de capítulos

Introdução: Rio Jundiaí na divisa entre os municípios de Itupeva e Indaiatuba, próximo à confluência com o Córrego da Fazenda Itatuba.

Objetivos: Encontro do Rio Jundiaí e um afluente no município de Itupeva, a jusante da confluência com o Córrego da Lagoa.

Caracterização da área de estudo: Afluente do Rio Jundiaí no município de Salto, a montante do Ribeirão Piraí.

Levantamento de informações nos municípios: Travessia do Rio Jundiaí no município de Indaiatuba, a montante da confluência com o Córrego da Barrinha.

Levantamentos de campo: Rio Jundiaí no município de Indaiatuba, a jusante da confluência com o Córrego das Pedrinhas.

Análise de dados de monitoramento hidrológico: Rio Jundiaí no município de Salto, próximo à sua foz.

Diagnóstico: Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, a montante da confluência com o Córrego Rabicho.

Prognóstico: Ribeirão das Furnas (ou São José), afluente do Rio Jundiaí no município de Itupeva.

Concepção do Plano de Ações: Rio Jundiaí no município de Jundiaí, a jusante da confluência deste com o Córrego Chapadão.

Plano de ações: Rio Jundiaí no município de Salto, a jusante da confluência com o Córrego Santa Cruz.

Indicação em planta das ações estruturais propostas: Rio Jundiaí no município de Campo Limpo Paulista, a montante da confluência com o Córrego do Moinho.

Resultados da simulação hidrodinâmica com a implantação das medidas estruturais recomendadas: manchas de inundação: Rio Jundiaí no município de Salto, próximo à sua foz no reservatório da PCH Porto Góes.

Minutas de TDR de Planos de Drenagem para municípios da BHJ: Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, logo a montante da confluência com o Córrego Pinheirinho.



Introdução

1. INTRODUÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A apresenta o **PRODUTO 10 – RELATÓRIO FINAL**, décima atividade dos estudos para *"Elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí – PDM-BHJ"*.

Tal trabalho foi contratado junto à PROFILL pela Fundação Agência das Bacias PCJ, responsável por seu acompanhamento e fiscalização. Os recursos financeiros investidos no trabalho são oriundos da Cobrança PCJ Federal, previstos das ações do PAP – Plano de Aplicação Plurianual 2017-2020, em específico para o exercício 2018.

Este Produto 10 consiste no Relatório Completo do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, e tem por base os Relatórios Parciais aprovados do PDM, que contém todas as ações propostas, custos, cronogramas, entre outros, desenvolvidos ao longo de todo o Plano Diretor de Macrodrenagem da BHJ, aprovado nas Plenárias dos Comitês PCJ em março de 2022.

O relatório deverá ser avaliado pela Agência das Bacias PCJ e pelo Grupo Técnico de Acompanhamento - GTA, formado por técnicos das Prefeituras dos Municípios da Bacia, da Câmara Técnica de Saneamento (CT-SA), e de representantes do DAEE e CETESB.

Para subsidiar os apontamentos estratégicos necessários ao cumprimento do escopo das atividades, os quais se refletem em direcionamentos metodológicos, este Produto 10 se divide nos capítulos mencionados a seguir.

O capítulo 2 apresenta os objetivos do trabalho, ressaltando os resultados esperados, com seus objetivos principais e secundários. O capítulo 3 compreende uma caracterização da área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, relativamente a temática do trabalho, elaborada com informações do Plano das Bacias PCJ e dos próprios dados obtidos com a execução do PDM-BHJ.

O capítulo 4 apresenta a etapa de levantamento de informações nos 11 municípios contidos na BHJ, onde buscou-se informações acerca de Planos e estudos anteriores relativos à macrodrenagem, bem como ilustra o resultado de duas visitas de coleta de dados realizadas em cada um dos referidos municípios. O capítulo finaliza ilustrando as principais características, informadas pelos municípios durante as visitas, de seus respectivos sistemas de macrodrenagem. O capítulo 5 aborda os levantamentos de campo realizados na Bacia

Hidrográfica do Rio Jundiaí, a metodologia empregada e os resultados obtidos – o cadastramento de 490 pontos, sendo 300 seções de controle, 68 travessias e 122 confluência ao longo do Rio Jundiaí.

O capítulo 6 apresenta um compilado de dados de monitoramento hidrológico utilizados durante a execução do PDM-BHJ. O capítulo 7 apresenta, por fim, o diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, no que tange a macrodrenagem. Neste capítulo são apresentados os dados utilizados para a simulação hidrológica e hidrodinâmica, assim como os resultados gerados para ambas – os hidrogramas de cheia e as manchas de inundação dos seis tempos de retorno simulados neste cenário. O capítulo 8, por sua vez, apresenta a simulação hidrológica e hidrodinâmica do cenário de prognóstico para a BHJ, onde são apresentados os resultados de ambas as simulações para todos os tempos de retorno simulados anteriormente citados.

Já o capitulo 9 apresenta a concepção do Plano de Ações da bacia, onde são apresentadas as propostas de intervenções estruturais – sugeridas com base nos resultados do diagnóstico e prognóstico da BHJ, a composição de custos e seleção das referidas alternativas, bem como a estrutura geral do Plano de Ações. O capitulo 10 apresenta os oito Programas propostos para execução no presente Plano Diretor de Macrodrenagem, dispostos de acordo com as ações a serem desenvolvidas, os resultados esperados, atores envolvidos e atribuições, os custos e fontes de financiamento, bem como o cronograma de implementação, manutenção e revisão do programa.

O capítulo 11 apresenta a indicação em planta das ações estruturais recomendadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Nele são detalhadas as medidas estruturais propostas anteriormente no Plano de Ações, através de três conjuntos de ações – reservatórios de amortecimento de cheias, modificações na calha do Rio Jundiaí (canalizações e bermas), e adequações em travessias. O capítulo 12 apresenta os resultados da simulação hidrodinâmica – as manchas de inundação – gerados considerando a implantação das medidas estruturais sugeridas para execução na BHJ. O capítulo 13, por sua vez, apresenta um quadro geral das informações que devem estar presentes em minutas que visem a elaboração de Termos de Referência de Planos Diretores de Drenagem Urbana para os municípios da bacia. Ressalta-se que as onze minutas geradas para os municípios de Atibaia, Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Itu, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Mairiporã, Salto e Várzea Paulista estão apresentadas nos Anexos deste relatório.

O capítulo 14 apresenta as referências bibliográficas utilizadas no estudo. Já o capítulo 15 – Apêndices – apresenta os mapas e desenhos elaborados ao longo das etapas de execução dos trabalhos, agrupados por capítulos. Por fim, o capítulo 16 ilustra os Anexos deste relatório.

Assim, este Relatório Final se divide em 7 (sete) TOMOS:

- **O TOMO I engloba os capítulos 1 a 14;**
- **O TOMO II aborda os Apêndices apresentados no capítulo 15, onde são ilustrados os Desenhos referenciados no capítulo 5;**
- **O TOMO III aborda os Apêndices apresentados no capítulo 15, onde são ilustrados os Mapas referenciados no capítulo 7;**
- **O TOMO IV aborda os Apêndices apresentados no capítulo 15, onde são ilustrados os Mapas referenciados no capítulo 8;**
- **O TOMO V aborda os Apêndices apresentados no capítulo 15, onde são ilustrados os Desenhos referenciados no capítulo 11;**
- **O TOMO VI aborda os Apêndices apresentados no capítulo 15, onde são ilustrados os Mapas referenciados no capítulo 12; e**
- **Por fim, o TOMO VII apresenta os Anexos, ilustrados no capítulo 16.**



Objetivos

2. OBJETIVOS

O Plano Diretor de Macrodrenagem (PDM) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (BHJ) tem os seguintes objetivos:

- Caracterizar as causas das inundações ocorridas nas zonas urbanas dos municípios localizados na região;
- Apresentar propostas de implantação de ações estruturais e não estruturais para controle de cheias, a curto (5 anos), médio (10 anos) e longo (20 anos) prazos, nas áreas urbanas, de modo a reduzir progressivamente a frequência, a intensidade e a gravidade das ocorrências de enchentes; e
- Eventualmente, algumas ações estruturais e não-estruturais podem ser propostas em áreas rurais, de modo a minimizar os efeitos das cheias nas áreas a jusante.

Complementarmente, são esperados os seguintes objetivos secundários:

- Apresentar os levantamentos de dados e informações necessários a caracterização dos problemas relativos a cheias do rio Jundiaí;
- Diagnosticar o processo de formação das cheias na bacia e seus impactos nos municípios;
- Prognosticar, com horizonte de 20 (vinte) anos, estes problemas;
- Viabilizar a definição de diretrizes gerais de caráter regional; e
- Orientar, futuramente, a elaboração (ou revisão) de Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem, adequados à realidade de cada município da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.



Caracterização da área de estudo

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este item foi elaborado considerando, também, as informações disponíveis no Relatório Final da Etapa 1 da Revisão e Atualização do Plano das Bacias PCJ, disponível no sítio eletrônico do Plano (https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/documentos/etapa-1-plano-vigente), elaborado pelo Consórcio PROFILL – RHAMA e aprovado pelos Comitês PCJ em abril de 2018.

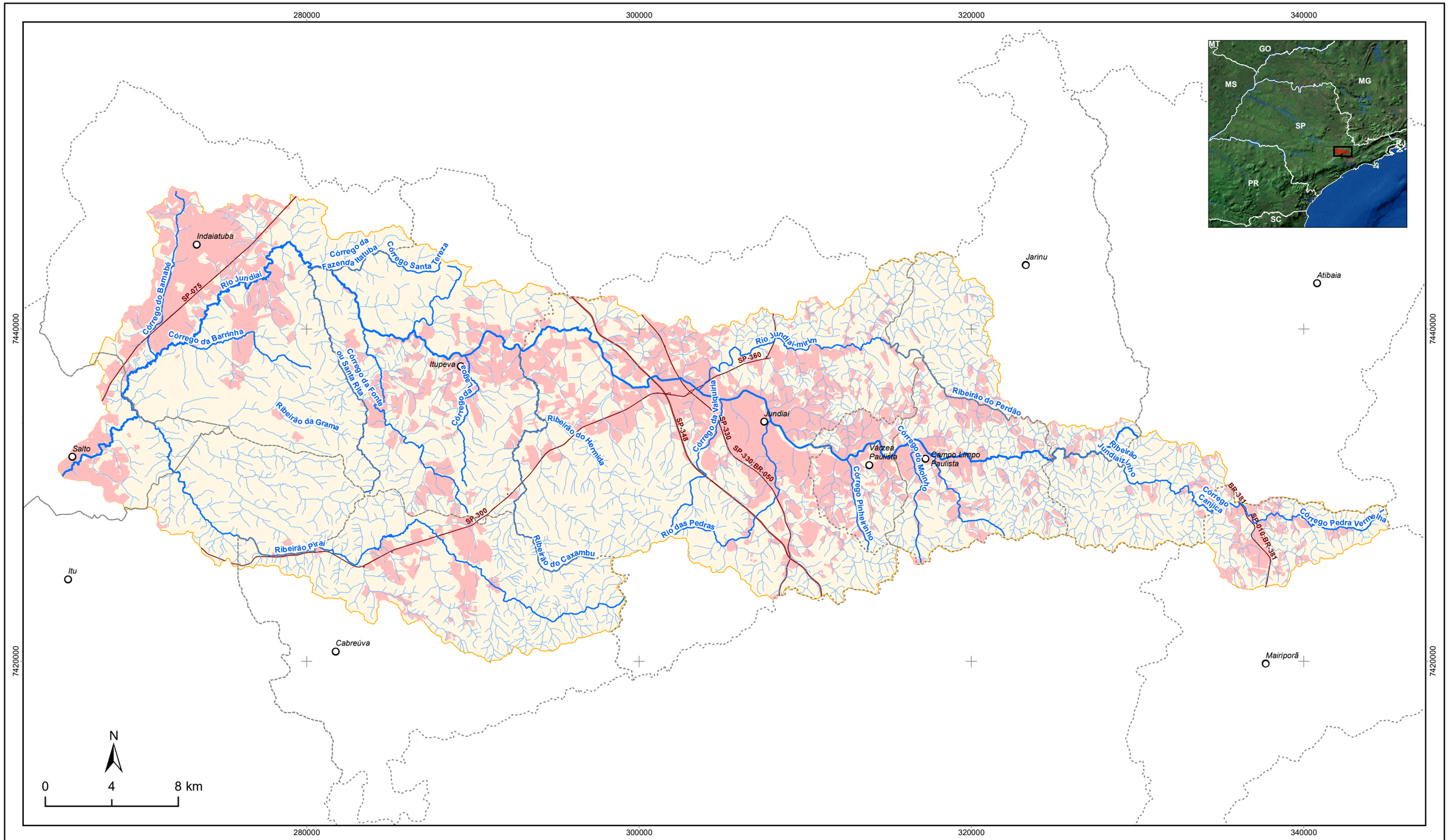
As Bacias PCJ (UGHRI-5, na divisão paulista de bacias, Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) são formadas por três bacias hidrográficas paralelas, dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, localizadas nos estados de São Paulo e também Minas Gerais. Dentre elas, este projeto tem por área de atuação a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (BHJ), com 1.114 km², e seus municípios.

Ao todo, onze municípios integram a BHJ, total ou parcialmente. São eles: Atibaia, Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Itu, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Mairiporã, Salto e Várzea Paulista. Conforme indicação dos TDR, a área de estudo compreende as porções municipais que afluem para o Rio Jundiaí, ou seja, o território da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

No Mapa 3.1 a seguir apresenta-se a disposição destes municípios na bacia hidrográfica. O mapa também apresenta a localização das sedes urbanas e a extensão das manchas urbanas na BHJ, conforme dados do Mapa de Uso do Solo do Plano das Bacias PCJ (PROFILL/RHAMA, 2018a). A análise do mapa de uso do solo aponta que aproximadamente 22% da bacia do Rio Jundiaí corresponde a áreas urbanizadas, e os 78% restantes são distribuídos entre áreas de campos, lavouras, mata nativa, corpos d'água e outros usos.

O Rio Jundiaí tem, aproximadamente, 123 km de extensão, sendo um afluente da margem direita do Rio Tietê. Seus principais afluentes são o Rio Jundiaí-Mirim e o Ribeirão Piraí. As nascentes do Rio Jundiaí estão localizadas a 1.000 m de altitude, na Serra da Pedra Vermelha, no município de Mairiporã. O Rio Jundiaí segue seu curso, paralelamente ao Rio Capivari, até desaguar no Rio Tietê, no município de Salto, no reservatório da Usina Hidrelétrica Porto Góes.

Do ponto de vista de seu regime de vazões, a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí recebe uma transposição de 1,2 m³/s em épocas de estiagem, provenientes do Rio Atibaia, através do Rio Jundiaí-Mirim, com o objetivo de reforçar o sistema de abastecimento do município de Jundiaí.



LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Rodovia
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 3.1 – Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, indicando seus municípios, sedes e áreas urbanas

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Sistema de Transporte: Open Street Map, 2018
- Área urbanizada, corpos d'água: Uso do solo, 2018

A análise do mapa anterior indica que municípios como Atibaia, Jarinu e Itu possuem uma pequena área urbana na bacia, correspondendo a distritos isolados da sede urbana. Por outro lado, municípios como Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto tem suas áreas urbanas ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Outra informação importante é caracterizar a ocorrência das cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Para isso, no Quadro 3.1 são apresentadas as extensões de vias atingidas pelas manchas de inundação do cenário de Diagnóstico, para alguns dos tempos de retorno modelados neste estudo.

Quadro 3.1. Extensão de vias potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Jundiaí, agrupadas por tempo de retorno.

Tempo de retorno	Município	Extensão de vias atingidas (km)
10 anos	Campo Limpo Paulista	9,4
	Indaiatuba	11,4
	Itupeva	18,1
	Jundiaí	61,2
	Salto	10,1
	Várzea Paulista	11,7
25 anos	Campo Limpo Paulista	10,8
	Indaiatuba	14,6
	Itupeva	31,7
	Jundiaí	78,9
	Salto	12,1
	Várzea Paulista	15,2
50 anos	Campo Limpo Paulista	12,7
	Indaiatuba	16,8
	Itupeva	34,5
	Jundiaí	112,6
	Salto	13,9
	Várzea Paulista	16,1
100 anos	Campo Limpo Paulista	15,1
	Indaiatuba	19,7
	Itupeva	39,9
	Jundiaí	128,9
	Salto	16,5
	Várzea Paulista	17,4

Fonte: simulação hidrodinâmica do cenário de Diagnóstico para a BHJ.

Observa-se, a partir dos valores apresentados no Quadro 3.1, que 237 km de vias podem ser atingidos quando considerada a mancha de inundação para o maior tempo de retorno simulado, de 100 anos. Por outro lado, em uma mancha de menor tempo de retorno, como por exemplo 25 anos, estão localizados pouco mais de 163 km de vias atingidas pela inundação.

Além disso, também foi realizada uma contagem para estimativa de edificações localizadas nas manchas de inundação simuladas neste estudo. Neste processo, observaram-se edificações destinadas aos mais variados usos, como comercial, industrial e residencial. Desta forma, no Quadro 3.2 são apresentados os valores totais de edificações atingidas em cada mancha de inundação por município.

Quadro 3.2. Número de edificações potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Jundiaí, agrupadas por tempo de retorno.

Tempo de retorno	Município	Número de edificações na mancha
10 anos	Campo Limpo Paulista	247
	Indaiatuba	255
	Itupeva	999
	Jundiaí	4.046
	Salto	541
	Várzea Paulista	61
25 anos	Campo Limpo Paulista	298
	Indaiatuba	338
	Itupeva	2.086
	Jundiaí	5.245
	Salto	702
	Várzea Paulista	192
50 anos	Campo Limpo Paulista	352
	Indaiatuba	426
	Itupeva	2.219
	Jundiaí	7.390
	Salto	810
	Várzea Paulista	250
100 anos	Campo Limpo Paulista	423
	Indaiatuba	580
	Itupeva	2.492
	Jundiaí	8.385
	Salto	1.030
	Várzea Paulista	316

Fonte: simulação hidrodinâmica do cenário de Diagnóstico para a BHJ.

No total, para mancha de inundação mais abrangente (100 anos), foram identificadas 13.226 unidades em áreas em risco de inundação, sendo que a maior parte delas (63,4%) está localizada no município de Jundiaí. Já na mancha modelada para um tempo de retorno mais recorrente (10 anos) estão localizadas 6.149 unidades em áreas potencialmente inundáveis.



Levantamento de informações nos municípios

4. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES NOS MUNICÍPIOS

4.1. Planos e estudos anteriores

Este item apresenta o levantamento de informações realizados em planos e estudos anteriores, já executados para os municípios da BHJ. Foram buscadas informações nos Planos Municipais de Saneamento Básico, nos Planos Diretores de Drenagem Urbana, bem como realizada uma busca nos Instrumentos Jurídicos e Institucionais presentes nos 11 municípios integrantes da bacia.

4.1.1. *Planos Municipais de Saneamento Básico*

Este item apresenta uma revisão bibliográfica dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos 11 municípios inseridos integralmente ou parcialmente na Bacia do Rio Jundiaí. Tendo em vista as mudanças dinâmicas dos sistemas de saneamento básico, as informações apresentadas a seguir estão atualizadas com base nos dados da Revisão do Plano de Bacias PCJ 2010 a 2020 e das concessionárias responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água, tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana.

4.1.1.1. Atibaia

O município de Atibaia teve seu Plano Municipal de Saneamento Básico consolidado em maio de 2011. O abastecimento de água municipal é realizado pelo SAAE – Atibaia, a partir de uma captação localizada na margem esquerda do Rio Atibaia. Esta é responsável por captar até 350 L/s, encaminhando através de bombeamento de água bruta até as ETA 1 e 2, responsáveis por cerca de 70% do abastecimento da cidade. Uma nova captação, ao lado da antiga, foi projetada para captar até 1000 L/s; atualmente, opera bombeando cerca de 400 L/s. Outras captações de menor porte são realizadas no Córrego do Onofre e Córrego dos Pintos.

Os principais centros de reservação do município são ETA I e II – Setor Centro, Alvinópolis e ETA III – Setor Cerejeiras/Jardim Imperial, correspondendo juntos a 78% da reservação na cidade. A rede de distribuição possui aproximadamente 371,20 km de extensão e atende 35.677 economias, entre elas residenciais, comerciais, industriais e do poder público.

O sistema de esgotamento sanitário é composto de cinco coletores tronco (Jerônimo de Camargo, Itapetinga, Figueira, dos Pintos e Maria Alvim Soares), quatro Estações Elevatórias de Esgoto (EEE Jd. Pinheiros, EEE Parque dos Coqueiros, EEE São João e EEE Jd. Ypê), além de

quatro novas elevatórias em fase final de construção no Loteamento Nova Atibaia. Quanto às Estações de Tratamento de Esgotos, são três no município: ETE Estoril, ETE Cerejeiras e ETE Jd. das Palmeiras.

O Plano propõe três alternativas de melhorias para o sistema de abastecimento de água municipal:

- Ampliação da capacidade das unidades de captação, tratamento, adução e reservação existentes e em colocar em operação a captação do Córrego dos Pintos, além da implantação de um sistema isolado para atendimento da Usina;
- Prevê a desativação da captação no Córrego do Onofre e da ETA Cerejeiras, com a transformação desta última em unidade de reservação, e ainda ampliação das captações do Rio Atibaia e do Córrego dos Pintos e de suas respectivas estações de tratamento. Além disso, propõe também a implantação de uma adutora interligando a reservação Central e do Cerejeiras;
- Centralização total do tratamento de água da cidade na ETA Central, com a construção da nova ETA Central que já está em fase de estudos e posterior ampliação para 1000 L/s com captação no Rio Atibaia. A ETA III seria desativada quando o Sistema Central estivesse interligado ao Sistema Cerejeiras.

Já para o sistema de esgotamento sanitário, o Plano propõe duas alternativas de melhorias:

- Manter e ampliar a ETE Estoril, implantando sistema de coleta e tratamento nos núcleos municipais isolados e uma nova ETE (ETE Caetetuba), além de desativar duas ETEs (Cerejeiras e Jd. das Palmeiras);
- Propõe todas as soluções acima mencionadas, além da implantação de um interceptor na margem esquerda do Rio Atibaia, com 7 km de extensão.

O município definiu, a partir de uma análise de viabilidade ambiental e econômica, que para o sistema de abastecimento de água a alternativa de melhoramento escolhida foi a III, enquanto que para o esgotamento sanitário a análise de viabilidade apontou a alternativa II como a melhor solução.

Segundo a Lei Complementar nº 381/01, passa a ser competência do SAAE estudar, projetar, fiscalizar, manter, conservar e explorar os serviços relativos aos resíduos sólidos (lixo)

do município. Entretanto, o PMSB de Atibaia não aborda aspectos referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Contudo, no ano de 2014 foi elaborado o **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Atibaia (REÚSA)**, onde nele são abordados aspectos referentes ao diagnóstico e classificação dos resíduos gerados pelo município, bem como sua coleta, tratamento e disposição. O Plano se encontra disponível para *download* no sítio eletrônico do SAAE Atibaia.

No que tange a drenagem urbana**, o município possui um Plano Municipal de Drenagem Urbana de Águas Pluviais**, que será abordado em maior detalhe no item 4.1.2 do presente relatório.

4.1.1.2. Cabreúva

O município de Cabreúva, inserido parcialmente na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e do Médio Tietê – UGRHI 10, teve seu Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico proposto em 2011.

A captação superficial do município é realizada nos ribeirões Piraí e Cabreúva, sendo o tratamento para abastecimento público realizado na ETA Jacaré e na ETA Cabreúva, respectivamente. O abastecimento de água atende 100% da área urbana, sendo propostas, no PMSB, apenas intervenções para a manutenção do atendimento atual.

O Sistema de Esgotos Sanitários de Cabreúva, operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), atende à sede municipal, ao distrito Jacaré e ao bairro Bananal, com índices de esgotamento de 48%, 81% e 93%, respectivamente. Para o SES de Cabreúva, 100% do esgoto coletado é tratado, e o sistema é subdividido em três:

- Sede: constituído de rede coletora, elevatória e sistema de tratamento por lagoa de estabilização, do tipo facultativa, **com lançamento no Ribeirão Cabreúva**;
- Bananal: compõe-se de rede coletora, sistema de tratamento do tipo fossa-filtro anaeróbio e **lançamento no Rio Tietê**.
- Jacaré: constituído de rede coletora, estações elevatórias, coletor-tronco e sistema de tratamento do tipo lagoas aeradas e **lançamento no Ribeirão Piraí**.

Destaca-se que o município de Cabreúva participa do Consórcio Intermunicipal do Ribeirão Piraí (CONIRPI), estabelecido entre os municípios de Cabreúva, Itu, Indaiatuba e Salto, com o objetivo de implantar uma barragem de regularização no Ribeirão Piraí.

A ETE Jacaré está localizada a montante da futura barragem do Ribeirão Piraí, de forma que a participação do município de Cabreúva no CONIRPI dá-se com o intuito de garantir a qualidade da água que será captada a jusante. O PMSB de Cabreúva propõe a ampliação da ETE Jacaré existente, de 50 L/s para 90 L/s e a implantação de uma nova ETE Jacaré, que também lançará seus efluentes no Ribeirão Piraí. O sistema de tratamento de esgoto da nova ETE Jacaré será terciário, o que permite remover poluentes específicos, não removíveis por métodos biológicos convencionais. Dessa forma, não comprometerá a futura barragem para captação de água para abastecimento público.

Em relação aos resíduos sólidos domiciliares de Cabreúva, a coleta abrange 100% da área urbana, sendo os resíduos encaminhados ao aterro sanitário municipal. Há coleta seletiva, realizada através de caminhões que percorrem as edificações e procedem o recolhimento, posteriormente encaminhando os resíduos para a Cooperativa de Trabalho, Triagem de Materiais Recicláveis do Japi – COTRIMAR, localizada no município.

Há 3 (três) eco pontos instalados no município, localizados nos Bairros Vilarejo, Pinhal e Vale Verde, que recebem os seguintes tipos de resíduos: construção civil, eletroeletrônicos, móveis antigos, podas de árvores, resíduos de jardinagem, madeira e materiais recicláveis. Os resíduos de podas são triturados e utilizados na conservação dos jardins, plantios e doados aos agricultores e demais interessados.

O aterro sanitário municipal, que recebe os resíduos sólidos domiciliares, obteve melhorias após a implantação de Participação Pública Privada (PPP), e atualmente encontra-se com IQR nota 9,7, referente ao ano de 2017.

O PMSB de Cabreúva descreve sucintamente o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do município. De acordo com o estudo, a rede de galeria de águas pluviais conduz a maior parte das águas captadas ao Ribeirão Piraí e está presente em grande parte do bairro Jacaré (ruas Rio Grande do Sul, Pernambuco, Espírito Santo e Rio de Janeiro) e Distrito do Bomfim (ruas Hungria, Antônio Castaldi Filho, entre outras). Ainda, o PMSB ressalta a existência de um trecho do Ribeirão Piraí, próximo ao bairro Vilarejo Sopé da Serra, que apresenta extravasamento de calha em períodos chuvosos, podendo ocasionar inundações nas

áreas ocupadas e nas vias públicas próximas a este ponto de criticidade da macrodrenagem. Em relação aos pontos de criticidade da microdrenagem, não foram apontados locais suscetíveis a inundações.

Devido à falta de informações quanto ao **sistema de microdrenagem**, o PMSB propõe **soluções mais abrangentes**, que priorizam medidas para a **melhoria do sistema existente** e a orientação para projetos e obras. Quanto à macrodrenagem, realizou-se o diagnóstico e a modelagem hidrológica no ponto considerado crítico, próximo ao Ribeirão Piraí. A partir disso, constatou-se uma **grande incompatibilidade entre a capacidade hidráulica atual de escoamento do Ribeirão Piraí e a capacidade necessária**. O estudo julgou insuficientes as informações disponíveis para uma avaliação satisfatória, apontando a necessidade de levantamentos mais completos de informações.

Desta forma, o PMSB de Cabreúva adotou as **premissas já existentes** no projeto básico de drenagem pluvial "Elaboração de Projeto Básico de Drenagem Pluvial no Bairro Vilarejo Sopé da Serra", elaborado em 2003, o qual propõe etapas com as seguintes **medidas**:

- Desassoreamento do curso d'água;
- Canalização e ampliação da calha em trecho do Ribeirão Piraí, a fim de aumentar a capacidade de escoamento fluvial; e
- Implantação de bacia de detenção, para **amortecimento do pico de cheia**.

4.1.1.3. Campo Limpo Paulista

O município de Campo Limpo Paulista localiza-se na macrometrópole paulista, dentro da aglomeração urbana de Jundiaí, no interior de São Paulo. O PMSB de Campo Limpo Paulista, finalizado em dezembro de 2015, foi elaborado com foco na universalização dos quatro serviços de saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana.

As captações de água para abastecimento público do município são localizadas no Rio Jundiaí e no Córrego Mãe Rosa, com vazões outorgadas de 1200 m³/h e 86,4 m³/h, respectivamente. O PMSB destaca que a população e as atividades econômicas do município são vulneráveis do ponto de vista do abastecimento, por questões de disponibilidade. O principal manancial de captação, o Rio Jundiaí, apresenta severas reduções de vazões em períodos de

estiagem, além dos conflitos de captação para uso agrícola a montante da captação para abastecimento público.

Visando atender à demanda de água, há solicitação para ampliação da vazão outorgada no Córrego Mãe Rosa para 324 m³/h. Ainda, a SABESP, responsável pelo abastecimento público do município, propôs a implantação de um reservatório no Rio Jundiaí, que seria construído a montante de Campo Paulista e poderia garantir o abastecimento em épocas de estiagem. Entretanto, a população que seria atingida pela obra do reservatório posicionou-se contra a obra, de forma que a proposta foi temporariamente adiada.

O PMSB aponta que, em 2013, 59,47% da população era atendida pela coleta de esgotos, sendo 54,28% desse total tratado. As projeções do PMSB indicam a necessidade da construção de 155 km de rede para coleta de esgotos em 30 anos e a instalação de uma nova estrutura de tratamento, com o dobro da capacidade que seria instalada em 2015.

Ainda em 2013, foi inaugurado o Sistema Integrado de Esgotamento Sanitário (SIES) de Campo Limpo Paulista e de Várzea Paulista, tratando, de acordo com os dados mais recentes (SABESP, 2017), 94,8% do esgoto coletado. O esgoto coletado em Campo Limpo Paulista é encaminhado à ETE localizada em Várzea Paulista, sendo o efluente tratado lançado no Rio Jundiaí. Desta forma, dados indicam que a implantação do SIES contribuiu para a despoluição do Rio Jundiaí.

De acordo com o PMSB de Campo Limpo (2015), os resíduos sólidos domiciliares gerados no município são encaminhados ao aterro sanitário de Caieiras. A coleta seletiva é viabilizada por uma cooperativa de reciclagem, que conta com um galpão e veículos de coleta fornecidos pela prefeitura e opera em cerca de 25% da cidade.

Campo Limpo Paulista não possui um Plano de Macrodrenagem, mas conta com um item destinado ao assunto no PMSB. Visitas de campo em 2014 observaram a presença de guias e calçadas na área central no município, além de bocas de lobo e galerias pluviais nos córregos e no Rio Jundiaí. Há **registros de enchentes e inundações** em eventos de chuvas intensas no **trecho de confluência do Rio Jundiaí com o Córrego Mãe Rosa**, entretanto, de acordo com o estudo, **há riscos de inundação em toda a área de várzea do Rio Jundiaí**, onde há confluência com córregos tributários de montante, em virtude das características de ocupação por vias marginais muito próximas ao Rio.

Registros dos locais de ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações, fornecidos pela Defesa Civil de Campo Limpo Paulista, são apresentados no PMSB. Ainda, são apontados locais sujeitos a deslizamentos, ressaltando-se a importância de uma gestão adequada da drenagem urbana, através do controle de ocupação e do correto direcionamento das águas pluviais. O PMSB de Campo Limpo Paulista faz as seguintes **recomendações quanto à drenagem urbana**:

- Estabelecer um Programa Emergencial de Manutenção Preventiva de Drenagem;
- Efetuar o **mapeamento** detalhado e o dimensionamento de todas as estruturas de **microdrenagem do município**;
- Efetuar a medição das vazões nos pontos críticos de macrodrenagem em regime normal de chuvas e em regime de chuvas intensas;
- Elaborar um **Plano de Macrodrenagem e Microdrenagem** no município com base nos resultados obtidos; e
- Elaborar um **Plano Definitivo de Macrodrenagem e Microdrenagem** do município.

4.1.1.4. Indaiatuba

O PMSB de Indaiatuba, município inserido parcialmente nas Bacias PCJ, foi proposto em 2014 e contempla estudos detalhados de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem urbana. O abastecimento de água potável e a coleta, afastamento e tratamento do esgoto gerado são realizados pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE).

O sistema de abastecimento de água de Indaiatuba é subdividido em quatro subsistemas e conta com 8 captações superficiais. A seguir, as captações superficiais dos subsistemas são brevemente detalhadas:

- ETA I: possui duas captações superficiais na Represa Cupini (captação do Cupini I e Cupini II), abastecidas pela Represa Morungaba, localizada no Córrego Santa Rita; e uma captação na barragem de nível no Rio Capivari-Mirim;
- ETA III: abastecida por uma captação superficial no Ribeirão Piraí, uma no Córrego da Barrinha e uma no Rio Jundiaí;
- ETA IV: compreende uma captação superficial no Rio Capivari-Mirim; e

- ETA V: conta com uma captação superficial no Córrego do Barnabé.

Portanto, o sistema conta com captações superficiais em cinco corpos hídricos inseridos na Bacia do Rio Jundiaí. O projeto de captação da ETA VI, a ser realizado no Rio Jundiaí, e as ampliações em curso da ETA I, ETA III e ETA V irão aumentar o volume captado e tratado do Ribeirão Piraí. A barragem a ser construída no Ribeirão Piraí, nos municípios de Salto e Itu, prevista para entrar em funcionamento a partir de 2023, aumentará a segurança hídrica. A captação, que é feita atualmente na ETA III, no mesmo corpo hídrico, não sofrerá alteração. Uma maior reservação em função da represa da barragem não significa que a captação aumentará, e sim que em períodos de estiagem haverá uma maior garantia de vazão outorgada.

O SAAE já ampliou o sistema de captação e adução de água bruta do Ribeirão Piraí, bem como fez a adequação e ampliação da ETA III, com a construção do 3º módulo de tratamento. Com isso, a vazão nominal passou de 300 L/s para 450 L/s. Já a ampliação futura da ETA III, com a construção do 4º módulo de tratamento, depende da regularização de vazão do Ribeirão Piraí, que será obtida com a construção da barragem.

As demais alternativas para incremento da produção de água, propostas no PMSB e consideradas viáveis pelo mesmo, já foram realizadas pelo SAAE:

- Aumento da captação no Córrego do Barnabé e a ampliação da ETA V;
- Captação no Rio Jundiaí e posterior tratamento na ETA III.

O sistema de esgotos sanitários de Indaiatuba conta com apenas uma estação de tratamento de esgoto, a ETE Mário Araldo Candello, cujas obras de adequação e ampliação estão sendo finalizadas. Os efluentes tratados são conduzidos por um emissário e lançados no Rio Jundiaí. Em 2017, de acordo com a CETESB, o índice de coleta de Indaiatuba era de 96%, sendo tratado 69% do coletado. De acordo com a SAAE, a adequação da ETE Mário Araldo Candello, que teve início em 2017, garantirá o tratamento de 100% dos esgotos coletados. O PMSB propôs obras que se encontram atualmente concluídas, como: o término do interceptor de esgoto na margem direita do Rio Jundiaí e a desativação das ETEs Itaici e São Lourenço.

De acordo com o diagnóstico do PMSB, a coleta de resíduos sólidos domiciliares atende 100% da área urbana do município e 95% da área rural. Os resíduos coletados são encaminhados integralmente ao aterro sanitário localizado em Indaiatuba, que tem vida útil prevista até 2026. Os resíduos recicláveis são coletados através de 34 ecopontos distribuídos pela cidade, não abrangendo a área rural.

O sistema de microdrenagem conta com galerias pluviais que abrangem uma grande porção da área urbana, porém, há ocorrência de **pontos de alagamento durante chuvas intensas**, sendo que alguns destes não apresentam bocas de lobo. Para os pontos de alagamento, as possíveis alternativas de intervenções foram estabelecidas em função de projetos e estudos internos da Secretaria de Obras e Vias Públicas, de forma as mesmas foram adotadas para o PMSB e não serão detalhadas neste relatório. As seguintes medidas são propostas como **essenciais ao sistema de microdrenagem**:

- Criação de uma estrutura de inspeção e manutenção da drenagem;
- **Expansão da rede de drenagem** de acordo com o crescimento do município;
- Registro dos incidentes envolvendo o sistema de microdrenagem; e
- Manutenção e expansão do programa de monitoramento a ligações clandestinas de esgoto, de modo que o **sistema de drenagem e de esgotos sanitários sejam totalmente independentes**.

O município possui uma rede hidrográfica composta por dois grandes corpos hídricos, o Rio Capivari-Mirim e o Rio Jundiaí, sendo que cerca de **58% do território de Indaiatuba** está inserido na **Bacia do Rio Jundiaí**. Outra parte considerável do território está localizada nas sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Buru e do Rio Capivari-Mirim. Em relação à macrodrenagem, o sistema apresenta-se como satisfatório, tendo em vista que foi localizado apenas **um ponto de inundação**, no **Córrego do Barnabé**, com poucas ocorrências relatadas. Ainda, o **Rio Jundiaí não apresentou focos de transbordamento**, de forma que o Plano recomenda apenas a manutenção preventiva do sistema operacional de macrodrenagem. Entretanto, há necessidade de maior atenção às travessias no Córrego do Barnabé, que atravessa a área urbana adensada. Desta forma, o PMSB propõe:

- Readequação das travessias subdimensionadas;
- **Canalização** dos trechos de inundação **do Córrego do Barnabé**;
- Implantação de estruturas de **contenção pontual nas margens** de trechos do Rio Jundiaí e do Córrego do Barnabé, detalhados no PMSB;
- **Desassoreamento** prioritário da bacia do Córrego do Barnabé;
- Elaboração de um **Plano Diretor de Macrodrenagem**;

- Monitoramento do **nível e da vazão dos cursos d'água**; e
- **Registro de incidentes** envolvendo o sistema de macrodrenagem.

4.1.1.5. Itu

O PMSB do município de Itu foi elaborado em 2011 e apresenta diagnósticos, propostas de ações relativas aos sistemas de saneamento básico.

O sistema de abastecimento de água de Itu sofreu diversas alterações após a elaboração do PMSB, de forma que as informações apresentadas a seguir estão de acordo com os dados disponibilizados no site da Companhia Ituana de Saneamento (CIS), responsável pelo tratamento de água e de esgoto do município desde 2017. Ressalta-se que o prognóstico realizado em 2011 era favorável em relação às disponibilidades hídricas e o município de Itu participa do Consórcio Intermunicipal do Ribeirão Piraí (CNIRPI).

Os mananciais utilizados atualmente para captação superficial de água e a abrangência dos sistemas estão descritos a seguir:

- ETA I – Rancho grande: responsável pelo tratamento de água de 80% da região central da cidade; recebe água de seis mananciais superficiais, denominados Fubaleiro, Braiaiá, Gomes, São José, Mombaça e Pau d'Água;
- ETA VII – Itaim: recebe água exclusivamente da Barragem do Itaim e é responsável pelo abastecimento de 20% da região central da cidade;
- ETA III – Portal do Éden: recebe água do Córrego Varejão – São Miguel, abastecendo dois condomínios e o bairro Portal do Éden; e
- ETA VIII – Pirapitingui: sistema responsável pelo abastecimento do distrito de Pirapitingui e capta água do manancial São Miguel.

De acordo com o PMSB, a sede do município é atendida em 100% pela rede coletora de esgotos e conta com a ETE Canjica que lança o efluente final, após tratamento pelo processo de lodos ativados de alta carga, no Córrego Guaraú. Na época do diagnóstico do PMSB, o distrito de Pirapitingui lançava o esgoto doméstico sem tratamento nos mananciais. O estudo sugeriu obras de adequação da ETE Canjica e propôs a construção de uma nova ETE, para o distrito, ou o encaminhamento dos esgotos coletados no distrito para a ETE Canjica. Em 2018, de acordo

com a CIS, foi inaugurada a ETE Pirajibu, permitindo que o município alcance 100% de tratamento de esgoto.

O serviço de coleta de resíduos domiciliares passou de 68% para 100% de abrangência da área urbana em 6 anos. Os resíduos recicláveis são encaminhados a centros de triagem e os demais resíduos domiciliares, considerados como rejeitos, vão para o aterro sanitário de Itu.

O sistema de microdrenagem dispõe de pouca informação e foram identificados locais onde o sistema de microdrenos é insuficiente para captar o escoamento superficial excedente. Quanto à macrodrenagem, foram observados pontos suscetíveis a inundação e pontos de erosão. Os pontos de inundação estão relacionados ao extravasamento dos seguintes córregos: Córrego do Brochado, Córrego Taboão, Córrego Pirapitingui (próximo ao desemboque no Rio Tietê).

As principais sugestões do PMSB em relação à **microdrenagem** são:

- Levantamento de cadastro completo de estruturas hidráulicas de microdrenagem existentes;
- Adoção das premissas para elaboração de projeto básico de pavimentação viária e **manejo de águas pluviais**;
- Serviço de verificação e análise de projetos de pavimentação e/ou loteamentos;
- Estrutura de inspeção e manutenção dos elementos constituintes dos microdrenos;
- Monitoramento de chuva e registro de eventos críticos.

As propostas relativas à **macrodrenagem**, baseiam-se no projeto elaborado pela Prefeitura Municipal de Itu:

- Implantação do **sistema de drenagem de águas pluviais urbanas** com execução de **canalizações em gabião** dos Córregos Taboão, Brochado e Guaraú;
- Implantação de **reservatórios de amortecimento de cheias** nos bairros Jardim Faculdade e Vila Gatti;
- **Revitalização** de aproximadamente dez quilômetros de córregos e recuperação de duas bacias de detenção.

Segundo informações do site da Prefeitura de Itu, o Córrego do Taboão já havia sido 100% canalizado em 2015 e os Córregos Brochado e Guaraú estavam em obras, sendo a canalização destes três córregos considerada a maior obra de manejo de águas pluviais do país.

4.1.1.6. Itupeva

Segundo o PMSB de Itupeva, o município é abastecido exclusivamente por mananciais superficiais, sendo a captação realizada em três corpos hídricos afluentes ao Rio Jundiaí: Ribeirão Caxambú, Córrego da Lagoa e Ribeirão São José. As vazões médias de captação para os mananciais supracitados são de 85 L/s, 35 L/s e 30 L/s, respectivamente.

São duas as Estações de Tratamento de Água (ETA) no município: a ETA São José, que trata a água bruta oriunda do Ribeirão São José, e a ETA Lagoa, que trata a água advinda dos mananciais Córrego da Lagoa e Ribeirão Caxambú. Um ponto a ser observado neste sistema é que os mananciais de captação possuem baixa capacidade hídrica, e o Rio Jundiaí, curso d'água de maior porte da região, atualmente é enquadrado como Classe 3.

O sistema de reservação do município é composto por 21 reservatórios, cujas capacidades variam de 50 m³ atingindo até 1000 m³, totalizando 5.870 m³. Referente à distribuição de água potável, o índice de atendimento municipal chega a 86,09%, e o índice de cobertura em 99,7%.

De acordo com o PMSB, foi verificado que a porcentagem de lotes com a cobertura do sistema é de 81% e mostra-se distinta e menor do que a informada pela SABESP (99,7%), considerado superior à realidade vivenciada pelos municípios, conforme exposto por eles em audiências públicas, visto que a SABESP se refere a área de cobertura atendida por ela, e não ao município todo. A ETA São José é responsável pelo abastecimento de 7 bairros, sendo os demais abastecidos pela ETA Lagoa.

Em relação ao sistema de esgotamento sanitário do município, o Plano de Saneamento Básico apresenta um mapa com os principais componentes do sistema, na escala 1:30.000. A partir dele é possível observar que existem dois sistemas independentes no município que levam o esgoto bruto para as estações de tratamento: seis Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) encaminham o efluente para a ETE Nica Preta, e outra EEE, na margem oposta do Rio Jundiaí, encaminha o esgoto para a ETE Rio das Pedras. As demais redes não interligadas a estes sistemas lançam o efluente *in natura* no Rio Jundiaí.

Ainda, o PMSB conta com um **diagnóstico de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos**. Esta seção do Plano trata sobre a coleta, o destino final e o tratamento de resíduos.

Além disso, aborda uma série de programas, projetos ambientais e projetos de apoio à gestão integrada de resíduos municipais.

Como **metas principais** para o **sistema de abastecimento de água**, o município pretende aumentar a reservação de água bruta, estudar novas captações para abastecimento público, atender 100% da área urbana de forma ininterrupta, reduzir as perdas no sistema de distribuição para 17% (num horizonte de longo prazo), além de regularizar as outorgas e licenças ambientais da infraestrutura existente do SAA, entre outras. No que tange o **sistema de esgotamento sanitário**, algumas das **metas propostas** são: aumentar o índice de coleta e tratamento para 100%, destinar adequadamente 100% dos esgotos tratados e lodos gerados nas ETEs, desativar as fossas negras, regularizar fossas sépticas, realizar o mapeamento georreferenciado do SES existente, entre outras.

Mesmo possuindo um Plano de Macrodrenagem, realizado separadamente do PMSB, o Plano de Saneamento também fornece objetivos e metas a serem atingidas no que tange a **drenagem urbana**. Algumas delas são: elaboração de plano de limpeza sistemática de calhas, poços de visita e bocas de lobo, 100 % de limpeza sistemática no município, redução de 75% na quantidade de pontos de alagamento e de 70% na quantidade de pontos de enchentes, promover desocupação de áreas com risco de movimentação de massa e desestimular novas ocupações, além da redução de 100% da ocupação de áreas de risco, entre outras.

O **Plano de Macrodrenagem do Município de Itupeva** é abordado em maior detalhe no item 4.1.2 do presente relatório.

4.1.1.7. Jarinu

O PMSB do município de Jarinu, inserido na porção paulista das Bacias PCJ, foi elaborado em 2016. O serviço de abastecimento de água do município está a cargo da SABESP. A captação de água bruta se dá no manancial Ribeirão Maracanã, onde posteriormente é encaminhada para a Estação de Tratamento de Água. A demanda para abastecimento público de água no município é de cerca de 79 L/s. Ao todo, o sistema de reservação é composto por 8 reservatórios, que distribuem água tratada para 53,74 km de redes. A área rural do município de Jarinu não é atendida pela rede pública de abastecimento de água e, dessa forma, cada domicílio adota um tipo de solução individual.

Em relação ao sistema de esgotamento sanitário, a rede coletora do município atende cerca de 28,33% da população, através de duas Estações Elevatórias de Esgoto (EEE Musseli

e EEE José Tenente) e uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Parte dos esgotos coletados é encaminhado para a ETE municipal, e 100% do esgoto coletado é tratado. Após o tratamento, o esgoto é lançado no manancial Córrego Campo Largo.

Na zona rural do município não há coleta e afastamento de esgoto, de forma que o proprietário da residência é o responsável por promover o sistema; a solução mais comum encontrada pelos moradores das áreas rurais é a “fossa negra”.

No que tange a drenagem urbana, a gestão está a cargo da Prefeitura Municipal, através da Secretaria de Obras e da Defesa Civil. A rede de macrodrenagem é composta pelos principais talvegues, fundos de vale, cursos d’água e compreende também a rede de drenagem natural do município, precedente a ocupação do solo. A macrodrenagem local está inserida na bacia hidrográfica do Rio Atibaia, sendo o afluente principal o Ribeirão Maracanã. Outros corpos receptores de águas pluviais são o Córrego do Tijuco Preto, Ribeirão do Tanque, Ribeirão do Soares e Córrego do Perdão. Segundo a prefeitura, estes corpos hídricos encontram-se assoreados, dificultando o escoamento natural das águas pluviais.

Não há mapeamento da **infraestrutura existentes quanto à drenagem urbana**, mas conforme consta no portal do DAEE, existe o cadastro de 8 travessias e 1 canalização no Ribeirão Campo Largo e 3 travessias ao longo do Ribeirão Maracanã. Conforme levantamento do plano, há três áreas de risco a processos de inundação no município, sendo elas Nova Trieste, Ponte Alta/Bairro São Joaquim e Machadinho – Estrada da Cruzaço.

O PMSB dispõe de um capítulo sobre limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, em que aborda a caracterização dos serviços de coleta, tratamento e disposição.

Em relação ao prognóstico para o sistema de abastecimento de água, foram definidas algumas necessidades específicas do SAA, as quais possuem soluções pré-definidas pela concessionária de saneamento municipal. Para o horizonte do ano de 2026, são elas:

- Ampliação da EEAB para 155 L/s; e
- Ampliação da ETA para 155 L/s.

No que tange o esgotamento sanitário do município, para o ano de 2035, pretende-se atingir:

- 100% de índice de coleta, com vazão máxima diária de infiltração de 94,5 L/s;
- 100% de população esgotada com 100% de índice de tratamento;

- Eficiência de remoção de DBO de 90%; e
- Ampliação de 4.000 m de rede de esgoto e 315 novas ligações.

Já para o sistema de macrodrenagem do município, considerando o horizonte até 2023, pretende-se adotar como **medidas não-estruturais** a implantação de parques lineares e de proteção de várzeas, estudos de recomposição e revitalização da vegetação, manutenção e adequação dos sistemas de macrodrenagem e contratação de serviços para implantação de Sistemas de Monitoramento, Alerta e Previsão de Enchentes. Já como **medidas estruturais**, são previstas as seguintes obras:

- Implantação de Parques Municipais na sub-bacia do Ribeirão Maracanã;
- Implantação de reservatórios de amortecimento de cheias, nos mananciais Rio Atibaia e Ribeirão Campo Largo;
- Estabilização nas margens do Rio Atibaia, Ribeirão Campo Largo e Córrego Maracanã;
- Intervenções em travessias dos mananciais Rio Atibaia, Ribeirão Campo Largo e Córrego Maracanã.

O município de Jarinu **ainda não possui um Plano Diretor de Macrodrenagem que contenha estudos hidrológicos**.

4.1.1.8. Jundiaí

O município de Jundiaí, localizado em sua maior parte na Bacia do Rio Jundiaí, possui PMSB elaborado em 2017. A seguir, são descritos brevemente os itens de saneamento básico abordados no Plano.

A prestação de serviços de abastecimento de água é realizada por uma concessionária, responsável pela maior parte do território e também por duas associações de moradores que atuam como operadores de soluções alternativas coletivas de abastecimento. As captações superficiais da concessionária são realizadas no Rio Jundiaí-Mirim, que abastece 95% do município, no Córrego da Estiva (ou Japi), no Ribeirão da Hermida e no Rio Atibaia. As águas captadas são tratadas em duas ETAs: ETA Anhangabaú e ETA Eloy Chaves. De acordo com a concessionária responsável, 100% da zona urbana é atendida pela rede de distribuição de água.

Uma das associações de moradores capta água num Córrego da bacia do Rio Jundiaí-Mirim e a outra no Rio Capivari, sendo que ambas realizam o tratamento nos próprios condomínios abastecidos, através do processo de floculação-decantação, seguido de filtração e desinfecção.

O PMSB sugere a construção de um sistema de abastecimento de água na bacia do Ribeirão Caxambú, localizada na Serra do Japi, na área de conservação da Ermida. O projeto encontra-se atualmente em estudo, de acordo com a DAE S.A., concessionária responsável pelo sistema de água e pela coleta e afastamento de esgoto de Jundiaí.

Segundo a DAE S.A., 98% do município é atendido com coleta, afastamento e tratamento de esgoto, sendo que o município conta com três ETEs:

- ETE Jundiaí: utiliza o Rio Jundiaí como corpo receptor de efluentes;
- ETE Fernandes: lança seus efluentes em um afluente do Rio Capivari; e
- ETE São José: faz o lançamento de efluentes no Rio Capivari.

As principais ações propostas para o esgotamento sanitário de Jundiaí dizem respeito a implantação de redes coletoras e interceptores e atualização de informações e cadastros. Ressalta-se que o único programa de longo prazo proposto é em relação ao reenquadramento do Rio Jundiaí, com prazo entre 2026 e 2037.

O PMSB de Jundiaí apresenta diagnóstico, prognóstico e ações de intervenções por Córrego da Bacia do Rio Jundiaí. Tendo em vista que o município possui uma Plano Municipal de Gestão Integrada da Drenagem Urbana, este ponto será melhor abordado no item 4.1.2.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares do município atende 100% da população urbana e rural. Os resíduos são encaminhados a uma estação de transbordo e, posteriormente, destinados ao aterro sanitário localizado no município de Santana de Parnaíba, de acordo com a Prefeitura de Jundiaí. A coleta seletiva é realizada porta a porta, por uma empresa contratada que encaminha os resíduos a um Centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, onde ocorre a triagem, a segregação de acordo com duas características e a posterior comercialização.

4.1.1.9. Mairiporã

O PMSB de Mairiporã, proposto em 2012, é apresentado em dois volumes, sendo que o primeiro trata dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e o segundo,

abrange os sistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais e de limpeza e manejo de resíduos sólidos.

De acordo com dados de 2017 da SABESP, responsável pelo sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município, três ETAs compõem o sistema de abastecimento:

- ETA Mairiporã: capta da Represa Paiva Castro e tem capacidade para o abastecimento da sede do município;
- ETA Terra Preta: capta água do Córrego Jundiaizinho e abastece o Distrito de Terra Preta; e
- ETA Juqueri: faz sua captação no Ribeirão Itaim, abastecendo a Vila Machado.

As obras de concepção da ETA Juqueri foram iniciadas em 2010, sendo finalizadas após a elaboração do PMSB de Mairiporã. A construção de uma nova ETA fez-se necessária em detrimento da captação da ETA Mairiporã ser a jusante do lançamento de efluentes da ETE de Mairiporã.

No Distrito Sede, apenas 36% dos domicílios particulares permanentes (DPPs) são atendidos pelo sistema de coleta de esgoto, sendo que apenas 62% do total coletado é tratado na ETE Mairiporã, de acordo com o PMSB. Conforme dito anteriormente, o efluente tratado e não tratado desta ETE é lançado no Rio Juqueri, a montante da captação da ETA Mairiporã. Já o Distrito de Terra Preta, possui um pequeno sistema de coleta, sendo os esgotos gerados lançados *in natura* nos cursos d'água, ou dispostos em fossas individuais.

As sugestões do PMSB para ações de melhoria do sistema de esgotamento sanitário do município incluem a ampliação da ETE Mairiporã e a construção da ETE Terra Preta, entretanto, acredita-se que nenhuma das obras tenha sido realizada, tendo em vista que a busca por informações sobre a situação atual do sistema obteve resultados confirmatórios.

Em relação à drenagem urbana, o estudo identificou **18 pontos com problemas de micro e macrodrenagem** e propôs soluções para estes. Os problemas de microdrenagem estão relacionados principalmente à **insuficiência e localização inadequada de bocas de lobo** e **subdimensionamento** da rede de drenagem. Ainda, foi observado o lançamento da rede de esgoto em alguns pontos da rede de drenagem, o **assoreamento de córregos** e o afogamento

de passagens e vias próximas a córregos. Destaca-se as seguintes ações propostas no PMSB de Mairiporã:

- Realização de um **banco de dados** com informações geográficas e cadastrais, a fim de mapear a rede de drenagem de águas pluviais existente;
- Delimitação, no Plano Diretor Municipal, de áreas destinadas a **criação de parques lineares** e de áreas destinadas ao **amortecimento de inundações**;
- Elaboração de projeto e implantação de **sistema de infiltração e detenção de águas pluviais** nas áreas urbanas para controle de escoamento na fonte, como pavimentos permeáveis, telhados armazenadores, trincheiras, valas e poços de infiltração, reservatórios de detenção, sistemas de aproveitamento de água de chuva, etc. para prevenção de inundações; e
- Ampliação contínua do atendimento de drenagem urbana, por meio da construção estimada de 100 km de rede de microdrenagem no Distrito Sede e 25 km em Terra Preta, e melhorias do sistema de macrodrenagem por meio da **regularização de canais e travessias**.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares abrange cerca de 90% da área urbana e 10% da área rural do município. Os resíduos coletados são encaminhados ao aterro sanitário localizado em Caieiras. A coleta seletiva de Mairiporã encontrava-se em fase inicial durante a elaboração do PMSB, em 2012, e contava com apenas três pontos de entrega voluntária e três catadores cooperados. Em 2016, foi inaugurado um galpão de triagem que passou a contar com 8 funcionários e diversos pontos de coleta no município.

4.1.1.10. Salto

O município Estância Turística de Salto, inserido nas UGRHI 5 e 10, teve seu PMSB entregue em 2012, englobando os quatro sistemas: água, esgoto, drenagem pluvial e resíduos sólidos.

O sistema de abastecimento de água de Salto atende 99% da sede municipal, e conta com uma captação principal no Ribeirão Piraí, além de outras duas captações, no Ribeirão Buru e no Ribeirão Ingá ou Floresta, todas localizadas na Bacia do Rio Jundiaí. Na época de elaboração do PMSB, o sistema era composto por três ETAs: ETA Bela Vista, ETA João Jabour (Buru) e ETA Nações (desativada em 2014).

O estudo identificou que a vazão máxima necessária no período de planejamento é inferior à oferta hídrica dos mananciais captados, sendo necessária apenas a adequação dos sistemas existentes, visando melhor aproveitamento dos mananciais e o desenvolvimento de novas fontes de captação, como águas subterrâneas. É recomendada a ampliação da captação no Ribeirão Piraí, de 300 L/s para 450 L/s, sendo necessárias adequações na ETA Bela Vista.

De acordo com a CETESB (2017), 92% da população urbana é atendida com o sistema de coleta de esgotos, sendo 96% dos esgotos tratados. O efluente tratado e o restante dos esgotos que são coletados, porém não tratados, são lançados no Rio Tietê. O PMSB recomenda a ampliação do atendimento por coleta e a implantação do sistema de afastamento e tratamento dos esgotos coletados.

Grande parte da área urbana de Salto apresenta rede de galerias de águas pluviais, principalmente na porção central da cidade. O PMSB identificou locais suscetíveis a inundações, devido à **insuficiência das estruturas componentes do sistema de microdrenos**. Em especial, as vias públicas localizadas no Bairro Jardim das Nações têm problemas de inundações influenciados pela **elevação do nível d'água do Rio Jundiaí**. O PMSB indica soluções que priorizem medidas para melhoria do sistema existente e orientações para contratação de serviços.

Os **pontos críticos da macrodrenagem** correspondem a **travessias em pontes e vias públicas** sujeitas a inundações, devido à elevação de nível dos cursos d'água que drenam a região. A partir da modelagem hidrológica, o estudo calculou as vazões máximas correspondentes a um período de retorno de 100 anos.

Em especial, no diagnóstico da região da ETA Buru (João Jabour), afetada pelo extravasamento do Ribeirão Buru, principalmente pelo afogamento da travessia em ponte, constatou-se **discrepância acentuada entre a capacidade atual de escoamento sob o tabuleiro da ponte e a capacidade necessária**. Devido à insuficiência de informações disponíveis, o PMSB recomenda um levantamento completo acerca do ponto crítico destacado, permitindo uma **caracterização das condições de escoamento** sob a estrutura da ponte e também do curso d'água. Para os demais pontos críticos, o PMSB propõe:

- Cadastro completo das benfeitorias localizadas próximas aos cursos d'água, especialmente construídas na área de risco; e levantamento das condições de ocupação quanto à irregularidade;

- Levantamento planialtimétrico e estudo detalhado das condições de escoamento fluvial nos trechos em que se verificam extravasamento de calha; e
- Análise da viabilidade técnica e econômica para **alteamento das vias públicas potencialmente inundáveis**.

4.1.1.11. Várzea Paulista

Inserido totalmente na Bacia do Rio Jundiaí, o município de Várzea Paulista tem seu PMSB publicado em 2014, apresentado em volume único e abrangendo também o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. O relatório aborda: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Segundo o PMSB, as vazões utilizadas no sistema são provenientes da ETA Palmeiras, das ETAs Campo Limpo Paulista e do DAE Jundiaí. A partir do balanço entre a demanda teórica, considerando as perdas de água e produção total, verificou-se que o Sistema está bem atendido, uma vez que a demanda corresponde a 74,7% da capacidade de produção. Porém, o PMSB ressalva que o valor da demanda teórica somada às perdas (231,5 L/s) é superior ao volume total disponibilizado pela SABESP (219,4 L/s), e que o percentual de reclamações por economia por mês em relação ao número de economias atendidas é de 0,06%.

De acordo com o PMSB, o sistema de captação de água era constituído por 3 captações superficiais que se ligam à represa do Clube de Campo: Captação Guapeva, Captação Moinho e Captação do Córrego Pinheirinho. O sistema conduz a água da represa à ETA Palmeiras, que abastece exclusivamente o município. Há ainda, a captação do SI com o município de Campo Limpo Paulista, no Rio Jundiaí, cuja água era aduzida à ETA Felicidade – desativada em agosto de 2013, e às ETAs 1 e 2, que também abastecem Campo Limpo Paulista, sendo a porção que abastece o município de Várzea Paulista correspondente ao excedente para abastecimento do município Campo Limpo Paulista. Na elaboração do PMSB, a ETA Felicidade funcionava apenas como ponto de recebimento, armazenamento e transferência da água vinda de Campo Limpo Paulista. Segundo o Plano das Bacias PCJ (2018), a ETA Palmeiras conta com a contribuição de uma nova captação de água no Rio Jundiaí para abastecimento do município.

No ano de 2013, o percentual de atendimento urbano de esgoto foi de 93,02%, sendo tratado 92,08% do esgoto total gerado pelo município (SABESP, 2013). As sub-bacias de esgotamento do município são todos afluentes diretos ou indiretos do Rio Jundiaí, para onde os

efluentes tratados e não tratados são escoados (em sua maioria, visto que a ETE se localiza nas margens do Rio) ou lançados.

O Sistema de Coleta Domiciliar de resíduos sólidos abrange 100% do território de Várzea Paulista. Foi identificado pelo Diagnóstico do Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, do PMSB, que apesar de os resíduos gerados serem adequadamente coletados, transportados, e bem gerenciados, a disposição final é realizada diretamente por caminhões coletores-compactadores, sem um local intermediário de transbordo, o que tem encarecido bastante os custos com a disposição final, uma vez que o aterro se localiza há mais de 50 km do centro de Várzea Paulista. Na elaboração do PMSB não havia a implementação de coleta seletiva, somente a intenção de se instituir programas de reciclagem, programas de destinação correta de resíduos perigosos, e de se intensificar a fiscalização de empresas de manejo de resíduos de construção civil. Atualmente o município conta com coleta seletiva, implementada desde 2015, e chegando a abranger, em 2017, 16 bairros da cidade.

Quanto à drenagem, este tema é melhor abordado no item 4.1.2, que detalha o Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Várzea Paulista.

4.1.2. *Planos Diretores de Drenagem Urbana*

Este item apresenta uma revisão bibliográfica dos Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU), para os municípios da BHJ que possuem estudos deste tipo, estejam eles inseridos integralmente ou parcialmente bacia.

4.1.2.1. Atibaia

O município de Atibaia encontra-se parcialmente inserido nas Bacias do Rio Jundiaí e do Rio Atibaia, e possui Plano Municipal de Drenagem de Águas Pluviais elaborado em 2011, que apresenta a avaliação dos sistemas existentes, a situação atual do uso e ocupação do solo, propostas de alternativas para soluções de problemas, entre outros.

Neste item, serão evidenciadas as abordagens relativas à macrodrenagem do município e as alternativas propostas pelo Plano. O diagnóstico da macrodrenagem foi realizado de maneira geral, sem a análise por sub-bacia inserida em Atibaia, enquanto o estudo das vazões foi feito por sub-bacias.

As barragens Cachoeira e Atibainha, componentes do Sistema Cantareira, contribuem para o amortecimento de cheias a jusante, onde situa-se o município de Atibaia. Por outro lado,

possibilitaram a expansão urbana em áreas anteriormente inundadas em períodos de cheia. Atualmente, de acordo com o Plano, essas áreas são raramente inundadas, porém, é possível que sofram inundação mesmo com o amortecimento de cheias a montante.

A partir do diagnóstico da micro e macrodrenagem, constatou-se que o serviço de drenagem vem **funcionando para chuvas mais frequentes e de intensidade baixa**. Entretanto, há pontos indicados pela Prefeitura de Atibaia como **críticos**, relativos às inundações de 2011.

As propostas de ações são bastante generalizadas, não sendo apresentadas por sub-bacias ou corpos d'água específicos. Algumas das ações sugeridas para macro e microdrenagem são:

- Ações emergenciais: estabelecimento de metodologia para **registro dos pontos urbanos de empoçamento de água**; determinar causa e solução mais simples para as vias constantemente inundadas;
- Ações de curto prazo: definição e aplicação de técnicas compensatórias de drenagem urbana; diagnóstico com **verificação das capacidades reais de escoamento**, recuperação e limpeza dos rios da área urbana;
- Ações de médio prazo: elaboração de **novo Plano de Drenagem Urbana**; implantação de medidas não-estruturais para a macrodrenagem; e
- Ações de longo prazo: elaborar ou revisar o Plano Municipal de Drenagem urbana em vigor a cada quatro anos; proibição por meio da legislação municipal da ocupação de várzeas.

4.1.2.2. Itupeva

O município de Itupeva, inserido parcialmente inserido nas Bacias do Rio Jundiaí e do Rio Capivari, possui um Plano de Macrodrenagem elaborado em 2014, sendo o diagnóstico e o prognóstico das inundações apresentados resumidamente no presente item.

Abaixo, o diagnóstico obtido a partir de estudos hidrológicos e hidráulicos é apresentado de forma resumida, para cada sub-bacia contida no município:

- Bacia do Ribeirão Caxambú: as vazões de cheia estimadas são bastante **superiores à capacidade das pontes e travessias existentes**; as áreas de

várzea da bacia encontram-se preservadas e as áreas ocupadas estão situadas em regiões mais elevadas; existem muitas áreas em expansão, com **necessidade do estudo de reservatórios para o amortecimento de cheias**;

- Bacia do Córrego Piracatú: foram constatados **déficits em quase todos os trechos** do sistema, sem capacidade para o atendimento de vazões de baixa recorrência, principalmente em travessias, onde há **alagamentos frequentes**. O trecho mais crítico está numa área com topografia plana e que sofre com a **ocorrência de remanso proveniente do Rio Jundiaí**, com inundações observadas tanto pelo extravasamento do canal principal, quanto pela elevação dos níveis do Rio Jundiaí;
- Bacia do Córrego da Lagoa: observou-se **déficits** em trechos de **canalizações e em travessias**; o trecho mais crítico é onde a **área urbana ocupa as várzeas**, reduzindo a área do canal e aumentando o risco de prejuízos e inundações;
- Bacia do Córrego do Bonfim: os déficits de capacidade são **pontuais** e podem ser resolvidos com a **implantação de reservatórios na bacia**. O trecho mais crítico é onde o canal possui **capacidade hidráulica de escoamento superior ao trecho da galeria a jusante**, podendo ocorrer o represamento neste ponto para TR acima de 10 anos;
- Bacia do Ribeirão das Furnas (ou São José): **a maioria das travessias possui déficit** de capacidade para os tempos de recorrência estudados. As inundações são observadas apenas nas propriedades adjacentes aos cursos d'água, que se encontram nas **áreas de inundação natural**; e
- Bacia do Córrego da Fonte (ou Santa Rita): os cursos d'água escoam em condições naturais, **sem ocupações das áreas de inundação**. Há apenas um trecho com registro de inundações, que atravessa uma área particular.

As alternativas propostas para todos os córregos, com exceção do Córrego da Fonte, que apresenta característica rural, são divididas em três grupos: ampliação de capacidade, amortecimento na bacia e combinação de soluções. As **ações prioritárias** para cada sub-bacia, de forma geral, recomendam as alternativas que **combinam as soluções**. As propostas de ações sistemáticas aplicadas ao município de Itupeva consistem nos instrumentos de planejamento e gestão indicados abaixo:

- Arranjo institucional;
- Delimitação das áreas a serem protegidas, desocupadas ou reservadas e medidas de controle para manutenção da várzea;
- Legislação voltada ao manejo de águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal;
- Programa de Educação Ambiental e Participação comunitária;
- Indicações de ordem operacional e de manutenção nos sistemas de drenagem;
- Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico e medidas de fiscalização e controle; e
- Medidas extensivas – controle da qualidade da água e da impermeabilização do solo.

4.1.2.3. Jundiaí

O município de Jundiaí encontra-se parcialmente inserido nas Bacias do Rio Jundiaí, do Rio Atibaia e do Rio Capivari, e possui Plano Municipal de Gestão Integrada da Drenagem do Município elaborado em 2014. O Plano conta com o diagnóstico da macrodrenagem, o diagnóstico hidráulico do Rio Jundiaí e dos seus afluentes prioritários. Tendo em vista os resultados do diagnóstico e as diretrizes adotadas no Plano, são propostas Medidas Estruturais para o Rio Jundiaí, Plano de Obras e Medidas Não-Estruturais.

O diagnóstico da macrodrenagem apontou as seguintes regiões como mais vulneráveis durante eventos de cheia:

- Áreas de várzea próxima a Vila Arens e ferrovia, no limite leste de Jundiaí;
- Região dos desemboques dos Córregos Guapeva e Colônia, associado a existência de travessias;
- Áreas baixas do Jardim Rio Branco e Jardim FEPASA. A inundação destas áreas ocorre devido a ocupação de áreas de várzea, baixa capacidade dos dispositivos de microdrenagem devido a declividade;
- Desemboque do Córrego Walkyria;

- Desemboque do Rio Jundiaí-Mirim e áreas nas proximidades da represa de abastecimento. As inundações ocorrem devido ao vertimento de vazões excepcionais, ocupação de áreas baixas (até a região da Rodovia Anhanguera, como Jardim Sorocabana e Parque da Represa), e menor capacidade da calha do Rio Jundiaí, que se apresenta retificada porem não revestida, e, portanto, com menor capacidade; e
- Trecho urbano do Córrego Guapeva, especialmente o sistema viário adjacente ao curso d'água.

O objetivo do Plano é atingir **pleno atendimento das vazões do Rio Jundiaí** para um período de recorrência de 25 anos. As simulações hidrológicas foram realizadas com o intuito de diagnosticar o atual nível de proteção da bacia e levaram em conta uma chuva de duração de 6 horas, com abrangência espacial da cabeceira à ponte da rodovia Anhanguera.

O estudo realizou a divisão das bacias dos afluentes prioritários e das áreas que drenam diretamente para o Rio Jundiaí de acordo com as características de ocupação existentes e previstas, com o objetivo de gerar resultados nas regiões que apresentam problemas recorrentes ou onde são esperados esses problemas. A divisão resultou nas seguintes sub-bacias, com suas respectivas áreas de drenagem:

1- Eleikeirós: 0,91 km²
2- Tanque Velho: 3,44 km²
3- Progresso: 1,62 km²
4- Vila Nambi: 0,97 km²
5- Guapeva: 64,97 km²
6- Colônia: 5,98 km²
7- Vila Joana: 1,53 km²
8- Mato: 2,92 km²
9- Walkyria: 20,69 km²
10- Gramado: 4,86 km²
11- Jundiaí-Mirim: 119,35 km²
12- Engordadouro: 6,62 km²

O Plano apresenta as características de cada bacia e suas respectivas subdivisões, abrangendo tanto os parâmetros físicos como hidrológicos. A partir disso e da definição das vazões máximas, foram realizados estudos hidrológicos e, com base no diagnóstico integrado, foi realizada a proposição de alternativas para a mitigação dos danos referentes aos eventos de cheia.

As seguintes diretrizes foram adotadas para o Plano de Gestão Integrada de Drenagem:

- Atendimento das vazões de restrição do Rio Jundiaí;
- Implantação de **reservatórios de controle de cheias**;
- Manutenção, ampliação das várzeas remanescentes e implantação de **parques lineares**; e
- Sistemas de **proteção de áreas baixas**.

O diagnóstico hidráulico do Rio Jundiaí apresentou os seguintes resultados, resumidos, para os diferentes tempos de retorno (TR):

- 2 anos: não são observados problemas;
- 10 anos: diversas **deficiências no sistema de drenagem**, como a elevação significativa dos picos de cheia no **trecho urbano do Rio Jundiaí** e **falta de capacidade** no trecho referente aos desemboques dos Córregos Tanque Velho e Progresso;
- 25 anos: **agravamento na magnitude dos problemas** nos mesmos pontos de TR de 10 anos, sendo observados ainda **outros pontos com deficiência**, resultando em possíveis inundações para TR de 25 anos.

A seguir, são citadas algumas das medidas estruturais recomendadas para o Rio Jundiaí:

- Medidas emergenciais extensivas: **desassoreamento e limpeza** da calha do Rio Jundiaí;
- Medidas emergenciais de caráter sistêmico: projeto de **parque linear** constituído por dois **reservatórios de controle de cheias**, às margens do Rio Jundiaí, na região a montante;

- Medidas emergenciais de caráter pontual: **construção de diques** com sistema interno de bombeamento e **rede de microdrenagem independente do Rio Jundiaí** nas áreas em cotas mais baixas e com ocupação intensiva;
- Medidas sistêmicas de médio e longo prazo: construção de três reservatórios no Córrego Walkyria, um reservatório no Córrego Guapeva e a revisão dos vertedores nos lagos do Córrego Gramado;
- Medidas pontuais de médio e longo prazo: **elevação das pontes e travessias** que obstruem o escoamento em diversas sub-bacias e no próprio Rio Jundiaí, reforços de galeria e dos desemboques espalhados pela área urbana.

O diagnóstico dos afluentes prioritários do Rio Jundiaí apresenta também propostas para a solução dos problemas de cada afluente, como a construção de galerias de reforço, a canalização dos córregos, implantação de reservatórios, entre outras soluções. Em especial, o Córrego Jundiaí-Mirim, que é o principal manancial da cidade e o maior contribuinte da bacia do Rio Jundiaí, no município de Jundiaí, apresenta falta de capacidade para veicular vazões de TR de 25 anos no canal de descarga da represa. As principais medidas estruturais propostas para este Córrego são **a limpeza, o desassoreamento e a adequação do canal** que se encontra obstruído em diversas partes.

O Plano de Obras para as bacias do município de Jundiaí inclui curto, médio e longo prazo, sendo algumas das propostas citadas abaixo:

- Obras emergenciais (curto prazo): reservatório do parque linear, construção de diques e reservatórios, alteamento de rodovias/ruas/avenidas, desassoreamento do Rio Jundiaí e afluentes prioritários;
- Obras de médio prazo: reforço de travessias e galerias, alteamento de ruas, canalização de córregos;
- Obras de longo prazo: construção de reservatórios, reforço de galerias e de desemboque, revisão de estruturas de descarga.

As principais medidas não estruturais propostas para o município de Jundiaí são as seguintes:

- Elaboração de Estudo Hidrogeológico nas bacias prioritárias para a análise dos melhores locais para recarga dos aquíferos e implantação de medidas de infiltração;

- Incentivo à implantação de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável;
- Desenvolvimento de ferramentas legais, técnicas e econômicas, com vistas a aumentar a implantação desses dispositivos;
- Adaptação da lei das Piscininhas para o município de Jundiaí;
- Estudo de novas fontes de receita para a construção, operação e manutenção do sistema de drenagem;
- Elaboração de Plano de Monitoramento Hidrológico e Hidráulico, com vistas a instalação de estações pluviométricas e fluviométricas na bacia;
- Elaboração de Plano de Monitoramento das atividades de Manutenção – monitoramento das condições de assoreamento dos rios e efetividade dos serviços prestados;
- Elaboração de Medidas para Controle da Erosão;
- Desenvolvimento de Plano de Contingência contra inundações e escorregamentos;
- Capacitação e aprimoramento técnico dos recursos humanos envolvidos com drenagem;
- Sugerir locais prioritários para o atendimento das metas de coleta e tratamento de efluentes e coleta de resíduos sólidos (planos associados).

4.1.2.4. Várzea Paulista

O município de Várzea Paulista está totalmente inserido na Bacia do Rio Jundiaí e possui Plano Diretor de Macrodrenagem contendo o diagnóstico geral e as ações recomendadas para as bacias hidrográficas selecionadas, bem como dos afluentes do Rio Jundiaí, inseridos no município. A seguir, é apresentado um resumo das informações contidas no estudo.

O trecho do Rio Jundiaí que atravessa Várzea Paulista possui pistas da avenida Marginal na várzea de ambas as suas margens. A calha do Rio Jundiaí é insuficiente em alguns trechos, sendo as várzeas totalmente inundadas em períodos de cheia, porém, não ocorre interdição das pistas da avenida Marginal, pois estas foram implantadas em cota bastante superior.

A bacia hidrográfica do Córrego Bertioga desemboca na margem esquerda do Rio Jundiaí, com área de drenagem de 6,14 km², sendo a maior parte da área de várzea ocupada. As análises

hidrológicas indicaram capacidade de vazão do Córrego Bertioga bastante insuficientes, sendo recomendada a implantação de reservatórios de detenção, em postos de controle disseminados em toda a bacia.

A bacia hidrográfica do Córrego Promeca desemboca na margem esquerda do Rio Jundiaí e possui área de drenagem de 5 km², sendo cerca de 30% urbanizada. As áreas mais sujeitas a **inundações** encontram-se nas **margens do Córrego** em questão e também se observa algumas **travessias** existentes com **reduzidas capacidades de vazão**, com inundações também frequentes. Através da análise das capacidades e demandas e das áreas sujeitas a inundações, o estudo concluiu que as capacidades do Córrego Promeca no trecho de jusante são insuficientes, frente às demandas hidrológicas. Tendo em vista custos, desapropriações necessárias e prazos de construção para a ampliação da canalização a um nível adequado, o Plano sugere a **implantação de reservatórios para amortecimento de cheias**.

O Córrego Mursa é o principal afluente do Córrego Pinheirinho pela margem direita, e possui área de drenagem de 5,67 km², apresentando suas várzeas desocupadas e cumprindo o seu papel de amortecimento de cheias. A bacia do Córrego Pinheirinho apresenta área de drenagem de 4,71 km², com grande ocupação urbana entre a foz do Córrego Mursa até a avenida Marginal, a montante da foz do Rio Jundiaí. A partir das análises hidrológicas, nota-se alguns **trechos dos córregos com capacidade insuficiente** às demandas hidrológicas. No trecho a jusante, há **subdimensionamento** da calha do Pinheirinho e de suas travessias, provocando enchentes. Ainda, caso as margens dos córregos tornem-se ocupadas, a mancha atual de inundação se expandirá. Neste caso, é recomendada a implantação de **reservatórios de amortecimento de cheias** pelo estudo.

A bacia hidrográfica do Córrego Piqueri-Tanabi desemboca na margem direita do Rio Jundiaí, possuindo área de drenagem igual a 4,4 km², e apresenta quase toda a sua área urbanizada. As áreas que apresentam inundação **estão localizadas na porção de jusante do Córrego** e nas ruas próximas, sendo que o trecho mais a montante encontra-se canalizado. A análise apontou locais com **estrutura hidráulica deficiente** frente às vazões de escoamento, de forma que as águas extravasam a faixa da várzea das margens, atingindo as ruas próximas. Em especial, a calha do Córrego Piqueri-Tanabi na região da rua Aparecida é reduzida, fazendo com que as águas extravasem durante as precipitações. As principais recomendações para o controle de enchentes nesta bacia são: a **limpeza**, o **desassoreamento** e a **remoção** dos pontos

de **obstrução do escoamento no canal**; a **recomposição** de taludes laterais e a **ampliação** de travessias.

Ainda, há a bacia do Córrego Buriti e Córrego Ilha Bela, que recebeu atenção no Plano de Macrodrenagem de Várzea Paulista, entretanto, o documento não foi enviado à consultora.

4.1.3. *Instrumentos jurídicos e institucionais*

Este item apresenta um compilado sobre os instrumentos jurídicos dos municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, mais especificamente nos que tangem ao zoneamento e ao uso e ocupação do solo, além dos Planos Diretores municipais. Uma análise sintetizada dos principais instrumentos de política urbana, para cada um dos 11 municípios, é apresentada a seguir. O Quadro 4.1 apresenta um resumo das informações institucionais disponíveis para os municípios.

4.1.3.1. Atibaia

Segundo a Lei Complementar nº 714/15, que institui a legislação de uso e ocupação do solo para o município de Atibaia, são dependentes de licenciamento ambiental as atividades e empreendimentos cuja localização se dê em áreas de encosta, com solos instáveis e/ou alagadiços, em áreas de fundos de vales e talvegues, de preservação turística e ecológica e também áreas gravadas com passivos ambientais. A aprovação do empreendimento dependerá de configurações específicas do sítio e também do cumprimento de condicionantes exigidas por parte do órgão ambiental responsável.

A legislação também cita que todo e qualquer empreendimento a ser implantado em território municipal deve considerar a topografia do terreno e os caminhos naturais das águas, sendo que estes deverão ser preservados por meio de canais a céu aberto, com ressalvas a situações específicas em que sejam apresentadas as justificativas técnicas adequadas. Além disso, é vedada a realização ou ampliação de empreendimentos em:

- Áreas com declividade igual ou superior a 30%;

- Terrenos alagadiços;

- Áreas gravadas com qualquer tipo de passivo ambiental.

4.1.3.2. Cabreúva

A Lei Complementar nº 407/18 do município de Cabreúva, versa, entre outros tópicos, sobre o zoneamento municipal e o parcelamento, uso e ocupação do solo. O território é subdividido em duas macrozonas, urbana e rural, sendo a última destinada a incluir zonas de conservação da vida silvestre, áreas de matacões e zonas de amortecimento e transição. As macrozonas foram, ainda, subdivididas em setores, de acordo com o uso do solo na região.

Para a macrozona rural, uma das subdivisões adotada é a Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM-P), que compreende uma faixa de 50 m, a contar da borda da calha do leito principal do curso d'água, e constitui área de preservação e restauração da mata ciliar, sendo os primeiros 30 m destinados a Área de Preservação Permanente (APP) e os 20 m posteriores para a implantação de equipamentos urbanos. Na faixa da ZEPAM-P não é permitida a construção de edificações.

A macrozona urbana conta com uma Zona Especial de Recuperação Ambiental (ZEPAM-R), baseada nas mesmas regras da ZEPAM-P. Entretanto, na ZEPAM-R é tolerada a redução da largura da faixa ambiental de 50 m para 30 m, quando esta for compensada com a destinação de áreas verdes em demais locais no município, desde que não coincidam com as APPs. Ainda para a macrozona urbana, quando da ocorrência de instalações industriais com área superior a 2.000 m², é exigido um índice mínimo de 50 % de permeabilidade no terreno. Além disso, novos empreendimentos de extração, exploração e de beneficiamento minerais não são permitidos em áreas de fundo de vale, calhas de rios, ribeirões e seus afluentes, bem como em toda a extensão das bacias hídricas, visando manter as características topográficas destes locais.

Em um tópico destinado a Drenagem Urbana, o Plano Diretor sugere ações estratégicas a serem adotadas no município, entre elas a adoção de pisos drenantes, áreas públicas que respeitem os espaços permeáveis e evitem a pavimentação integral, desassoreamento de cursos d'água e sistemas de drenagem, preservação de áreas com interesse para a drenagem (várzeas, faixas sanitárias e fundos de vale) e, finalmente, elaboração e implantação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana.

4.1.3.3. Campo Limpo Paulista

A Lei Complementar nº 302/06 institui um novo Plano Diretor para o município de Campo Limpo Paulista. No que tange ao macrozoneamento municipal, há duas zonas destinadas à proteção ambiental: a Macrozona de Proteção Ambiental (MZPAM), que compreende as áreas

de mata natural, vegetação densa e corresponde às regiões próximas de cursos d'água, e a Macrozona Ambiental de Preservação Permanente (MZAPP), região próxima às margens do Rio Jundiaí que compreende parques lineares de preservação, recuperação e renovação natural. Esta faixa, onde edificações não são permitidas, compreende 30 m de largura em todo o território municipal.

Na MZPAM são admitidos usos como turismo sustentável, aquicultura, manejo de espécies endêmicas e manejo de grãos sem derrubada de árvores. Já na MZAPP, são permitidos usos como manejo de espécies nativas, pesca esportiva, lazer, sendo a edificação de qualquer tipo expressamente proibida nesta zona, onde são passíveis de instalação apenas equipamentos de caráter provisório.

4.1.3.4. Indaiatuba

Segundo a Lei Ordinária nº 4.066/01 do município de Indaiatuba, a área urbana municipal foi categorizada segundo as zonas de uso e ocupação do solo, sendo uma destas identificada como Área de Preservação Ambiental (APA). Nesta zona são permitidos apenas usos para a prestação de serviços em caráter comunitário ou governamental, como serviços de saúde e de utilidade pública, além de serviços esportivos e de lazer, educacionais e de segurança pública.

4.1.3.5. Itu

A Lei Complementar nº 28/17 de Itu, complementa o Plano Diretor já existente e institui uma Macrozona de Proteção Ambiental para o município, com o objetivo de estabelecer áreas destinadas à proteção, recuperação e conservação do meio ambiente e da paisagem. Fica estabelecida, então: Área de Proteção Permanente (APP) como sendo uma faixa de 100 m ao longo de cada margem do Rio Tietê; quatro Áreas de Proteção Ambiental (APA) em parques, represas e mananciais da região; e Área de Preservação Ambiental e Turística (APAT), uma faixa de 500 m ao longo de cada margem da APP, onde os primeiros 200 m são totalmente preservados, e os 300 m restantes só devem receber empreendimentos que não excedam uma taxa de ocupação superior a 10%.

Além das áreas previstas da Macrozona Ambiental, são objetos de proteção faixas marginais de rios, córregos e fundos de vale, bem como áreas de entorno de nascentes e cabeceiras de mananciais, além de áreas verdes definidas na implantação de loteamentos e aquelas consideradas patrimônio natural do município. Todas as regiões acima citadas são áreas não edificáveis, sendo a vegetação nelas presente considerada de preservação permanente.

Também são instituídas taxas de permeabilidade mínima a serem respeitadas pelos empreendimentos e loteamentos locados do município. Para lotes residenciais, a taxa mínima de permeabilidade estabelecida é de 6%.

4.1.3.6. Itupeva

A Lei Complementar nº 313/12 alterada pela Lei Complementar n° 331/2012 do município de Itupeva dispõe sobre a instituição do Plano de Diretrizes Urbanísticas, que contempla o uso e ocupação do solo, além de diretrizes para a implantação de empreendimentos no município. Em relação aos locais de proteção ambiental, tanto na área urbana como na área rural, são estabelecidas:

- Faixas marginais de 30 m em cursos d'água com menos de 10 m de largura, que deverão ser providas, única e exclusivamente, de vegetação;

- As faixas marginais no Rio Jundiaí e demais cursos d'água com largura entre 10 m e 50 m devem possuir largura de 50m, para ambos os lados, e ocupadas apenas com vegetação;

- Áreas no entorno de cabeceiras de mananciais e nascentes devem ser protegidas a partir de um diâmetro de 50 m, em todo o entorno;

- Áreas consideradas patrimônio natural, cinturões verdes e áreas definidas na implantação de loteamentos, sendo consideradas de preservação permanente.

As três primeiras áreas de proteção citadas acima são consideradas não edificáveis. Os usos admitidos para o Setor de Proteção Ambiental 4 são parques, bosques, trilhas ecológicas, lazer e demais atividades voltadas para a preservação do meio ambiente, sendo permitido nestas áreas apenas construções de atendimento a necessidades básicas, como apoio administrativo, cantinas e banheiros.

Vale salientar ainda que a referida legislação também apresenta diretrizes para minimizar os impactos ambientais decorrentes da execução de obras, principalmente àqueles que impliquem na movimentação de terra (título XIX – A Qualidade Urbanística da Cidade).

4.1.3.7. Jarinu

A Lei Complementar nº 814/79, de Jarinu, dispõe sobre o zoneamento municipal. Nela são definidos os limites das zonas urbana, industrial e turístico-rurais do município. Mesmo após a atualização da legislação vigente por normas de regulação mais recentes, ainda assim não há

nenhum tópico relacionado à drenagem urbana ou ao parcelamento do solo nas leis do município.

4.1.3.8. Jundiaí

Segundo a Lei nº 8.683/16 que institui o Plano Diretor de Jundiaí, o município é subdividido em três macrozonas, sendo duas delas de proteção do meio ambiente. Alguns dos objetivos destas zonas são a proibição do avanço da expansão urbana sobre áreas de interesse ambiental, bem como a conservação e recuperação de serviços ecossistêmicos, além de manutenção da biodiversidade e permeabilidade do solo.

Ainda nestas macrozonas, são definidas Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPAM). Elas são compostas por parques urbanos, lagos e represas, reservatórios, clubes de campo e clubes esportivos. São permitidos na ZEPAM usos como pesquisa e desenvolvimento tecnológico, educação ambiental, lazer e turismo, além de comércio e serviços de pequeno porte relacionados aos usos acima mencionados.

O parcelamento do solo só é permitido na macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, sendo vedado nas duas macrozonas de Proteção Ambiental e na ZEPAM. Também não é permitido em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações (antes de tomadas as devidas providências para assegurar o escoamento), áreas de brejos naturais, terrenos com declividade igual ou superior a 30%, entre outros casos. Ainda, quaisquer iniciativas de uso, ocupação e parcelamento do solo devem garantir áreas permeáveis, cujo valor mínimo é de 20% nas zonas urbanas, chegando até 90% nas áreas destinadas à preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos.

4.1.3.9. Mairiporã

A Lei Complementar nº 297/06 institui o Plano Diretor de Mairiporã. Sobre as obras e serviços de drenagem, algumas diretrizes da Política Municipal são:

- Remover e impedir futuras ocupações ao longo dos fundos de vale e Áreas de Preservação Permanente (APP), de forma a possibilitar a correta manutenção do sistema de macrodrenagem e de esgotamento sanitário;

- Permanentemente, executar serviços de limpeza, desassoreamento e desobstrução dos cursos d'água, bem como de todo o sistema de microdrenagem (o que inclui galerias e bocas de lobo);

- Desenvolver e implementar um Sistema de Monitoramento de Áreas Inundáveis, associando frequência de ocorrência de eventos, sua relação com o processo de urbanização e os riscos associados;

- Implementar medidas que aumentem ou, pelo menos, preservem a capacidade de retenção das águas pluviais, como por exemplo adoção de cisternas em lotes e pisos permeáveis.

O município é dividido em duas macrozonas: Estruturação e Qualificação Urbana e Proteção Ambiental. Na macrozona de Proteção Ambiental, a área do território abrangida pelos Parques Estaduais corresponde a Zona de Proteção Integral (ZPI). Já as porções de áreas de proteção aos mananciais correspondem a Zona de Uso Sustentável (ZUS); nestas, são permitidos usos residenciais e econômicos, tais como agricultura, comércio, serviço, turismo e lazer. O licenciamento de quaisquer empreendimentos nestas áreas está sujeito a elaboração de Estudo e Relatório de Impacto Ambiental, bem como a aprovação deste pelo Executivo Municipal e o Órgão Ambiental responsável.

4.1.3.10. Salto

A Lei nº 3.694/17 institui o uso e ocupação do solo de Salto. Segundo o ordenamento das macrozonas municipais, há três Áreas de Proteção Ambiental (APA) na região:

- APA Piraí, voltada à preservação ambiental na bacia do Ribeirão Piraí, regulamentada pela legislação estadual;

- APA-Lavras, cujos usos permitidos são de edificações voltadas ao lazer e turismo do público em geral, bem como instalações institucionais e estruturas de abastecimento, saneamento e aproveitamento dos recursos naturais, com foco em usos sustentáveis. A implementação de unidades habitacionais é vedada nesta região; e

- Parque do Rio Jundiaí, que abrange toda a cota inundável do Rio, onde são permitidas apenas intervenções que estimulem a prática de atividades de esporte, cultura e lazer. É considerada uma zona não edificável.

4.1.3.11. Várzea Paulista

A Lei Complementar nº 167/06 institui o Plano Diretor de Várzea Paulista. Nele, o território do município fica dividido em duas macrozonas: Estruturação e Qualificação Urbana e Proteção

Ambiental. Esta última corresponde à porção do território composta por áreas de valor paisagístico e ambiental, e é subdividida em três categorias:

- Zona de Proteção do Rio Jundiaí: corresponde à área compreendida entre as duas margens do Rio Jundiaí, sendo destinada à implantação de Parques Lineares. Além disso, fica estabelecida uma área não edificável com 50 m de largura, a contar do nível mais alto em ambas as margens do Rio;

- Zona de Proteção Ambiental e de Recursos Hídricos: compreende a região de transição entre áreas de urbanização consolidada e o Morro do Mursa, sendo destinada a residências de baixa densidade, usos comerciais e de serviços, desde que mantida a qualidade do ambiente natural;

- Zona de Preservação Ambiental: corresponde aos limites do Morro do Mursa, destinado a ocupações residenciais de baixa densidade. Nesta zona é fixada uma área não edificável, delimitada acima da cota 850 m.

Nas áreas supracitadas é previsto a implantação de um Programa Municipal de Recuperação dos Cursos d'Água, bem como um Parque Linear ao longo do eixo do Rio Jundiaí.

Quadro 4.1. Instrumentos de política municipal dos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Município	Instrumentos de Política Urbana			
	Plano Diretor	**Lei Orgânica**	**Código de Obras**	**Lei de Zoneamento ou equivalente**
Atibaia	Lei Complementar nº 507/06 05 de outubro de 2006 Dispõe sobre o plano diretor da estância de Atibaia, para o período 2007/2016, e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal nº 0/12 23 de fevereiro de 2012	-	Lei Complementar nº 714/15 05 de agosto de 2015 Institui a legislação de uso e ocupação do solo de Estância de Atibaia e dá outras providências.
Cabreúva	Lei Complementar n° 407/18 22 de janeiro de 2018 Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor do Município de Cabreúva.	Lei Orgânica Municipal 04 de abril de 1990	Lei Complementar n° 416/18 24 de maio de 2018 Dispõe sobre o código de obras e edificações e dá outras providências.	Lei Complementar nº 408/18 22 de janeiro de 2018 Dispõe sobre o Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo no Município de Cabreúva.
Campo Limpo Paulista	Lei Complementar nº 302/06 09 de outubro de 2006 Institui o novo Plano Diretor do Município de Campo Limpo Paulista, nos termos do Artigo 182 da Constituição Federal; do Capítulo III da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade.	Lei Orgânica Municipal 28 de maio de 1990	-	Lei Complementar nº 379/09 24 de novembro de 2009 Institui a Lei Complementar de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de Campo Limpo Paulista.
Indaiatuba	Lei Complementar n° 4067/01 24 de setembro de 2001 Dispõe sobra a instituição do Plano Diretor do Município de Indaiatuba – PDI e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal 10 de março de 1992	Lei nº 4.608/04 11 de novembro de 2004 Dispõe sobre a Instituição do Código de Edificações do Município de Indaiatuba e dá outras providências.	Lei Ordinária nº 4066/01 24 de setembro de 2001 Dispõe sobre o ordenamento do uso e da ocupação do solo do município de Indaiatuba e dá outras providências.
Itu	-	-	-	Lei Complementar nº 28/17 30 de junho de 2017 Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Participativo da Estância Turística de Itu, dispõe sobre o parcelamento, disciplina o ordenamento do uso e ocupação do solo do município.
Itupeva	Lei Complementar nº 153/07 29 de maio de 2007 Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor Participativo do município de Itupeva, que ordena o território e as políticas setoriais, e dá outras providências. Algumas	Lei Orgânica Municipal 27 de março de 1990	-	Lei Complementar nº 313/12 10 de julho de 2012 Dispõe sobre a instituição do Plano de Diretrizes Urbanísticas – PDU, no âmbito do município de Itupeva, estado de São Paulo, e dá outras

Município	Instrumentos de Política Urbana			
	Plano Diretor	**Lei Orgânica**	**Código de Obras**	**Lei de Zoneamento ou equivalente**
	alterações da Lei n° 153/07 presentes na Lei Complementar n° 330/12.			providências. O PDU foi alterado pela Lei Complementar n° 331/12.
Jarinu	Lei Complementar nº 97/06 22 de novembro de 2006 Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor do Município de Jarinu e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal 03 de abril de 1990	Lei n° 1.209/91 14 de novembro de 1991 Dispõe sobre Código de Obras do Município de Jarinu.	Lei ordinária nº 814/79 11 de maior de 1979 Dispõe sobre o zoneamento do Município de Jarinu, que especifica e dá outras providências.
Jundiaí	Lei nº 8.683/16 07 de julho de 2016 Institui o Plano Diretor do Município de Jundiaí; e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal 05 de abril de 1990	Lei Complementar nº 174/96 09 de janeiro de 1996 Institui o novo Código de Obras e Edificações.	Lei nº 8.683/16 07 de julho de 2016 Institui o Plano Diretor do município de Jundiaí e dá outras providências.
Mairiporã	Lei Complementar nº 297/06 6 de novembro 2006 Institui o Plano Diretor do Município de Mairiporã.	Lei Orgânica Municipal 21 de agosto de 1996	Lei nº 484/71 31 de dezembro de 1971 Dispõe sobre o Código de Obras do Município.	Lei Complementar nº 297/06 06 de novembro de 2006 Institui o Plano Diretor do Município de Mairiporã.
Salto	Lei nº 2.771/06 Institui o Plano Diretor da Estância Turística de Salto e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal n° 1.382/90	Lei nº 2.890/08 Institui o código de obras da Estância Turística de Salto e dá outras providências.	Lei nº 3.694/17 17 de outubro de 2017 Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, estabelece regras de ordenamento das áreas para atividades humanas e econômicas e revoga das leis nº 674/71, nº 1.153/86, nº 2.210/00, nº 2.401/02, nº 3.444/15.
Várzea Paulista	Lei Complementar nº 167/06 09 de outubro de 2006 Institui o Plano Diretor do Município de Várzea Paulista e dá outras providências.	Lei Orgânica Municipal nº 1.119/90 4 de abril de 1990	Lei Complementar nº 175/07 18 de maio de 2007 Institui o Código de Obras e Edificações.	Lei Complementar nº 167/06 30 de outubro de 2006 Dispõe sobre uso e ocupação do solo no Município de Várzea Paulista.

Fonte: adaptado da Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020.

4.2. Visitas aos municípios da BHJ

A atividade de levantamento de informações juntamente aos municípios teve início com uma solicitação de visita da equipe da PROFILL através de comunicação eletrônica. Nos e-mails enviados para os 11 municípios integrantes da bacia, foram solicitadas as seguintes informações:

- **Estudos e Projetos** existentes, relativos a macrodrenagem com repercussão na bacia do Rio Jundiaí;
- Informações sobre os **sistemas de macrodrenagem já implantados**, contemplando as respectivas áreas de drenagem dos mesmos;
- **Cadastros e mapas** das estruturas existentes no município;
- **Manchas urbanas**, atuais e projetadas (caso houver);
- Identificação de **pontos críticos de inundação urbana**, bem como informações sobre as **manchas de inundação** associadas a eventos críticos registrados;
- Identificação de **pontos críticos de erosão urbana e assoreamento**;
- Planos e projeções referentes ao **saneamento urbano**, bem como à disposição de **resíduos sólidos**;
- **Instrumentos jurídicos e institucionais** existentes, no que tange às medidas de gestão de recursos hídricos, sejam eles vinculados ao controle das inundações, às diretrizes de uso e ocupação do solo, áreas de preservação e regiões de proteção de várzeas;
- Outras informações relevantes à execução do trabalho.

Junto a lista de informações a serem solicitadas foi anexado um folheto, no qual foi abordado e a necessidade e importância da elaboração de estudos de macrodrenagem na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, mais especificamente no contexto da execução de um Plano Diretor para a bacia.

A partir das respostas dos representantes municipais, iniciou-se a fase de agendamento das visitas. O Quadro 4.2 apresenta o cronograma de entrevistas realizado.

Quadro 4.2. Informações acerca dos agendamentos de visitas nos municípios da BHJ.

Município	Realização da visita
Várzea Paulista	28 de março de 2019, 14h
Itupeva	29 de março de 2019, 9h
Indaiatuba	02 de abril de 2019, 9h30min
Jarinu	03 de abril de 2019, 9h
Cabreúva	04 de abril de 2019, 10h
Salto	05 de abril de 2019, 13h
Itu	08 de abril de 2019, 10h
Jundiaí	09 de abril de 2019, 14h
Atibaia	10 de abril de 2019, 10h
Mairiporã	11 de abril de 2019, 10h
Campo Limpo Paulista	12 de abril de 2019, 10h

Na visita aos municípios foram obtidas informações em diferentes formatos, como PDFs de projetos, mapas físicos e digitais, CDs, plantas baixas e até mesmo arquivos em formato *shapefile*, com informações georreferenciadas. Abaixo é apresentado um resumo dos materiais obtidos em cada um dos municípios visitados.

4.2.1.1. Atibaia

O Quadro 4.3 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Atibaia, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.3. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Atibaia.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Atibaia	10/04/2019 14h	Daniel Borghi Filho	Coordenadoria de Meio Ambiente	(11) 4414-7800	Prédio FACILITA - Rua Castro Fafe, nº 295 - Centro
		Gislaine de Carvalho	Coord. Meio Ambiente	(11) 98117-9932	
		Luis Antônio Justo	Meio Ambiente	-	
		Daniel Prado	Dep. Planejamento	-	
		Dorival Hermandes	SAAE - Atibaia	(11) 4414-3500	

Segundo relatado pelos representantes presentes na visita, no município de Atibaia o Rio Jundiaí é totalmente “rural”, estando a cerca de 30 km da sede municipal. Também foi comentado

sobre um estudo que a SABESP tem acerca de um barramento no Rio Jundiaí, que atingiria a região rural de Atibaia.

Na reunião foi comentado que o vetor de desenvolvimento da cidade não contempla a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, e que o município não possui planos e projetos para esta região.

4.2.1.2. Cabreúva

O Quadro 4.4 abaixo apresenta informações relativas à realização da primeira visita de campo no município de Cabreúva, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.4. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Cabreúva.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Cabreúva	04/04/2019 10h	Rosimeire Rabelo Timporim	Secretária de Meio Ambiente, Obras e Serviços Urbanos	(11) 4528-5016 (11) 4528 1080	Praça Alberto Mesquita Camargo s/nº - Centro
		Andrea Manami Yoshikawa	Chefe do Setor da Divisão Municipal de Meio Ambiente	(11) 4528-5016	

Segundo relatado na reunião pelos representantes municipais, é necessário atentar para o fato que o Rio Jundiaí não passa pelo município de Cabreúva, no entanto, o Ribeirão Piraí tem suas nascentes na região do bairro do Jacaré.

A grande preocupação da Prefeitura é a ocupação irregular e/ou intensiva das margens do Ribeirão Piraí, bem como as inúmeras áreas de exploração mineral ao longo do manancial supracitado.

Há alguns pontos de erosão observados nas margens do Ribeirão Piraí, principalmente no trecho urbano do curso d'água (bairro Jacaré).

Cabreúva também pertence ao CBH-Médio Tietê, pois sua sede está nesta bacia. Há poucos estudos sobre drenagem em relação ao Rio Jundiaí. É importante frisar o fato de que o bairro Jacaré possui densidade populacional maior que a sede municipal.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Cabreúva, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.5 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Cabreúva, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 deste relatório.

Quadro 4.5. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Cabreúva.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Cabreúva	26/07/2019 9h	Rosimeire Rabelo Timporim	Secretária de Meio Ambiente, Obras e Serviços Urbanos	(11) 4528-5016 (11) 4528 1080	Praça Alberto Mesquita Camargo s/nº - Centro
		Andrea Manami Yoshikawa	Chefe do Setor da Divisão Municipal de Meio Ambiente	(11) 4528-5016	

4.2.1.3. Campo Limpo Paulista

O Quadro 4.6 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Campo Limpo Paulista, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.6. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Campo Limpo Paulista.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Campo Limpo Paulista	12/04/2019 10h	Rose Regina Novaes Mingotti	Secretária de Obras e Planejamento	(11) 4039-8330	Paço Municipal - Av. Aderbal Costa Moreira, nº 255 - Centro
		Cristiano Garcia	Sec. Obras	-	
		Sandra Araújo	Sec. Obras	(11) 4039-8330 (11) 94971-2596	

Os representantes municipais que compareceram no dia da visita afirmaram que o Córrego Mãe Rosa é um grande carreador de sedimentos para o Rio Jundiaí, apresentando sérios problemas de inundação. A Prefeitura também informou que o Córrego Marsola tem apresentado inundações em sua confluência com o Rio Jundiaí, na região do Jardim América. O município de Campo Limpo Paulista é completamente urbano, não apresentando área rural dentro de seus limites.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Campo Limpo Paulista, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.7 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de

Campo Limpo Paulista, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções. As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.7. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Campo Limpo Paulista.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Campo Limpo Paulista	25/07/2019 8h	Rose Regina Novaes Mingotti	Secretária de Obras e Planejamento	(11) 4039-8330	Paço Municipal - Av. Aderbal Costa Moreira, nº 255 - Centro
		Cristiano Garcia	Sec. Obras	-	
		Sandra Araújo	Sec. Obras	(11) 4039-8330 (11) 94971-2596	

4.2.1.4. Indaiatuba

O Quadro 4.8 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Indaiatuba, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.8. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Indaiatuba.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Indaiatuba	02/04/2019 9h30	Vanessa Cristina do Carmo Kuhl	Superintendente Adjunta	(19) 3834-9463	Rua Bernardino de Campos nº 799 - Centro
		Danielle França Nery	Diretora Dep. Planejamento	(19) 99801-5529	
		José Antônio Rolim	Engenheiro - Estudos e Projetos	(19) 3834-9463	

Os presentes na reunião informaram que o SAAE de Indaiatuba realizou um sobrevoo com uso de um drone na bacia do Rio Jundiaí, em toda sua extensão no munícipio, e este estudo será disponibilizado em forma digital.

Também foram realizadas batimetrias no Rio Jundiaí, na região onde será instalada a ETA-6, onde encontrou-se vários trechos de Rio com profundidade inferior a 30 centímetros. Além disso, no trecho entre a futura ETA-6 e o bairro de Itaici, tem-se registro de mais de 300 árvores derrubadas por conta do desbarrancamento das margens. Também no bairro Itaici, a erosão “tombou” um PV do interceptor.

Foram relatados também problemas de inundação nas chegadas dos Córregos São Lourenço, Barnabé e Ribeirão Piraí.

O SAEE atua na concretização do barramento do Ribeirão Piraí; simultaneamente, atua em várias frentes, como o término das obras de ampliação da ETE Mário Aldo Candelo, a EPAR (Estação Produtora de Águas de Reuso), várias ampliações de ETAs, construções de caixas de reservação para água tratada, e também integra o CONIRPI, Consórcio Intermunicipal em parceria com os municípios de Cabreúva, Salto e Itu, para o início das obras da Barragem do Piraí.

Até o momento, a Licença Prévia (LP) do empreendimento da barragem está aprovada, ainda aguardando a Licença de Instalação (LI) a ser emitida pela CETESB para a construção da obra. Existe um recurso contingenciado de R$ 50.000.000,00, suficiente para o início das obras e o enchimento de cerca de 30% da capacidade de reservação da barragem; outros R$ 70.000.000,00 serão necessários para a conclusão da obra.

O SAAE de Indaiatuba disponibilizou o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), o estudo de batimetria realizado, o EIA-RIMA da barragem do Ribeirão Piraí, os programas de educação ambiental e demais estudos já realizados.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Indaiatuba, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.9 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Indaiatuba, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções. As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.9. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Indaiatuba.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Indaiatuba	24/07/2019 13h	Vanessa Cristina do Carmo Kuhl	Superintendente Adjunta	(19) 3834-9463	Rua Bernardino de Campos nº 799 - Centro
		Danielle França Nery	Diretora Dep. Planejamento	(19) 99801-5529	
		José Antônio Rolim	Engenheiro - Estudos e Projetos	(19) 3834-9463	

4.2.1.5. Itu

O Quadro 4.10 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Itu, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.10. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Itu.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Itu	08/04/2019 10h	Guilherme Rodrigues Pereira Petri	Chefe de Departamento de Meio Ambiente - CIS	(11) 2118-6618	Companhia Ituana de Saneamento (CIS) - Rua Bartira, nº 300 - Vila Leis
		Décio Peixoto Jr.	Defesa Civil	-	
		Evandro Bruni	Sec. Obras - P.M. Itu	(11) 2118-6682	
		Fernando Maciel Boff	CIS	(11) 2118-6637	

Conforme apontado durante a visita, o Rio Jundiaí não corta o município de Itu, no entanto a bacia do Ribeirão Piraí é muito importante para a cidade, pois será de suas águas, através do barramento previsto, que haverá grande suprimento ao abastecimento público. A região conta com intensa extração mineral de granito, na área confrontante com o município de Salto.

Conforme acordado com o município, foi disponibilizado pelo mesmo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), o Plano Diretor, o Plano de Resíduos e documentos referentes a APA Pedregulho – Ribeirão Piraí.

4.2.1.6. Itupeva

O Quadro 4.11 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Itupeva, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.11. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Itupeva.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Itupeva	29/03/2019 09h	Andressa Juliana Boldrin	Engenheira Ambiental	(11) 4591-8129	Prefeitura Municipal de Itupeva - Av. Eduardo Aníbal Lourenço, nº 15
		Romeu Hiroyuki Wakabayashi	Gerente da Secretaria de Infraestrutura	(11) 4591-1134	
		Jonas de Jesus Furlan	Defesa Civil	(11) 4591-8522	
		Silvio Roberto Savio	Engenheiro Civil	(11) 4591-3198	

Segundo relatos dos representes municipais presentes na reunião, em 10 de março de 2016 houve uma intensa precipitação, que provocou forte e acentuada inundação do Rio Jundiaí, atingindo os bairros Vila São João e Jardim Alegria, resultando na declaração de Estado de Calamidade Pública através do Decreto Municipal nº 2.750, de 15 de março de 2016, atingindo, segundo a Defesa Civil, 5.208 pessoas.

Segundo informações foram atingidos nesta calamidade:

- Unidades habitacionais: 1.292
- Instalação de Saúde Pública: 01
- Escolas: 05
- Prédios Comerciais: 01
- Uso Comunitário: 01
- Infraestrutura danificada: 08

Segundo descrito na visita, no bairro das Hortênsias há sempre ocorrência de inundações, devido ao assoreamento do leito do Rio Jundiaí nas proximidades desta área.

O município de Itupeva disponibilizou o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e todo o processo da determinação de Estado de Calamidade Pública (em forma digitalizada), bem como outros estudos realizados para avaliação.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Itupeva, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.12 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Itupeva, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.12. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Itupeva.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Itupeva	26/07/2019 13h	Andressa Juliana Boldrin	Engenheira Ambiental	(11) 4591-8129	Prefeitura Municipal de Itupeva - Av. Eduardo Aníbal Lourenço, nº 15
		Romeu Hiroyuki Wakabayashi	Gerente da Secretaria de Infraestrutura	(11) 4591-1134	
		Jonas de Jesus Furlan	Defesa Civil	(11) 4591-8522	
		Silvio Roberto Savio	Engenheiro Civil	(11) 4591-3198	

4.2.1.7. Jarinu

O Quadro 4.13 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Jarinu, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.13. Informações sobre a visita de campo realizada no município de Jarinu.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Jarinu	03/04/2019 09h	Harry Nicolau Kowalki	Gabinete do Prefeito	(11) 4016-8250	Prefeitura Municipal de Jarinu - Pça. Francisco Alves de Siqueira Jr., nº 111
		José Carvalho Pinto	Secretário da Agricultura	-	
		José Lélio de Moura	Gestor Ambiental	-	
		Antônio Marcos de Sousa Ezequiel	Defesa Civil	-	
		Alfredo Rabazallo Ribeiro	Defesa Civil	(11) 4016-8250	

Conforme relatado pela Prefeitura, em Jarinu o problema está na região da Estrada Bragantina, que apresenta áreas de erosão. Também foi relatado este tipo de problema próximo a região do “oito” (na divisa com o município de Campo Limpo Paulista), que é uma área de ocupação irregular. Entretanto, está sendo trabalhado o processo de regularização da área, através do programa “Cidade Legal”.

O Rio Jundiaí tem algumas áreas de erosão e assoreamento, como na região do loteamento Casarão (1, 2, 3 e 4) e na região do Centro de Futebol do RBB (*Red Bull Brasil*).

Verbalmente, também foi informado que a SABESP tem um projeto de realização de barramento (regularização de vazão) no Rio Jundiaí, na região do Rio Acima, na divisa com o município de Mairiporã. O município de Jarinu não possui legislação específica a região supracitada. O vetor de desenvolvimento da cidade é na direção da Rodovia D. Pedro I; no entanto, está sendo viabilizado um loteamento de alto padrão na região do Rio Jundiaí-Mirim, na divisa com o município de Jundiaí.

4.2.1.8. Jundiaí

O Quadro 4.14 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Jundiaí, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.14. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Jundiaí.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Jundiaí	09/04/2019 14h	Martim de França Silveira Ribeiro	Diretor de Mananciais da DAE Jundiaí	(11) 97110-2213	Prefeitura Municipal de Jundiaí - Av. da Liberdade, s/nº - Jardim Botânico
		Sinésio Scarabello Filho	Gestor de Planejamento Urbano e Meio Ambiente - PM Jundiaí	(11) 4589-8557	
		Ademir Pedro Victor - Engenheiro	Coord. De Obas e Infraetrutura	(11) 4589-8466 (11) 99799-7932	

A reunião foi realizada na Prefeitura de Jundiaí, na qual foram apresentadas mais de uma dezena de áreas sujeitas a inundação no município; no entanto, sua maioria ocorre nos afluentes do Rio Jundiaí, e não no rio principal em si.

A região do restaurante Spiandorello é inundável, porém o curso d'água ali afetado é o Rio Jundiaí-Mirim. A área onde se encontra o Campus da UNIP-Jundiaí também tem sido afetada pelas inundações, mas neste caso causadas pelo Rio Jundiaí (na passagem sob a Rodovia Anhanguera).

O bairro de Tulipas, após o Distrito Industrial, também sofre com inundações, assim como o CDHU da região. Os representantes municipais deixaram claro que o Rio Jundiaí-Mirim, a jusante das represas, apresenta problemas de inundações.

Também afirmaram que o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), Lei Municipal nº 417/04 (Serra do Japi), Lei Municipal nº 2405/80 (Preservação e Proteção do Rio Jundiaí-Mirim), Resolução CONDEPHAT nº 11, de 08 de março de 1983 (Tombamento da Serra do Japi),

e o Decreto Estadual nº 43.284/98 (Criação da APA Jundiaí), estão à disposição no site da Prefeitura Municipal de Jundiaí.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Jundiaí, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.15 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Jundiaí, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.15. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Jundiaí.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Jundiaí	29/07/2019 9h	Martim de França Silveira Ribeiro	Diretor de Mananciais da DAE Jundiaí	(11) 97110-2213	Prefeitura Municipal de Jundiaí - Av. da Liberdade, s/nº - Jardim Botânico
		Sinésio Scarabello Filho	Gestor de Planejamento Urbano e Meio Ambiente - PM Jundiaí	(11) 4589-8557	
		Ademir Pedro Victor - Engenheiro	Coord. De Obas e Infraetrutura	(11) 4589-8466 (11) 99799-7932	

4.2.1.9. Mairiporã

O Quadro 4.16 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Mairiporã, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.16. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Mairiporã.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Mairiporã	11/04/2019 14h	Anto Aiacyda	Prefeito Municipal	(11) 99612-0312	Paço Municipal - Alameda Tibiriça, nº 374
		Rafael Tostes	Secretário de Meio Ambiente	(11) 4604-2545 (11) 4604-2321	
		Maria de Loudes	Secretária Municipal de Obras	-	
		Ana Lúcia Gonçalves de Moraes e Paiva	Arquiteta - Sec. Obras	-	
		José Eduardo Victorino	Defesa Civil	-	

Segundo abordado na reunião, o Rio Jundiaí tem como nascentes a região do bairro Terra Preta, pertencente ao município de Mairiporã, cuja área está bem conservada e protegida pelo Plano Diretor municipal (fortes restrições para uso e ocupação do solo).

O Prefeito de Mairiporã participou somente da abertura da reunião e da breve explanação sobre o Plano Diretor de Macrodrenagem. Segundo informações repassadas, há uma ETA no Rio Jundiaí que abastece o bairro da Terra Preta/Jundiaizinho.

Também foram relatados que problemas de inundação são observados na região da passagem do Rio Jundiaí sob a Rodovia Fernão Dias, provocando inundações nesta área. Há assoreamento do Rio neste local.

Outro problema de inundação no município é causado pelo Córrego Canjica, que apresenta alguns estrangulamentos ao longo do leito, provocando inundações antes de sua confluência com o Rio Jundiaí. Os documentos que concernem à legislação do município de Mairiporã estão à disposição no site da Prefeitura.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Mairiporã, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.17 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Mairiporã, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.17. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Mairiporã.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Mairiporã	30/07/2019 9h	Anto Aiacyda	Prefeito Municipal	(11) 99612-0312	Paço Municipal - Alameda Tibiriça, nº 374
		Rafael Tostes	Secretário de Meio Ambiente	(11) 4604-2545 (11) 4604-2321	
		Maria de Loudes	Secretária Municipal de Obras	-	
		Ana Lúcia Gonçalves de Moraes e Paiva	Arquiteta - Sec. Obras	-	
		José Eduardo Victorino	Defesa Civil	-	

4.2.1.10. Salto

O Quadro 4.18 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Salto, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.18. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Salto.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Salto	05/04/2019 13h	Sandro Roberto Stivanelli	Meio Ambiente	(11) 4028-2535 (11) 4028-1826	Rua Marechal Deodoro, nº 950 - Centro - "Garagem"
		Orlando Manoel Nery Jr.	Defesa Civil	-	
		Káren Katiúcia de Paiva Vieira	Engenheira Civil	-	

Segundo relatado durante a reunião, o grande problema de inundação no município de Salto refere-se ao Rio Tietê, que quando em período de cheia não permite que o Rio Jundiaí nele desague, promovendo forte e volumoso remanso das águas do Tietê na calha do Rio Jundiaí. A região é caracterizada por forte extração mineral de granito na área confrontante com o município de Itu. Uma constante relatada é a inundação do Rio Jundiaí, devido aos estrangulamentos em sua passagem pelas pontes na área urbana municipal. O Córrego Santa Cruz também apresenta inundações, na região próxima ao Rio Jundiaí.

A região entre os bairros Nair Maria e Nações vem sofrendo com inundações nos últimos anos, por conta do assoreamento do Rio Jundiaí. Além disso, o Rio Jundiaí possui sérios problemas de assoreamento em seu trecho urbano, causados pelo leito contendo inúmeras pedras e também pelo remanso causado pelo Rio Tietê.

Conforme exposto pelo município, foram disponibilizados o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), o Plano Diretor e documentos referentes ao Ribeirão Piraí.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Salto, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.19 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Salto, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções. As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.19. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Salto.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Salto	24/07/2019 8h	Sandro Roberto Stivanelli	Meio Ambiente	(11) 4028-2535 (11) 4028-1826	Rua Marechal Deodoro, nº 950 - Centro - "Garagem"
		Orlando Manoel Nery Jr.	Defesa Civil	-	
		Káren Katiúcia de Paiva Vieira	Engenheira Civil	-	

4.2.1.11. Várzea Paulista

O Quadro 4.20 abaixo apresenta informações relativas à realização da visita de campo no município de Várzea Paulista, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

Quadro 4.20. Informações sobre a primeira visita de campo realizada no município de Várzea Paulista.

Município	Data da reunião	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião
Várzea Paulista	28/03/2019 14h	Rafael Tamberlini	Coordenador de Licenciamento Ambiental	(11) 4606-8666 (11) 97245-3879	Centro de Atendimento FACILITA - Rua João Povoa, nº 97 - Jdm do Lar - Próximo ao Hotel Orquídeas
		João José de Lima	Gestor Municipal de Meio Ambiente	(11) 96372-4438	
		Peterson de Ávila Alves Afonso	Gestor Executivo de Obras	(11) 99798-0807	
		Marco Momenté	Coordenador de Uso e Ocupação do Solo e Habitação Popular	-	
		Ademar Pires Barbosa	Chefe de Fiscalização	-	
		Marcos Alexandre Alves	Diretor de Obras Públicas	-	

Em Várzea Paulista, o foco do trabalho da Prefeitura é conter as erosões das margens do Rio Jundiaí. Foi relatado a ocorrência de inundação a montante da “Ponte Seca”, porém não houve problemas com construções e sim com o trecho viário local, que foi danificado e consequentemente interditado. Desde 2014 foram relatados 2 (dois) alagamentos nesta região da Ponte Seca.

A calha do Rio Jundiaí, no trecho de Várzea Paulista, apresenta vários pontos de erosão de margens, com sério comprometimento das vias marginais e seu leito de rolamento, inclusive com alguns pontos de desmoronamento.

Foram realizadas algumas obras de contenção de encostas, principalmente no Ribeirão Bertioga, bem como alguns piscinões. Há sério estrangulamento do Ribeirão Bertioga na passagem sob a linha férrea (MRS, CPTM, RUMO). Também há estrangulamento deste Ribeirão na passagem sob a Avenida Fernão Dias, causando alagamento e inundações.

No ano de 2001, mais especificamente em 09 de janeiro, devido a fortes precipitações ocorreram inundações na região do Pinheirinho-Satélite-Jardim do Lar, com várias construções ficando debaixo d'água. Nos meses de janeiro e fevereiro de 2019 o Córrego Pinheirinho sofreu problemas com inundações. Também foi relatado pelos representantes municipais que há um estrangulamento do Rio Jundiaí na divisa dos munícipios de Várzea Paulista e Jundiaí (passagem da rua da Várzea).

O município de Várzea Paulista disponibilizou o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), o Plano de Drenagem municipal e outros estudos já realizados. Foram disponibilizados também o estudo de Macrodrenagem dos Córregos Ilha Bela e Buriti, e o Plano de Coleta Seletiva do município.

Visando a complementação das informações coletadas durante a primeira visita de campo no município de Várzea Paulista, procedeu-se uma nova visita ao local. O Quadro 4.21 a seguir apresenta informações relativas à realização da segunda visita de campo no município de Várzea Paulista, bem como os participantes do encontro e suas respectivas funções.

As informações coletadas durante esta nova visitação, bem como os registros fotográficos e locacionais das estruturas de macrodrenagem municipais, são apresentadas em detalhe no item 4.2.2 do presente relatório.

Quadro 4.21. Informações sobre a segunda visita de campo realizada no município de Várzea Paulista.

Município	Data da reunião/visita	Participante (s) da reunião	Cargo/Função	Telefone para contato	Local da reunião/visita
Várzea Paulista	23/07/2019 8h	Rafael Tamberlini	Coordenador de Licenciamento Ambiental	(11) 4606-8666 (11) 97245-3879	Centro de Atendimento FACILITA - Rua João Povoa, nº 97 - Jdm do Lar - Próximo ao Hotel Orquídeas
		João José de Lima	Gestor Municipal de Meio Ambiente	(11) 96372-4438	
		Peterson de Ávila Alves Afonso	Gestor Executivo de Obras	(11) 99798-0807	
		Marco Momenté	Coordenador de Uso e Ocupação do Solo e Habitação Popular	-	
		Ademar Pires Barbosa	Chefe de Fiscalização	-	
		Marcos Alexandre Alves	Diretor de Obras Públicas	-	

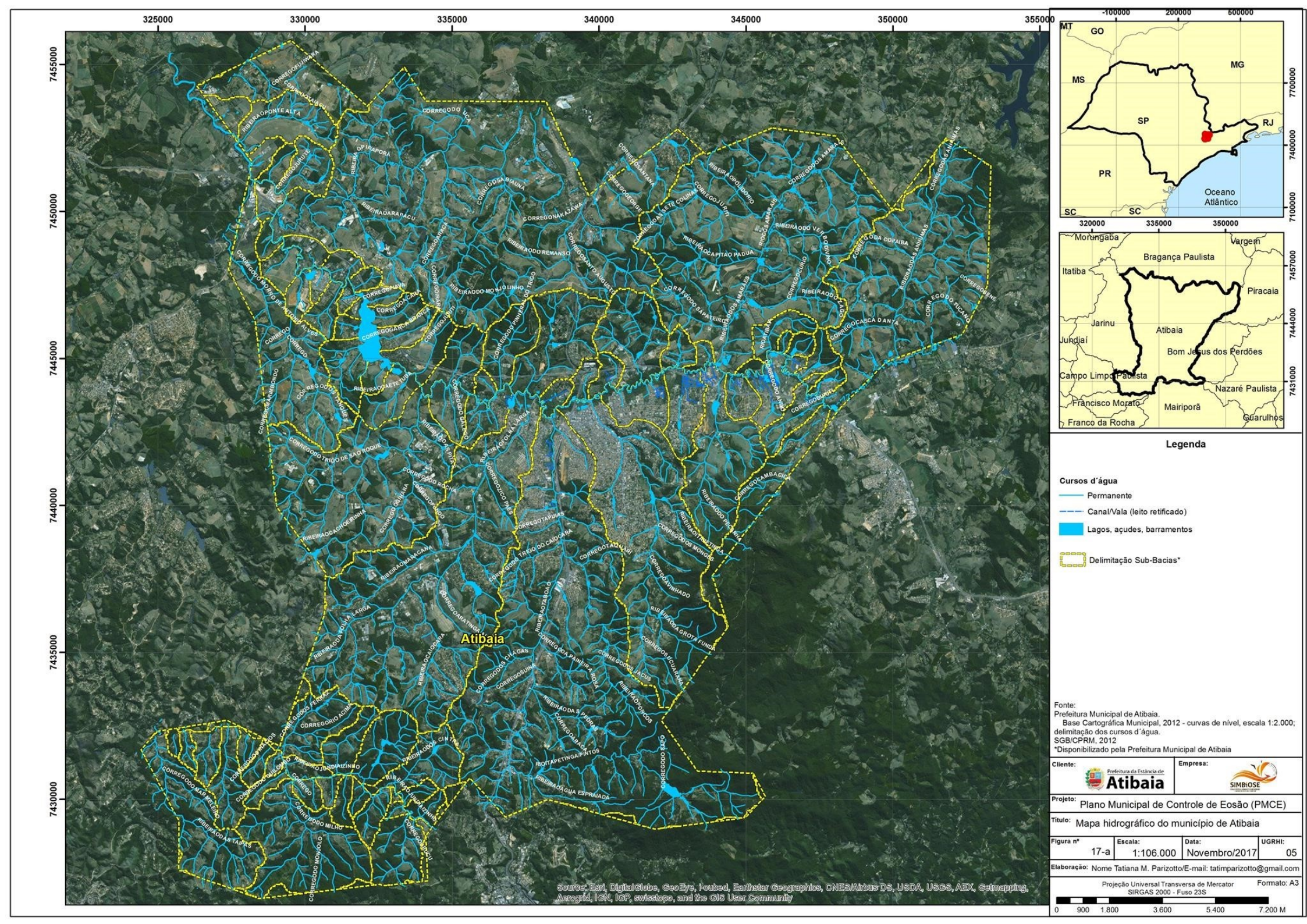
4.2.2. *Sistemas de macrodrenagem municipais*

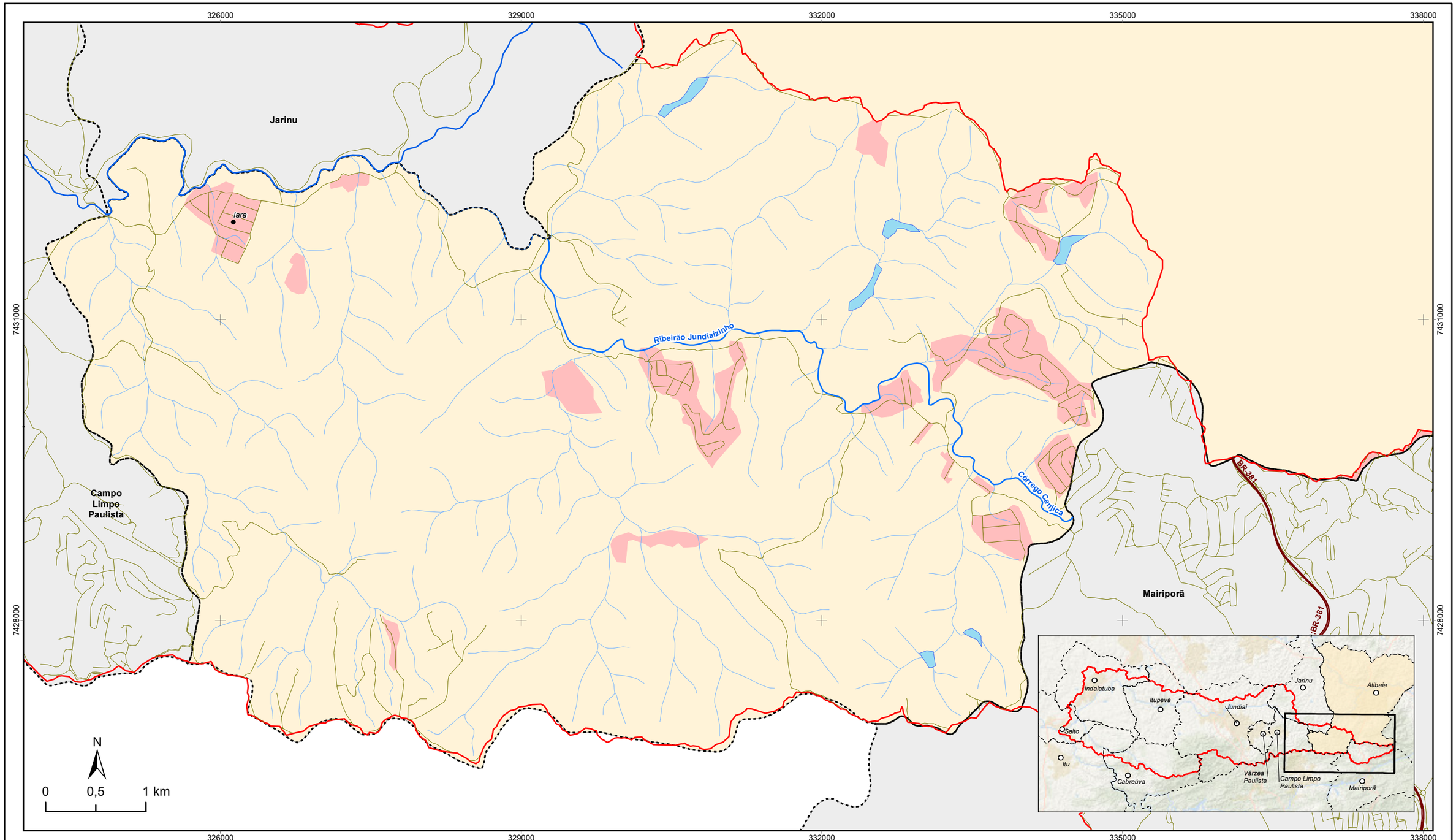
Este item apresenta um compilado das informações disponibilizadas pelos municípios em relação aos seus respectivos sistemas de macrodrenagem. As informações foram disponibilizadas em formatos distintos, como mapas em PDF, arquivos *shapefile*, textos diversos e fotos realizadas durante visitas de reconhecimento aos locais. Nos subitens abaixo são apresentadas as informações por município:

4.2.2.1. Atibaia

Para o município de Atibaia, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato de mapa em arquivo PDF, oriundo do Projeto Municipal de Controle de Erosão. Ele contém o traçado dos cursos d'água do município, subdivididos em "Perenes", "Canal/Vala (Leito retificado)" e "Lagos, açudes e barramentos", além de ilustrar delimitação das sub-bacias locais. A Figura 4.1 ilustra as informações supracitadas.

A parcela do município de Atibaia localizada no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é predominantemente rural, onde prevalecem então cursos d'água abertos e de leitos naturais, não sendo observada nenhuma estrutura de macrodrenagem de grande significância. O Mapa 4.1 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Atibaia, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.


325000
330000
335000
340000
345000
350000
355000
7455000
7450000
7445000
7440000
7435000
7430000
Atibaia
MT
GO
MG
MS
SP
RJ
PR
SC
Oceano Atlântico
320000
335000
350000
7700000
7400000
7100000
7457000
7444000
7431000
Morungaba
Vargem
Bragança Paulista
Itatiba
Piracaia
Jarinu
Atibaia
Jundiaí
Bom Jesus dos Perdões
Campo Limpo Paulista
Nazaré Paulista
Francisco Morato
Mairiporã
Franco da Rocha
Guarulhos
Legenda
Cursos d´água
Permanente
Canal/Vala (leito retificado)
Lagos, açudes, barramentos
Delimitação Sub-Bacias*
Fonte:
Prefeitura Municipal de Atibaia.
Base Cartográfica Municipal, 2012 - curvas de nível, escala 1:2.000; delimitação dos cursos d´água.
SGB/CPRM, 2012
*Disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Atibaia
Cliente:
Prefeitura da Estância de Atibaia
Empresa:
SIMBIOSE
Projeto:
Plano Municipal de Controle de Eosão (PMCE)
Título:
Mapa hidrográfico do município de Atibaia
Figura nº
17-a
Escala:
1:106.000
Data:
Novembro/2017
UGRHI:
05
Elaboração:
Nome Tatiana M. Parizotto/E-mail: tatimparizotto@gmail.com
Projeção Universal Transversa de Mercator
SIRGAS 2000 - Fuso 23S
Formato: A3
0
900
1.800
3.600
5.400
7.200 M
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community



LEGENDA

- Ponto de Referência
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Atibaia

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:37.500

Mapa 5.1. Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Atibaia

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
- Rodovias: OpenStreetMap, 2018
- Limite Municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018

4.2.2.2. Cabreúva

Para o município de Cabreúva, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato *shapefile*, organizadas através de uma Base Cartográfica com dados referentes à hidrografia, rios, nascentes, lagos e açudes. Segundo consta nos arquivos, o levantamento da rede hidrográfica é oriundo do IGC e foi produzido em escala 1:50.000, não constando nas informações dos atributos espaciais os nomes dos respectivos rios e córregos. O Mapa 4.2 ilustra as informações supracitadas.

Segundo informações repassadas pelo município de Cabreúva, há apenas pequenos barramentos em zonas rurais, não sendo nenhum deles voltado à geração de energia elétrica. Também foi informado que não há diques e nem estruturas de contenção temporárias dentro dos limites municipais.

Como a sede de Cabreúva encontra-se localizada fora dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, a área urbana contida na BHJ não é tão expressiva, não sendo observados nenhum rio, córrego, riacho ou arroio dentro da bacia que tenha sido inteiramente canalizado, sendo os cursos d'água no município, em geral, abertos e com leito natural.

Também segundo relatado pelos representantes municipais, não há realização de dragagens frequentes no município, e nem registro de algum curso d'água que tenha sido desviado, como solução para aumento da eficiência do escoamento em áreas urbanas. Conforme informado durantes as visitas, o Rio Jundiaí apresenta importância secundária para o município de Cabreúva, pois este não está localizado na calha do referido manancial; o curso d'água de maior importância, conforme relatado, é o Ribeirão Piraí, principalmente no trecho que corta o Distrito do Jacaré.

A intervenção mais notável realizada nos cursos d'água municipais foi uma retificação realizada no trecho urbano da calha do Ribeirão Piraí, no ano de 2004, conforme ilustrado na Figura 4.2 e Figura 4.3.

272000 280000 288000 296000 304000

7424000

7416000

Sub-bacia 32

Sub-bacia 25

Sub-bacia 21

Sub-bacia 17

Sub-bacia 14

Sub-bacia 11

Sub-bacia 15

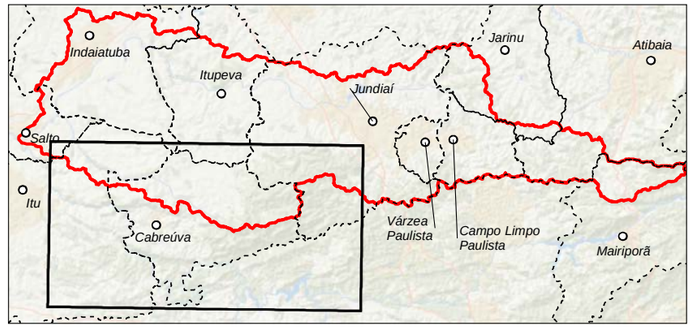
Sub-bacia 09

Sub-bacia 31

Cabreúva

N

0 1,5 3 km



LEGENDA

- Sede Municipal
- Nascentes
- Malha Viária
- Hidrografia
- Lagos
- Sub-bacias
- Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- APPde Nascentes
- APP de Rios
- APP de Lagos
- APPde Topo de Morro
- APP de Declividade
- Área Urbana
- Aglomerados Rurais
- Aterro sanitário
- ETA
- ETE

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:100.000

Mapa 5.2 - Informações sobre o sistema de macrodrenagem recebidas do município de Cabreúva

Fonte de dados:

- Sede Municipal: IGC, 2010
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- APPs, malha viária, limite municipal, hidrografia, lagos, nascentes, área urbana, aglomerados rurais, ETA, ETE: município de Cabreúva



Figura 4.2. Trecho do Ribeirão Piraí que foi retificado, no município de Cabreúva.



Figura 4.3. Plantio de mata ciliar ao longo do trecho retificado do Ribeirão Piraí, no município de Cabreúva.

Além disso, um anexo do Plano Diretor de Macrodrenagem Rural também foi disponibilizado, contendo coordenadas e informações acerca de dispositivos de drenagem rural. Estes dados foram georreferenciados e aderidos às informações sobre os rios e córregos urbanos.

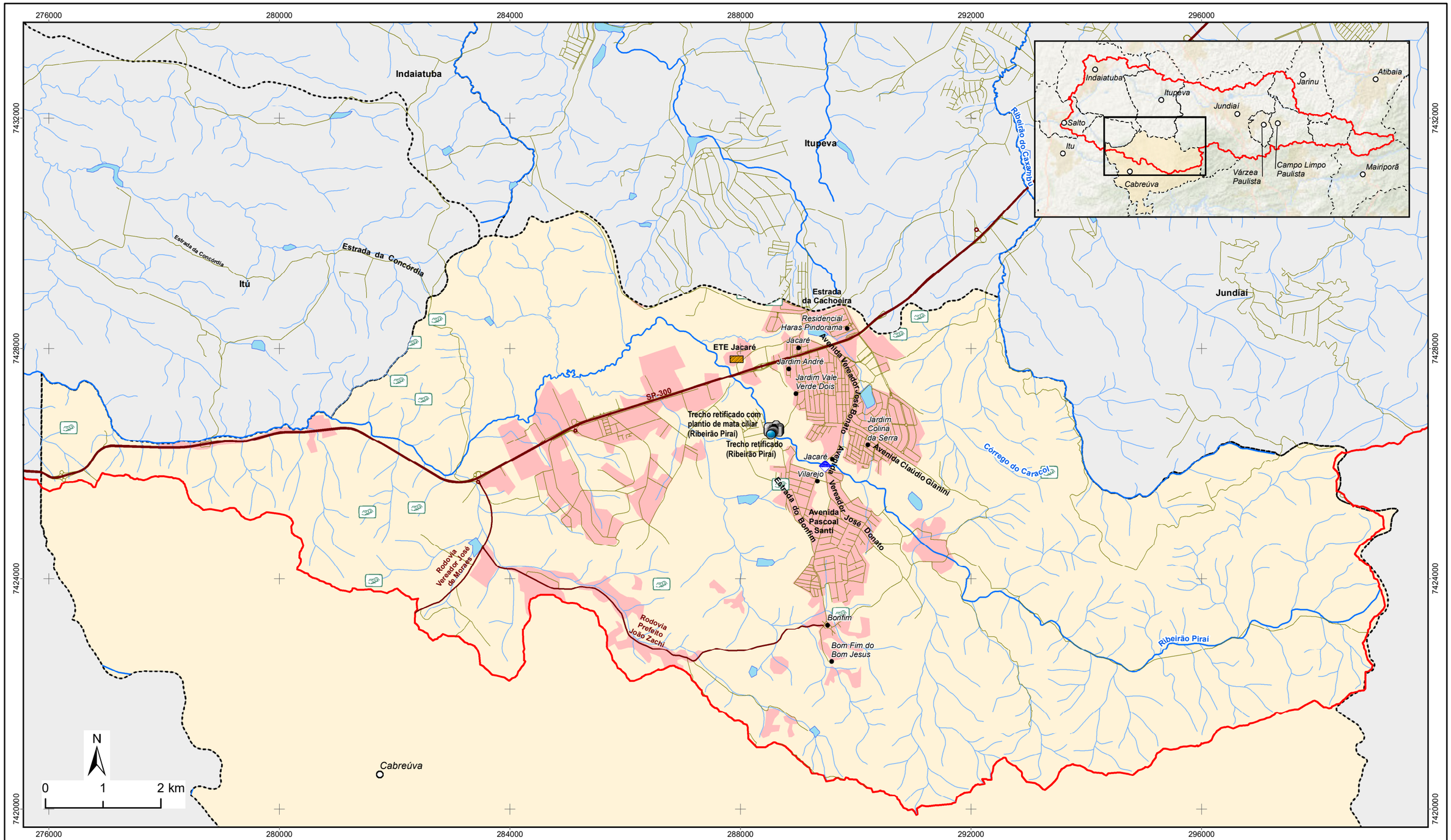
O Mapa 4.3 apresenta as informações supracitadas espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Cabreúva, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas para os demais produtos no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.

4.2.2.3. Campo Limpo Paulista

Para o município de Campo Limpo Paulista, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato PDF, através de um anexo oriundo do Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental e Gestão Municipal de Recursos Hídricos. Além de conter o traçado dos cursos d'água municipais (na legenda do mapa, expresso por "Rios"), ele também ilustra a delimitação das sub-bacias do município e a altimetria da área; alguns cursos d'água principais apresentam atributos de nomes, como o Rio Jundiaí, o Córrego do Marsola e o Córrego Mãe Rosa.

Em visitas à Campo Limpo Paulista, foi informado que o município tem sua área, segundo o Plano Diretor, classificada inteiramente como zona urbana, não havendo áreas rurais registradas. O limite municipal engloba uma área de aproximadamente 82 km². Segundo relatos dos representantes da Prefeitura, os maiores problemas observados em Campo Limpo Paulista, no que tange a macrodrenagem, referem-se à erosão das margens ao longo da calha do Rio Jundiaí e a exposição de tubulações (emissários de esgoto). A Figura 4.4 e Figura 4.5 ilustram os problemas supracitados.

Além disso, foram disponibilizadas as seguintes informações em formato *shapefile*: o arquivo referente ao Rio Jundiaí apresenta apenas o traçado deste curso d'água no interior do município, e o arquivo dos córregos apresenta o traçado de todos os cursos d'água municipais de menor porte. Nos atributos dos arquivos não constam informações acerca do tipo de levantamento que originou os dados, sendo que para o *shapefile* dos córregos a única informação apresentada é referente à classificação quanto à permanência do manancial (perene ou intermitente). A Figura 4.6 e o Mapa 4.4 ilustram as informações supracitadas.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Pontos de inundação
- Erosões rurais
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Cabreúva

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:65.000

Mapa 5.3 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Cabreúva

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013
Estação de Tratamento de Esgoto: Profill/Rhama, 2018



Figura 4.4. Ponte Emancipadores sobre o Rio Jundiaí, apresentando cruzamento de tubulação (à esquerda) e Erosão às margens do Rio Jundiaí observada no município de Campo Limpo Paulista (à direita).



Figura 4.5. Travessia de emissário de esgoto da SABESP sobre o Rio Jundiaí, em Campo Limpo Paulista.

Elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental e Gestão Municipal de Recursos Hídricos
Campo Limpo Paulista

Modelo digital de elevação

Legenda

- Rio
- Subacias
- Rodovia
- Limite municipal

Subacia 1
Subacia 2
Subacia 3
Subacia 4
Subacia 5
Subacia 6
Subacia 7
Subacia 8
Subacia 9
Subacia 10
Subacia 11
Subacia 12
Subacia 13

RIBEIRÃO DO PERDÃO
LAGOS DOS GANSOS
LAGOS DAS GARÇAS
CÓRREGO MARAJOARA
CÓRREGO DO MARSOLA
RIO JUNDIAÍ
CÓRREGO DO MONJOLO
CÓRREGO DO CARRAPATO
CÓRREGO MÃE ROSA
CÓRREGO DAS ÉGUAS

315000 318000 321000 324000
7438000 7435000 7432000 7429000 7426000

500 0 500 1.000 m

Escala 1:22000

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal SAD69

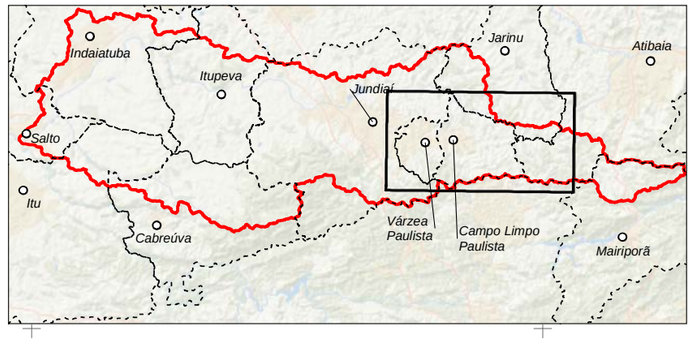
Realização:

FEHIDRO
FundAg FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGRÍCOLA
IAC INSTITUTO AGRONÔMICO
UNICAMP

310000 315000 320000 325000 330000

7435000

7430000



Campo Limpo Paulista

Várzea Paulista

N

0 1,5 3 km

LEGENDA

- Sede Municipal
- Pontos críticos
- Córregos
- Rio Jundiaí
- Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Inundação de 2009
- Suscetibilidade à Inundação
- Manchas de Inundação
- Mancha Urbana

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:60.000

Mapa 5.4 - Informações sobre o sistema de macrodrenagem recebidas do município de Campo Limpo Paulista

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Pontos críticos, hidrografia, limite municipal, suscetibilidade à inundação, manchas de inundação, mancha urbana: município de Cabreúva

Durante a visita de reconhecimento no município, que foi acompanhada por representantes da Prefeitura, foi informada a existência de dois pequenos barramentos, nenhum destes para geração de energia elétrica. Os mesmos localizam-se na calha do Rio Jundiaí, que cruza o município de Campo Limpo Paulista.

Um dos barramentos pertence à empresa Thyssenkrupp, onde é realizada captação de água do Rio Jundiaí para utilização em processos internos.

O outro barramento pertence à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), e é destinado à captação de água.

O registro fotográfico das informações supracitadas é apresentado na Figura 4.7 e Figura 4.8.



Figura 4.7. Barramento junto ao Rio Jundiaí (à esquerda) e captação de água (à direita) da empresa Thyssenkrupp, no município de Campo Limpo Paulista.



Figura 4.8. Barramento no Rio Jundiaí para captação da SABESP (à esquerda) e retificação do Rio Jundiaí no trecho de captação da SABESP (à direita), no município de Campo Limpo Paulista.

Também conforme exposto durante a visita, os principais problemas envolvendo inundações no município ocorrem na foz do Córrego Mãe Rosa, um dos afluentes do Rio Jundiaí. A Figura 4.9 apresenta uma das áreas de inundação informadas pela Prefeitura – Praça Marchetti, enquanto que a Figura 4.10 ilustra um registro fotográfico do Córrego Mãe Rosa, realizado durante reconhecimento de campo no município.



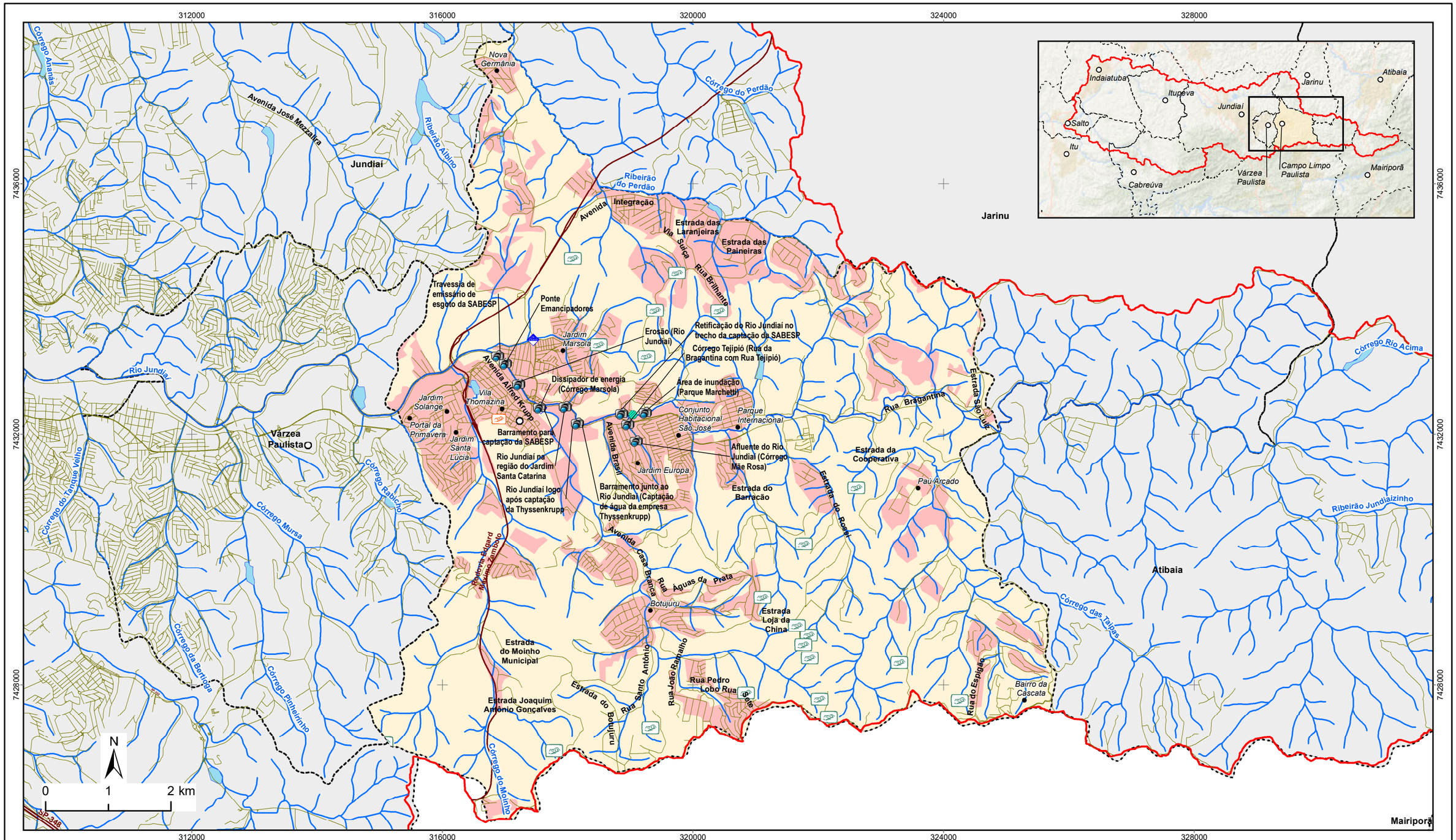
Figura 4.9. Praça Marchetti, área de inundação localizada no município de Campo Limpo Paulista.



Figura 4.10. Córrego Mãe Rosa, afluente direto do Rio Jundiaí no município de Campo Limpo Paulista.

Demais registros fotográficos foram realizados de córregos, rios e estruturas de macrodrenagem localizadas no município de Campo Limpo Paulista, como o Córrego Marsola, com informações apresentadas na Figura 4.11, um trecho do Rio Jundiaí no município de Campo Limpo Paulista, localizado próximo ao bairro Jardim Santa Catarina (Figura 4.12), bem como o Córrego Tejipió, localizado no bairro Jardim Europa (Figura 4.13).

O Mapa 4.5 apresenta as informações supracitadas espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Campo Limpo Paulista, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Pontos de inundação
- Erosões urbanas
- Erosões rurais
- Captação superficial para abastecimento
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Campo Limpo Paulista

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:60.000

Mapa 5.5 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Campo Limpo Paulista

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adaptado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013
Estação de Tratamento de Esgoto: Profill/Rhama, 2018



Figura 4.11. Aduela estrangulando a passagem de água (à esquerda), e dissipador de energia (à direita), ambos localizados no Córrego Marsola, município de Campo Limpo Paulista.



Figura 4.12. Rio Jundiaí na região do bairro Jardim Santa Catarina, no município de Campo Limpo Paulista.

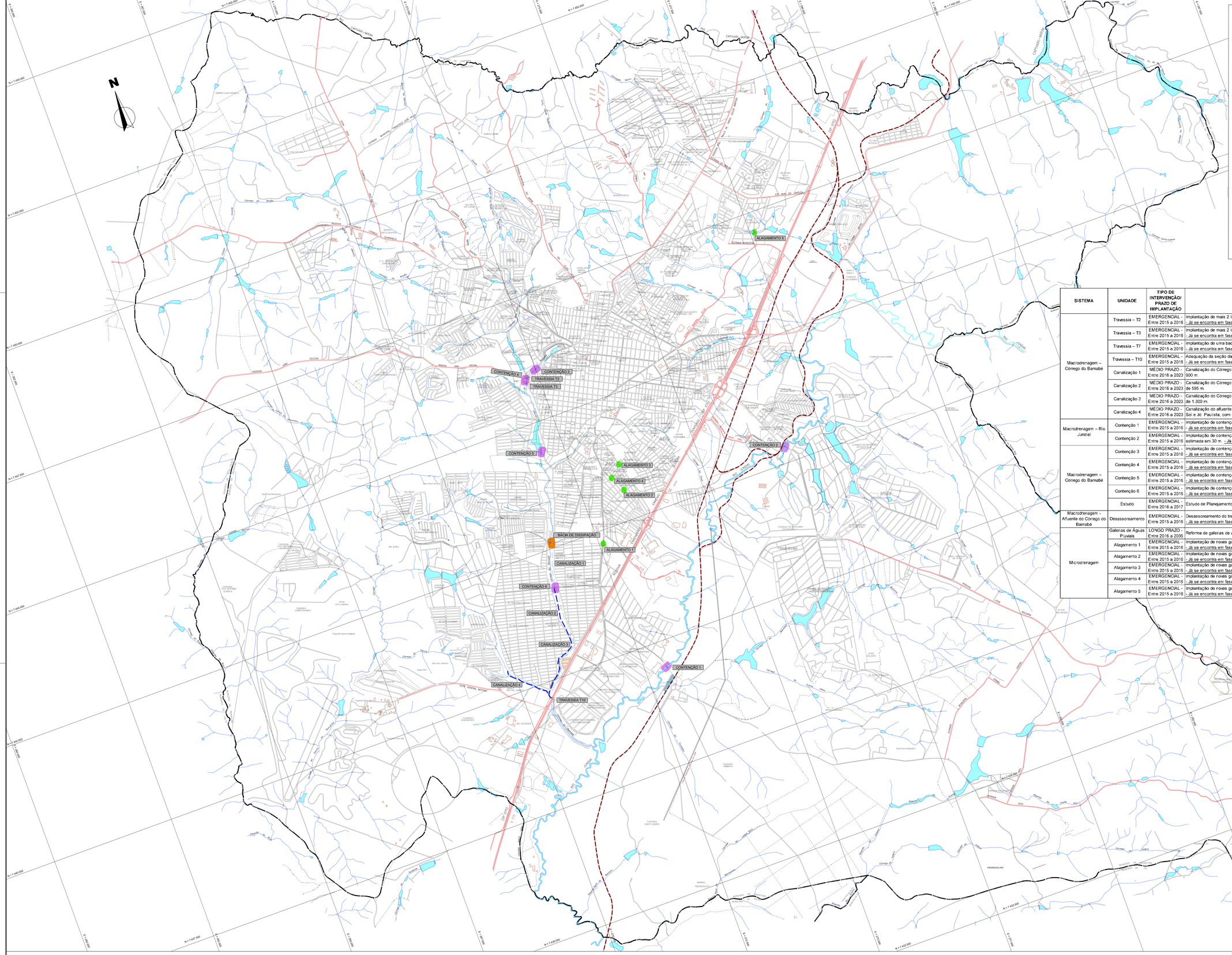


Figura 4.13. Córrego Tejipió, localizado entre a Rua da Bragantina e a Rua Rio Tejipió, no município de Campo Limpo Paulista.

4.2.2.4. Indaiatuba

Para o município de Indaiatuba, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato PDF, referente a um mapa do Sistema de Drenagem Urbana Proposto no Plano Municipal de Saneamento Básico, que apresenta informações acerca dos cursos d'água locais, como traçado e nomenclatura, além de intervenções e obras propostas. A Figura 4.14 ilustra as informações supracitadas.

Em visitas à Indaiatuba, foi informado que existem vários pequenos barramentos no município, tanto em zonas rurais como em zonas urbanas, principalmente para reservação de água e formação de lagos. A Figura 4.15 ilustra um pequeno barramento localizado no Córrego do Barnabé. Além disso, o município de Indaiatuba possui também uma barragem de médio porte, para regularização de vazões no Rio Capivari-Mirim; entretanto, este barramento não está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.



SISTEMA	UNIDADE	TIPO DE INTERVENÇÃO/ PRAZO DE IMPLANTAÇÃO	PRINCIPAIS OBRAS PLANEJADAS
Macrodrenagem – Córrego do Barnabé	Travessia – T2	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de mais 2 linhas de aduelas (2,00 x 2,50 m), aumentando a capacidade para 152,15 m³/s. - Já se encontra em fase de implantação.
	Travessia – T3	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de mais 2 linhas de aduelas (2,00 x 2,50 m), aumentando a capacidade para 142,90 m³/s. - Já se encontra em fase de implantação.
	Travessia – T7	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de uma bacia de dissipação de energia com o enrocamento de pedras no final das aduelas. - Já se encontra em fase de implantação.
	Travessia – T10	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Adequação da seção da travessia para as dimensões: base = 16 m e altura = 3,54 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Canalização 1	MÉDIO PRAZO - Entre 2016 a 2023	Canalização do Córrego do Barnabé, entre as avenidas Manuel Ruiz Perez e Ário Barnabé, com extensão total de 900 m.
	Canalização 2	MÉDIO PRAZO - Entre 2016 a 2023	Canalização do Córrego do Barnabé, entre as ruas João Walsh Costa e Antônio Angelino Rossi, com extensão total de 595 m.
	Canalização 3	MÉDIO PRAZO - Entre 2016 a 2023	Canalização do Córrego do Barnabé, entre a Rua Custódio Candido Carneiro e Rodovia SP-75, com extensão total de 1.320 m.
	Canalização 4	MÉDIO PRAZO - Entre 2016 a 2023	Canalização do afluente do Córrego do Barnabé, limitado pela Rua Martinho Lutherio, entre os bairros Jd. Morada do Sol e Jd. Paulista, com extensão total de 970 m.
Macrodrenagem – Rio Jundiaí	Contenção 1	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção na ponte sobre o Rio Jundiaí, na Avenida Santoro Mirone, extensão estimada em 40 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Contenção 2	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção na ponte sobre o Rio Jundiaí, na Alameda Cel. Antônio Estanislau Amaral, extensão estimada em 30 m. - Já se encontra em fase de implantação.
Macrodrenagem – Córrego do Barnabé	Contenção 3	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção no Córrego do Barnabé, a jusante da travessia T1, extensão estimada em 30 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Contenção 4	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção no Córrego do Barnabé, a jusante da travessia T2, extensão estimada em 10 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Contenção 5	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção no Córrego do Barnabé, a jusante da travessia T6, extensão estimada em 15 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Contenção 6	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de contenção no Córrego do Barnabé, a jusante da travessia T9, extensão estimada em 10 m. - Já se encontra em fase de implantação.
	Estudo	EMERGENCIAL - Entre 2016 a 2017	Estudo de Planejamento das Atividades de Monitoramento e Desassoreamento dos Mananciais.
Macrodrenagem - Afluente do Córrego do Barnabé	Desassoreamento	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Desassoreamento do trecho de córrego próximo ao Parque Residencial Indaiá. - Já se encontra em fase de implantação.
Microdrenagem	Galerias de Águas Pluviais	LONGO PRAZO - Entre 2016 a 2035	Reforma de galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população.
	Alagamento 1	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de novas galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população. - Já se encontra em fase de implantação.
	Alagamento 2	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de novas galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população. - Já se encontra em fase de implantação.
	Alagamento 3	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de novas galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população. - Já se encontra em fase de implantação.
	Alagamento 4	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de novas galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população. - Já se encontra em fase de implantação.
	Alagamento 5	EMERGENCIAL - Entre 2015 a 2016	Implantação de novas galerias de águas pluviais em função do crescimento vegetativo da população. - Já se encontra em fase de implantação.

0 0,25 0,5 0,75 1 2km

1:25.000

ESCALA GRÁFICA

PREFEITURA MUNICIPAL DE INDAIATUBA

TEMA: Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Indaiatuba

TÍTULO: SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PROPOSTO

ESCALA: 1:25.000 DATA: AGOSTO / 2014 FIGURA 7.2

ENGECORPS



Figura 4.15. Travessia localizada sobre barramento localizado no Córrego do Barnabé, município de Indaiatuba.

Não existem barramentos para geração de energia elétrica no município de Indaiatuba, assim como diques. Também não há algum trecho de rio que tenha sido desviado, visando aumento da eficiência de escoamento. Em relação à rios, córregos, riachos ou arroios que tenham sido canalizados, a Prefeitura informou que o Córrego Belchior, localizado na Avenida das Primaveras, no centro da cidade, possui uma alteração deste tipo, configurando este trecho como uma canalização aberta.

Em relação a estruturas de travessias sobre cursos d'água, o município conta uma série destas, visando a passagem de tubulações e arruamentos. A Figura 4.16 até a Figura 4.19 ilustram algumas das travessias registradas no município.



Figura 4.16. Ponte da estrada vicinal para o Quilombo, no município de Indaiatuba.



Figura 4.17. Estrangulamento no Rio Jundiaí, na ponte da estrada para o Quilombo, no município de Indaiatuba.



Figura 4.18. Ponte do bairro Pimenta, próximo à ETA III, no município de Indaiatuba.



Figura 4.19. Pilares no Rio Jundiaí, junto à ponte do bairro Pimenta, no município de Indaiatuba.

Ainda, o município de Indaiatuba realiza frequentemente o desassoreamento de córregos e lagos, principalmente no Córrego do Barnabé, que sofre com o assoreamento oriundo de loteamentos que ficam próximos à sua calha. A Figura 4.20 e Figura 4.21 ilustram alguns registros fotográficos realizados ao longo da calha do Córrego do Barnabé.



Figura 4.20. Trecho do Córrego do Barnabé retificado, no município de Indaiatuba.

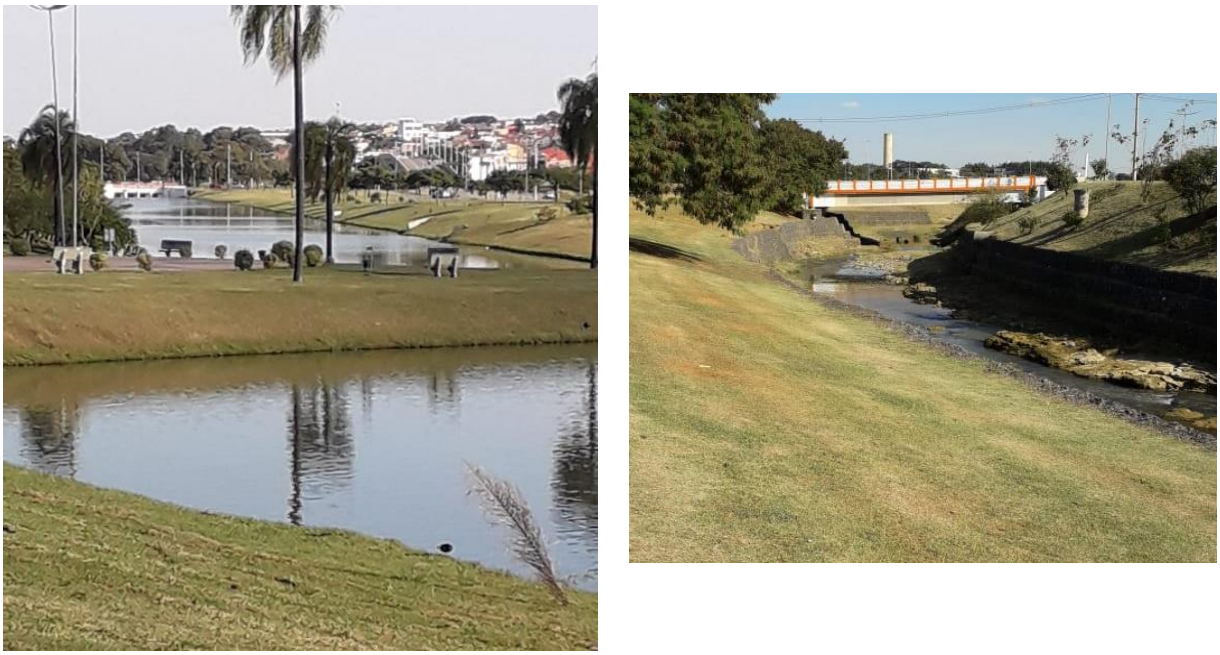


Figura 4.21. Parque linear localizado no Córrego do Barnabé (à esquerda), e trecho do Córrego do Barnabé (à direita), no município de Indaiatuba.

Ainda foi relatado que o Rio Jundiaí, no trecho de sua calha que passa pelo município, sofre com o assoreamento e erosão das margens, conforme ilustrado na Figura 4.22, Figura 4.23 e Figura 4.24, sendo observados trechos no curso d'água com profundidade de escoamento inferior a 30 cm. Também, o município utiliza as águas do referido manancial para a instalação de ETAs. No entanto, com a construção da barragem no Rio Capivari-Mirim (localizada fora da BHJ) e a futura barragem do Ribeirão Piraí, a dependência de abastecimento junto ao Rio Jundiaí será menor.



Figura 4.22. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte da Estrada do Quilombo, no município de Indaiatuba, onde é possível observar erosão junto às margens.



Figura 4.23. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte do Bairro Pimenta, no município de Indaiatuba, onde é possível observar afloramento rochoso e erosão junto às margens.



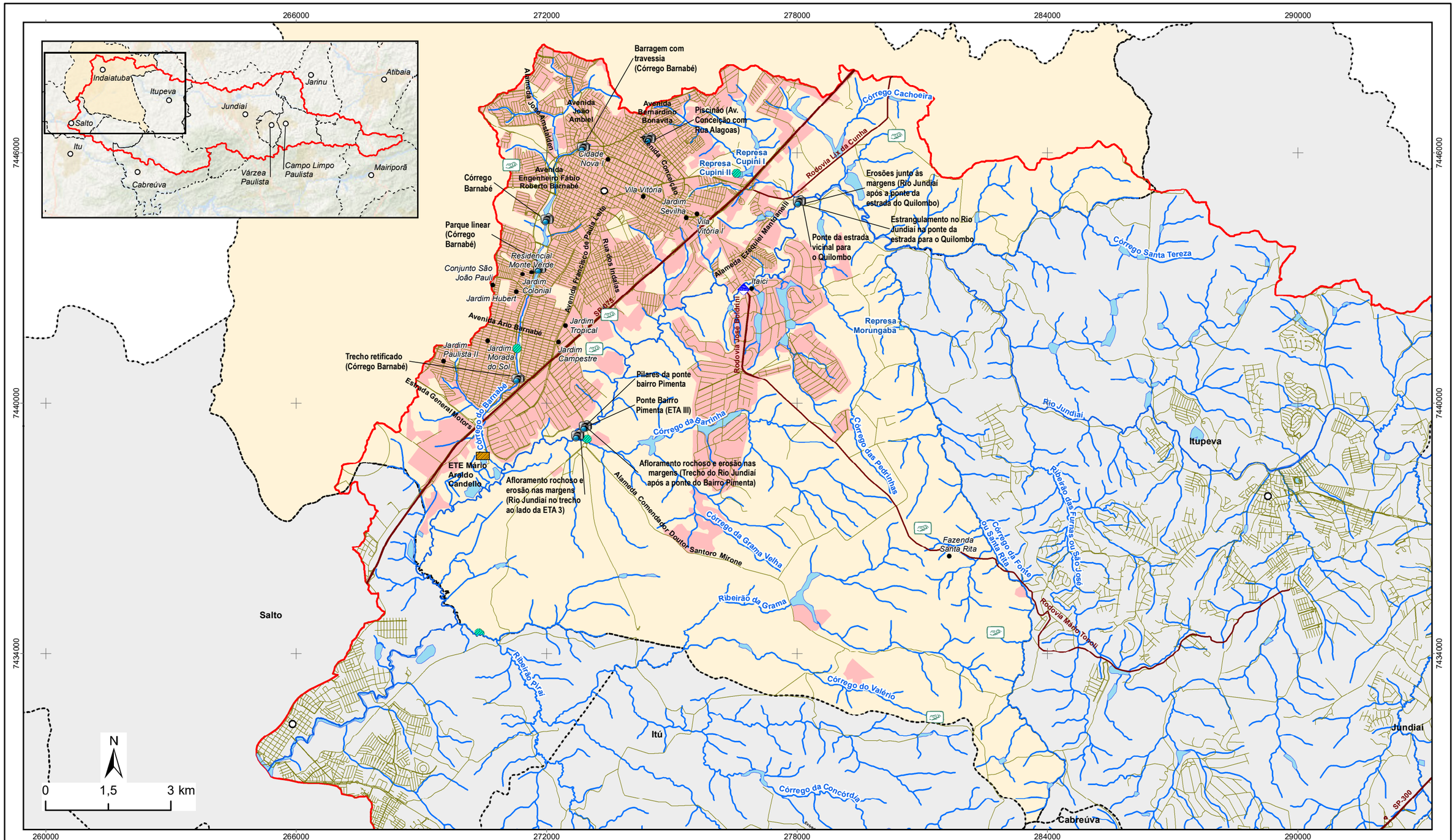
Figura 4.24. Trecho do Rio Jundiaí ao lado da ETA III, no município de Indaiatuba, onde nota-se a erosão das margens próximo ao afloramento rochoso.

Já as principais intervenções realizadas em cursos d'água são os barramentos para reservação de água, dentre eles as pequenas barragens de regularização localizadas no Córrego São Lourenço, a represa Morungaba no Córrego Santa Rita e a barragem do Cupini no Córrego do Cupini. Demais intervenções relatadas referem-se às estruturas de contenção de erosão e desassoreamento de córregos e lagos presentes no município.

Entretanto, conforme informado por representantes da municipalidade de Indaiatuba, no geral, a maioria dos corpos d'água superficiais tem suas calhas naturais, sem retificações.

Também foi relatado, durante as visitas, que há uma região próxima ao bairro Cidade Nova II, onde localiza-se um "piscinão", ou seja, uma estrutura de contenção temporária de cheias, conforme ilustrado na Figura 4.25.

O Mapa 4.6 apresenta as informações supracitadas espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Indaiatuba, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Pontos de inundação
- Erosões rurais
- Captação superficial para abastecimento
- Barramento para Abastecimento
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Indaiatuba

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:90.000

Mapa 5.6 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Indaiatuba

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/Inundação: IPT, 2013
Estação de Tratamento de Esgoto: Profill/Rhama, 2018



Figura 4.25. Região onde há um “piscinão” sob a praça, localizado entre a Avenida Conceição e a Rua Alagoas, no município de Indaiatuba.

4.2.2.5. Itu

Para o município de Itu, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato de mapa em arquivo PDF, oriundo do Plano Municipal de Saneamento. Ele contém o traçado dos cursos d’água do município, subdivididos em “Rios principais”, “Hidrografia” e “Massas d’água”, sendo que para a primeira categoria são apresentados os nomes dos rios, córregos e ribeirões. A Figura 4.26 ilustra as informações supracitadas, bem como as áreas urbanizadas e o limite do município de Itu.

A parcela do município de Itu localizada no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é predominantemente rural, onde prevalecem então cursos d’água abertos e de leitos naturais, não sendo observada nenhuma estrutura de macrodrenagem de grande significância. O Mapa 4.7 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itu, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.

47°28'0"W 47°24'0"W 47°20'0"W 47°16'0"W 47°12'0"W 47°8'0"W

23°12'0"S 23°16'0"S 23°20'0"S 23°24'0"S

Elias Fausto
Salto
Indaiatuba
Itupeva
Porto Feliz
ITU
Cabreúva
Araçariguama
Sorocaba
Mairinque
São Roque

Córrego da Samambaia ou do Eleutério
Córrego Lambaçu
Rio Tietê
Ribeirão Piraí
Ribeirão do Cana
Córrego Spamim
Córrego Purandu Uva
Rio Jaú-Guaçu
Ribeirão Guaraú
Ribeirão do Ingá ou da Floresta
Córrego da Concordia
Ribeirão Caxambuma
Córrego da Estrondo
Córrego São José
Ribeirão Itaguá
Córrego do Fundão
Córrego do Caí
Ribeirão do Gramado
Córrego Itaimzinho
Córrego do Laleado
Rio Itaim
Rio Itaim Mirim
Córrego da Pedra Azul
Córrego dos Gomes
Ribeirão Cabreúva
Ribeirão dos Padres
Córrego da Água Comprida
Córrego da Vargem
Córrego da Xiba
Ribeirão Guaxatuba
Rio Avecuia
Ribeirão Conceição ou Santa Terra
Córrego do Desenho
Córrego da Taquarinha
Córrego do Chico Pais
Córrego Tanquinho
Córrego Brataiá
Córrego do Sanatório
Córrego do Brás
Ribeirão do Taquaral
Córrego da Campininha
Rio Sorocaba
Rio Pirabiju
Ribeirão do Varejão ou São Miguel
Córrego da Maria Antonia
Rio Rutinbu de Cima
Córrego Aparecidinha
Córrego Águas do Ferraz
Córrego do Ruivo
Córrego da Itavoca
Ribeirão do Mato Dentro
Córrego dos Mascates
Ribeirão Sabaú

4 2 0 4 Km

Projeção Geographic Coordinate System (GCS)
GCS - South American 1969
Datum Horizontal: Sad-69

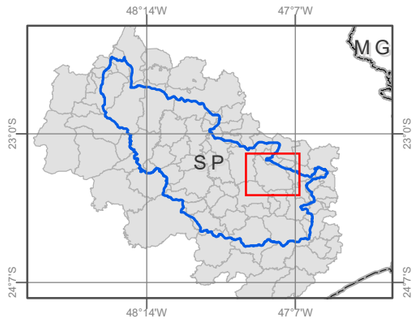
FONTES:
Base Cartográfica do Estado de São Paulo (1:50.000) - IBGE
Brasão:http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Piedade_Brasao.gif
Elaboração: Engecorps, 2010

N W E S

LEGENDA

- Sedes Municipais
- Hidrografia
- Rios Principais
- Massa D'Água
- Áreas Urbanizadas
- Limite UGRHI 10
- Limite Municipal
- Município de Itu

Mapa de Localização do Município na UGRHI 10



Mapa de Localização da UGRHI 10 no Estado de São Paulo



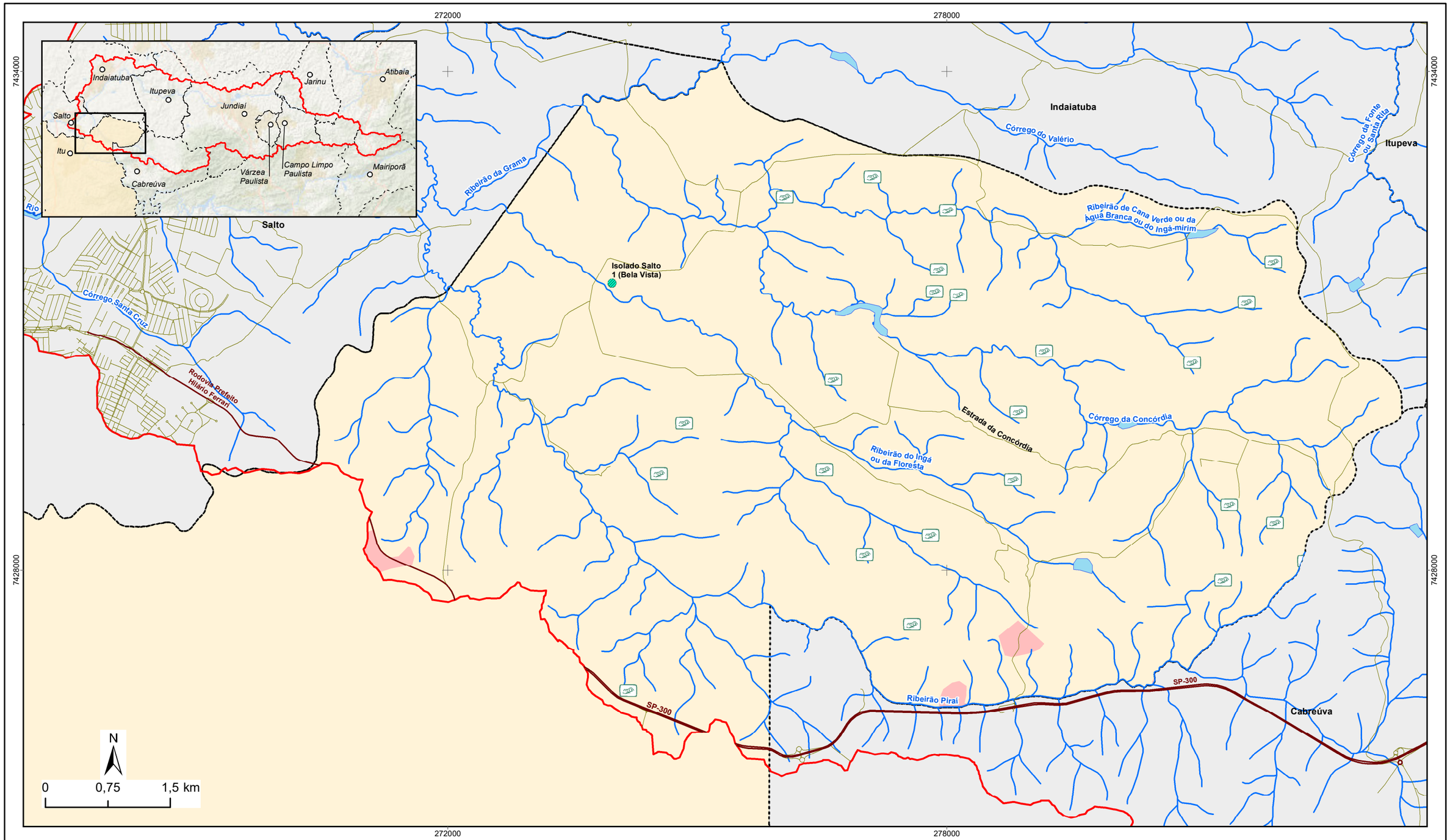
ENGECORPS

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA

TEMA: PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO - UGRHI 10

TÍTULO: MUNICÍPIO DE ITU
MACRODRENAGEM

ESCALA 1:145.000 | DATA Set./2010 | Nº do contrato 1063SSEGSTITDR01



LEGENDA

- Erosões rurais
- Captação superficial para abastecimento
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Itú

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:45.000

Mapa 5.7 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itú

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adaptado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013
Captação para abastecimento: Profill/Rhama, 2018

4.2.2.6. Itupeva

O Rio Jundiaí, em seu trecho que cruza o município de Itupeva, apresenta vários afloramentos rochosos, bem como muitos pontos de assoreamento e erosão de suas margens, conforme registro fotográfico apresentado da Figura 4.27 a Figura 4.30. Conforme relatado por representantes municipais durante visita de reconhecimento do local, Itupeva é um município que apresenta muitos impactos diretos relacionados às cheias do Rio Jundiaí, tendo vários bairros inundados e prejuízos de todas as formas.



Figura 4.27. Assoreamento do Rio Jundiaí após a ponte da Estrada da Mina, no município de Itupeva.



Figura 4.28. Trecho do Rio Jundiaí após a ponte da Praça de Eventos, no município de Itupeva, onde observa-se afloramento rochoso e erosão às margens do manancial.



Figura 4.29. Processos erosivos atuando em trecho do Rio Jundiaí, próximo à ponte Monte Serrat, no município de Itupeva.



Figura 4.30. Ponto de erosão observado no Córrego São José, afluente do Rio Jundiaí, no município de Itupeva.

Segundo informações enviadas pela Prefeitura de Itupeva, o município conta com um barramento no Rio Jundiaí, de uma antiga hidrelétrica já desativada, localizado na Via Adalberto Della Fuente y Rodrigues (IVA354), no Bairro Monte Serrat, conforme ilustrado na Figura 4.31. Além disso, também foi informada a existência de uma série de diques no município, sendo alguns ilustrados na Figura 4.32 e Figura 4.33.



Figura 4.31.Barramento da antiga Usina 2, localizada no Rio Jundiaí, no município de Itupeva.



Figura 4.32. Dique de contenção de águas localizado no Bairro Hortênsia, no município de Itupeva.



Figura 4.33. Diques de contenção de águas dos Bairros Hortênsia e São João, no município de Itupeva.

Também no município de Itupeva, o Rio Jundiaí teve uma parcela retificado, no trecho a jusante da ponte do Bairro da Chave até a montante da ponte do Bairro Monte Serrat. A Prefeitura também informa que são realizadas algumas dragagens frequentemente, principalmente:

- Rio Jundiaí, no trecho próximo à ponte do Rio Jundiaí do Centro, até a ponte do Bairro da Chave (Figura 4.34 e Figura 4.35);
- Córrego da Lagoa, no trecho a montante da Rua Emancipadores do Município até o Jardim Nova Itupeva;
- Ribeirão São José, no trecho a montante do acesso ao Loteamento São José do Ribeirão e também em trecho de 1,1 km no Loteamento Santa Elisa; e
- Ribeirão Caxambu, no trecho a montante da Avenida Emílio Chechinato até a Rodovia Vice-Prefeito Hermenegildo Tonoli.

De acordo com o informado na visita, as intervenções mais importantes realizadas nos cursos d'água do município são a retificação de um trecho do Rio Jundiaí, bem como o rebaixamento de uma parte da calha do mesmo manancial, de leito rochoso, localizada próximo à foz do Córrego do Bomfim (ou Matadouro).



Figura 4.34. Rio Jundiaí em trecho logo a montante da ponte do Bairro da Chave, em área de dragagem conhecida como “Porto da Areia”, no município de Itupeva.



Figura 4.35. Rio Jundiaí a jusante da ponte do Bairro da Chave, no município de Itupeva.

Além disso, também foi executada a construção de uma barragem de contenção de enchentes no Córrego Caxambu, a montante da Avenida Emílio Chechinato, bem como uma parede de contenção de enchentes, em concreto, às margens do Córrego Caxambu, junto à Avenida Ulisses Guimarães. Uma série de dragagens e técnicas de desassoreamento são executadas em diversos córregos e rios do município.

Além das informações supracitadas, no município de Itupeva também foram observados algumas pontes e travessias sobre o Rio Jundiaí, conforme registro fotográfico apresentado na Figura 4.36 e Figura 4.37. Além disso, no manancial Córrego Piracatu notou-se a presença de um trecho retificado e um piscinão para contenção de cheias, apresentados na Figura 4.38 e Figura 4.39, respectivamente. Mais próximo da divisa do município de Itupeva com Indaiatuba, observaram-se alguns trechos de corredeiras no Rio Jundiaí, conforme ilustrado na Figura 4.40 e Figura 4.41.



Figura 4.36. Ponte Estrada da Mina, onde observa-se os pilares da estrutura dentro do Rio Jundiaí, no município de Itupeva.



Figura 4.37. Entulho causado por restos de vegetação acumulado junto à ponte São José, no Rio Jundiaí, município de Itupeva.



Figura 4.38. Piscinão do Córrego Piracatu, no município de Itupeva.



Figura 4.39. Trecho retificado do Córrego Piracatu, localizado na Avenida Ulysses Guimarães (Bairro Hortênsia), onde são observados alguns dispositivos de contenção de cheias do município de Itupeva.

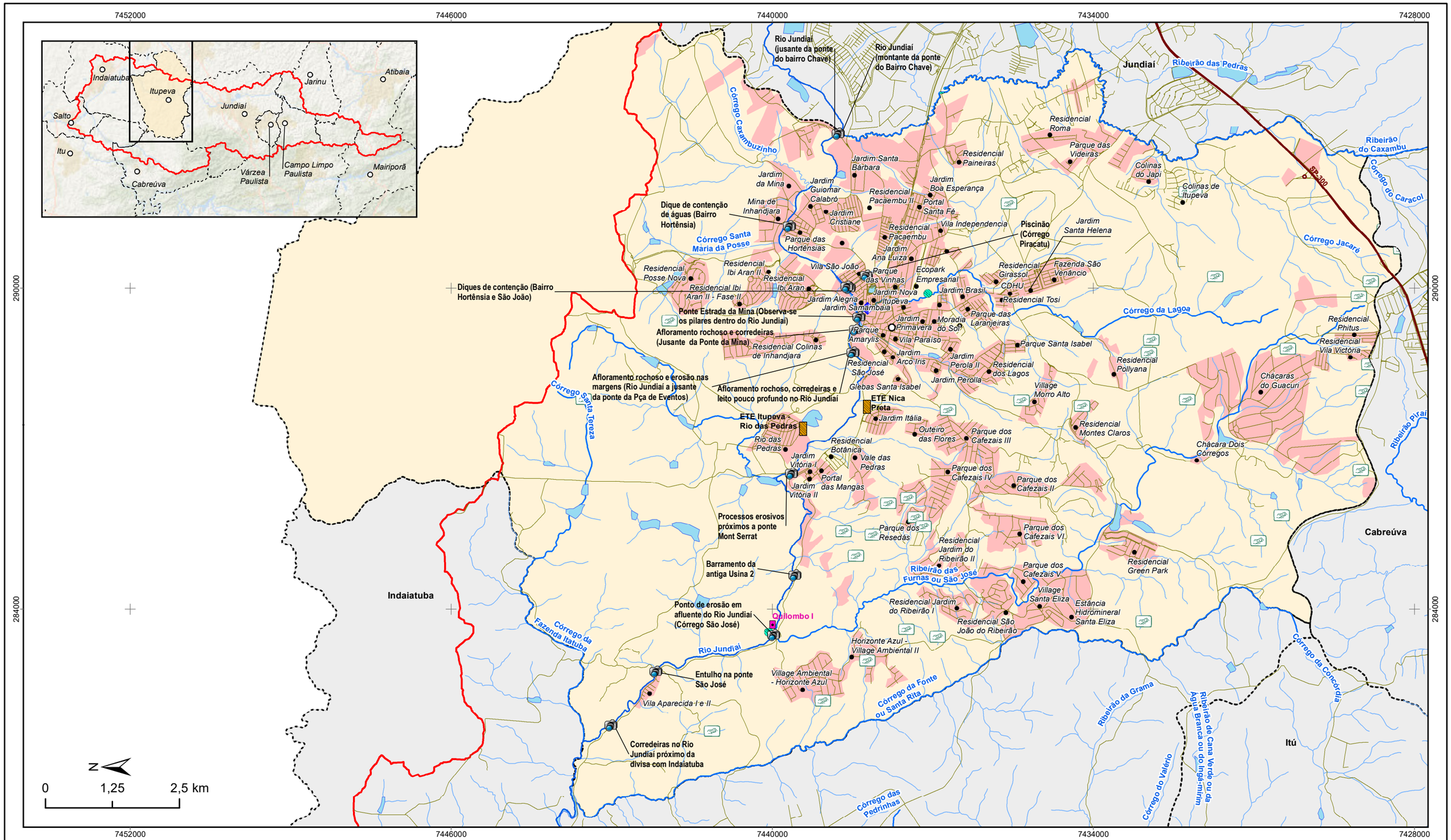


Figura 4.40. Trechos no Rio Jundiaí de afloramento rochoso, corredeiras e pouca profundidade, a jusante da Ponte da Mina, no município de Itupeva.



Figura 4.41. Corredeiras no Rio Jundiaí, próximo da divisa dos municípios de Itupeva e Indaiatuba.

O Mapa 4.8 apresenta as informações supracitadas espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Indaiatuba, incluindo uma lista de diques e barramentos, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Pontos de inundação
- Captação superficial para abastecimento
- Barramento para Abastecimento
- Erosões rurais
- Aproveitamento Hidrelétrico em estudo
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Itupeva

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:70.000

Mapa 5.8 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Itupeva

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013
Captação para abastecimento: Profill/Rhama, 2018

4.2.2.7. Jarinu

Segundo informações extraídas do Relatório de Diagnóstico da Situação da Prestação dos Serviços de Saneamento Básico (B&B Engenharia, 2016), a macrodrenagem do município de Jarinu está inserida, predominantemente, na Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia, sendo o afluente principal o Ribeirão Maracanã. Outros cursos d'água do município são: Córrego do Tijuco Preto, Ribeirão do Tanque, Ribeirão do Soares e Córrego do Perdão. Segundo informações da Prefeitura disponibilizadas para a execução deste estudo, os referidos mananciais encontram-se assoreados, não permitindo o escoamento natural das águas pluviais.

Para o município de Jarinu, existe o cadastro de oito travessias e uma canalização no Ribeirão Campo Largo, além de três travessias ao longo do Ribeirão Maracanã. Entretanto, o município ainda não possui um mapeamento em detalhe da infraestrutura de macrodrenagem local, em que conste informações detalhadas acerca dos cursos d'água existentes. A Figura 4.42 a seguir ilustra um exemplo das travessias cadastradas no município.



Figura 4.42. Exemplos de travessias no município de Jarinu (adaptado de B&B Engenharia, 2016).

A parcela do município de Jarinu localizada no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é predominantemente rural, onde prevalecem então cursos d'água abertos e de leitos naturais, não sendo observada nenhuma estrutura de macrodrenagem de grande significância.

O Mapa 4.9 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jarinu, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.

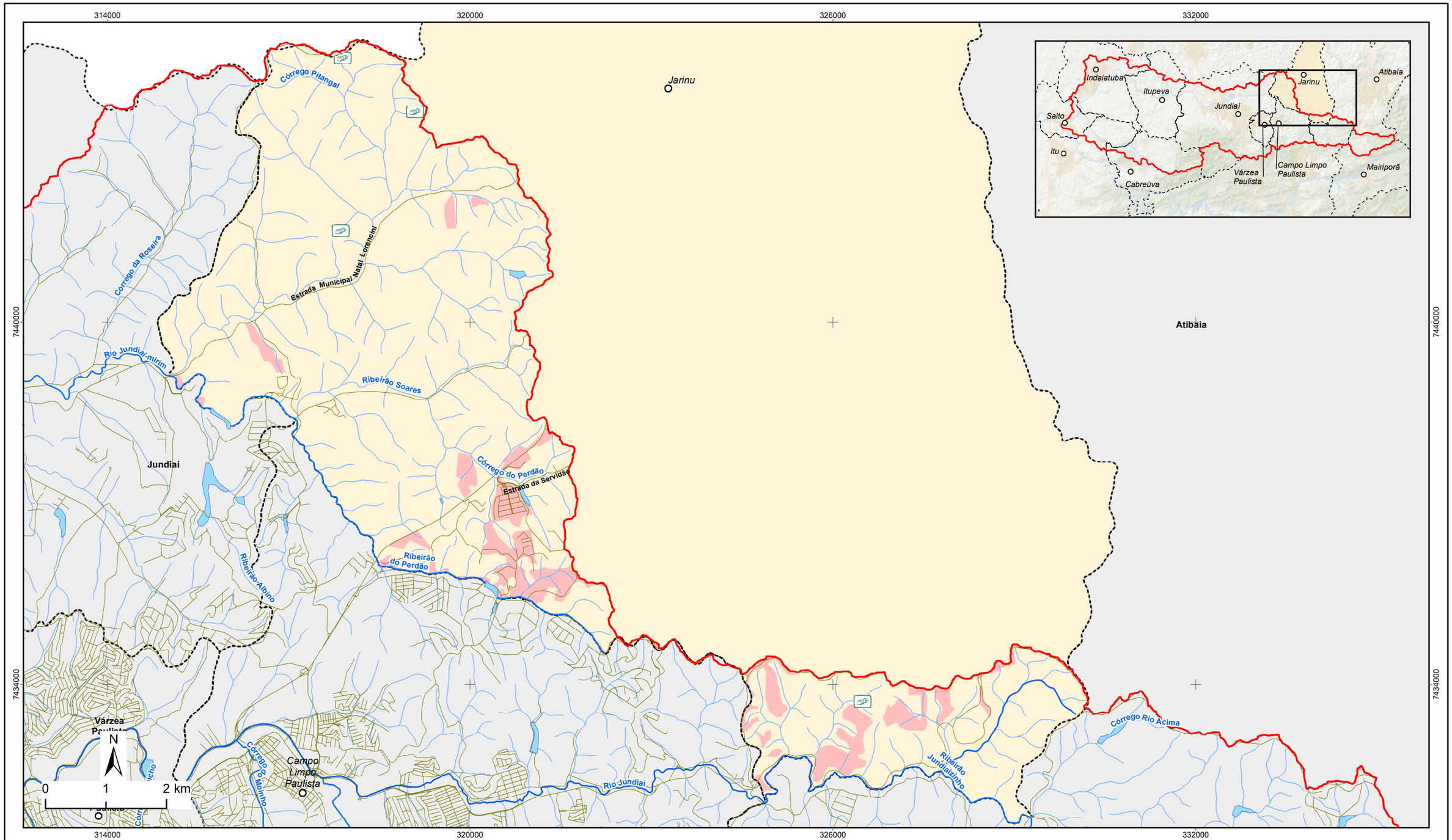
4.2.2.8. Jundiaí

Conforme informações apresentadas pelos representantes da Prefeitura de Jundiaí, não há barramentos voltados para a geração de energia elétrica no trecho do Rio Jundiaí que cruza o município. Porém, há dois barramentos no Rio Jundiaí-Mirim, sendo um para regularização de vazões e o segundo para captação voltada ao abastecimento público.

Em Jundiaí, há uma estrutura de contenção de cheias do tipo "piscinão", localizada no bairro Jardim Tulipas junto à um parque de lazer, além de um dique para proteção desta área, conforme ilustrado na Figura 4.43 e Figura 4.44.



Figura 4.43. Parque Jardim das Tulipas (à esquerda) e respectivo dique e piscinão (à direita), localizado no município de Jundiaí.



LEGENDA

- Sede municipal
- Erosões rurais
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Jarinu

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:62.000

Mapa 5.9 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jarinu

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
- Rodovias: OpenStreetMap, 2018
- Limite Municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
- Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013



Figura 4.44. Dique e piscinão localizados no Parque Jardim das Tulipas, no município de Jundiaí.

Durante a visita de reconhecimento também foi possível identificar outro dique no município de Jundiaí, localizado próximo ao Campus da Universidade Paulista (UNIP), construindo visando controlar as inundações registradas nesta região.

O registro fotográfico desta estrutura pode ser visualizado na Figura 4.45.



Figura 4.45. Dique próximo ao Campus da Universidade Paulista (UNIP), no município de Jundiaí.

Segundo informações repassadas pelos representantes municipais, há uma série de rios e córregos que tiveram alguma parte de seu trecho canalizado no município. São eles: Rios Jundiaí, Guapeva e Jundiaí-Mirim, além do Córrego das Valquírias, Córrego do Tanque Velho, Córrego Jd. do Lago, Córrego Progresso, Córrego da Colônia, Córrego da Vila Joana, Córrego do Belesso, Córrego do Mato, Córrego do Gramadão, Córrego da Favela da Fepasa, Córrego Japi-Guaçu, Córrego da Plascar, Córrego das Flores e Córrego Vila Nambí.

Algumas das principais pontes e estruturas de travessias sobre o Rio Jundiaí são: Ponte Ângelo Corredini, Ponte José do Patrocínio, Ponte Oswaldo Cruz, Ponte São João, Ponte Itatiba, Ponte Tiradentes, Ponte Antônio Segue, Ponte da Praça Conceição Aparecida, Ponte Nove de Julho, Ponte Maria C. Pontes Oliveira, Ponte Rodovia João Cereser, Ponte Caetano Gornati, Ponte Whilherm Winter e Ponte Bandeirantes.

O registro fotográfico das Pontes Castro Alves e Anhanguera é apresentado na Figura 4.46 e Figura 4.47, respectivamente. Durante a visita de reconhecimento de campo, os técnicos da Prefeitura salientaram que as pontes e travessias do município tiveram suas estruturas calculadas para uma vazão 220-250 m³/s, modulação considerada correta para a época do projeto.



Figura 4.46. Ponte Castro Alves (em detalhe à esquerda) localizada sobre o Rio Jundiaí, no município de Jundiaí.



Figura 4.47. Rio Jundiaí nas proximidades do Campus da UNIP, e ao fundo a Ponte Anhanguera (à esquerda), apresentada em detalhe à direita.

A Figura 4.48 ilustra uma travessia de tubulação no Distrito Industrial de Jundiaí.



Figura 4.48. Travessia de tubulações sobre o Rio Jundiaí, no bairro do Distrito Industrial, município de Jundiaí.

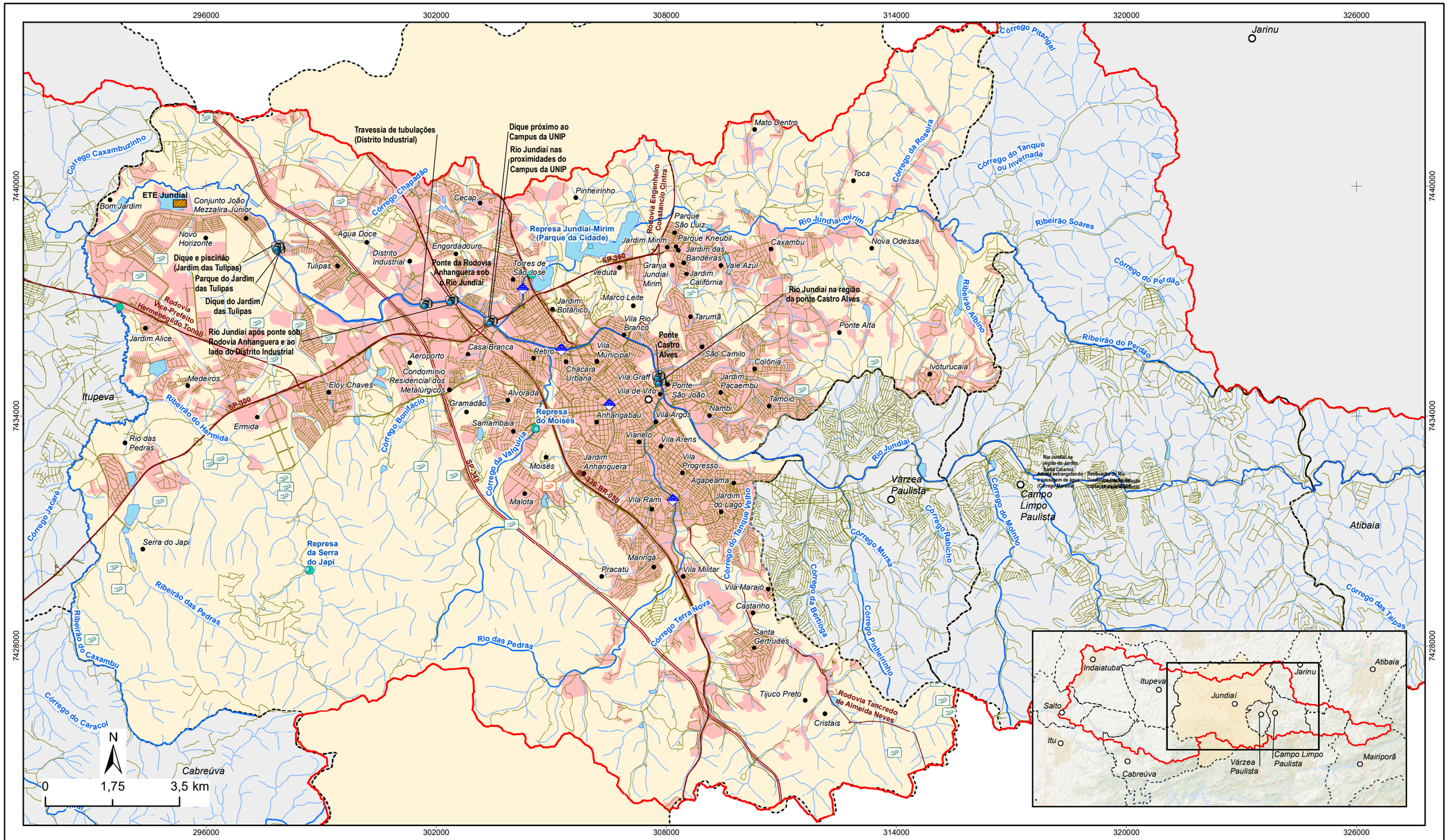
Segundo informações repassadas pela Prefeitura de Jundiaí, a infraestrutura dos cursos d'água no município é boa, sendo a maioria destes abertos. Alguns mananciais são canalizados e foram fechados, além de terem sido retificados. A Figura 4.49 ilustra a condição observada em um dos trechos do Rio Jundiaí.



Figura 4.49. Rio Jundiaí no trecho a jusante da ponte sobre a Rodovia Anhanguera, no bairro Distrito Industrial, município de Jundiaí.

No ano de 2019 foi realizada uma dragagem no Rio Jundiaí, no trecho do Jardim das Tulipas, além do desassoreamento de alguns córregos no município. Segundo informações repassadas pelos representantes da Prefeitura, desde 2007 são realizadas frequentemente dragagens no Rio Jundiaí, ao longo de toda a sua extensão dentro do município. Não há informações de algum rio que tenha sido desviado para aumento da eficiência de escoamento nas áreas urbanas de Jundiaí. Segundo informações repassadas pela Prefeitura, as intervenções mais importantes realizadas no município, no que tange a macrodrenagem urbana, foram as canalizações dos Rios Jundiaí e Guapeva, além do Córrego do Mato, Córrego das Valquírias, Córrego da Colônia e Córrego da Vila Joana.

O Mapa 4.10 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jundiaí, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Pontos de inundação
- Erosões urbanas
- Erosões rurais
- Captação superficial para abastecimento
- Barramento para Abastecimento
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Jundiaí

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:97.500

Mapa 5.10 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
- Rodovias: OpenStreetMap, 2018
- Limite Municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
- Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013

4.2.2.9. Mairiporã

Para o município de Mairiporã, as informações disponibilizadas em relação ao cadastro do sistema de macrodrenagem são em formato de mapa em arquivo PDF, oriundo do Mapeamento Hidrográfico realizado no Plano Municipal de Saneamento Básico. Ele contém o traçado dos cursos d'água do município, subdividido em "Córregos/Rios" e "Lago/Lagoa". Alguns dos principais cursos d'água apresentam nomes, como o Rio Juqueri, Rio Juqueri-Mirim, Rio Pinheiros e o Reservatório Paulo de Paiva Castro. Esta também ilustra o limite de algumas bacias hidrográficas, além do limite do município de Mairiporã.

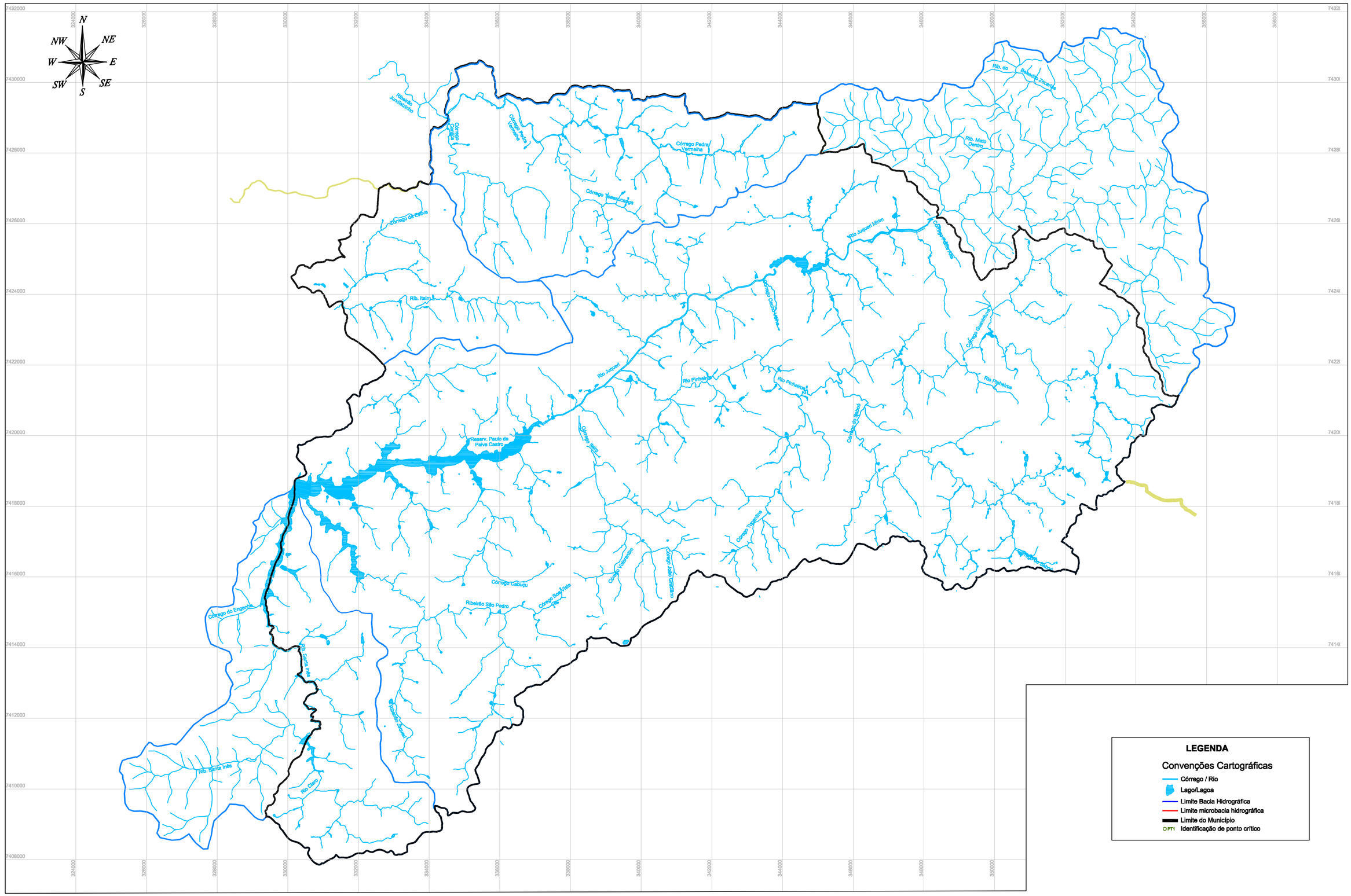
A Figura 4.50 ilustra as informações supracitadas.

Segundo informações repassadas pelos representantes da Prefeitura durante visitas de reconhecimento de campo, o Rio Jundiaí tem como nascente a região da Pedra Vermelha, no Bairro Terra Preta, no município de Mairiporã. A Figura 4.51 ilustra um registo fotográfico desta região de nascente.

A parcela do município contida no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é predominantemente rural, estando a sede de Mairiporã localizada fora da BHJ.

O Rio Jundiaí começa a receber aporte de cargas poluidoras a partir do recebimento de um de seus afluentes, o Córrego Jundiaizinho, e demais córregos do município de Mairiporã. Segundo a Prefeitura, não há tratamento de efluentes nesta região, principalmente esgoto doméstico, o que culmina com a degradação da qualidade ambiental do manancial.

A Figura 4.52 ilustra um destes aportes, localizado no bairro Terra Preta.



MAPEAMENTO HIDROGRÁFICO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DO MUNICÍPIO DE MAIRIPORÃ - SP



Figura 4.51. Cabeceira do Rio Jundiaí, acerca de apenas 2 km a jusante de sua nascente, no município de Mairiporã.



Figura 4.52. Afluente sem nome do Rio Jundiaí, localizado na região do empreendimento “Minha Casa, Minha Vida”, no bairro Terra Preta em Mairiporã.

A Figura 4.53 apresenta o registro fotográfico do Rio Jundiaí em seu trecho no bairro Jundiaizinho, e a Figura 4.54 ilustra a entrada de um dos afluentes no bairro Mil Flores.



Figura 4.53. Trecho do Rio Jundiaí no bairro Jundiaizinho, no município de Mairiporã.



Figura 4.54. Afluente sem nome do Rio Jundiaí no bairro Mil Flores, município de Mairiporã.

Em relação às áreas do município de Mairiporã constantemente afetadas por inundações, destaca-se principalmente o bairro Mil Flores. Neste local, grande parte das residências tem suas construções executadas em soleira negativa; ou seja, a cota da rua é superior à cota da edificação, ocasionando assim a entrada de água nas residências. Alguns registros fotográficos feitos no bairro são apresentados na Figura 4.55, onde é possível visualizar que algumas residências do local possuem comportas nos portões, como forma de evitar a entrada de água durante os eventos de cheias.



Figura 4.55. Ruas do bairro Mil Flores, em Mairiporã, onde são observadas comportas nos acessos para evitar inundações nas residências.

Uma série de pontes e travessias foram observadas ao longo do Rio Jundiaí, em seu trecho no interior do município de Mairiporã. A principal é a travessia da Rodovia Fernão Dias (BR-381), conforme indicado na Figura 4.56, Figura 4.57 e Figura 4.58.

Também foi visitada uma ponte, localizada no bairro Mil Flores (Figura 4.59), onde possivelmente ocorre o estrangulamento do escoamento do Rio Jundiaí, o que justificaria a intensa ocorrência de cheias na região.



Figura 4.56. Travessia da Rodovia Fernão Dias sobre o Rio Jundiaí, próximo da divisa entre os municípios de Mairiporã e Atibaia.



Figura 4.57. Região próxima à travessia da Rodovia Fernão Dias sobre o Rio Jundiaí.



Figura 4.58. Trecho do Rio Jundiaí paralelo à Rodovia Fernão Dias, no município de Mairiporã.



Figura 4.59. Ponte sobre o Rio Jundiaí, localizada no bairro Mil Flores, município de Mairiporã.

O Mapa 4.11 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Mairiporã, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.

336000 340000 344000

7428000

7424000

Ribeirão Jundiaizinho

Atibaia

Ponto de estrangulamento do Rio Jundiaí (Travessia sob Rod. Fernão Dias)

Travessia do Rio Jundiaí sob Rod. Fernão Dias

BR-381

Trecho do Rio Jundiaí paralelo à Rod. Fernão Dias

Avenida das Rosas

Rio Jundiaí (Ponte do Bairro Mil Flores)

Alameda Cristiano Pereira Bueno

Represa rio Jundiaizinho

Rio Jundiaí (Bairro Jundiaizinho)

Estrada Municipal São Roque

Rio Jundiaí (Ponte do Bairro Mil Flores)

Estrada Palavra da Vida

Rua Seis

Rio Jundiaí (Cerca de 2 km a jusante da nascente)

Comportas nas residências para evitar inundações (Bairro Mil Flores)

Córrego Pedra Vermelha

Avenida Doutor Sérgio Machado Braunner

Afluente sem nome do Rio Jundiaí (Bairro Mil Flores)

Córrego Canjica

Estrada Velha de Bragança

SP-010/BR-381

Rua Pedro Petri

Afluente sem nome na região do empreendimento "Minha Casa, Minha Vida" (Bairro Terra Preta)

Rua Jaime Rivas Gomes

Rua Ari da Silva

Terra Preta

Estrada São Roque

Córrego Teassucanga

Estrada Corumbá

Estrada Terra Preta

Estrada Canjicas

Rua João Puga Dias

Rua Faustino Felix Bueno

Rua Demétrio Leonidas Komides

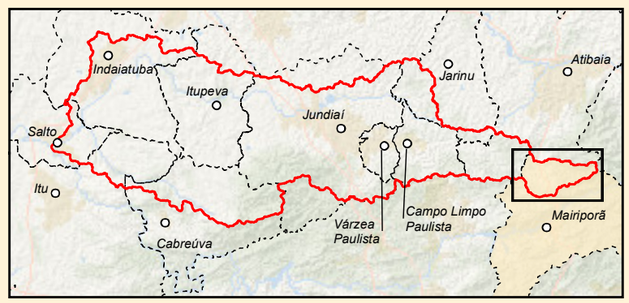
Rua 5

Alameda Ouro Preto

Avenida Municipal

N

0 0,5 1 km



LEGENDA

- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Captação superficial para abastecimento
- Barramento para Abastecimento
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Mairiporã

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:35.000

Mapa 5.11 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Mairiporã

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
- Rodovias: OpenStreetMap, 2018
- Limite Municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
- Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013

4.2.2.10. Salto

Conforme informações apresentadas pelos representantes da Prefeitura de Salto, a parcela do município inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí conta com um barramento existente na Rodovia da Convenção, no bairro Salto de São José, pertencente à EMAE, e outro previsto para execução, no Ribeirão Piraí. Também segundo informado, não existem diques ou estruturas de contenção temporária em casos de inundação, bem como não há nenhum curso d'água que tenha sido desviado para aumento de eficiência no escoamento, e nenhuma dragagem foi realizada recentemente no município.

Os rios e córregos do município que possuem algum trecho canalizado são o Rio Jundiaí e os Córregos do Ajudante e do Ituauno. As principais pontes e travessias sobre o Rio Jundiaí são: Ponte Octávio Frias de Oliveira (ponte estaiada sobre o Rio Tietê), Ponte do Pescador, Ponte Pênsil, Ponte da Av. dos Trabalhadores, Ponte da Rua Japão, Ponte da Rodovia do Açúcar, Ponte John Kennedy e Ponte Salto/Elias Fausto, além das treliças Nações e Nações II.

Da Figura 4.60 a Figura 4.64 são apresentados alguns dos registros fotográficos realizados em pontes, travessias e treliças localizadas sobre o Rio Jundiaí, no município de Salto.

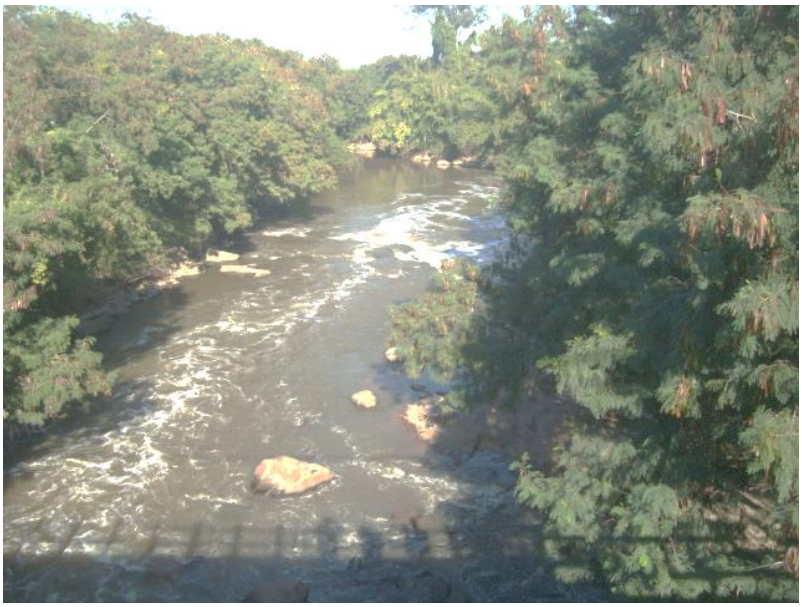


Figura 4.60. Rio Jundiaí na região próxima à Ponte dos Trabalhadores, bairro Centro do município de Salto.



Figura 4.61. Rio Jundiaí no trecho de montante (à esquerda) e de jusante (à direita) da ponte sobre a Rua Japão, no município de Salto. Observa-se a grande quantidade de rochas dispostas sobre o leito do rio.



Figura 4.62. Travessia treliçada de adutoras de água tratada sobre o Rio Jundiaí, no município de Salto.



Figura 4.63. Ponte da Praça “dos Velhos” sobre o Rio Jundiaí, onde se observa pouca diferença de altura entre a cota de fundo do tabuleiro da ponte e o nível d’água do Rio Jundiaí.



Figura 4.64. Ponte Nova, localizada na foz do Rio Jundiaí, no município de Salto.

Quanto à infraestrutura dos cursos d’água no município de Salto, os representantes da Prefeitura informaram que a maioria da rede de macrodrenagem é aberta e de leito natural, com exceção da canalização realizada no Rio Tietê, visando o abastecimento da usina hidroelétrica

da EMAE (PCH Porto Góes, localizada no Rio Tietê), ilustrada na Figura 4.65. A Figura 4.66 ilustra a confluência do Rio Jundiaí com o Rio Tietê, no município de Salto – SP.

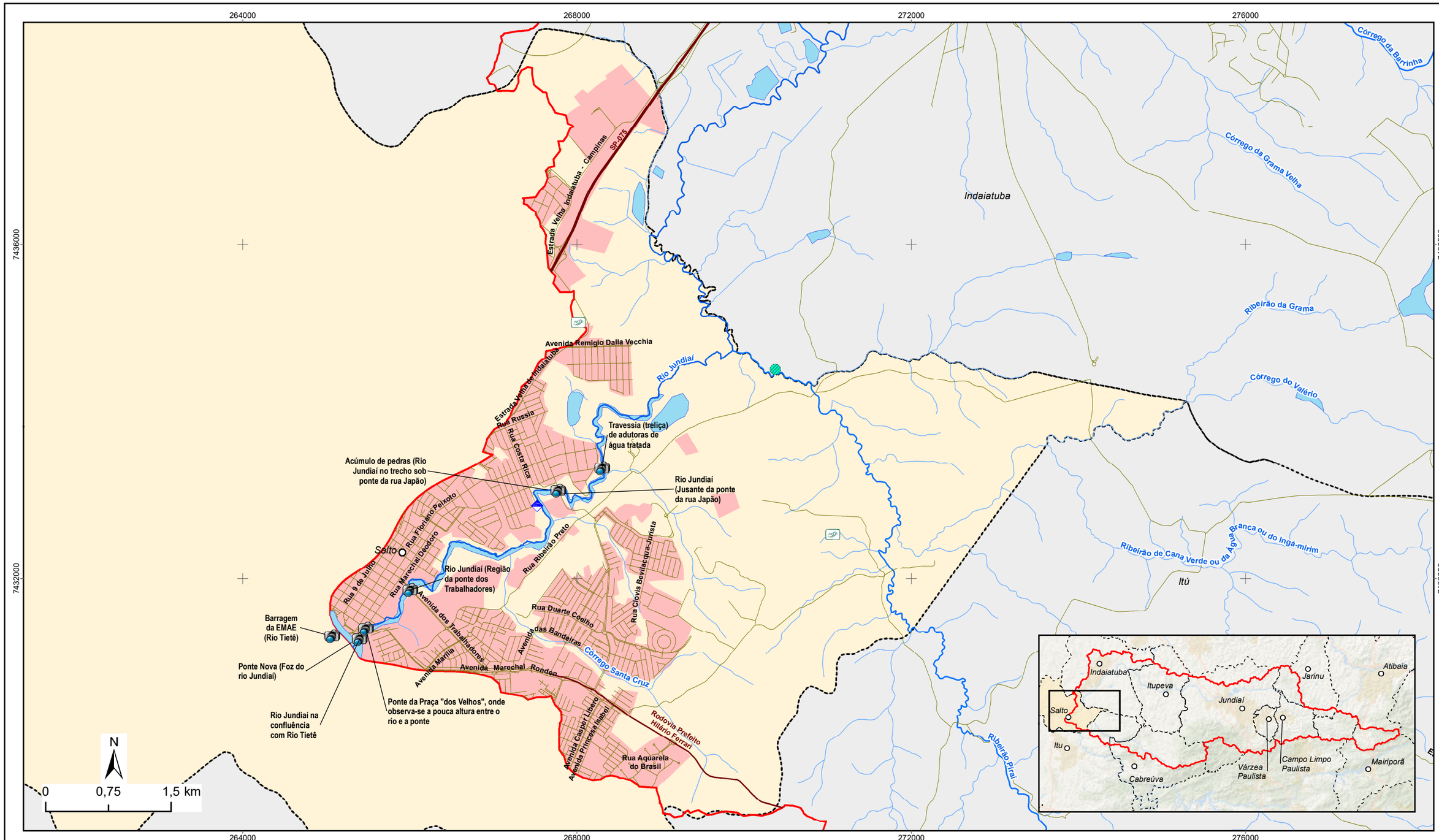


Figura 4.65. Barragem da PCH Porto Góes, no Rio Tietê, de responsabilidade da EMAE.



Figura 4.66. Rio Jundiaí em seu trecho final, na confluência com o Rio Tietê, no município de Salto.

O Mapa 4.12 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Salto, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Localização de fotos de campo
- Pontos de inundação
- Erosões rurais
- Captação superficial para abastecimento
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Salto

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:45.000

Mapa 5.12 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Salto

Fonte de dados:
- Sede Municipal: IGC, 2010
- Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
- Rodovias: OpenStreetMap, 2018
- Limite Municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
- Pontos de Erosão/inundação: IPT, 2013

4.2.2.11. Várzea Paulista

Conforme informações apresentadas pelos representantes da Prefeitura de Várzea Paulista, não há barramentos voltados para a geração de energia elétrica no trecho do Rio Jundiaí que cruza o município. Em relação aos demais cursos d'água do município, não existem barramentos consideráveis, apenas pequenas estruturas em algumas propriedades rurais e uma captação de água da SABESP no Córrego Mursa, ilustrada na Figura 4.67. Especificamente para abastecimento do Frigorífico A'Doro, de produção de aves, há um barramento no Córrego Pinheirinho (Figura 4.68), voltado para a captação de água para utilização nos processos internos da empresa; foi relatado que o frigorífico abate cerca de 210.000 frangos por dia, e que o consumo médio no processo gira em torno de 17 L por animal. Não foi relatada a existência de nenhum dique em Várzea Paulista.



Figura 4.67. Barramento para captação de água da SABESP, no Córrego Mursa, município de Várzea Paulista.





Figura 4.68. Barramento no Córrego Pinheirinho, pertencente ao Frigorífico A'Doro (à esquerda) e respectiva captação de água para os processos da empresa (à direita), no município de Várzea Paulista.

Atualmente, não há nenhuma estrutura de contenção temporária contra inundações no município. Entretanto, está em execução obras de contenção no Córrego Bertioga (Figura 4.69), que incluem a construção de um piscinão de aproximadamente 30.800 m³, cuja área da futura localização é apresentada na Figura 4.70. Esta obra encontra-se licenciada e em fase inicial de construção. Além disto, está sendo construído um túnel "*on-line*" no referido córrego, com diâmetro de 2 m (Figura 4.71), o que segundo os técnicos da Prefeitura, irá solucionar os problemas de inundação observados na região da foz do Córrego Bertioga, em seu encontro com o Rio Jundiaí. Além desta obra, já está sendo realizada a colocação de três linhas de aduelas de 2,5 m x 2,5 m, também no Córrego Bertioga, na passagem sob a Avenida Fernão Dias Paes Leme (Figura 4.72).



Figura 4.69. Córrego Bertioga, um dos principais cursos d'água do município de Várzea Paulista.



Figura 4.70. Área do futuro piscinão a ser implementado no Córrego Bertioga (à esquerda) e respectiva placa de indicação da obra (à direita), município de Várzea Paulista – SP.



Figura 4.71. Local da construção do túnel *"on line"* no Córrego Bertioga, em Várzea Paulista.





Figura 4.72. Tubulação que será trocada por três linhas de aduelas no Córrego Bertioga (à esquerda) e respectiva placa indicando o andamento das obras (à direita), no município de Várzea Paulista.

Em relação aos mananciais do município, segundo informações repassadas durante a visita de reconhecimento de campo, os principais cursos d'água de Várzea Paulista possuem suas calhas abertas; quando na parte urbana, normalmente são canalizados e abertos, podendo em alguns trechos apresentarem canalizações fechadas.

Em relação aos afluentes destes cursos d'água principais, os mesmos possuem algumas canalizações fechadas ao longo de sua extensão, e encontram-se bastante antropizados; entretanto, não há nenhum levantamento ou cadastro detalhado dos referidos cursos d'água. Os principais córregos do município de Várzea Paulista são: Córrego Bertioga (Figura 4.73), Córrego Promeca (Figura 4.74), Córrego Pinheirinho, Córrego Mursa, Córrego Tanabi/Pequeri/Sorocaba, Córrego Buriti, Córrego Ilha Bela, Córrego Itália e Córrego da Popular (Figura 4.75).



Figura 4.73. Vista do Córrego Bertioga em seu trecho retificado, no município de Várzea Paulista.



Figura 4.74. Vista do Córrego Promeca, em seu trecho retificado, com logradouros em ambas as margens, no município de Várzea Paulista.



Figura 4.75. Córrego Itália e seu afluente – Córrego da Popular. Ambos são contribuintes do Rio Jundiaí, no trecho que cruza o município de Várzea Paulista.

Já em relação a pontes e travessias do município, as principais são: Viaduto dos Emancipadores (localizado no Centro de Várzea Paulista), Travessia do bairro Ponte Seca, Travessia do Distrito Industrial (Posto 1500), Travessia da Rua Isaac Galvão, Travessia de adutora próxima à Avenida Sorocaba e travessia de pedestres na divisa com Campo Limpo Paulista. A Figura 4.76 a Figura 4.80 ilustram os registros fotográficos das informações supracitadas.

Foi relatado que não são realizadas dragagens frequentemente no município, e que não há nenhum curso d'água que tenha sido desviado visando o aumento da eficiência de escoamento, apenas que as retificações realizadas no Rio Jundiaí foram devido à necessidade da passagem da Marginal Direita próxima ao rio.

No geral, a infraestrutura dos cursos d'água no município de Várzea Paulista é de canalizações abertas e retificadas, onde boa parte destas, quando em áreas intensamente urbanizadas, possui logradouros de ambos os lados. Segundo a Prefeitura, a intervenção mais importante realizada no município, no que tange o escopo da drenagem urbana, foi o Projeto de Macrodrenagem do Córrego Bertioga (PAC2), contando com piscinão, canalizações abertas e modificação de travessias.



Figura 4.76. Passarela sobre o Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, com erosão acentuada das margens (à esquerda) e vista à jusante da passarela, onde os processos erosivos continuam atuando nas margens (à direita).



Figura 4.77. Ponte Seca sobre o Rio Jundiaí, configurando uma das regiões de estrangulamento e ocorrência de inundações no município de Várzea Paulista.



Figura 4.78. Ponte Isaac Galvão sobre o Rio Jundiaí, também uma das regiões de estrangulamento do referido manancial no município de Várzea Paulista.

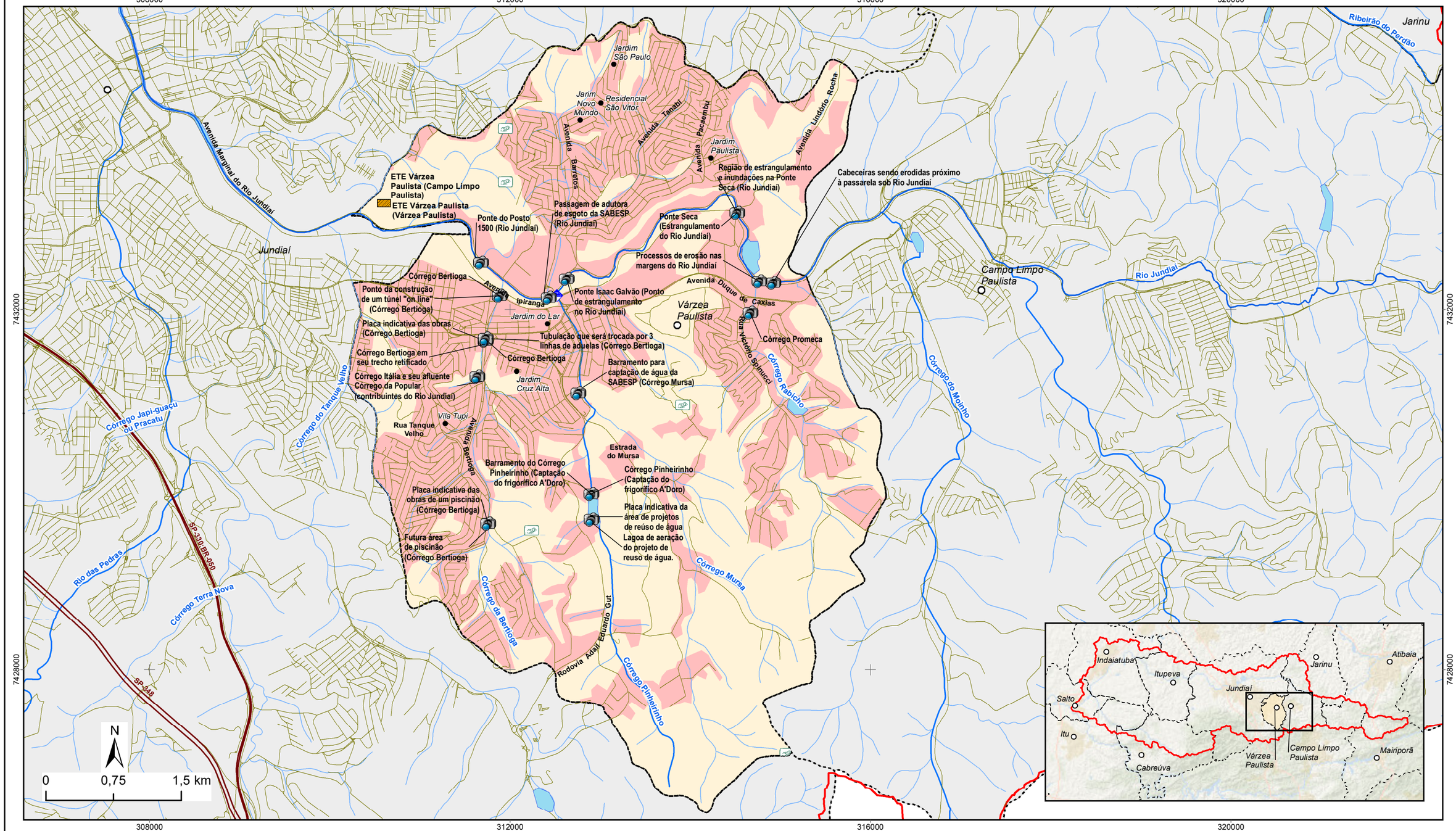


Figura 4.79. Ponte do Posto 1500 sobre o Rio Jundiaí no município de Várzea Paulista, onde é possível observar grande acúmulo de vegetação ao longo da calha do Rio Jundiaí neste ponto (à direita) e o desmoronamento de uma das margens (à esquerda).



Figura 4.80. Passagem de adutora de esgoto da SABESP sobre o Rio Jundiaí, no município de Várzea Paulista.

O Mapa 4.13 apresenta as informações espacializadas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Várzea Paulista, que foram coletadas e compiladas no âmbito do presente estudo, e foram utilizadas no decorrer deste Plano Diretor de Macrodrenagem.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Localização de fotos de campo
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Pontos de inundação
- Erosões rurais
- Hidrografia
- Rios Principais
- Estrada/Arruamento
- Rodovia
- Corpos d'água
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Área urbanizada
- Municipios vizinhos
- Várzea Paulista

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:42.000

Mapa 5.13 - Informações coletadas e compiladas sobre o sistema de macrodrenagem do município de Várzea Paulista

Fonte de dados:
Sede Municipal: IGC, 2010
Pontos de Referência: OpenStreetMap, 2018
Rodovias: OpenStreetMap, 2018
Limite Municipal: IGC, 2015
Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
Limite da Bacia: Adapatado de ANA, 2013
Área Urbana e corpos d'água: Profill, 2018
Pontos de Erosão/Inundação: IPT, 2013



Levantamentos de campo

5. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Este capítulo apresenta a metodologia aplicada durante os levantamentos de campo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, bem como os resultados totais destes levantamentos, separados em três categorias: perfil topobatimétrico das seções de controle, cadastramento das travessias da calha do Rio Jundiaí e desenho das confluências identificadas afluentes à calha do Rio Jundiaí.

5.1. Metodologia aplicada

Os subitens a seguir apresentam a metodologia utilizada na realização do levantamento de campo, exemplificando os equipamentos utilizados, o procedimento metodológico realizado e também o pós-processamento e consolidação das informações obtidas.

5.1.1. *Marcos Geodésicos*

Marcos Geodésicos são pontos fixados no solo, que contém informações precisas de latitude, longitude e altitude do local onde se encontram. Em geral formados por estruturas de concreto, são usados como referência para a construção de rodovias, ferrovias e barragens, além de demarcação de propriedades, elaboração de mapas e atividades de topografia e agrimensura. No país os marcos foram implantados principalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Exército Brasileiro (EB) e prefeituras municipais.

Dada a importância dos marcos geodésicos para diversas atividades nos ramos de Engenharia e Geografia, criou-se o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), constituído por redes com informações planimétricas, altimétricas e gravimétricas. Este é um sistema unificado, que compila todas as informações existentes formadas por milhares de pontos (também chamados de vértices ou estações), formando uma rede – ou malha – ao longo de todo o Brasil (IBGE, 2019).

No solo, os pontos são materializados por meio de estruturas fixas, que podem ser: pinos, plaquetas, chapas cravadas em rocha ou concreto, entre outros materiais duráveis. Os novos pontos adicionados ao sistema são amarrados às localizações dos pontos anteriores, formando então um emaranhado que se torna progressivamente mais denso. O objetivo é que sempre exista um ponto do SGB próximo, quando algum profissional necessitar amarrar novos levantamentos aos marcos geodésicos já existentes.

O Banco de Dados Geodésicos, que reúne as informações disponíveis no Sistema Geodésico Brasileiro é subdividido nas seguintes redes:

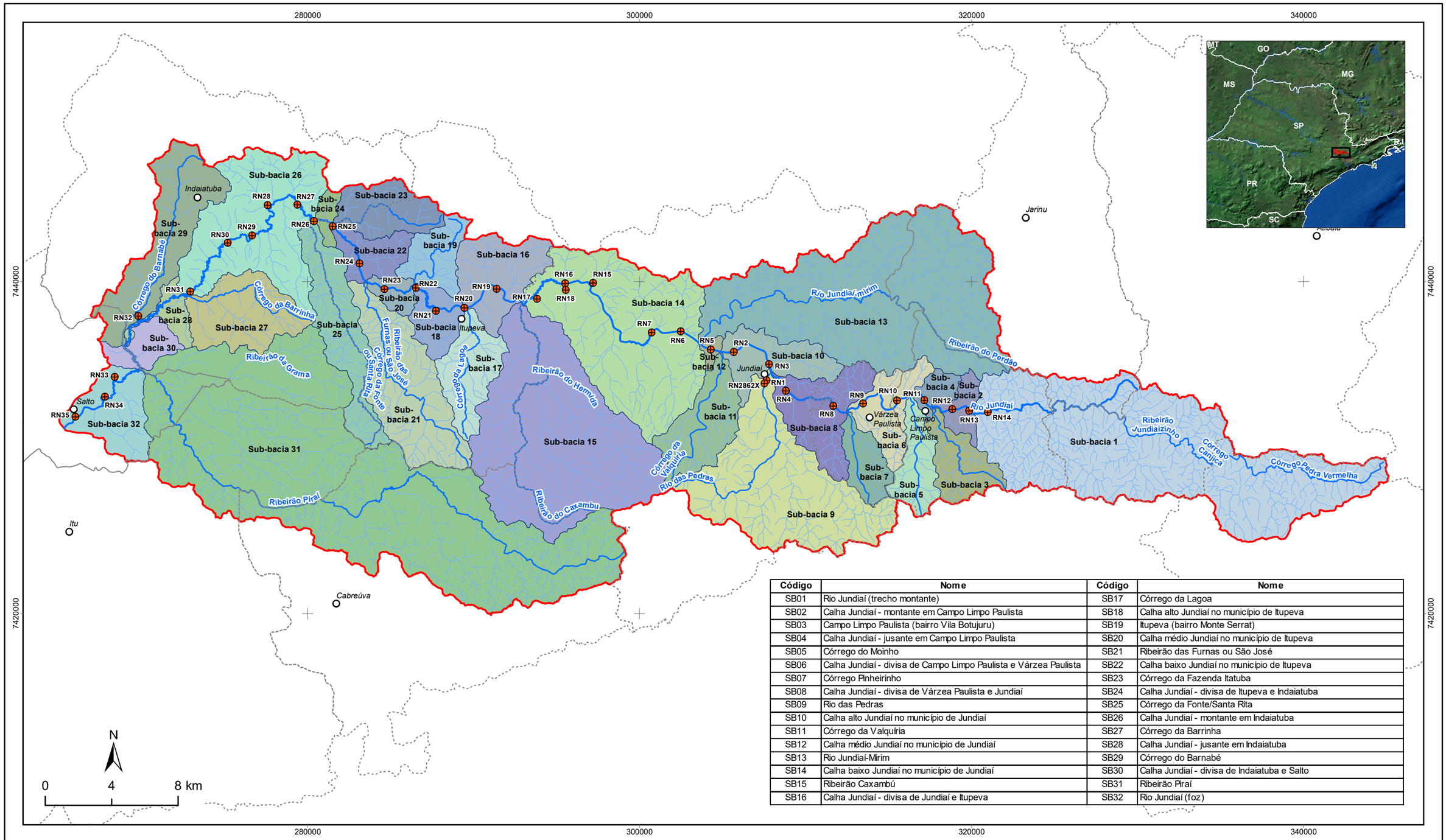
- Altimétrica: composto por referências de nível (RN);
- Planimétrica: representado por estações de satélite (GPS e DOPPLER), estações poligonais (EP) e vértices de triangulação (VT); e
- Gravimétrica: composto por estações gravimétricas (EG).

O Mapa 5.1 ilustra a localização de todos os Marcos Geodésicos utilizados durante os levantamentos de campo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Já o TOMO VII deste relatório – ANEXO I – apresenta as coordenadas e a altitude destes Marcos Geodésicos, bem como a nomenclatura de identificação de cada um deles.

Da Figura 5.1 a Figura 5.5 a seguir são apresentadas fotografias do momento do levantamento de alguns Marcos Geodésicos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.



Figura 5.1. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (vista do Rio Jundiaí).



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Marco Geodésico
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

Sub-bacia 01, Sub-bacia 02, Sub-bacia 03, Sub-bacia 04, Sub-bacia 05, Sub-bacia 06, Sub-bacia 07, Sub-bacia 08, Sub-bacia 09, Sub-bacia 10, Sub-bacia 11, Sub-bacia 12, Sub-bacia 13, Sub-bacia 14, Sub-bacia 15, Sub-bacia 16, Sub-bacia 17, Sub-bacia 18, Sub-bacia 19, Sub-bacia 20, Sub-bacia 21, Sub-bacia 22, Sub-bacia 23, Sub-bacia 24, Sub-bacia 25, Sub-bacia 26, Sub-bacia 27, Sub-bacia 28, Sub-bacia 29, Sub-bacia 30, Sub-bacia 31, Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000

Mapa 5.1. Localização dos Marcos Geodésicos utilizados nos serviços de campo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013



Figura 5.2. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (detalhe).



Figura 5.3. Levantamento realizado no RN 34 em 09/05/2019 (vista da ponte).



Figura 5.4. Levantamento realizado no RN 07 em 18/05/2019.



Figura 5.5. Levantamento realizado no RN 06 em 18/05/2019.

5.1.2. *Equipamentos utilizados e procedimentos de coleta*

Para o levantamento planiatimétrico foi utilizado o sistema de GPS RTK, que consiste basicamente de Receptores GNSS com rádio interno ou rádio externo, que formam um link e "conversam" em campo. O receptor base, que fica estático (parado) em uma coordenada conhecida, envia correção do posicionamento via rádio para os receptores Móveis (ou Rover) que são instalados em bastões e obtém a fixação da ambiguidade após uma série de algoritmos e cálculos, baseados no princípio da triangulação/trilateração.

O fator limitante para uso do sistema RTK convencional está relacionado ao alcance da transmissão das ondas de rádio, o que depende, entre outras coisas, da potência do rádio e da topografia da área a ser levantada.

Inicialmente, foram fixados pontos base com o emprego de GPS geodésico, e a partir destes pontos conhecidos, utilizado o sistema RTK. A configuração utilizada foi de uma base e até 4 receptores móveis. Um para cada equipe composta por dois técnicos de campo que se deslocam efetuando a aquisição de dados na seguinte configuração:

- Uma equipe levantando as seções e confluências pela margem direita;
- Uma equipe levantando as seções e confluências pela margem esquerda;
- Uma equipe levantando o rio (barrancas ou taludes e leito); e
- Uma equipe levantando as pontes e passarelas.

O equipamento utilizado para os levantamentos dinâmicos (caminhamentos) foi o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) South Galaxy G1 RTK. Este equipamento possui uma base fixa e outra móvel, associada a um coletor de dados de avançada tecnologia Trimble de 220 canais. O sensor de inclinação do aparelho é de até 30°, e possui um rádio interno de 2W que funciona como receptor e transmissor. Em tempo real, o sistema RTK possui uma precisão horizontal de 8 mm + 1ppm, e uma precisão vertical de 15 mm + 1ppm (ALLCOMP, 2019a).

O equipamento GNSS South Galaxy G1 RTK está ilustrado na Figura 5.6 a seguir.



Figura 5.6. Equipamento GNSS South Galaxy G1 RTK utilizado durante os levantamentos dinâmicos em campo (Fonte: Allcomp, 2019a).

Para o levantamento estático dos marcos de referência foi utilizado o equipamento Pentax Linertec LGN-100N RTK, que também possui uma base fixa e uma móvel, além de um coletor de dados e um rádio externo Satel Easy Pro 35W. O sistema é composto por 120 canais de dupla frequência, e precisão do sistema RTK em tempo real de 10 mm + 1ppm na horizontal e 20 mm + 1 ppm na vertical (ALLCOMP, 2019b).

O equipamento Pentax Linertec LGN-100N RTK está ilustrado na Figura 5.7 a seguir.

Os catálogos completos dos equipamentos utilizados nos levantamentos de campo são apresentados no TOMO VII deste relatório – ANEXO II.



Figura 5.7. Equipamento Pentax Linertec LGN-100N RTK utilizado durante os levantamentos estáticos em campo (Fonte: Allcomp, 2019b).

5.1.3. *Pós-processamentos das informações*

As seções transversais são definidas como uma linha que liga as duas margens de um curso d'água, estendendo-se até as cotas máximas de cheias, a partir de pontos pré-determinados. Basicamente, consiste de uma linha reta na qual deve-se coletar os dados de altimetria e posicionamento geográfico.

Na prática, estes são coletados com emprego de GPS de precisão (RTK), onde o operador se desloca por um trajeto pré-determinado coletando dados de pontos de interesse. Neste deslocamento os pontos não ficam alinhados, já que vários fatores e obstáculos não permitem o caminhamento em linha reta. Quanto a isto, um detalhe de suma importância é a recepção dos dados pelo GPS RTK. No *display* do aparelho deve-se observar se a recepção dos dados está sendo recebida com a precisão desejada. Zonas de sombreamento, como prédios ou cobertura vegetal, causam grande interferência na recepção do GPS e isso deve ser corrigido no pós-processamento das informações coletadas em campo.

A correção na recepção de dados pelo GPS RTK é feita quando o operador se desloca para fora da zona de interferência ou “sombreamento”. Ele observa no *display* da coletora a melhor posição e coleta do dado.

Segue abaixo uma imagem (Figura 5.8) dos deslocamentos laterais efetuados pelos operadores durante o levantamento de campo, junto à seção de controle número 18 (SC18), onde o procedimento acima descrito fica bem exemplificado. É possível observar a grande quantidade de obstáculos, que obrigaram os operadores a realizar vários deslocamentos laterais, visando a obtenção dos dados com a precisão desejada.



Figura 5.8. Pontos originais coletados em campo (Fonte: Google Earth).

Assim, com o objetivo de alinhar estes pontos coletados para a representação da seção transversal do rio, foi utilizado um Modelo Numérico de Terreno (MNT), que por definição é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre.

Primeiramente, os pontos coletados em campo foram espelhados em relação aos originais, tanto para a direita como para a esquerda, com um espaçamento de 20 metros para cada lado (*Mirror*). Este procedimento visa criar uma superfície maior de dados para a posterior geração do MNT. Em seguida foi realizada uma triangulação destes pontos coletados em campo, com o objetivo de se obter as curvas de nível e a visualização em 3D do terreno. Esta rede é representada por um conjunto de triângulos que ligam pontos da superfície de forma contínua, distribuídos irregularmente no plano (Malha Triangular Irregular ou TIN). Este tipo de rede permite descrever todos os tipos de superfícies.

A partir desta superfície 3D do terreno foi criado um campo contendo uma malha retangular de referência de pontos, com espaçamento de 1 (um) metro. Nesta nova base de dados (MNT) foi criada a linha da seção retificada conforme imagem abaixo (Figura 5.9).



Figura 5.9. Pontos retificados com altimetrias representadas em azul (Fonte: Google Earth).

5.2. Resultados

Os itens a seguir apresentam resultados dos levantamentos de campo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Aqui, os resultados obtidos serão apresentados separadamente em três categorias:

- Seções de controle, apresentadas no item 5.2.1;
- Travessias, apresentadas no item 5.2.2; e
- Confluências, apresentadas no item 5.2.3.

5.2.1. *Seções de controle*

No TOMO II deste relatório são apresentadas as 300 seções de controle levantadas ao longo do Rio Jundiaí. As seções são apresentadas em pares, dos Apêndices - Desenho 1 aos Apêndices - Desenho 150.

5.2.2. *Travessias*

No TOMO II deste relatório são apresentadas as 68 travessias levantadas ao longo do Rio Jundiaí. O cadastro das travessias é apresentado dos Apêndices - Desenho 151 aos Apêndices - Desenho 218.

No TOMO VII deste relatório – ANEXO III – encontram-se apresentadas as fichas cadastrais de todas as estruturas supracitadas.

5.2.3. *Confluências*

No TOMO II deste relatório são apresentadas as 122 confluências levantadas ao longo do Rio Jundiaí. As confluências são apresentadas em pares, dos Apêndices - Desenho 219 aos Apêndices - Desenho 281.



Análise de dados de monitoramento hidrológico

6. ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

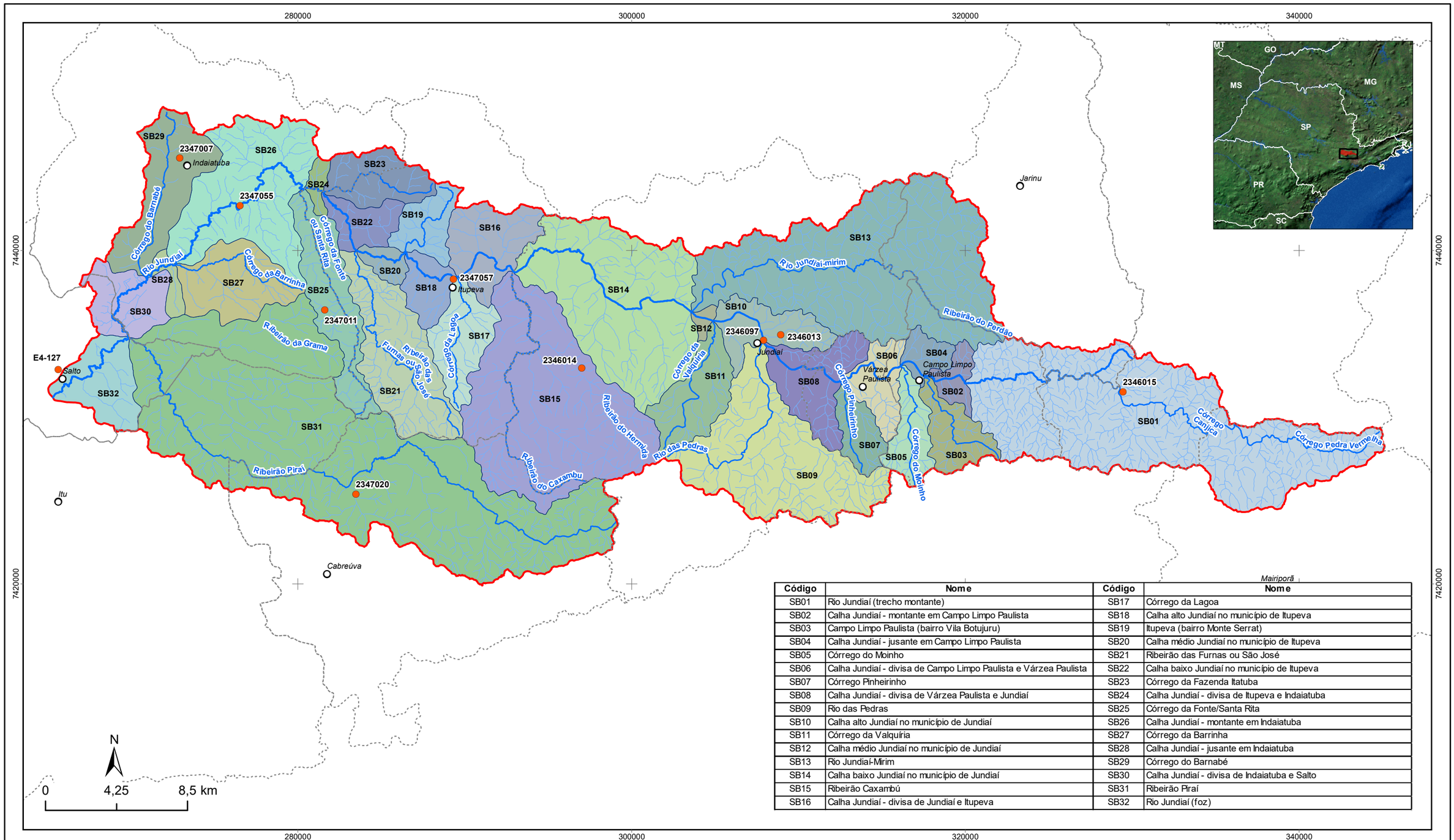
Neste capítulo são apresentadas as análises realizadas referentes aos dados pluviométricos obtidos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Além da coleta, compilação e processamento dos dados, são apresentadas a localização dos postos selecionados para o estudo, e analisado seu contexto na bacia. Posteriormente, são apresentados os ajustes de equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) realizados para algumas estações pluviométricas na BHJ.

Além disso, também são apresentadas as análises realizadas referentes aos dados fluviométricos obtidos na BHJ. Além da coleta, compilação e processamento dos dados, são apresentadas a localização dos postos selecionados para o estudo, e analisado seu contexto na bacia. Posteriormente, é apresentado o ajuste da distribuição de extremos de Gumbel realizado para uma estação fluviométrica, necessário para a simulação hidrodinâmica realizada na bacia.

6.1. Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos obtidos visam caracterizar o padrão regional de precipitações médias e máximas na bacia, bem como sua distribuição temporal, além de produzir estatísticas das séries observadas no local. As informações dos postos pluviométricos aqui utilizadas foram obtidas através de consulta ao portal *HidroWeb*, integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019).

Algumas informações referentes aos postos pluviométricos na BHJ selecionados para análise são apresentadas no Quadro 6.1, e o Mapa 6.1 ilustra sua localização na bacia. Dos postos selecionados, apenas três (2346097, 2347055 e 2347057) são operados diretamente pela ANA, enquanto que os demais estão sob responsabilidade do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP).



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Estação Pluviométrica
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 5.1 – Localização das estações pluviométricas selecionadas na bacia

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Estações Pluviométricas: DAEE, ANA

Quadro 6.1. Informações gerais dos postos pluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

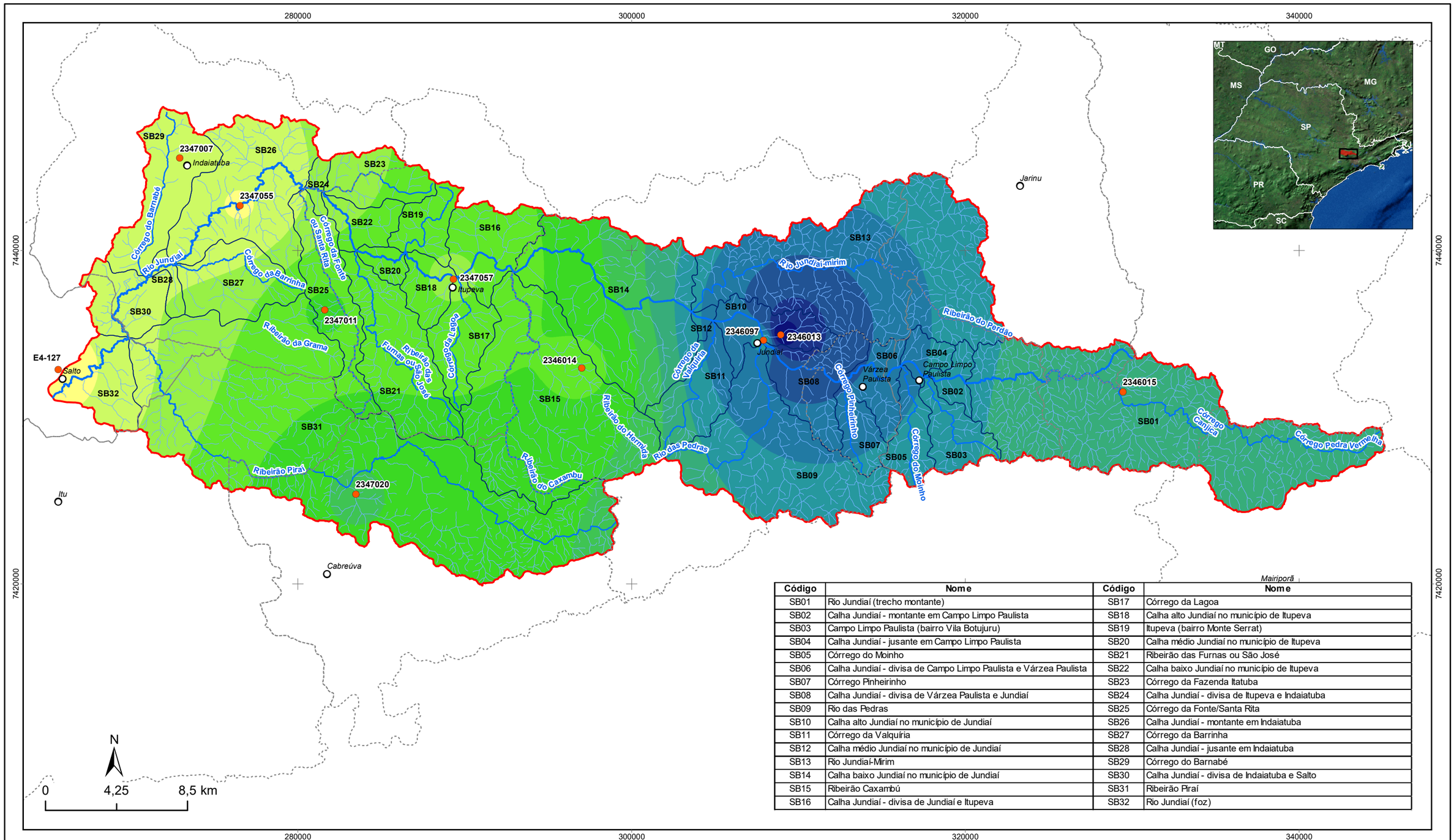
Código ANA	Código DAEE	Nome	Município	Responsável	Altitude (m)	Porcentagem de dados (%)
02346013	E3-025	Jundiaí (CPEF)	Jundiaí	DAEE-SP	710,0	93,8
02346014	E3-053	Ermida	Jundiaí	DAEE-SP	730,0	75,1
02346015	E3-230R	Rio Acima	Atibaia	DAEE-SP	800,0	99,6
02346097	-	Jundiaí	Jundiaí	ANA	700,0	93,5
02347007	E4-015	Indaiatuba	Indaiatuba	DAEE-SP	630,0	98,1
02347011	E4-124	Fazenda Santa Rita	Indaiatuba	DAEE-SP	700,0	99,8
02347020	E4-030R	Fazenda Pinhal	Cabreúva	DAEE-SP	750,0	99,7
02347055	-	Itaici	Indaiatuba	ANA	570,0	96,6
02347057	-	Itupeva	Itupeva	ANA	659,0	96,0
02347145	E4-127	Salto	Salto	DAEE-SP	500,0	90,6

6.1.1. *Precipitações médias anuais e precipitações máximas*

A análise das precipitações médias anuais foi realizada para os postos pluviométricos indicados anteriormente no Quadro 6.1. Os dados foram obtidos através do portal *HidroWeb* da Agência Nacional de Águas, que disponibiliza as séries de precipitações com dados diários (ANA, 2019).

Para cada estação contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, verificou-se o período com informações disponíveis, visando obter séries longas e representativas do comportamento pluviométrico da região. Os dados de pluviometria disponíveis para a bacia englobam o período de 01 de janeiro de 1937 a 31 de dezembro de 2018.

Os dados disponíveis no *HidroWeb* já são consistidos, ou seja, não foi necessária a aplicação de nenhum procedimento para correção de dados nas séries obtidas. Quanto às falhas, admitiu-se um limiar aceitável de, no mínimo, 355 dias por ano de registro de medições. Para anos que apresentaram 10 ou menos falhas, a precipitação deste dia foi corrigida tendo como base valores médios da região; já para anos com mais de 10 falhas, ou seja, menos de 355 registros de precipitação, optou-se por desconsiderar este ano do cálculo das médias, de forma a garantir a representatividade das análises realizadas. A precipitação média anual de cada estação pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é apresentada na Tabela 6.1. O Mapa 6.2 ilustra a espacialização da informação apresentada na Tabela 6.1.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Estação Pluviométrica
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia

Precipitaçã Média Anual (mm)

- 1.236,3 - 1.250
- 1.250,1 - 1.300
- 1.300,1 - 1.350
- 1.350,1 - 1.400
- 1.400,1 - 1.450
- 1.450,1 - 1.500
- 1.500,1 - 1.550
- 1.550,1 - 1.600
- 1.600,1 - 1.650
- 1.650,1 - 1.700
- 1.700,1 - 1.750
- 1.750,1 - 1.800

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 5.2 – Precipitação Média Anual na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Precipitação média: Profill, 2020

Tabela 6.1. Precipitações médias anuais das estações pluviométricas contidas na BHJ.

Código	Nome	Precipitação média anual (mm)
02346013	Jundiaí (CPEF)	1798,8
02346014	Ermida	1389,7
02346015	Rio Acima	1514,5
02346097	Jundiaí	1568,4
02347007	Indaiatuba	1251,1
02347011	Fazenda Santa Rita	1405,0
02347020	Fazenda Pinhal	1455,5
02347055	Itaici	1246,5
02347057	Itupeva	1344,7
02347145	Salto	1236,1

Para a estimativa das precipitações extremas a serem utilizadas no modelo hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, buscou-se equações que representem chuvas intensas na região, dando prioridade aos estudos oficiais já disponibilizados.

Desta forma, a principal referência adotada é o estudo de Precipitações Intensas no Estado de São Paulo, desenvolvido por técnicos do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH) do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP). As equações disponibilizadas no documento buscam englobar postos pluviométricos presentes nas 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo, sendo subdivididas no documento de acordo com os municípios em que os postos se localizam.

A partir da motivação supracitada, do estudo realizado pelo DAEE-SP foram selecionadas as estações que possuem equações de precipitações intensas já ajustadas e que contemplam a área da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Os municípios com equações já ajustadas mais próximos à BHJ são Campinas, Elias Fausto, Franco da Rocha e Itu (DAEE, 2018). Entretanto, nenhum destes postos pluviométricos está localizado no interior da bacia; assim, iniciou-se a busca por demais estações que possuam um ajuste e estejam inseridas na área de escopo do presente trabalho.

Desta forma obteve-se, através de consulta ao Atlas Pluviométrico do Brasil, a equação IDF da estação pluviométrica Rio Acima, disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2013). Esta estação está localizada na porção de montante da Bacia Hidrográfica do

Rio Jundiaí, sendo selecionada para aplicação neste estudo pois representa o comportamento pluviométrico das regiões mais altas da bacia hidrográfica, ou seja, a cabeceira.

O Mapa 6.1, apresentado anteriormente, ilustra a localização da estação Rio Acima, bem como dos demais postos pluviométricos localizados na BHJ.

Mesmo com a estação Rio Acima inserida na área de estudo, e considerando a precipitação observada em um ponto tendo um raio de 15 km de representatividade espacial (WMO, 2008), algumas porções da bacia ainda se encontram descobertas, como o trecho médio e baixo do Rio Jundiaí. Portanto, foi necessário prosseguir com o ajuste de equações IDF para os demais postos pluviométricos inseridos na bacia. Assim, utilizou-se os registros de precipitações diárias disponíveis na base de dados *HidroWeb*, do Sistema Nacional de Informações Hidrológicas – SNIRH (ANA, 2019).

Visando caracterizar o trecho médio do Rio Jundiaí, foram pré-selecionadas para avaliação as estações pluviométricas Ermida (02346014), Itupeva (02347057) e Jundiaí (02346097). Para estes postos, foram geradas curvas através do método de Dupla Massa, visando avaliar a consistência das séries destes postos dentro de uma visão regional, ou seja, comprovar a homogeneidade de seus dados com as observações feitas em postos vizinhos (TUCCI, 1993). As curvas Dupla Massa dos postos supracitados em relação à estação Rio Acima são apresentadas na Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3.

Através dos gráficos, é possível observar que o posto que apresenta a menor correlação com os dados observados na estação Rio Acima é Ermida (Figura 6.1). Isto se justifica devido à estação estar localizada próxima à uma região serrana (Serra do Japi, em Jundiaí), com altitudes máximas que atingem até 1.315 m. Assim, entende-se que a estação pluviométrica Ermida encontra-se sob influência de fenômenos orográficos, apresentando acumulados mensais médios de precipitação inferiores à média da região; desta forma, a mesma foi descartada do ajuste da equação IDF.

Já as estações Jundiaí (02346097) e Itupeva (02347057) apresentaram boa correlação com os valores médios mensais de precipitação observados na estação Rio Acima, além de estarem localizadas muito próximas à calha do Rio Jundiaí, sendo ambas selecionadas para o ajuste de equações IDF.

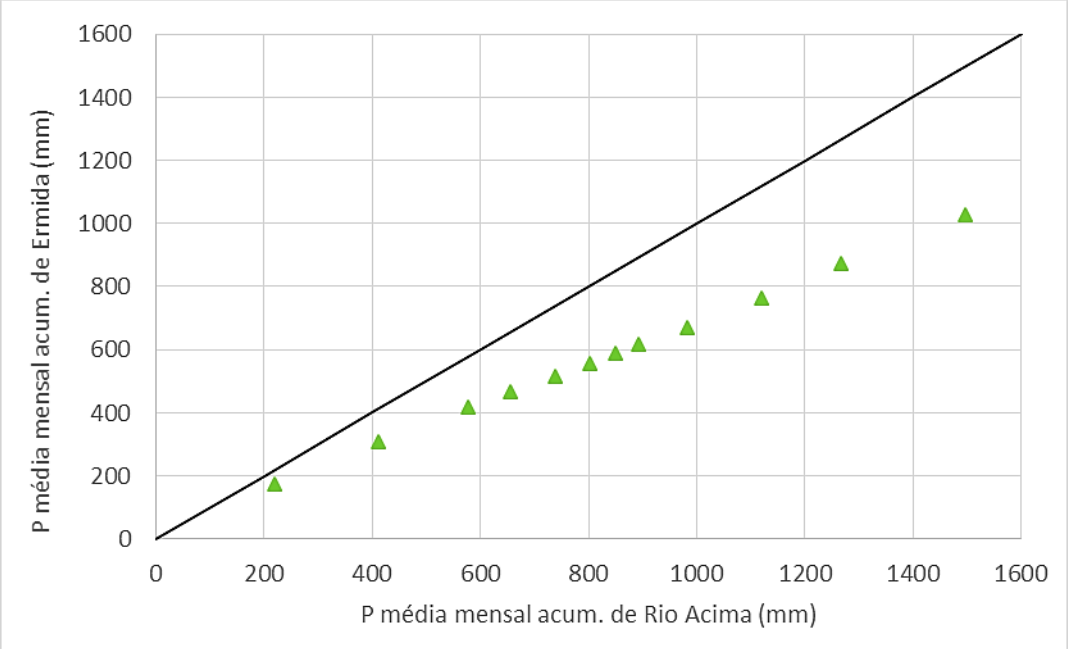


Figura 6.1. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Ermida.

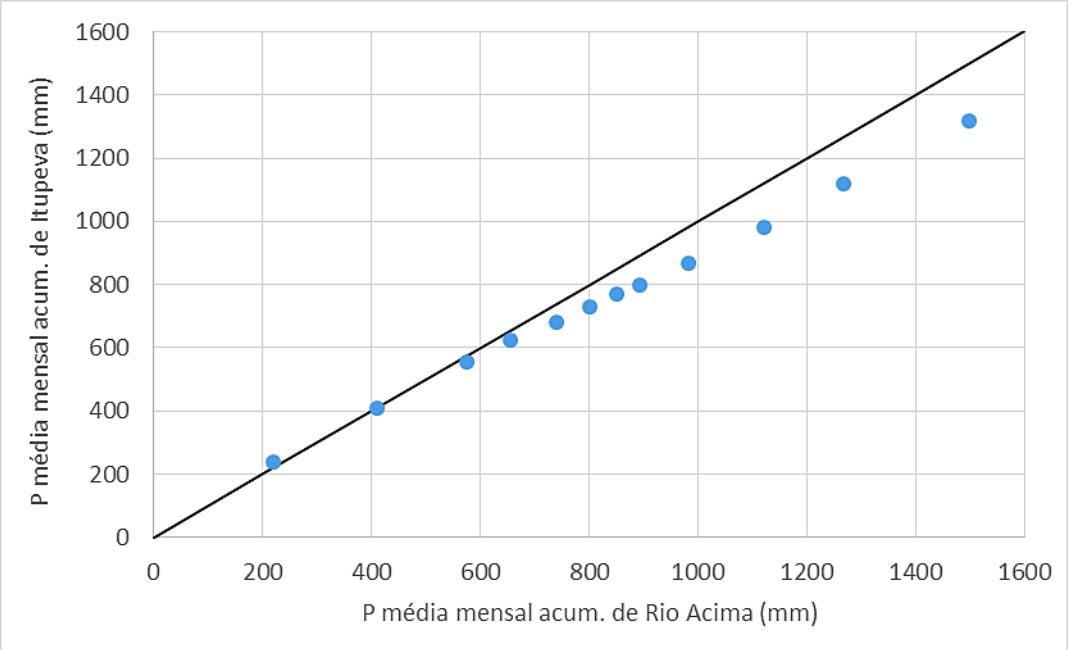


Figura 6.2. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Itupeva.

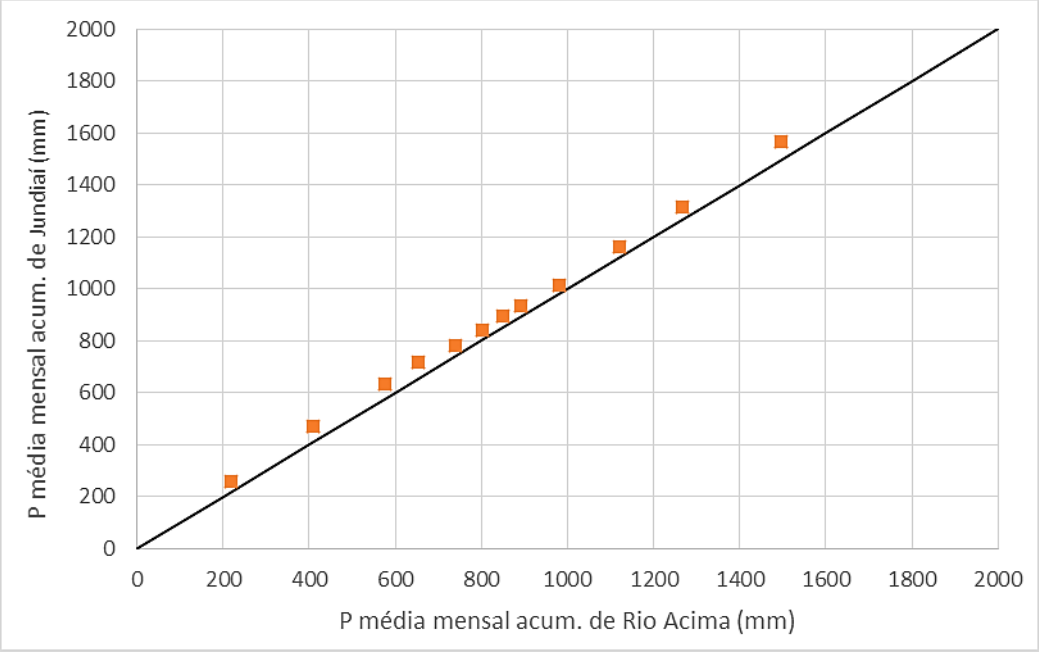


Figura 6.3. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Jundiaí.

Conforme citado anteriormente, desta vez visando caracterizar o trecho baixo do Rio Jundiaí, foram pré-selecionadas para análise mais três estações pluviométricas: Fazenda Pinhal (02347020), Indaiatuba (02347007) e Salto (02347145). Para estas estações também foram geradas curvas Dupla Massa, comparadas desta vez às precipitações médias mensais de Itupeva, conforme ilustrado na Figura 6.4, Figura 6.5 e Figura 6.6.

Através dos gráficos é possível observar que todas as estações pluviométricas apresentam boa correlação com as médias mensais observadas em Itupeva. A estação de Indaiatuba (02347007) apresenta uma série histórica de precipitação mais extensa que a estação de Salto (02347145), sendo então escolhida para o ajuste de uma equação IDF.

Além disso, por estar localizada na sub-bacia do Ribeirão Piraí – a maior área de contribuição entre os afluentes do Rio Jundiaí – a estação pluviométrica Fazenda Pinhal (02347020) também foi escolhida para o ajuste de uma equação IDF, objetivando uma melhor representação desta parcela da bacia, e visando também complementar a cobertura espacial de precipitações máximas em toda a BHJ.

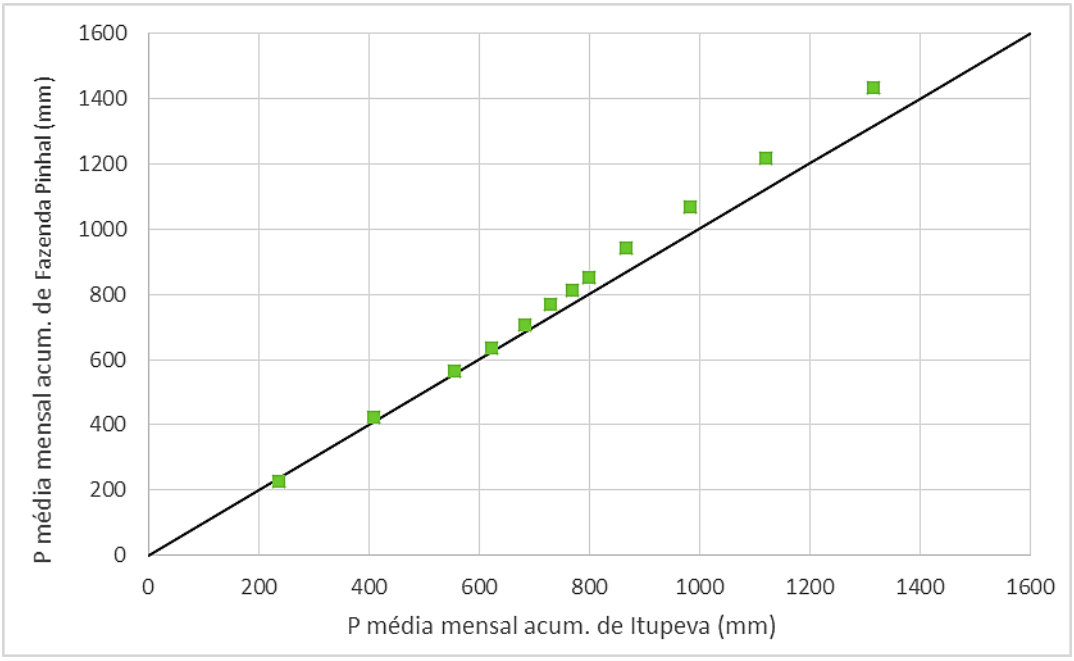


Figura 6.4. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

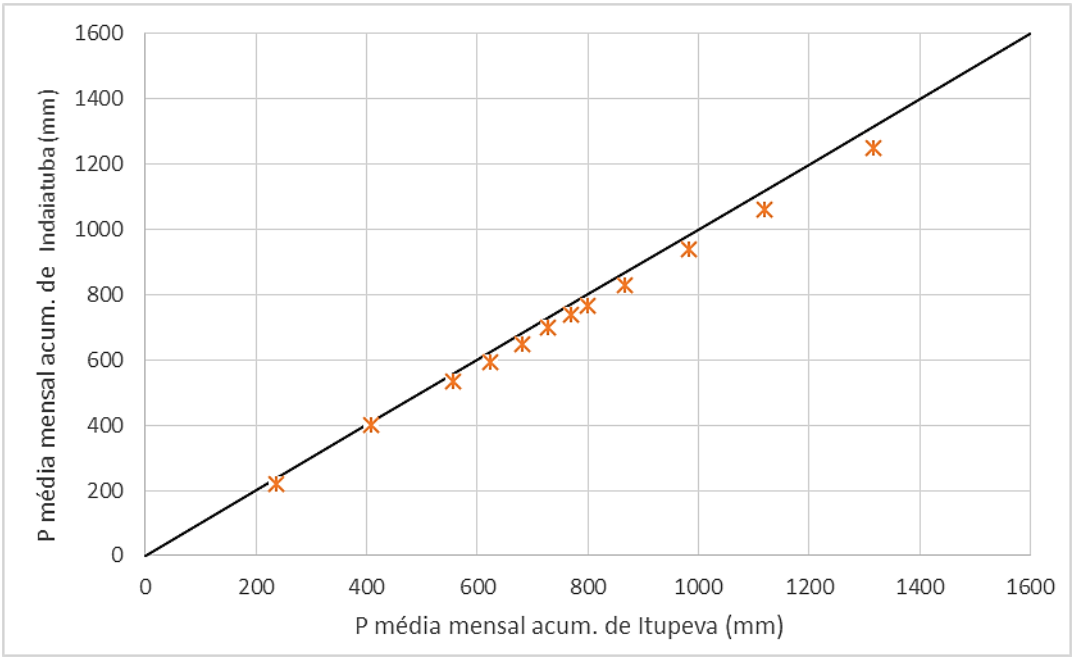


Figura 6.5. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Indaiatuba.

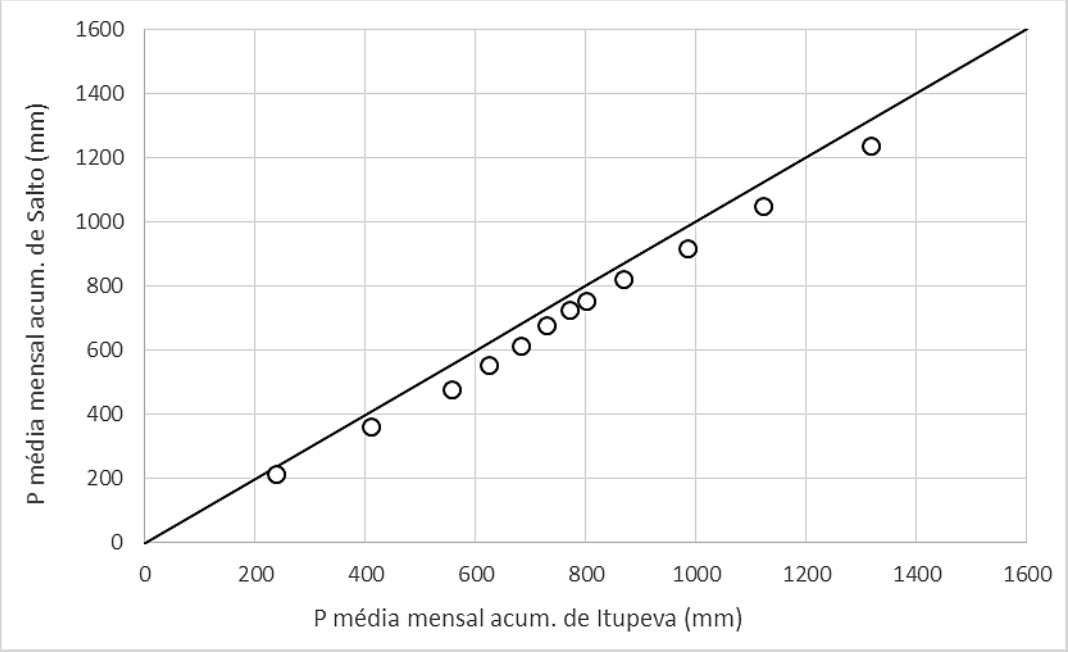
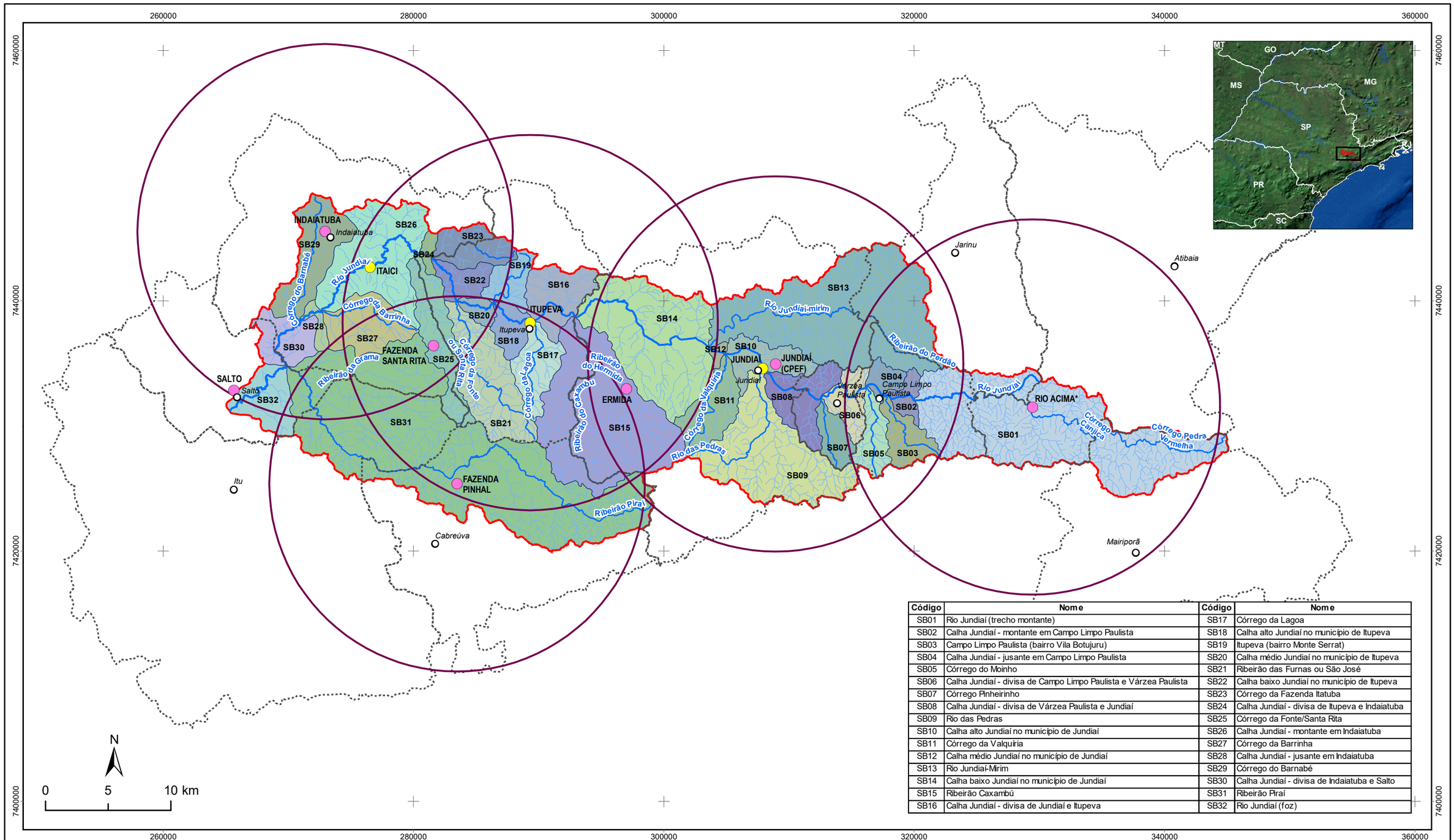


Figura 6.6. Curva Dupla Massa da estação pluviométrica Salto.

Desta forma, com todas as cinco equações IDF – quatro a serem ajustadas e uma equação já disponível para a estação Rio Acima (CPRM, 2013) – a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é coberta em sua totalidade, possibilitando então a geração das precipitações de projeto para, posteriormente, viabilizar a geração dos hidrogramas destes eventos. O Mapa 6.3 apresenta a cobertura espacial das equações IDF definidas para a BHJ.

O detalhamento da metodologia utilizada para o ajuste das equações IDF das estações pluviométricas Itupeva (02347057), Jundiaí (02346097), Fazenda Pinhal (02347020) e Indaiatuba (02347007) é apresentada no item 6.1.2.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- **Estação pluviométrica**
- **Responsável**
- ANA
- DAEE-SP
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Raio de 15 km das estações
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- **Sub-bacias**
- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32
- * CPRM

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:300.000
Data: 15/04/2022

Mapa 5.3 – Raio de 15 km das 5 estações selecionadas para o ajuste da equação IDF (Rio Acima, Itupeva, Jundiaí, Fazenda Pinhal e Indaiatuba)

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Estações Pluviométricas: ANA, 2019

6.1.2. *Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas*

Para a construção das equações IDF, é necessário obter as máximas precipitações diárias de cada uma das estações pluviométricas selecionadas para o ajuste. Assim, para cada um dos postos selecionados a partir do *HidroWeb*, as precipitações máximas de 1 dia foram filtradas, e realizado a partir destas um ajuste estatístico utilizando a distribuição de extremos de Gumbel, ajustando os tempos de retorno (TR) conforme apresentado nas Equações 6.1, 6.2 e 6.3:

$$\mu = Média\ (P_{máx}\ 1\ dia) - 0{,}451\ \cdot Desvio\ Padrão\ (P_{máx}\ 1\ dia) \quad 6.1$$

$$\alpha = 0{,}7797\ \cdot Desvio\ Padrão\ (P_{máx}\ 1\ dia) \quad 6.2$$

$$P_{máx}1\ dia = \mu - \alpha \cdot \left\{\ln\left[-\ln\left(1 - \left(\frac{1}{TR}\right)\right)\right]\right\} \quad 6.3$$

A partir disso, é possível obter os valores das precipitações máximas diárias para vários tempos de retorno. Entretanto, para a construção das equações IDF, necessita-se de intensidades de precipitação inferiores a 1 dia. Portanto, buscou-se na literatura valores de referência de coeficientes de relações entre durações, de modo que seja possível estimar os valores de precipitação máxima para demais durações, partindo da $P_{máx}$ 1 dia. Os valores de referência foram obtidos através de estudos para o Estado de São Paulo, disponibilizados pela CETESB (1979 *apud* TUCCI, 1993, p. 208), e são apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Relações de conversão utilizadas (Fonte: adaptado de Tucci, 1993).

Relações	Duração original	Duração final	Relação
5 min/ 30 min	30 min	5 min	0,34
10 min/ 30 min	30 min	10 min	0,54
15 min/ 30 min	30 min	15 min	0,7
20 min/ 30 min	30 min	20 min	0,81
25 min/ 30 min	30 min	25 min	0,91
30 min/ 1 h	1 h	30 min	0,74
1 h/ 24 h	24 h	1 h	0,42
6 h/ 24 h	24 h	6 h	0,72
8 h/ 24 h	24 h	8 h	0,78
10 h/ 24 h	24 h	10 h	0,82
12 h/ 24 h	24 h	12 h	0,85
24 h/ 1 dia	1 dia	24 h	1,14

As precipitações e intensidades observadas serão então calculadas através destas relações de conversão, apresentadas na Tabela 6.2, para diferentes durações e tempos de retorno. Estas informações serão apresentadas nos itens 6.1.2.1 a 6.1.2.4 para as estações pluviométricas selecionadas.

Assim, a equação IDF busca relacionar a intensidade de precipitação, sua duração e a frequência de ocorrência, através do tempo de retorno (TR). O formato mais comumente utilizado é o apresentado a seguir, na Equação 6.4.

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \qquad 6.4$$

Onde: i é a intensidade de precipitação (mm/h); TR é o tempo de recorrência da chuva (anos); t é o tempo de duração da precipitação (min); e *a*, *b*, *c*, *d* são os parâmetros de ajuste da equação aos dados disponíveis.

Para a obtenção dos valores numéricos dos parâmetros de ajuste da equação, foi utilizada a ferramenta *Solver*, disponível no Excel©. A determinação é feita através do método do Gradiente Reduzido Generalizado (GRG), utilizando os valores de precipitação observados e estimados, que são obtidos a partir das relações de conversão de duração da precipitação máxima de 1 dia, para as quatro estações pluviométricas selecionadas. Já a intensidade e a precipitação estimadas são calculadas através da aplicação da Equação 6.4, considerando valores iniciais de ajuste para os coeficientes *a*, *b*, *c* e *d*.

Para o ajuste dos coeficientes, procedeu-se o cálculo do somatório do erro quadrático total, que é o resultado entre a soma do erro quadrado das intensidades e a soma do erro quadrado das precipitações. Utilizou-se também a ferramenta *Solver* para minimizar este erro, variando os coeficientes *a*, *b*, *c* e *d* da equação IDF. Após algumas iterações, a soma dos erros quadrados enfim converge para um valor mínimo, e os coeficientes finais são enfim obtidos.

Os itens 6.1.2.1 a 6.1.2.4 apresentam os valores das precipitações acumuladas e suas respectivas intensidades, tanto estimadas quanto observadas, para as quatro estações pluviométricas selecionadas. Também, são indicados os coeficientes ajustados de cada estação, bem como apresentadas suas respectivas equações IDF.

6.1.2.1. Estação pluviométrica Itupeva

Para a estação pluviométrica Itupeva, de código 02347057, operada pela Agência Nacional de Águas (ANA), procedeu-se o *download* dos dados de precipitação diárias, que englobam o período de 1944 a 2018. Para este período, foi calculada a precipitação média mensal, conforme apresentada na Figura 6.7. Assim, definiu-se que o ano hidrológico para a estação Itupeva têm início no mês de setembro (correspondente ao início do período chuvoso) e fim no mês de agosto (correspondente ao fim do período seco).

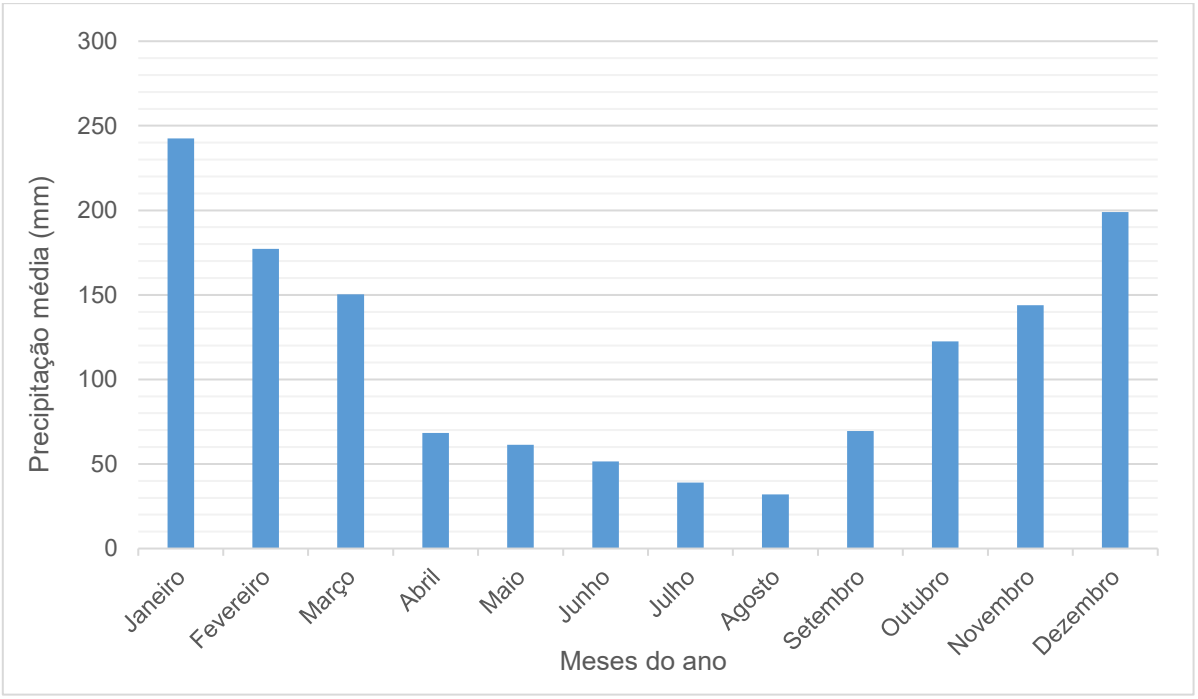


Figura 6.7. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Itupeva.

Para o período de 1944 a 2017, o que totaliza 73 anos hidrológicos, procedeu-se o cálculo da precipitação máxima diária anual, conforme apresentado na Tabela 6.3. A média e o desvio padrão também foram calculados.

A partir das máximas precipitações diárias, foi realizado o ajuste estatístico utilizando a distribuição de extremos de Gumbel, ajustando os tempos de retorno (TR) conforme apresentado anteriormente nas Equações 6.1, 6.2 e 6.3. O resultado do ajuste pode ser observado através da Tabela 6.4, e cuja correlação entre os dados de precipitação observados e os estimados é apresentada no gráfico da Figura 6.8.

Tabela 6.3. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Itupeva

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Diária Anual (mm)
1944	43
1945	65
1946	84,3
1947	78
1948	62
1949	74,2
1950	122
1951	59
1952	75
1953	83,4
1954	61,2
1955	95,4
1956	89,2
1957	97,3
1958	99,6
1959	69,6
1960	95,4
1961	75,6
1962	71
1963	89,8
1964	97,3
1965	117,3
1966	134
1967	57,8
1968	96,3
1969	96,7
1970	57,8
1971	108,4
1972	52,4
1973	53,2
1974	67,4
1975	80,6
1976	53,2
1977	58,4
1978	80,6
1979	90,4
1980	58
1981	69
1982	83,6
1983	117,4
1984	91,4
1985	96
1986	84,2
1987	46,2
1988	100,4
1989	96,2
1990	104,5
1991	50,1
1992	70,8
1993	90,2
1994	70,9
1995	61,3
1996	65,6
1997	63,1
1998	70,5
1999	51,1
2000	70,9
2001	60,5
2002	75,1
2003	55
2004	57
2005	47,5
2006	69,5
2007	60
2008	160,3
2009	89,5
2010	76,3
2011	81,5
2012	85,1
2013	122,3
2014	80,3
2015	94,3
2016	63,3
2017	45,3
Média	78,73
Desvio Padrão	22,49

Tabela 6.4. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Itupeva.

Tempo de retorno, TR (anos)	P máx 1 dia (mm)
2	75,04
5	94,91
10	108,07
15	115,49
20	120,69
25	124,69
50	137,02
100	149,26

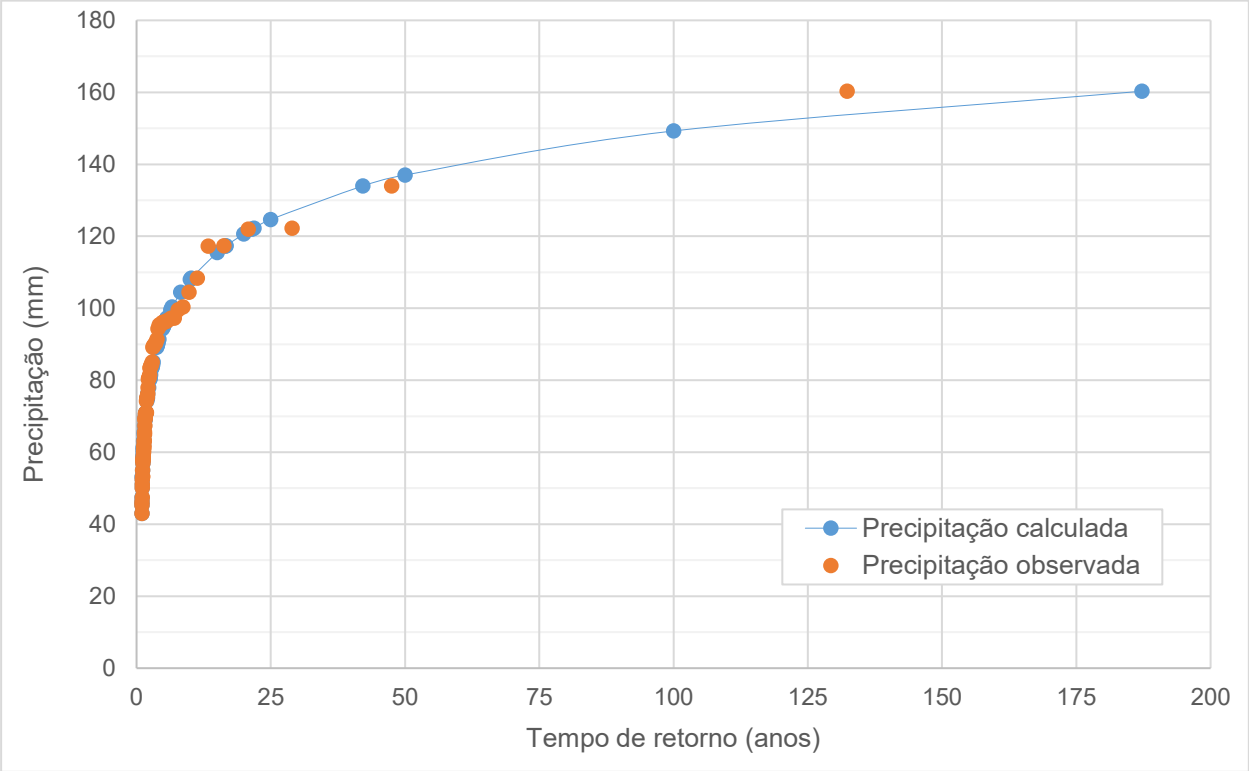


Figura 6.8. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Itupeva.

As precipitações e intensidades observadas para a estação pluviométrica Itupeva, obtidas através da aplicação das relações indicadas na Tabela 6.2, são apresentadas na Tabela 6.5 e Tabela 6.6, respectivamente.

Tabela 6.5. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	17,98	16,51	15,02	14,54	13,91	13,02	11,43	9,04
	10	28,56	26,22	23,86	23,09	22,10	20,68	18,16	14,36
	15	37,02	33,98	30,93	29,93	28,64	26,80	23,54	18,61
	20	42,84	39,32	35,79	34,64	33,14	31,01	27,24	21,54
	25	48,13	44,18	40,20	38,91	37,24	34,84	30,60	24,19
	30	52,89	48,55	44,18	42,76	40,92	38,29	33,63	26,59
	60	71,47	65,61	59,70	57,78	55,30	51,74	45,44	35,93
	360	122,52	112,47	102,35	99,06	94,79	88,70	77,90	61,59
	420	132,73	121,84	110,87	107,31	102,69	96,09	84,39	66,72
	600	139,53	128,09	116,56	112,82	107,96	101,02	88,72	70,14
	720	144,64	132,78	120,82	116,95	111,91	104,72	91,97	72,71
	1440	170,16	156,21	142,15	137,58	131,66	123,20	108,20	85,54

Tabela 6.6. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	215,78	198,08	180,25	174,46	166,95	156,22	137,20	108,47
	10	171,35	157,30	143,14	138,54	132,58	124,06	108,95	86,14
	15	148,08	135,94	123,70	119,73	114,57	107,21	94,16	74,44
	20	128,51	117,97	107,36	103,91	99,43	93,04	81,71	64,61
	25	115,50	106,03	96,49	93,39	89,37	83,62	73,44	58,06
	30	105,77	97,10	88,36	85,52	81,84	76,58	67,25	53,17
	60	71,47	65,61	59,70	57,78	55,30	51,74	45,44	35,93
	360	20,42	18,74	17,06	16,51	15,80	14,78	12,98	10,27
	420	18,96	17,41	15,84	15,33	14,67	13,73	12,06	9,53
	600	13,95	12,81	11,66	11,28	10,80	10,10	8,87	7,01
	720	12,05	11,06	10,07	9,75	9,33	8,73	7,66	6,06
	1440	7,09	6,51	5,92	5,73	5,49	5,13	4,51	3,56

Aplicando-se a metodologia de minimização dos erros, conforme supracitado, os coeficientes de ajuste da equação IDF obtidos são os apresentados na Tabela 6.7, conforme ilustrado através da Equação 6.5.

Tabela 6.7. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Itupeva.

Parâmetros ajustados	Valores
a	865,45
b	0,161
c	11,52
d	0,756
R^2	99,89%

$$i = \frac{865{,}45 \cdot (TR^{0{,}161})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}} \qquad 6.5$$

A Tabela 6.8 e a Tabela 6.9 apresentam as precipitações acumuladas e respectivas intensidades, calculadas para diferentes tempos de recorrência e durações, através da aplicação da Equação 6.5.

Tabela 6.8. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	18,17	16,25	14,53	14,02	13,38	12,54	11,21	9,68
	10	29,75	26,61	23,80	22,96	21,92	20,53	18,37	15,85
	15	38,10	34,08	30,48	29,41	28,07	26,30	23,52	20,30
	20	44,59	39,88	35,67	34,41	32,85	30,77	27,52	23,75
	25	49,86	44,60	39,89	38,48	36,74	34,42	30,78	26,56
	30	54,30	48,57	43,44	41,91	40,01	37,48	33,52	28,93
	60	71,99	64,39	57,59	55,56	53,05	49,69	44,45	38,35
	360	124,30	111,18	99,44	95,93	91,59	85,80	76,74	66,21
	420	129,50	115,83	103,60	99,94	95,42	89,39	79,95	68,98
	600	142,14	127,13	113,71	109,69	104,73	98,11	87,75	75,71
	720	148,96	133,23	119,16	114,96	109,75	102,82	91,96	79,35
	1440	177,47	158,73	141,97	136,96	130,76	122,49	109,56	94,53

Tabela 6.9. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Itupeva.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	217,98	194,97	174,38	168,23	160,61	150,46	134,57	116,12
	10	178,49	159,64	142,78	137,75	131,51	123,20	110,19	95,08
	15	152,41	136,32	121,92	117,62	112,30	105,20	94,09	81,19
	20	133,76	119,63	107,00	103,22	98,55	92,32	82,57	71,25
	25	119,67	107,03	95,73	92,35	88,17	82,60	73,88	63,74
	30	108,60	97,13	86,88	83,81	80,02	74,96	67,05	57,85
	60	71,99	64,39	57,59	55,56	53,05	49,69	44,45	38,35
	360	20,72	18,53	16,57	15,99	15,26	14,30	12,79	11,04
	420	18,50	16,55	14,80	14,28	13,63	12,77	11,42	9,85
	600	14,21	12,71	11,37	10,97	10,47	9,81	8,78	7,57
	720	12,41	11,10	9,93	9,58	9,15	8,57	7,66	6,61
	1440	7,39	6,61	5,92	5,71	5,45	5,10	4,56	3,94

A Figura 6.9 ilustra o gráfico que relaciona as intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas, bem como apresenta a correlação obtida entre os valores. Para a estação pluviométrica Itupeva (02347057), a correlação entre os valores estimados e calculados resultante é de 0,9978.

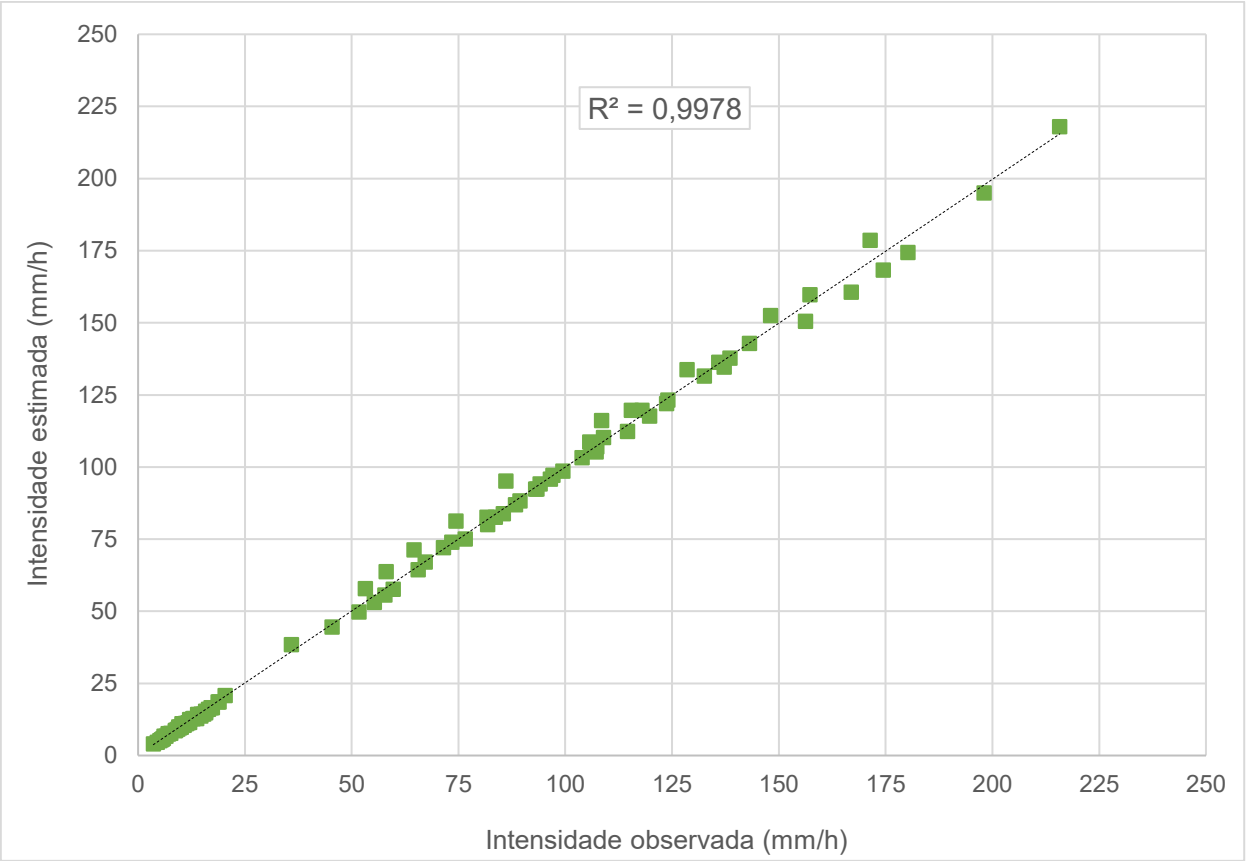


Figura 6.9. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Itupeva.

6.1.2.2. Estação pluviométrica Jundiaí

Para a estação pluviométrica Jundiaí, de código 02346097, operada pela Agência Nacional de Águas (ANA), procedeu-se o *download* dos dados de precipitação diárias, que englobam o período de 1939 a 2015. Para este período, foi calculada a precipitação média mensal, conforme apresentada na Figura 6.10.

Assim, definiu-se que o ano hidrológico para a estação Jundiaí têm início no mês de setembro (correspondente ao início do período chuvoso) e fim no mês de agosto (correspondente ao fim do período seco).

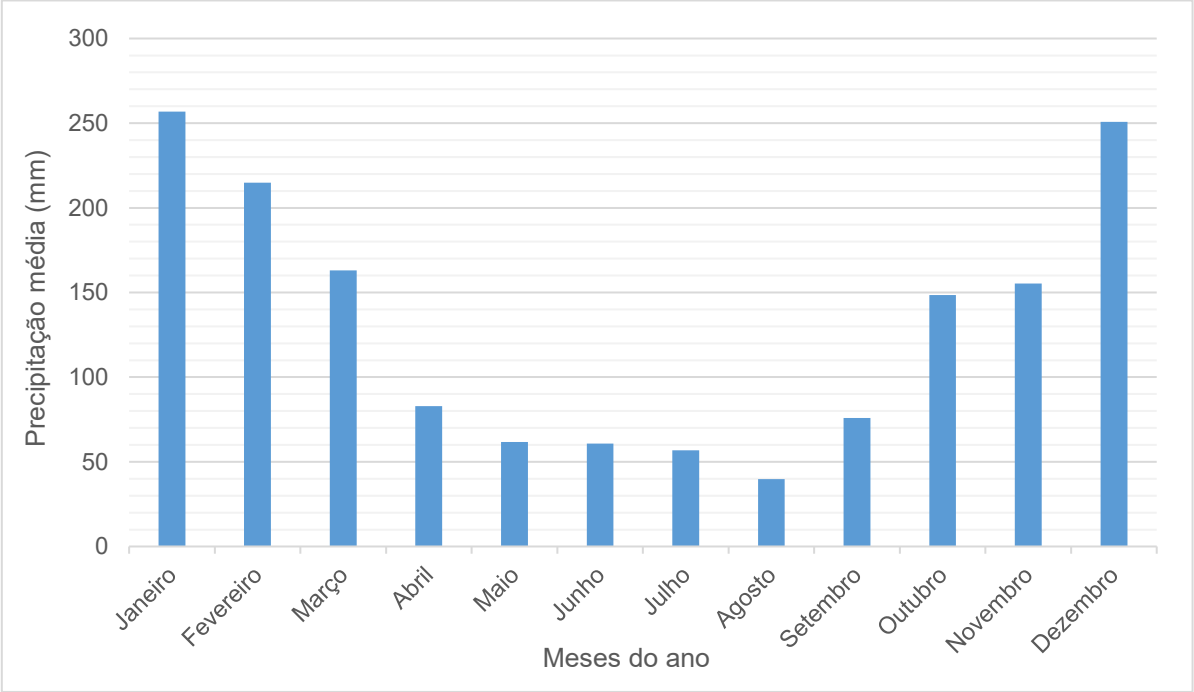


Figura 6.10. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Jundiaí.

Devido às falhas da série, os períodos utilizados para o ajuste da equação IDF foram 1939-1981, 1984-1986, 1991-1997 e 2007-2014, totalizando 61 anos hidrológicos. Para estes períodos, procedeu-se o cálculo da precipitação máxima diária anual, conforme apresentado na Tabela 6.10. A média e o desvio padrão também foram calculados.

A partir das máximas precipitações diárias, foi realizado o ajuste estatístico utilizando a distribuição de extremos de Gumbel, ajustando os tempos de retorno (TR) conforme apresentado anteriormente nas Equações 6.1, 6.2 e 6.3.

O resultado do ajuste pode ser observado através da Tabela 6.11, e cuja correlação entre os dados de precipitação observados e os estimados é apresentada no gráfico da Figura 6.11.

Tabela 6.10. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Jundiaí.

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Diária Anual (mm)
1939	61,5
1940	113,5
1941	70,9
1942	92,4
1943	91,5
1944	218,6
1945	120
1946	158,6
1947	136,6
1948	126,4
1949	138,8
1950	118,4
1951	71
1952	60
1953	63,2
1954	101,8
1955	78,2
1956	106,6
1957	68,8
1958	76
1959	60
1960	76,8
1961	62,6
1962	80,8
1963	81,2
1964	71,6
1965	84,4
1966	53,4
1967	66,2
1968	45,8
1969	104,8
1970	70,3
1971	78
1972	58,4
1973	48,6
1974	94,2
1975	72,8
1976	50,6
1977	102,2
1978	114,6
1979	69,9
1980	82
1981	153
1984	63,5
1985	70
1986	94,2
1991	58,7
1992	67,4
1993	86,8
1994	69,2
1995	58,2
1996	51,2
1997	74,4
2007	76
2008	95
2009	90
2010	94
2011	77,2
2012	102,2
2013	96
2014	68
Média	86,02
Desvio Padrão	30,66

Tabela 6.11. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Jundiaí.

Tempo de retorno, TR (anos)	P máx 1 dia (mm)
2	80,98
5	108,08
10	126,01
15	136,13
20	143,22
25	148,68
50	165,49
100	182,18

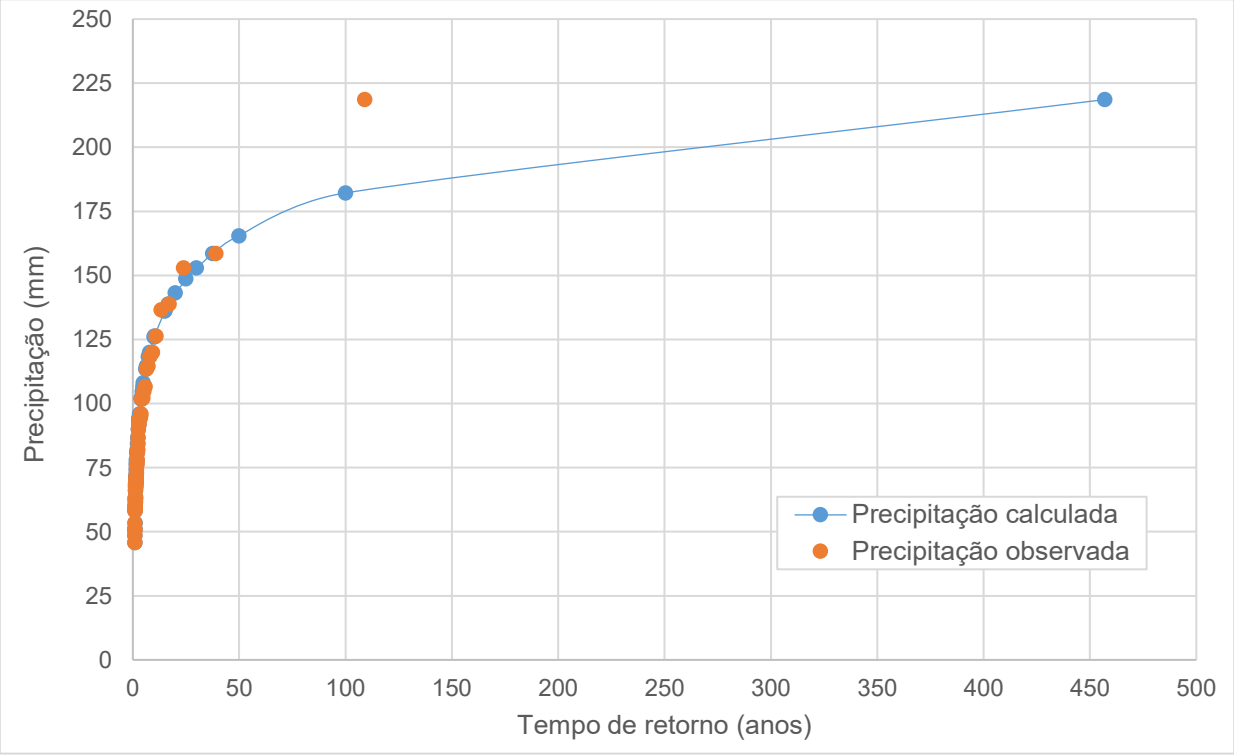


Figura 6.11. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Jundiaí.

As precipitações e intensidades observadas para a estação pluviométrica Itupeva, obtidas através da aplicação das relações indicadas na Tabela 6.2, são apresentadas na Tabela 6.12 e Tabela 6.13, respectivamente. Aplicando-se a metodologia de minimização dos erros, conforme supracitado, os coeficientes de ajuste da equação IDF obtidos são os apresentados na Tabela 6.14, conforme ilustrado através da Equação 6.6.

Tabela 6.12. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	21,95	19,94	17,91	17,25	16,40	15,18	13,02	9,76
	10	34,86	31,66	28,45	27,40	26,05	24,11	20,68	15,49
	15	45,18	41,05	36,88	35,52	33,76	31,25	26,80	20,08
	20	52,29	47,50	42,67	41,10	39,07	36,17	31,02	23,24
	25	58,74	53,36	47,94	46,18	43,89	40,63	34,85	26,11
	30	64,55	58,64	52,68	50,74	48,23	44,65	38,29	28,69
	60	87,23	79,24	71,19	68,57	65,18	60,34	51,75	38,77
	360	149,54	135,84	122,04	117,56	111,74	103,43	88,71	66,47
	420	162,00	147,16	132,21	127,35	121,05	112,05	96,10	72,01
	600	170,31	154,70	138,99	133,88	127,26	117,80	101,03	75,70
	720	176,54	160,36	144,07	138,78	131,91	122,11	104,72	78,47
	1440	207,69	188,66	169,49	163,27	155,19	143,66	123,21	92,32

Tabela 6.13. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	263,36	239,24	214,93	207,04	196,80	182,16	156,23	117,07
	10	209,14	189,98	170,68	164,41	156,28	144,66	124,07	92,96
	15	180,74	164,18	147,50	142,09	135,06	125,01	107,22	80,34
	20	156,86	142,49	128,01	123,31	117,21	108,50	93,05	69,72
	25	140,98	128,06	115,05	110,83	105,34	97,51	83,63	62,66
	30	129,10	117,27	105,36	101,49	96,47	89,30	76,58	57,39
	60	87,23	79,24	71,19	68,57	65,18	60,34	51,75	38,77
	360	24,92	22,64	20,34	19,59	18,62	17,24	14,78	11,08
	420	23,14	21,02	18,89	18,19	17,29	16,01	13,73	10,29
	600	17,03	15,47	13,90	13,39	12,73	11,78	10,10	7,57
	720	14,71	13,36	12,01	11,57	10,99	10,18	8,73	6,54
	1440	8,65	7,86	7,06	6,80	6,47	5,99	5,13	3,85

Tabela 6.14. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Jundiaí.

Parâmetros ajustados	Valores
a	949,14
b	0,186
c	11,52
d	0,756
R^2	99,84%

$$i = \frac{949{,}14 \cdot (TR^{0{,}186})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}} \qquad 6.6$$

A Tabela 6.15 e a Tabela 6.16 apresentam as precipitações acumuladas e respectivas intensidades, calculadas para diferentes tempos de recorrência e durações, através da aplicação da Equação 6.6.

Tabela 6.15. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	22,35	19,65	17,27	16,57	15,71	14,57	12,80	10,80
	10	36,61	32,18	28,29	27,14	25,72	23,85	20,97	17,68
	15	46,89	41,22	36,23	34,76	32,95	30,55	26,86	22,65
	20	54,86	48,23	42,39	40,67	38,55	35,75	31,43	26,50
	25	61,35	53,93	47,41	45,48	43,11	39,98	35,14	29,64
	30	66,82	58,74	51,63	49,53	46,95	43,54	38,27	32,28
	60	88,59	77,87	68,45	65,67	62,25	57,73	50,74	42,79
	360	152,96	134,46	118,19	113,39	107,48	99,67	87,62	73,89
	420	159,36	140,08	123,14	118,13	111,97	103,84	91,28	76,98
	600	174,91	153,75	135,15	129,66	122,90	113,97	100,19	84,49
	720	183,30	161,13	141,64	135,88	128,80	119,44	104,99	88,54
	1440	218,38	191,96	168,74	161,88	153,45	142,30	125,09	105,49

Tabela 6.16. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Jundiaí.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	268,23	235,79	207,27	198,84	188,48	174,79	153,65	129,57
	10	219,63	193,07	169,71	162,81	154,33	143,12	125,81	106,09
	15	187,55	164,86	144,92	139,03	131,78	122,21	107,43	90,59
	20	164,59	144,68	127,18	122,01	115,65	107,25	94,28	79,50
	25	147,25	129,44	113,78	109,16	103,47	95,95	84,35	71,13
	30	133,64	117,47	103,26	99,06	93,90	87,08	76,55	64,55
	60	88,59	77,87	68,45	65,67	62,25	57,73	50,74	42,79
	360	25,49	22,41	19,70	18,90	17,91	16,61	14,60	12,31
	420	22,77	20,01	17,59	16,88	16,00	14,83	13,04	11,00
	600	17,49	15,37	13,52	12,97	12,29	11,40	10,02	8,45
	720	15,27	13,43	11,80	11,32	10,73	9,95	8,75	7,38
	1440	9,10	8,00	7,03	6,75	6,39	5,93	5,21	4,40

A Figura 6.12 ilustra o gráfico que relaciona as intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas, bem como apresenta a correlação obtida entre os valores. Para a estação pluviométrica Jundiaí (02346097), a correlação entre os valores estimados e calculados resultante é de 0,9967.

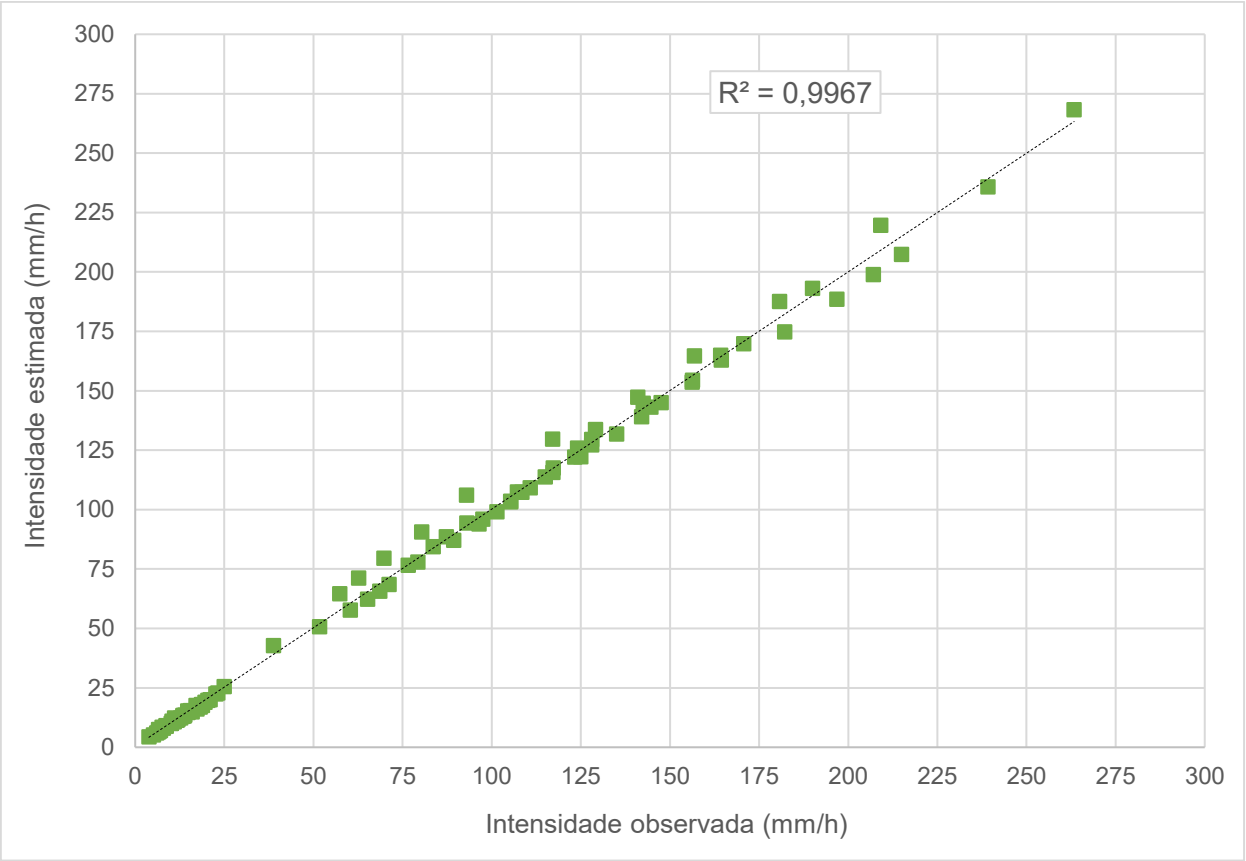


Figura 6.12. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Jundiaí.

6.1.2.3. Estação fluviométrica Fazenda Pinhal

Para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal, de código 02347020 (código adicional E4-030), operada pela DAEE-SP, procedeu-se o *download* dos dados de precipitação diárias, que englobam o período de 1965 a 2002. Para este período, foi calculada a precipitação média mensal, conforme apresentada na Figura 6.13.

Assim, definiu-se que o ano hidrológico para a estação Fazenda Pinhal têm início no mês de setembro (correspondente ao início do período chuvoso) e fim no mês de agosto (correspondente ao fim do período seco).

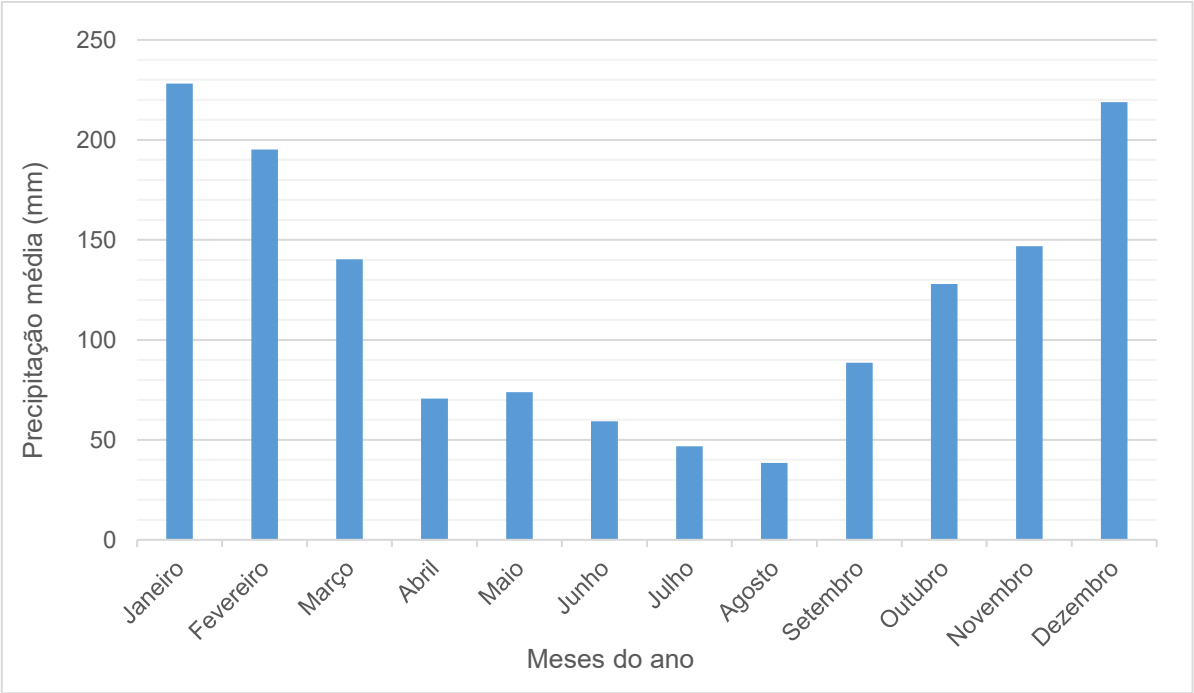


Figura 6.13. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Para o período de 1965 a 2001, o que totaliza 36 anos hidrológicos, procedeu-se o cálculo da precipitação máxima diária anual, conforme apresentado na Tabela 6.17. A média e o desvio padrão também foram calculados.

A partir das máximas precipitações diárias, foi realizado o ajuste estatístico utilizando a distribuição de extremos de Gumbel, ajustando os tempos de retorno (TR) conforme apresentado anteriormente nas Equações 6.1, 6.2 e 6.3.

O resultado do ajuste pode ser observado através da Tabela 6.18, e cuja correlação entre os dados de precipitação observados e os estimados é apresentada no gráfico da Figura 6.14.

Tabela 6.17. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Diária Anual (mm)
1965	98,8
1966	54,3
1967	66,4
1968	49,5
1969	78,3
1970	53,8
1971	75,6
1972	76,2
1973	81,4
1974	141,7
1975	93,5
1976	69,7
1977	85,8
1978	108,5
1979	124,9
1980	67,7
1981	85,4
1982	95,7
1983	43,3
1984	73
1985	67,2
1986	88,1
1987	55,4
1988	81,5
1989	64,7
1990	128,1
1991	89,5
1992	74
1993	89,3
1994	91,5
1995	100,4
1996	73,1
1997	58
1998	70,5
1999	65
2000	59,6
2001	128,3
Média	81,29
Desvio Padrão	23,16

Tabela 6.18. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Tempo de retorno, TR (anos)	P máx 1 dia (mm)
2	77,49
5	97,95
10	111,51
15	119,15
20	124,51
25	128,63
50	141,33
100	153,94

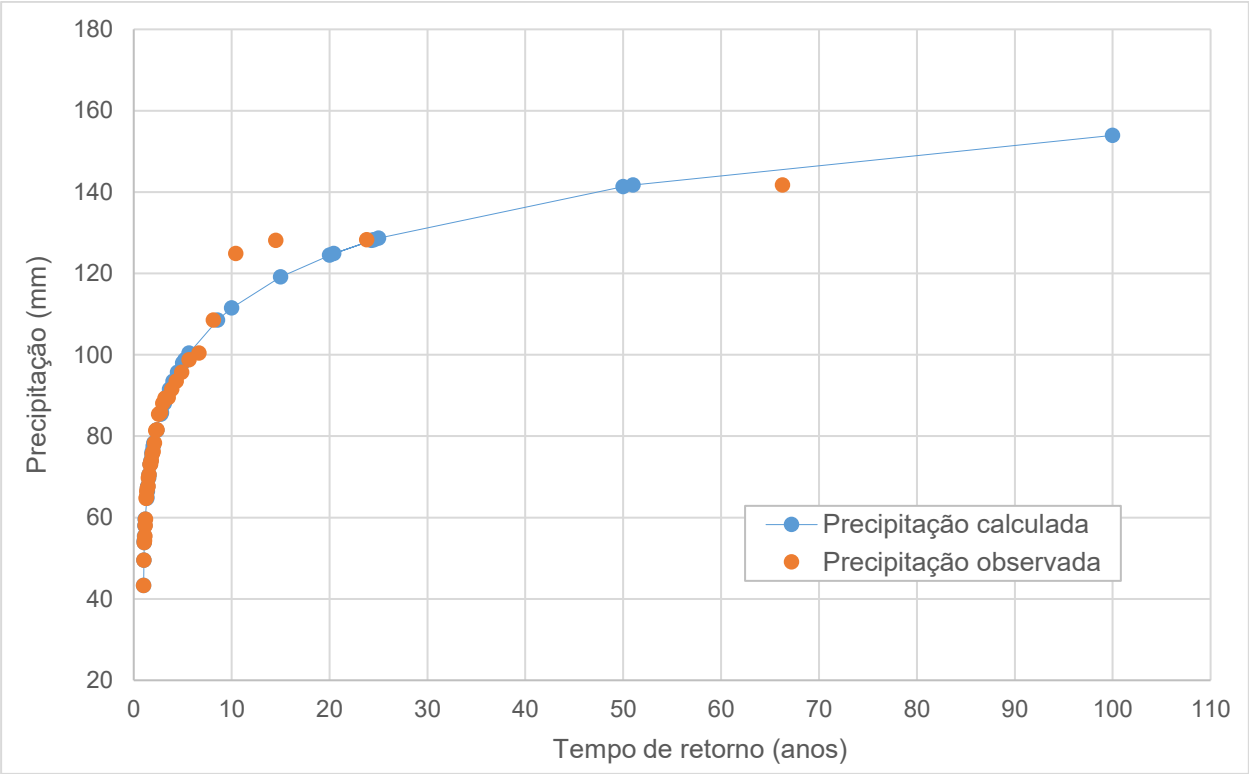


Figura 6.14. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

As precipitações e intensidades observadas para a estação pluviométrica Itupeva, obtidas através da aplicação das relações indicadas na Tabela 6.2, são apresentadas na Tabela 6.19 e Tabela 6.20, respectivamente.

Tabela 6.19. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	18,55	17,03	15,50	15,00	14,35	13,43	11,80	9,33
	10	29,45	27,04	24,61	23,82	22,80	21,33	18,74	14,83
	15	38,18	35,05	31,90	30,88	29,55	27,66	24,29	19,22
	20	44,18	40,56	36,92	35,73	34,20	32,00	28,11	22,24
	25	49,64	45,57	41,47	40,14	38,42	35,95	31,58	24,98
	30	54,54	50,08	45,58	44,11	42,22	39,51	34,71	27,45
	60	73,71	67,67	61,59	59,61	57,05	53,39	46,90	37,10
	360	126,36	116,01	105,58	102,20	97,80	91,53	80,40	63,60
	420	136,89	125,67	114,38	110,71	105,95	99,15	87,10	68,90
	600	143,91	132,12	120,24	116,39	111,38	104,24	91,57	72,43
	720	149,17	136,95	124,64	120,65	115,46	108,05	94,92	75,08
	1440	175,50	161,12	146,64	141,94	135,84	127,12	111,67	88,33

Tabela 6.20. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	222,54	204,31	185,95	179,99	172,25	161,19	141,60	112,01
	10	176,72	162,25	147,66	142,93	136,79	128,01	112,45	88,95
	15	152,72	140,21	127,61	123,52	118,21	110,62	97,18	76,87
	20	132,54	121,69	110,75	107,20	102,59	96,01	84,34	66,71
	25	119,12	109,37	99,54	96,35	92,20	86,29	75,80	59,96
	30	109,09	100,15	91,15	88,23	84,44	79,02	69,41	54,91
	60	73,71	67,67	61,59	59,61	57,05	53,39	46,90	37,10
	360	21,06	19,33	17,60	17,03	16,30	15,25	13,40	10,60
	420	19,56	17,95	16,34	15,82	15,14	14,16	12,44	9,84
	600	14,39	13,21	12,02	11,64	11,14	10,42	9,16	7,24
	720	12,43	11,41	10,39	10,05	9,62	9,00	7,91	6,26
	1440	7,31	6,71	6,11	5,91	5,66	5,30	4,65	3,68

Aplicando-se a metodologia de minimização dos erros, conforme supracitado, os coeficientes de ajuste da equação IDF obtidos são os apresentados na Tabela 6.21, conforme ilustrado através da Equação 6.7.

Tabela 6.21. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal (02347020).

Parâmetros ajustados	Valores
a	893,51
b	0,161
c	11,52
d	0,756
R^2	99,89%

$$i = \frac{893{,}51 \cdot (TR^{0{,}161})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}} \qquad 6.7$$

A Tabela 6.22 e a Tabela 6.23 apresentam as precipitações acumuladas e respectivas intensidades, calculadas para diferentes tempos de recorrência e durações, através da aplicação da Equação 6.7.

Tabela 6.22. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	18,75	16,77	15,00	14,47	13,82	12,95	11,58	9,99
	10	30,71	27,47	24,57	23,70	22,63	21,20	18,96	16,36
	15	39,34	35,18	31,47	30,36	28,98	27,15	24,29	20,95
	20	46,03	41,17	36,82	35,52	33,92	31,77	28,42	24,52
	25	51,48	46,04	41,18	39,73	37,93	35,53	31,78	27,42
	30	56,06	50,14	44,85	43,26	41,31	38,70	34,61	29,86
	60	74,33	66,48	59,46	57,36	54,76	51,30	45,89	39,59
	360	128,33	114,78	102,66	99,04	94,56	88,58	79,23	68,36
	420	133,70	119,58	106,96	103,18	98,51	92,29	82,54	71,22
	600	146,75	131,25	117,39	113,25	108,12	101,29	90,60	78,17
	720	153,79	137,55	123,03	118,68	113,31	106,15	94,94	81,92
	1440	183,22	163,87	146,57	141,40	135,00	126,47	113,11	97,60

Tabela 6.23. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	225,05	201,29	180,03	173,68	165,82	155,34	138,94	119,88
	10	184,28	164,82	147,41	142,21	135,78	127,20	113,76	98,16
	15	157,35	140,74	125,88	121,43	115,94	108,61	97,14	83,82
	20	138,09	123,51	110,47	106,57	101,75	95,32	85,25	73,56
	25	123,55	110,50	98,83	95,34	91,03	85,28	76,27	65,81
	30	112,12	100,28	89,69	86,53	82,61	77,39	69,22	59,73
	60	74,33	66,48	59,46	57,36	54,76	51,30	45,89	39,59
	360	21,39	19,13	17,11	16,51	15,76	14,76	13,20	11,39
	420	19,10	17,08	15,28	14,74	14,07	13,18	11,79	10,17
	600	14,67	13,13	11,74	11,33	10,81	10,13	9,06	7,82
	720	12,82	11,46	10,25	9,89	9,44	8,85	7,91	6,83
	1440	7,63	6,83	6,11	5,89	5,62	5,27	4,71	4,07

A Figura 6.15 ilustra o gráfico que relaciona as intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas, bem como apresenta a correlação obtida entre os valores. Para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal (02347020), a correlação entre os valores estimados e calculados resultante é de 0,9978.

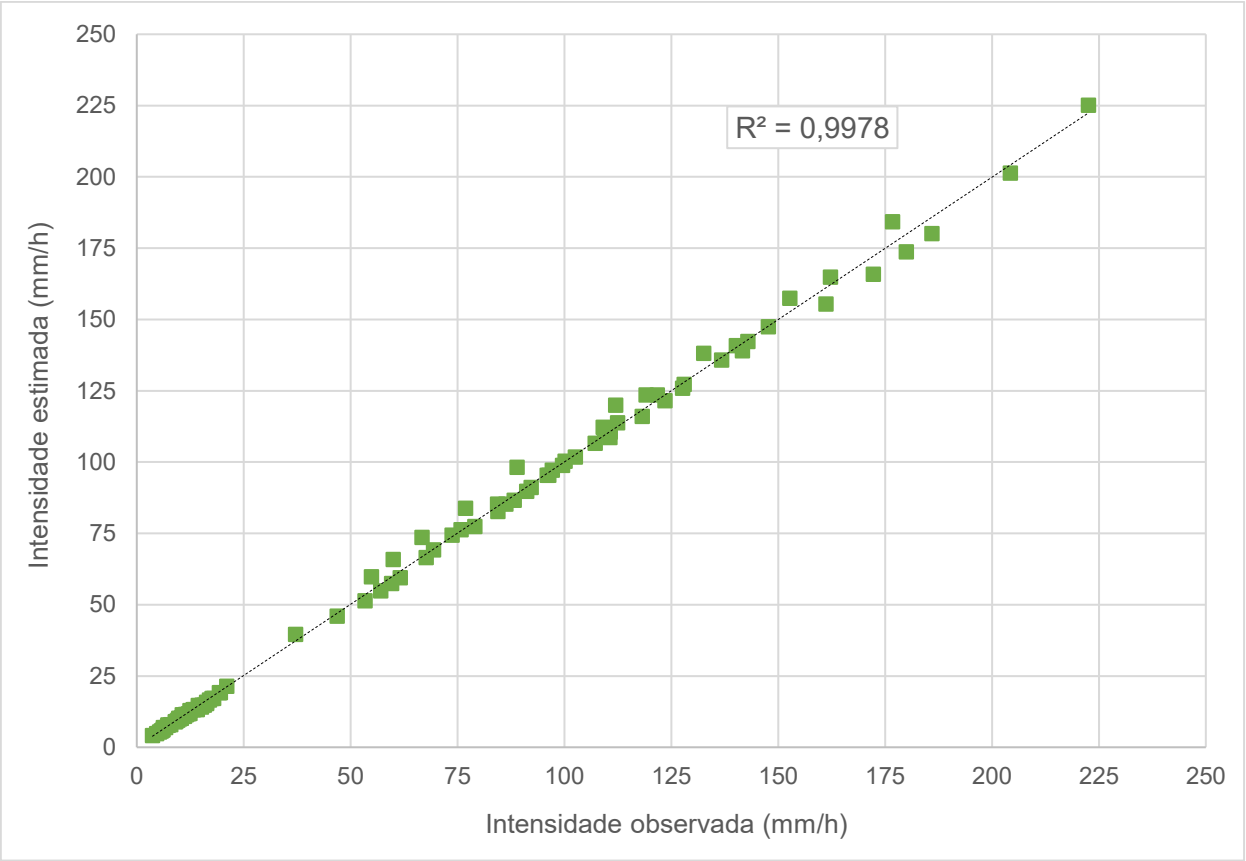


Figura 6.15. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Fazenda Pinhal.

6.1.2.4. Estação pluviométrica Indaiatuba

Para a estação pluviométrica Indaiatuba, de código 02347007 (código adicional E4-015), operada pela DAEE-SP, procedeu-se o *download* dos dados de precipitação diárias, que englobam o período de 1939 a 2019. Para este período, foi calculada a precipitação média mensal, conforme apresentada na Figura 6.16.

Assim, definiu-se que o ano hidrológico para a estação Indaiatuba têm início no mês de setembro (correspondente ao início do período chuvoso) e fim no mês de agosto (correspondente ao fim do período seco).

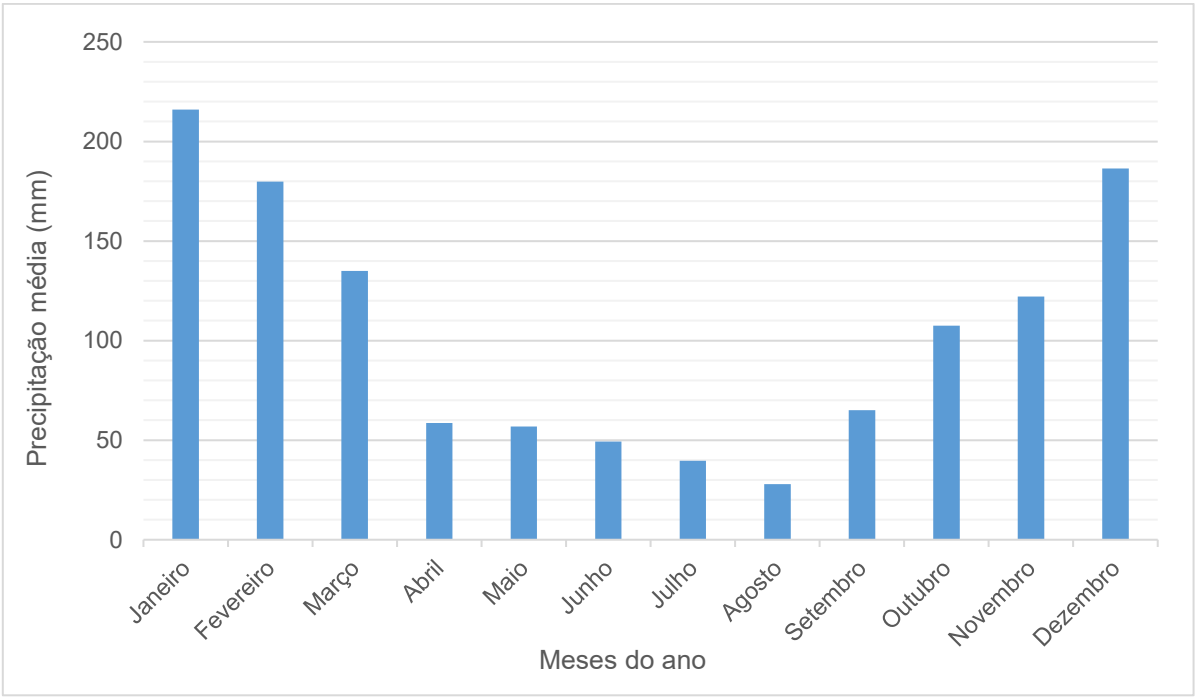


Figura 6.16. Precipitação média anual para a estação pluviométrica Indaiatuba.

Devido às falhas da série, os períodos utilizados para o ajuste da equação IDF foram 1939-1951, 1953-1966, 1968-1999 e 2001-2018, totalizando 77 anos hidrológicos. Para estes períodos, procedeu-se o cálculo da precipitação máxima diária anual, conforme apresentado na Tabela 6.24. A média e o desvio padrão também foram calculados.

A partir das máximas precipitações diárias, foi realizado o ajuste estatístico utilizando a distribuição de extremos de Gumbel, ajustando os tempos de retorno (TR) conforme apresentado anteriormente nas Equações 6.1, 6.2 e 6.3.

O resultado do ajuste pode ser observado através da Tabela 6.25, e cuja correlação entre os dados de precipitação observados e os estimados é apresentada no gráfico da Figura 6.17.

Tabela 6.24. Precipitação máxima diária anual para a estação pluviométrica Indaiatuba.

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Diária Anual (mm)
1939	100,3
1940	160
1941	200
1942	66,7
1943	61,4
1944	115,2
1945	9,3
1946	73,4
1947	54,2
1948	80,5
1949	78
1950	73,5
1951	48,3
1953	45,5
1954	75,5
1955	86,5
1956	104,5
1957	63
1958	58
1959	105
1960	91,4
1961	74
1962	52,8
1963	76
1964	91
1965	99,5
1966	66,6
1968	54,8
1969	85,6
1970	46,4
1971	98,4
1972	62,6
1973	64,5
1974	101,2
1975	71,7
1976	57,1
1977	64,7
1978	89
1979	63,2
1980	62,5

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Diária Anual (mm)
1981	77,1
1982	117,2
1983	70,6
1984	90,5
1985	50,1
1986	56,2
1987	61,1
1988	63,1
1989	65,2
1990	79
1991	55
1992	95
1993	81,8
1994	84,3
1995	60,2
1996	63,1
1997	70
1998	101,8
1999	55,9
2001	84
2002	167,1
2003	54,3
2004	137
2005	75,3
2006	79,2
2007	43,2
2008	112,3
2009	66,5
2010	69,3
2011	65,1
2012	87,1
2013	104,9
2014	92,0
2015	107,4
2016	97,0
2017	92,8
2018	110,0
Média	80,18
Desvio Padrão	28,84

Tabela 6.25. Ajuste utilizando a distribuição de extremos de Gumbel para a estação pluviométrica Indaiatuba.

Tempo de retorno, TR (anos)	P máx 1 dia (mm)
2	74,44
5	100,92
10	117,80
15	127,31
20	133,98
25	139,11
50	154,93
100	170,63

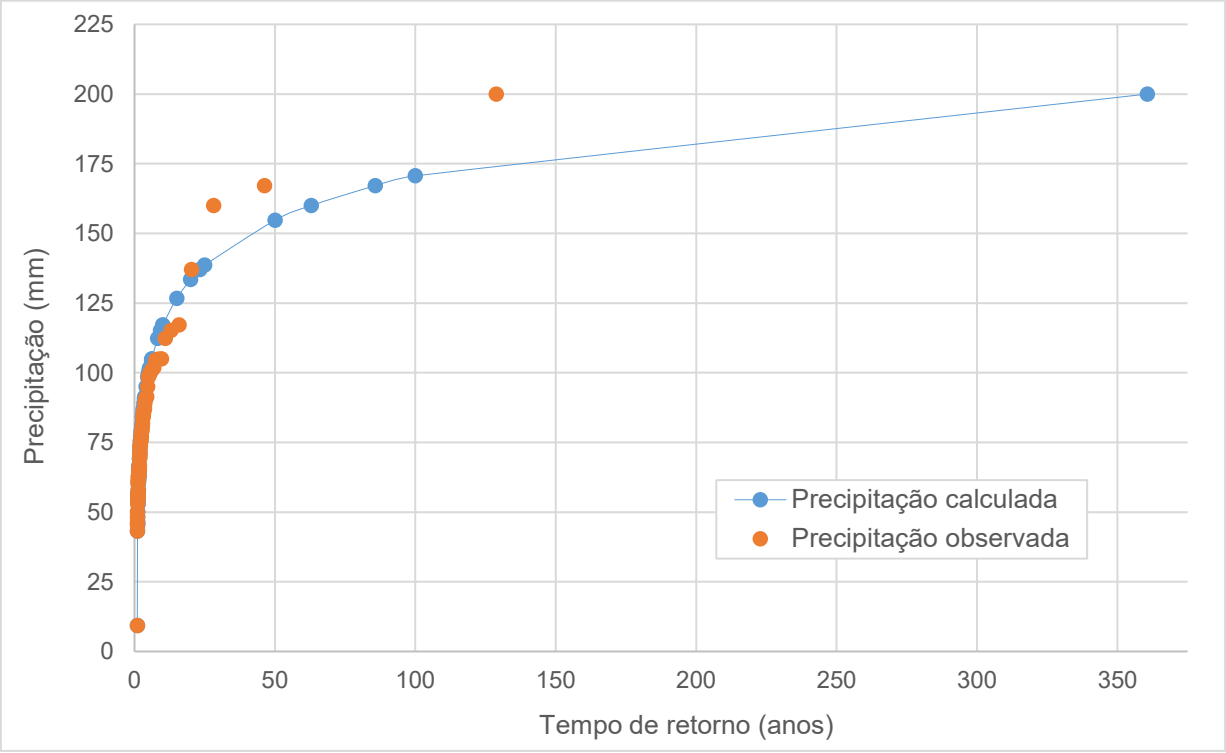


Figura 6.17. Correlação entre os valores calculados e observados de precipitação, segundo a distribuição de extremos de Gumbel, para a estação pluviométrica Indaiatuba.

As precipitações e intensidades observadas para a estação pluviométrica Itupeva, obtidas através da aplicação das relações indicadas na Tabela 6.2, são apresentadas na Tabela 6.26 e Tabela 6.27, respectivamente. Aplicando-se a metodologia de minimização dos erros, conforme supracitado, os coeficientes de ajuste da equação IDF obtidos são os apresentados na Tabela 6.28, conforme ilustrado através da Equação 6.8.

Tabela 6.26. Precipitações observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	20,56	18,64	16,70	16,07	15,26	14,09	12,03	8,91
	10	32,65	29,60	26,53	25,53	24,23	22,39	19,11	14,16
	15	42,32	38,37	34,39	33,09	31,42	29,02	24,77	18,35
	20	48,97	44,40	39,79	38,29	36,35	33,58	28,66	21,24
	25	55,02	49,88	44,70	43,02	40,84	37,72	32,20	23,86
	30	60,46	54,81	49,12	47,28	44,88	41,46	35,39	26,22
	60	81,70	74,07	66,38	63,89	60,65	56,02	47,82	35,43
	360	140,06	126,98	113,80	109,52	103,97	96,04	81,98	60,74
	420	151,73	137,56	123,28	118,65	112,63	104,04	88,81	65,80
	600	159,51	144,61	129,61	124,73	118,41	109,37	93,36	69,18
	720	165,35	149,90	134,35	129,30	122,74	113,38	96,78	71,71
	1440	194,53	176,36	158,06	152,11	144,40	133,38	113,86	84,36

Tabela 6.27. Intensidades observadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	246,67	223,63	200,42	192,89	183,11	169,14	144,38	106,98
	10	195,89	177,59	159,16	153,18	145,41	134,32	114,65	84,95
	15	169,29	153,47	137,55	132,38	125,66	116,07	99,08	73,42
	20	146,92	133,19	119,37	114,88	109,06	100,74	85,99	63,71
	25	132,04	119,71	107,29	103,25	98,02	90,54	77,28	57,26
	30	120,92	109,62	98,25	94,55	89,76	82,91	70,77	52,44
	60	81,70	74,07	66,38	63,89	60,65	56,02	47,82	35,43
	360	23,34	21,16	18,97	18,25	17,33	16,01	13,66	10,12
	420	21,68	19,65	17,61	16,95	16,09	14,86	12,69	9,40
	600	15,95	14,46	12,96	12,47	11,84	10,94	9,34	6,92
	720	13,78	12,49	11,20	10,77	10,23	9,45	8,06	5,98
	1440	8,11	7,35	6,59	6,34	6,02	5,56	4,74	3,52

Tabela 6.28. Parâmetros da equação IDF ajustados para a estação pluviométrica Indaiatuba.

Parâmetros ajustados	Valores
a	884,92
b	0,187
c	11,52
d	0,756
R^2	99,83%

$$i = \frac{884{,}92 \cdot (TR^{0{,}187})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}} \qquad 6.8$$

A Tabela 6.29 e a Tabela 6.30 apresentam as precipitações acumuladas e respectivas intensidades, calculadas para diferentes tempos de recorrência e durações, através da aplicação da Equação 6.8.

Tabela 6.29. Precipitações estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba.

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	20,89	18,31	16,05	15,39	14,57	13,49	11,83	9,94
	10	34,22	29,99	26,29	25,20	23,86	22,09	19,37	16,27
	15	43,82	38,42	33,68	32,28	30,56	28,30	24,80	20,84
	20	51,28	44,95	39,41	37,77	35,76	33,11	29,02	24,39
	25	57,35	50,27	44,07	42,24	39,99	37,03	32,46	27,27
	30	62,45	54,75	47,99	46,00	43,55	40,32	35,35	29,70
	60	82,80	72,59	63,63	60,99	57,74	53,46	46,87	39,38
	360	142,97	125,33	109,86	105,30	99,70	92,31	80,92	67,99
	420	148,95	130,57	114,46	109,71	103,87	96,17	84,30	70,83
	600	163,48	143,31	125,63	120,41	114,01	105,55	92,53	77,74
	720	171,33	150,19	131,65	126,19	119,48	110,62	96,97	81,47
	1440	204,11	178,93	156,85	150,34	142,34	131,79	115,52	97,07

Tabela 6.30. Intensidades estimadas para diferentes durações e tempos de retorno na estação pluviométrica Indaiatuba.

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	250,72	219,78	192,66	184,66	174,84	161,88	141,90	119,23
	10	205,29	179,96	157,75	151,20	143,16	132,55	116,19	97,63
	15	175,30	153,67	134,71	129,11	122,25	113,18	99,22	83,36
	20	153,84	134,86	118,22	113,31	107,28	99,33	87,07	73,16
	25	137,63	120,65	105,76	101,37	95,98	88,86	77,90	65,45
	30	124,91	109,50	95,99	92,00	87,11	80,65	70,70	59,40
	60	82,80	72,59	63,63	60,99	57,74	53,46	46,87	39,38
	360	23,83	20,89	18,31	17,55	16,62	15,38	13,49	11,33
	420	21,28	18,65	16,35	15,67	14,84	13,74	12,04	10,12
	600	16,35	14,33	12,56	12,04	11,40	10,56	9,25	7,77
	720	14,28	12,52	10,97	10,52	9,96	9,22	8,08	6,79
	1440	8,50	7,46	6,54	6,26	5,93	5,49	4,81	4,04

A Figura 6.18 ilustra o gráfico que relaciona as intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas, bem como apresenta a correlação obtida entre os valores. Para a estação pluviométrica Indaiatuba (02347007), a correlação entre os valores estimados e calculados resultante é de 0,9965.

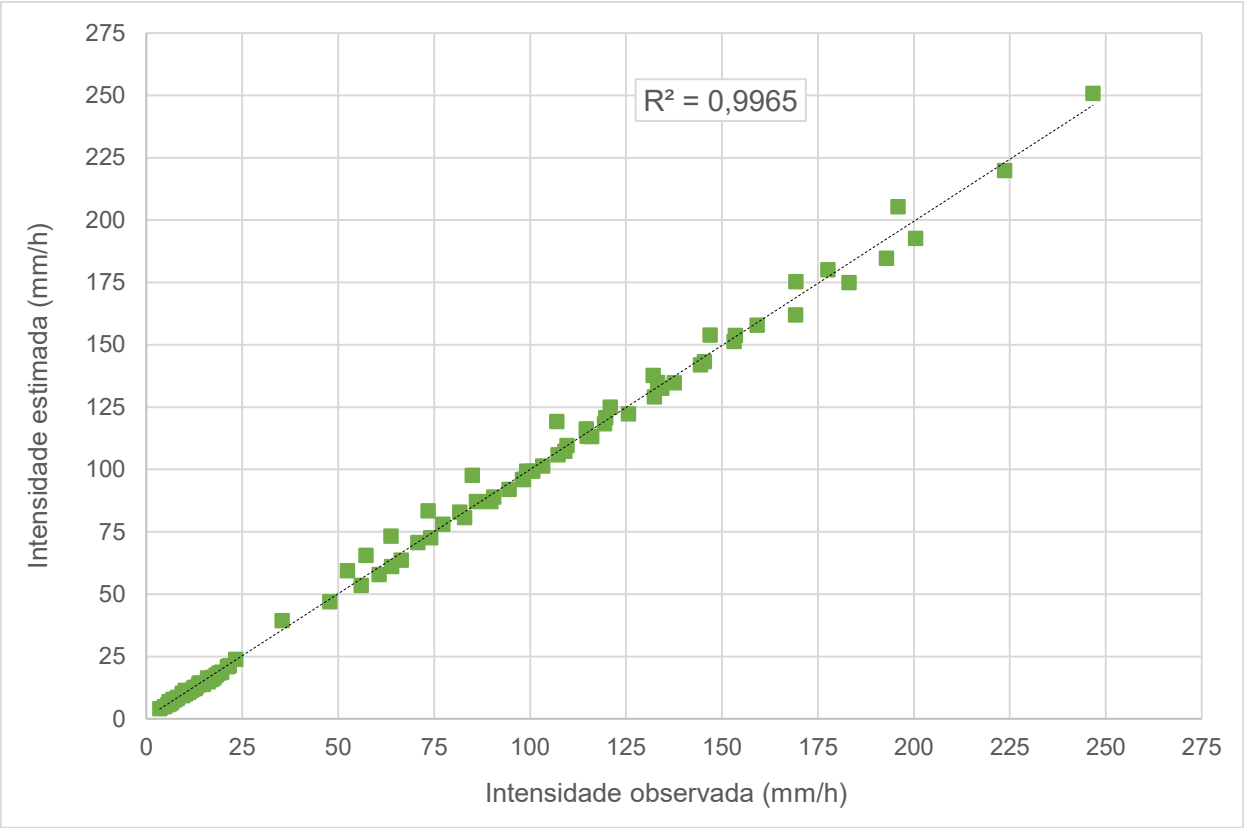


Figura 6.18. Relação entre intensidades máximas de precipitação observadas e estimadas para a estação pluviométrica Indaiatuba.

6.1.2.5. Equação IDF da estação pluviométrica Rio Acima

A equação IDF disponibilizada através do Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2013) que está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí foi ajustada para a estação Rio Acima (02346015/ E3-230). Localizada nas coordenadas 23°13'1,8" S (latitude) w 46°40'1,6" W (longitude), o período de dados utilizados para o ajuste engloba os anos de 1974 a 1993.

A Equação 6.9 apresenta os coeficientes obtidos com o ajuste.

$$i = \frac{2144{,}7 \cdot (TR^{0{,}1566})}{(t+19)^{0{,}9105}} \qquad 6.9$$

Onde: i é a intensidade de precipitação (mm/h); TR é o tempo de recorrência da chuva (anos); e t é o tempo de duração da precipitação (min).

A Tabela 6.31 apresenta as alturas acumuladas, em mm, e a Tabela 6.32 apresenta as previsões máximas de intensidade de precipitação, em mm/h, para a estação pluviométrica Rio Acima.

Tabela 6.31. Previsão de alturas máximas de precipitação (mm) para a estação Rio Acima (Fonte: adaptado de CPRM, 2013).

Precipitação (mm)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	20,4	18,3	16,4	15,8	15,1	14,2	12,7	11,0
	10	34,3	30,7	27,6	26,6	25,5	23,9	21,4	18,6
	15	44,5	39,9	35,8	34,6	33,0	31,0	27,8	24,1
	20	52,3	47,0	42,1	40,7	38,9	36,5	32,7	28,4
	25	58,6	52,6	47,2	45,6	43,5	40,9	36,7	31,8
	30	63,8	57,2	51,3	49,6	47,4	44,5	39,9	34,6
	60	82,6	74,1	66,4	64,2	61,3	57,6	51,6	44,7
	360	118,8	106,6	95,6	92,3	88,3	82,8	74,3	64,4
	420	121,3	108,8	97,6	94,2	90,1	84,5	75,9	65,7
	600	126,7	113,7	102,0	98,5	94,1	88,3	79,2	68,7
	720	129,4	116,1	104,1	100,6	96,1	90,2	80,9	70,1
	1440	139,3	125,0	112,1	108,3	103,5	97,1	87,1	75,5

Tabela 6.32. Previsão de intensidades máximas de precipitação (mm/h) para a estação Rio Acima (Fonte: adaptado de CPRM, 2013).

Intensidade (mm/h)		Tempo de Retorno (anos)							
		100	50	25	20	15	10	5	2
Duração (min)	5	244,3	219,2	196,6	189,9	181,5	170,3	152,8	132,4
	10	205,6	184,5	165,5	159,8	152,8	143,4	128,6	111,4
	15	177,9	159,6	143,2	138,3	132,2	124,0	111,3	96,4
	20	157,0	140,9	126,4	122,0	116,6	109,5	98,2	85,1
	25	140,7	126,2	113,2	109,3	104,5	98,1	88,0	76,2
	30	127,5	114,4	102,7	99,1	94,8	88,9	79,8	69,1
	60	82,6	74,1	66,4	64,2	61,3	57,6	51,6	44,7
	360	19,8	17,8	15,9	15,4	14,7	13,8	12,4	10,7
	420	17,3	15,5	13,9	13,5	12,9	12,1	10,8	9,4
	600	12,7	11,4	10,2	9,8	9,4	8,8	7,9	6,9
	720	10,8	9,7	8,7	8,4	8,0	7,5	6,7	5,8
	1440	5,8	5,2	4,7	4,5	4,3	4,0	3,6	3,1

6.2. Dados fluviométricos

Os dados fluviométricos obtidos visam caracterizar o padrão das vazões médias e máximas no Rio Jundiaí. As informações dos postos fluviométricos aqui utilizadas foram obtidas através de consulta ao portal *HidroWeb*, integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019).

Algumas informações referentes aos postos fluviométricos na BHJ selecionados para análise são apresentadas no Quadro 6.2, e o Mapa 6.4 ilustra sua localização na bacia. Dos cinco postos selecionados, apenas três (62390000, 62395000 e 62400000) são operados diretamente pela ANA, enquanto que os demais estão sob responsabilidade do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP).

Quadro 6.2. Informações gerais dos postos fluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Código ANA	Código DAEE	Nome	Município	Responsável	Área de drenagem (km²)	Porcentagem de dados (%)
62385100	3E-108	Campo Limpo	Campo Limpo Paulista	DAEE-SP	101,0	100,0
62390000	-	Jundiaí	Jundiaí	ANA	263,0	63,2
62395000	-	Itupeva	Itupeva	ANA	632,0	95,3
62400000	-	Itaici	Indaiatuba	ANA	795,0	100,0
62400100	4E-017R	Itaicá	Indaiatuba	DAEE-SP	795,0	59,5

A análise das vazões médias mensais foi realizada para os postos supracitados no Quadro 6.2. Para cada estação contida na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, verificou-se o período com informações disponíveis, visando obter séries longas e representativas do comportamento fluviométrico da região. Os dados de vazões disponíveis para a bacia englobam o período de 01 de dezembro de 1963 a 31 de julho de 2018.

Os dados disponíveis no *HidroWeb* já são consistidos, ou seja, não foi necessária a aplicação de nenhum procedimento para correção das séries obtidas. Quanto às falhas, admitiu-se um limiar aceitável de, no mínimo, 355 dias por ano de registro de medições. Para anos com mais de 10 falhas, ou seja, menos de 355 registros de vazão, optou-se por desconsiderar este ano do cálculo das médias, de forma a garantir a representatividade das análises realizadas. A vazão média mensal de cada estação fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é

apresentada na Tabela 6.33. Esta estatística representa a média das vazões médias mensais, característica de condições de vazão normais na bacia.

Tabela 6.33. Vazões médias mensais das estações fluviométricas contidas na BHJ.

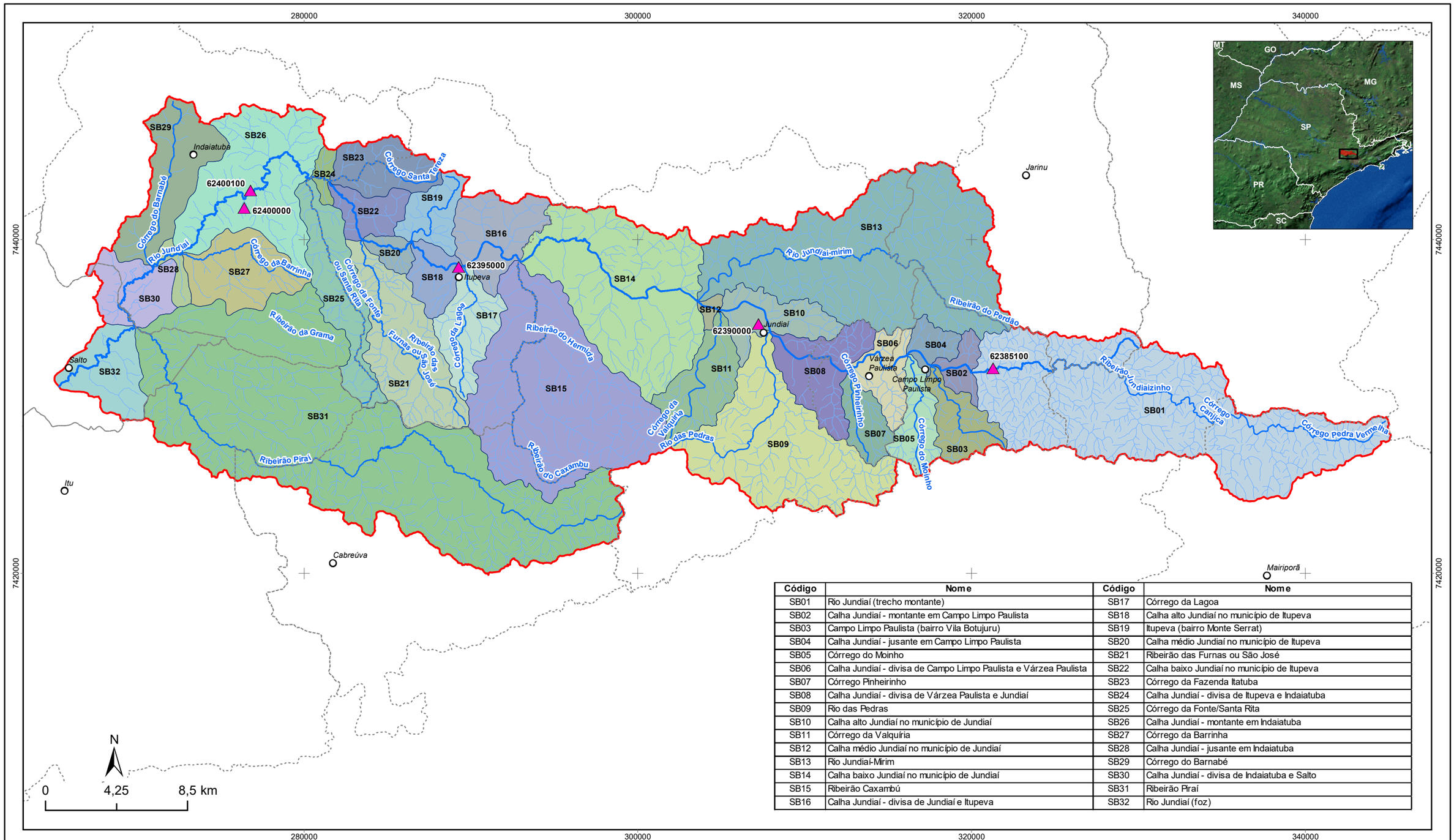
Mês	Vazão média mensal (m³/s)			
	Campo Limpo (62385100)	Jundiaí (62390000)	Itupeva (62395000)	Itaici (62400000)
Janeiro	2,66	5,84	15,36	14,30
Fevereiro	2,24	5,79	13,74	14,55
Março	2,14	4,65	11,08	11,13
Abril	1,50	3,27	7,72	7,09
Maio	1,46	2,66	6,96	6,25
Junho	1,54	2,84	7,32	6,16
Julho	1,26	2,86	6,00	5,89
Agosto	1,15	2,36	4,94	4,84
Setembro	1,40	2,48	6,01	5,40
Outubro	1,47	2,98	6,81	7,07
Novembro	1,41	3,59	7,74	8,37
Dezembro	1,90	4,72	10,97	11,68

6.2.1. *Vazões máximas*

Para a estimativa das vazões extremas a serem utilizadas para calibração do modelo hidrodinâmico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, aplicou-se uma distribuição de extremos para os postos fluviométricos selecionados na bacia, a partir dos dados de descarga líquida máximos diários. O método utilizado foi a distribuição de Gumbel, cujas equações foram anteriormente apresentadas no item 6.1.2 do presente estudo, mas neste caso aplicada a vazões máximas.

Após a obtenção das vazões diárias máximas de cada ano da série histórica, calculou-se a média e o desvio padrão dos dados, para cada um dos 4 postos fluviométricos selecionados. A vazão referente a cada um dos tempos de retorno considerados no presente estudo foi então obtida a partir da aplicação das equações 6.1, 6.2 e 6.3 apresentadas anteriormente (item 6.1.2).

A Tabela 6.34 e a Tabela 6.35 apresentam os resultados obtidos com a aplicação da distribuição de Gumbel, para os postos fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Estação fluviométrica
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 5.4 – Localização das estações fluviométricas selecionadas na bacia

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Estações Fluviométricas: DAEE, ANA

Tabela 6.34. Vazões máximas obtidas a partir da aplicação do método de Gumbel, para os tempos de retorno de 2, 5, 10 anos.

Posto fluviométrico	Código	Área de drenagem (km²)	Tempo de retorno (TR)		
			2 anos	5 anos	10 anos
Campo Limpo	62385100	101,0	8,5	11,6	13,6
Jundiaí	62390000	263,0	21,8	29,2	34,1
Itupeva	62395000	632,0	80,2	113,8	136,0
Itaici	62400000	795,0	56,9	82,5	99,4

Tabela 6.35. Vazões máximas obtidas a partir da aplicação do método de Gumbel, para os tempos de retorno de 25, 50 e 100 anos.

Posto fluviométrico	Código	Área de drenagem (km²)	Tempo de retorno (TR)		
			25 anos	50 anos	100 anos
Campo Limpo	62385100	101,0	16,2	18,1	20,0
Jundiaí	62390000	263,0	40,4	45,0	49,5
Itupeva	62395000	632,0	164,1	184,9	205,6
Itaici	62400000	795,0	120,9	136,8	152,5

Os gráficos a seguir (Figura 6.19 a Figura 6.22) apresentam os tempos de retorno calculados para as vazões máximas diárias anuais obtidas a partir da série histórica dos 4 postos fluviométricos, bem como as vazões estimadas através da distribuição de Gumbel para os tempos de retorno considerados no presente estudo (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos).

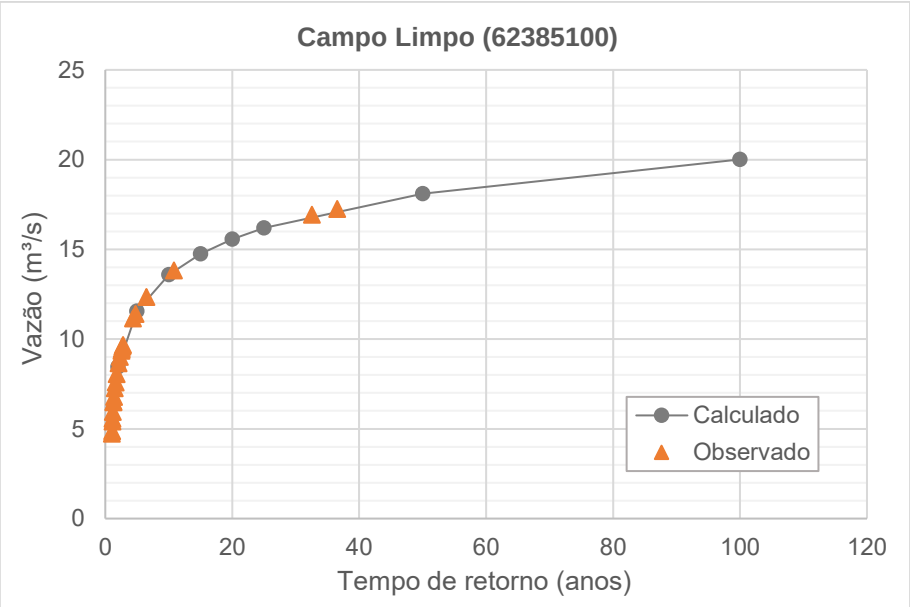


Figura 6.19. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Campo Limpo.

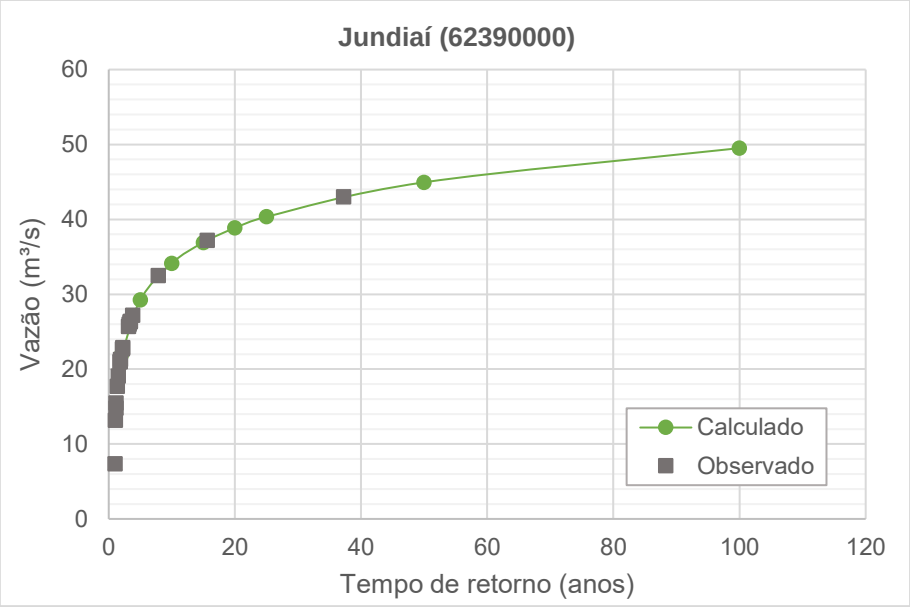


Figura 6.20. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Jundiaí.

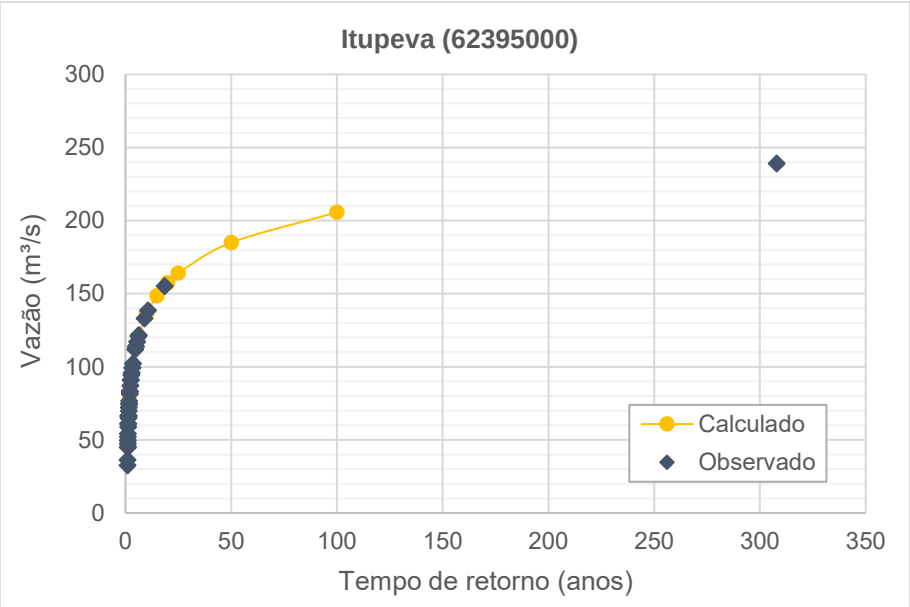


Figura 6.21. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Itupeva.

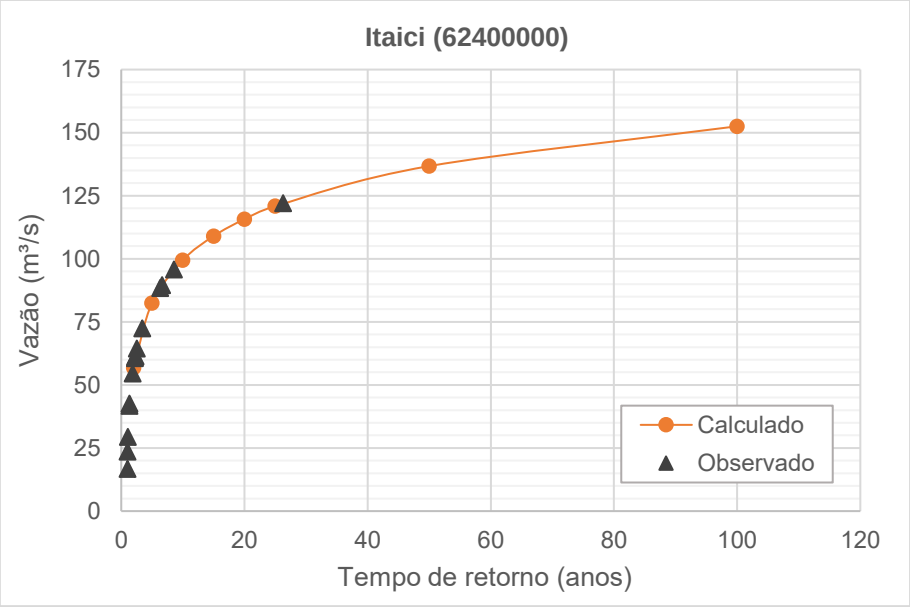


Figura 6.22. Valores de vazões máximas calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação fluviométrica Itaici.

6.2.2. *Níveis máximos*

Estabeleceu-se que o nível d'água na foz do Rio Jundiaí, onde este se encontra com o Rio Tietê, será a condição de contorno de jusante da modelagem hidrodinâmica da bacia. Neste caso, na foz do Rio Jundiaí encontra-se a PCH Porto Góes, cuja operação teve início no ano de 1928 e atualmente é operada pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (EMAE). No reservatório da usina, nas coordenadas -23,2094 de latitude e -47,2950 de longitude, está localizada uma estação fluviométrica, chamada PCH Porto Góes Barramento (código 62379000).

A série histórica dos níveis da PCH Porto Góes Barramento, que foi disponibilizada pela EMAE, engloba o período de outubro de 1934 a dezembro de 2019. Entretanto, em 2003 iniciou-se as obras de ampliação da capacidade de instalação da usina, com o recebimento de uma nova unidade geradora que entrou em operação em 2005. Então, passou-se a observar desde o início do ano de 2005 uma mudança nos níveis d'água no reservatório da usina, devido às obras realizadas.

Assim, a série histórica mais antiga não representa de forma adequada os níveis observados no reservatório após o ano de 2005, devido às obras de ampliação da PCH. Desta forma, a série de níveis utilizada neste estudo englobou a parcela composta pelos anos de 2005 a 2019, inclusive, totalizando 14 anos de dados. Os dados provenientes da estação linimétrica encontram-se em uma referência de nível própria da EMAE, tendo como base um marégrafo localizado no litoral norte do estado de São Paulo, no município de Ubatuba. Para que os dados estivessem na mesma Referência de Nível utilizada neste estudo, que é a adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aplicou-se um fator de correção, sendo adicionado em todas as cotas o valor de 1,34 m.

Então, para cada um dos 14 anos da série, foram obtidos os valores máximos de nível d'água e posteriormente calculado sua média e seu desvio padrão. A partir destes valores foi aplicada a distribuição de extremos de Gumbel, já apresentada no item 6.1.2, resultando nos níveis d'água para os tempos de retorno considerados na simulação hidrodinâmica, cujos valores obtidos são apresentados na Tabela 6.36 a seguir.

Tabela 6.36. Valores máximos de nível d'água obtidos pela distribuição de máximos de Gumbel para a estação fluviométrica PCH Porto Góes Barramento.

Tempo de retorno, TR (anos)	Nível d'água máximo (m)
2	521,10
5	521,23
10	521,31
25	521,42
50	521,50
100	521,58

* Os valores apresentados acima referem-se a cotas de nível d'água, observadas no reservatório da PCH Porto Góes, localizada na foz do Rio Jundiaí com o Rio Tietê. Estes valores de cota de nível d'água estão relacionados a Referência de Nível (RN) oficial utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O gráfico a seguir (Figura 6.23) apresenta os tempos de retorno calculados para os níveis máximos diários anuais obtidos a partir da série histórica da estação linimétrica da PCH Porto Góes, bem como os níveis estimados através da distribuição de Gumbel para os tempos de retorno considerados no presente estudo (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos).

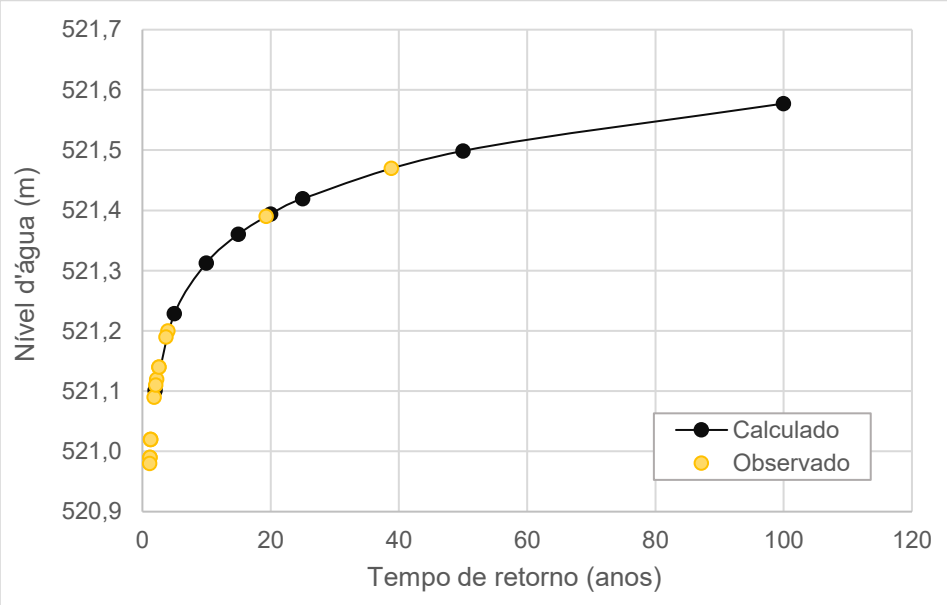


Figura 6.23. Valores de níveis d'água máximos calculados e observados para diferentes tempos de retorno na estação linimétrica da PCH Porto Góes – Barramento (Nota: Valores de cota de nível d'água relacionados a Referência de Nível (RN) oficial utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE).



Diagnóstico

7. DIAGNÓSTICO

7.1. Simulação hidrológica

Hidrogramas são gráficos que relacionam o comportamento da vazão ao longo do tempo. Ele é resultado da interação entre os componentes do ciclo hidrológico com a precipitação e a vazão que ocorrem nas bacias hidrográficas. Suas características dependem de uma série de fatores, função das condições observadas na bacia hidrográfica, como: relevo, tipo de solo, uso e cobertura vegetal, padrões de precipitação, entre outros (TUCCI, 1993).

O conhecimento dos hidrogramas para vazões máximas é de extrema importância para a utilização nos estudos relacionados à drenagem urbana, visto que os cenários de eventos extremos são o foco das análises. No presente trabalho, para a geração das vazões de projeto da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, é utilizado o método proposto pelo SCS (*Soil Conservation Service,* 1957), que considera que a transformação da precipitação em vazão é função, primordialmente, do tipo de solo e do uso do solo. Tais fatores são expressos através do coeficiente CN (*Curve Number*), que agrega estas duas informações em uma única variável no modelo.

O modelo considera que a precipitação efetiva, ou seja, a que gera escoamento superficial, é função da precipitação total que ocorre sobre a área, da capacidade de infiltração do solo (armazenamento de água) e das perdas iniciais que ocorrem no processo (e não contribuem para a geração de escoamento). A partir disso, foi desenvolvida a Equação 7.1 abaixo.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \qquad 7.1$$

Onde: Q é a precipitação efetiva; P é a precipitação; S é a capacidade de armazenamento de água no solo; e I_a são as perdas iniciais.

Os autores do método verificaram que, em média, as perdas iniciais (I_a) representam cerca de 20% da capacidade de armazenamento do solo (S); assim, a equação foi rearranjada para a que segue (Equação 7.2):

$$Q = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{(P + 0{,}8S)} \qquad 7.2$$

Onde: Q é a precipitação efetiva; P é a precipitação; e S é a capacidade de armazenamento de água no solo.

A partir da equação 7.2 é possível inferir que, quando a precipitação sobre a área é superior à 20% da capacidade de armazenamento de água no solo (P > 0,2 S), ocorre geração de escoamento superficial. Se a intensidade de precipitação for inferior a este percentual (P < 0,2 S), a precipitação efetiva, ou geração de escoamento superficial, é nula.

Para determinar a capacidade máxima de armazenamento do solo (S), esta foi relacionada com um fator CN da bacia, que retrata as condições do solo e da cobertura das bacias hidrográficas, variando de uma cobertura muito impermeável (CN próximo de 100) até uma cobertura completamente permeável (CN próximo de 1). O parâmetro S é obtido através da Equação 7.3, onde os valores de CN são tabelados para os diferentes usos do solo e tipos de solo observados na bacia.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad 7.3$$

De acordo com o método, os tipos de solo são subdivididos conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento em quatro classes (A, B, C e D), sendo que esta ordem representa o acréscimo do escoamento superficial e, consequentemente, a redução da taxa de infiltração de um grupo para outro. Assim, o grupo hidrológico D é responsável pela maior geração de escoamento superficial, bem como o grupo hidrológico A representa a menor geração de escoamento.

No item 7.1.1 são apresentados alguns dos principais procedimentos realizados para a obtenção dos parâmetros necessários para a realização da simulação hidrológica na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

7.1.1. *Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí*

7.1.1.1. Áreas de contribuição (sub-bacias)

Para a simulação, a área de estudo foi dividida em 32 sub-bacias hidrográficas, que representam a contribuição dos afluentes do Rio Jundiaí. A delimitação das sub-bacias foi baseada na base hidrográfica ottocodificada, elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a partir da escala 1:50.000.

Além disso, a hidrografia disponibilizada pela Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) do Estado de São Paulo na escala 1:25.000 (IGC, 2010) também foi utilizada, visando a realização de alguns ajustes na base da ANA. A Tabela 7.1 a seguir apresenta algumas das características das sub-bacias hidrográficas do Rio Jundiaí.

Tabela 7.1. Características das sub-bacias do Rio Jundiaí.

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Área (ha)	Tipo de contribuição
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	13.452,9	Pontual
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	643,0	Lateral
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	1.390,0	Pontual
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	645,9	Lateral
SB05	Córrego do Moinho	1.257,0	Pontual
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	1.302,6	Lateral
SB07	Córrego Pinheirinho	1.014,1	Pontual
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	2.252,8	Lateral
SB09	Rio das Pedras	6.522,0	Pontual
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	1.689,3	Lateral
SB11	Córrego da Valquíria	2.027,3	Pontual
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	184,9	Lateral
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	11.888,5	Pontual
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	7.862,0	Lateral
SB15	Ribeirão Caxambú	9.841,8	Pontual
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	2.211,5	Lateral
SB17	Córrego da Lagoa	1.837,0	Pontual
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	1.017,1	Lateral
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	1.204,4	Pontual
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	479,5	Lateral
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	3.959,3	Pontual
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	1.066,1	Lateral
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	1.705,9	Pontual
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	317,7	Lateral
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	2.795,5	Pontual
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	5.395,7	Lateral

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Área (ha)	Tipo de contribuição
SB27	Córrego da Barrinha	2.460,6	Pontual
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	387,8	Lateral
SB29	Córrego do Barnabé	2.984,3	Pontual
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	1.750,9	Lateral
SB31	Ribeirão Piraí	21.946,4	Pontual
SB32	Rio Jundiaí (foz)	1.954,6	Lateral

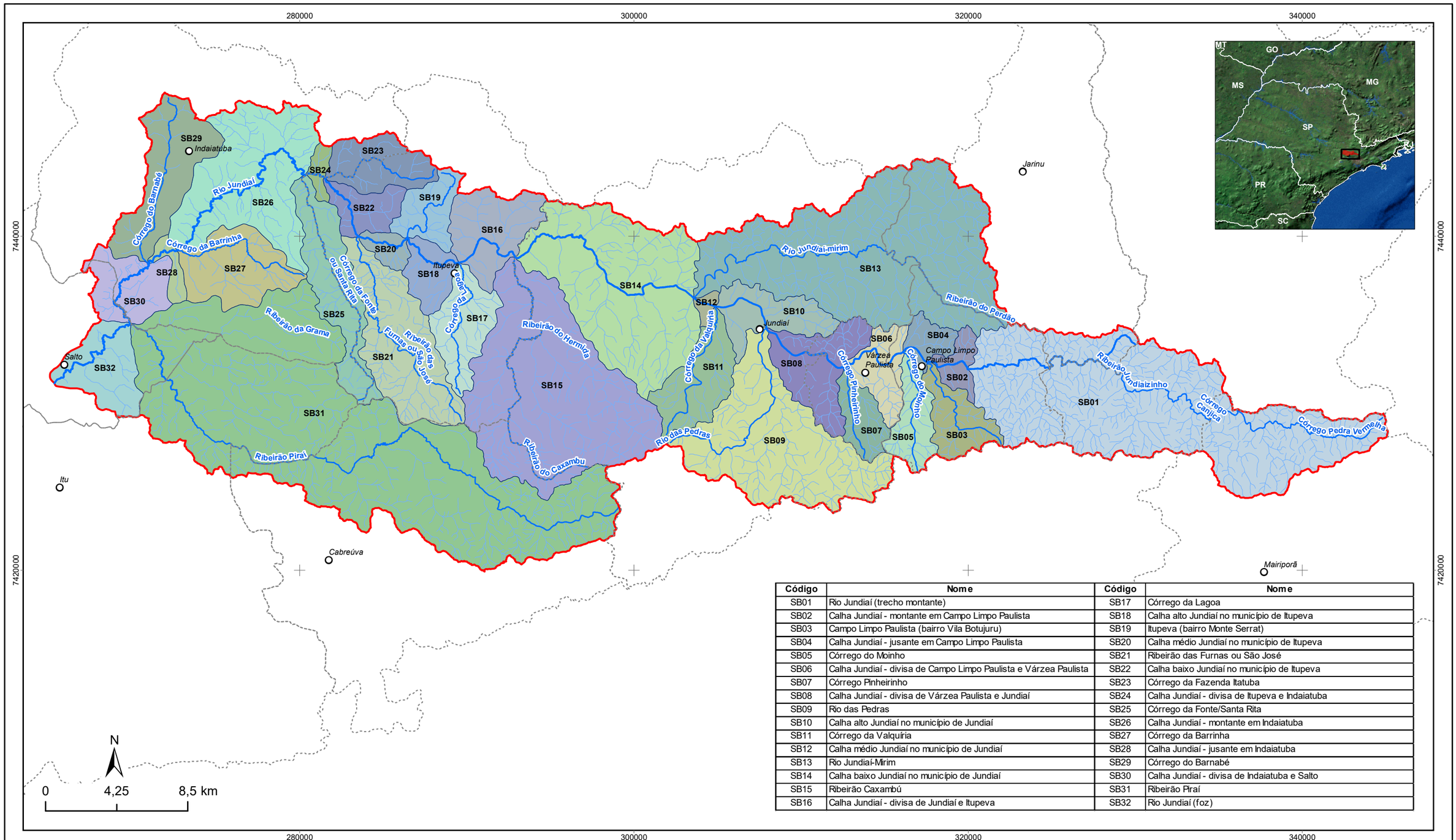
O Mapa 7.1 apresenta a delimitação das sub-bacias hidrográficas do Rio Jundiaí, além dos trechos de drenagem considerados na simulação.

7.1.1.2. Tipo de solo

Através do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017), disponível em formato *shapefile*, foi possível averiguar os tipos de solo observados na bacia, conforme ilustrado no Mapa 7.2. Nele, são observadas cinco grandes ordens de solos: Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Latossoslos e Neossolos, além dos Afloramentos Rochosos e das Áreas Urbanas.

Para a reclassificação nos grupos hidrológicos proposto por Sartori et al. (2005), utilizou-se como base o campo de descrição dos tipos de solo da bacia, presente no *shapefile* disponível (ROSSI, 2017). Nele consta uma série de características da pedologia do Estado de São Paulo, apresentando vários níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2011), além de informações acerca da textura e dos horizontes do solo. Tais informações descritivas auxiliaram no trabalho de reclassificação dos tipos de solo de acordo com o respectivo grupo hidrológico.

Além das informações supracitadas, as áreas urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí foram classificadas como grupo hidrológico D devido a uma escolha conservadora, priorizando a segurança, onde admitiu-se que a capacidade de infiltração e, portanto, a capacidade de armazenamento de água do solo nestas regiões, é praticamente nula. Assim, conclui-se que esta zona possui uma taxa de infiltração desprezível, justificando sua alocação no grupo hidrológico D, que representa os solos com maior propensão à geração de escoamento superficial.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

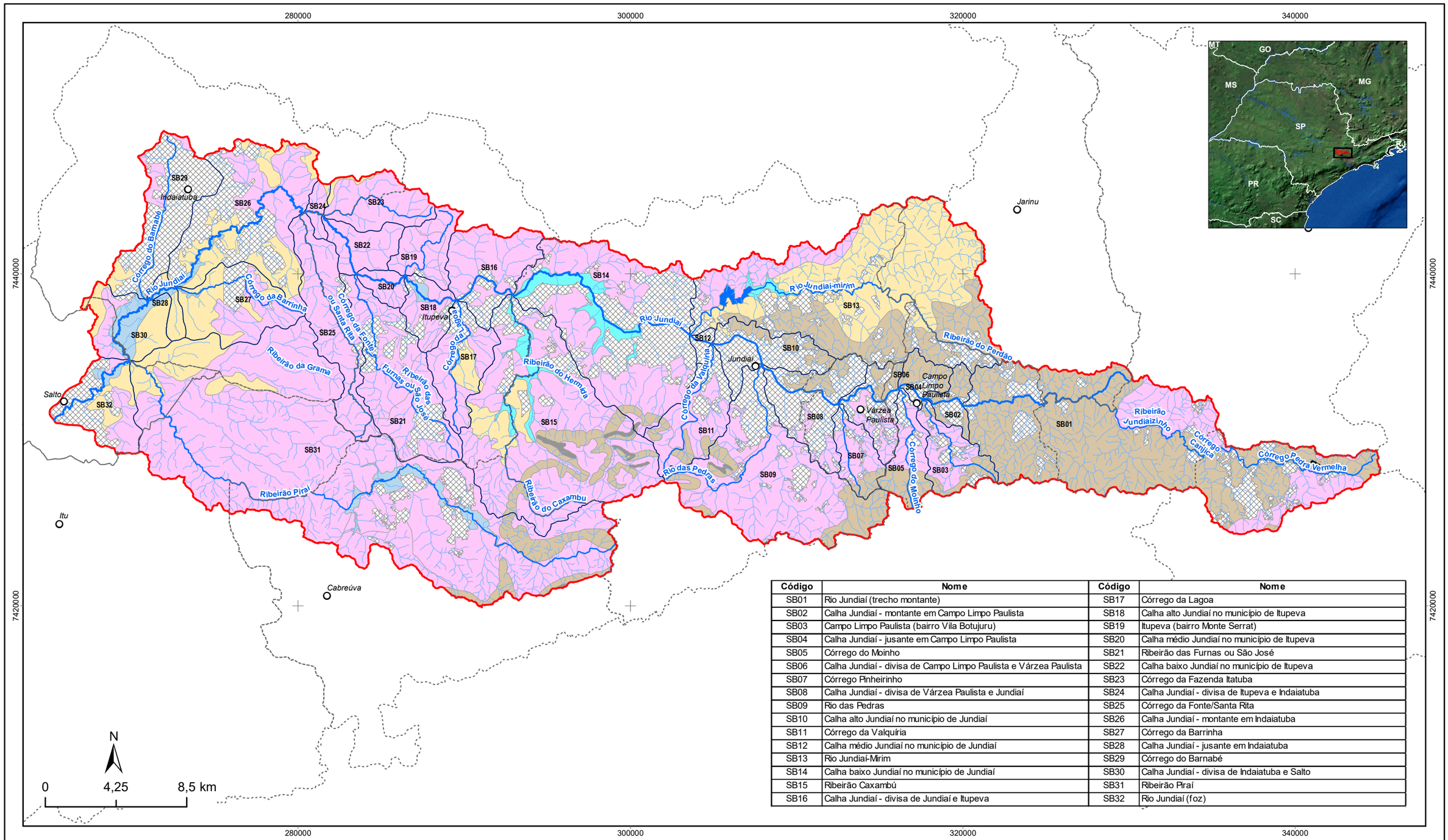
ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.1 – Delimitação das sub-bacias do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia

Pedologia

- Afloramento Rochoso
- Argissolos Vermelho-Amarelos
- Cambissolos Háplicos
- Gleissolos Háplicos
- Gleissolos Melânicos
- Latossolos Vermelho-Amarelos
- Neossolos Litólicos
- Rios, represas e lagoas
- Área Urbana

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.2 – Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

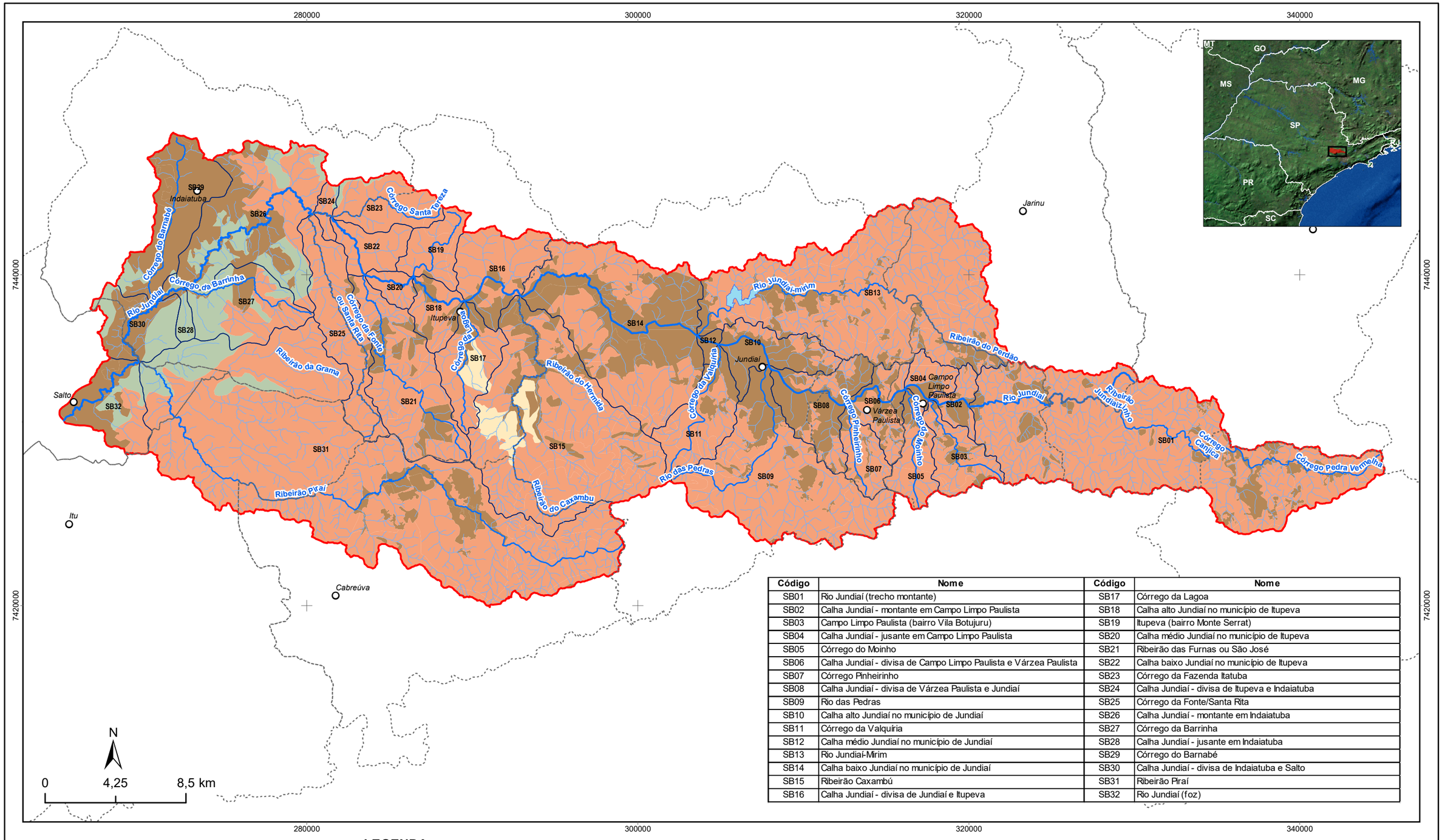
Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Pedologia: Rossi, 2017

A partir das considerações supracitadas, a reclassificação dos tipos de solo segundo os grupos hidrológicos, seguindo o indicado por Sartori et al. (2005), é apresentada na Tabela 7.2. O Mapa 7.3 ilustra a espacialização da informação.

Tabela 7.2. Grupos Hidrológicos associados aos tipos de solo presentes na BHJ.

Classificação dos solos		Grupo Hidrológico
AF	Afloramento rochoso + Neossolo Litólico indiscriminado	D
CX1	Cambissolo Háplico Distrófico típico, textura média	C
CX10	Cambissolo Háplico Distrófico/Eutrófico, textura argilosa e média	C
CX9	Cambissolo Háplico Distrófico/Eutrófico, textura argilosa e média + Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média argilosa e argilosa	C
GM1	Gleissolo Melânico Distrófico típico, textura indiscriminada + Cambissolo Háplico Distrófico típico, textura média e argilosa	D
GX2	Gleissolo Háplico ou Melânico, com ou sem ocorrência de Organossolo	D
GX5	Gleissolo Háplico + Neossolo Flúvico, ambos Distróficos típicos de textura indiscriminada	D
LVA1	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa ou média	B
LVA10	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média ou argilosa + Cambissolo Háplico Distrófico, textura média ou argilosa	C
LVA20	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa	A
LVA5	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média ou argilosa	B
PVA21	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura argilosa com cascalho	C
PVA29	Argissolo Vermelho-Amarelo indiscriminado, cascalhento + Neossolo Litólico Eutrófico/Distrófico, textura média	D
PVA31	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico ou típico, textura argilosa ou média/argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa	C
PVA32	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa + Cambissolo Háplico, textura argilosa	C
PVA36	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico ou abrupto, textura média/argilosa com cascalho + Cambissolo Háplico, textura média com cascalho	C
PVA43	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa com cascalho + Neossolo Litólico Distrófico, textura média com cascalho	D
RL22	Neossolo Litólico Distrófico típico, substrato metassedimentos + Afloramento rochoso	D
RL23	Neossolo Litólico Distrófico típico, substrato granitoides + Afloramento rochoso	D

* Em alguns casos onde há mais de um tipo de solo descrito, o grupo hidrológico escolhido, por segurança, foi o que apresenta maior tendência à geração de escoamento superficial.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia
- Rios, represas e lagoas

Grupo Hidrológico

- A
- B
- C
- D

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.3 – Grupos hidrológicos associados ao tipo de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Grupos hidrológicos: adaptado de Sartori et al. (2005)

7.1.1.3. Uso do solo

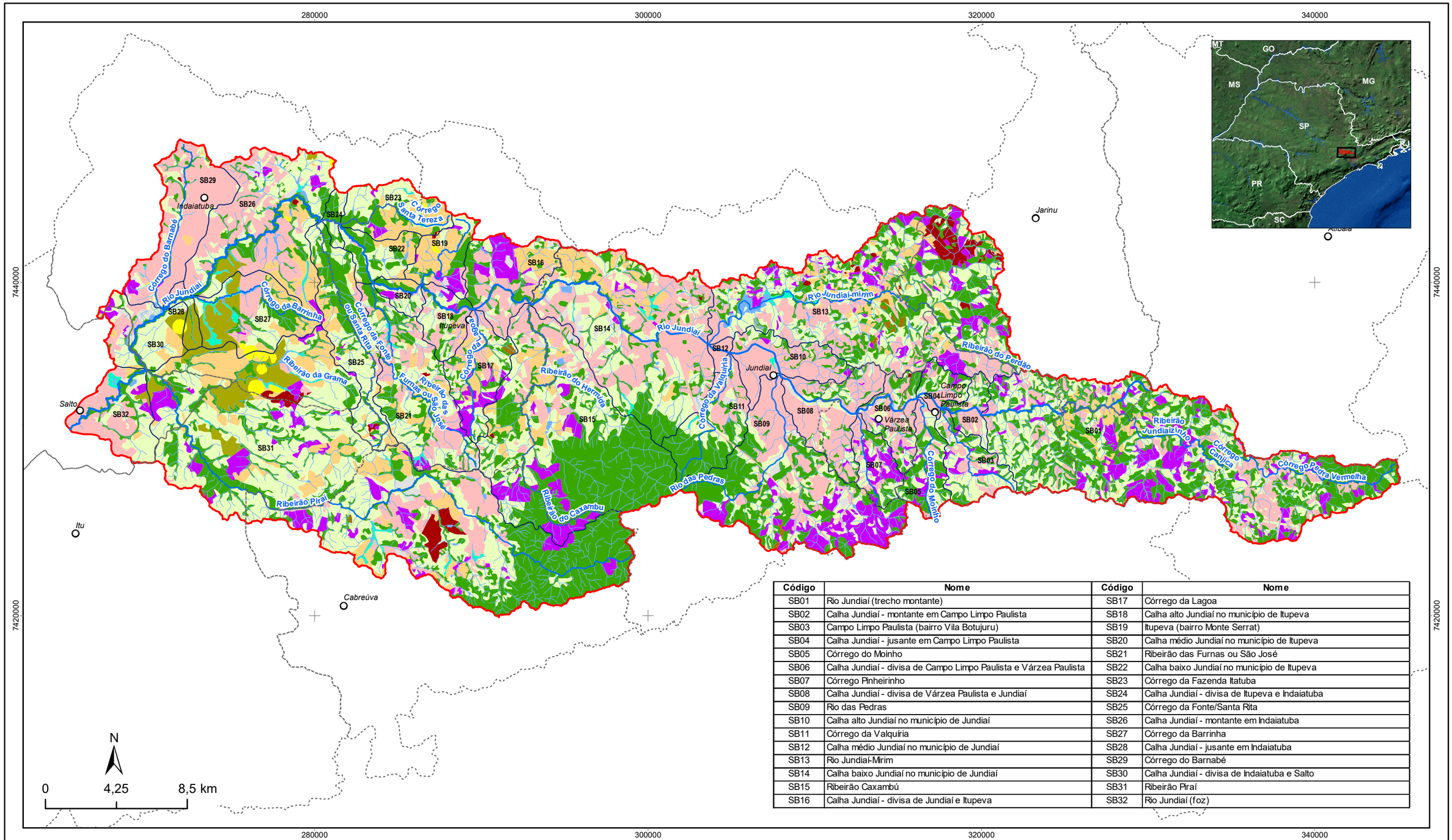
Para a adequação do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, foram determinadas classes de uso equivalentes, propostas por Tucci (1993), para cada um dos usos do solo observados na bacia e apresentados no Mapa 7.4. O uso do solo é oriundo do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PROFILL/RHAMA, 2018a), com atualização das áreas urbanas utilizando imagens de satélite mais recentes.

A Tabela 7.3 apresenta a reclassificação adotada, bem como os valores do parâmetro *Curve Number* (CN) considerados para cada um dos Grupos Hidrológicos.

Tabela 7.3. Classes de uso do solo equivalentes para a BHJ e respectivos valores de CN associados.

Classe de uso do solo original	Classe equivalente adotada*	Valor de CN adotado segundo o grupo hidrológico do solo			
		A	B	C	D
Afloramento rochoso	Rocha	96	96	96	96
Área Urbanizada	Lotes < 500 m², 65% impermeável	77	85	90	92
Campo	Campos permanentes normais	36	60	73	79
Campo Úmido	Água	100	100	100	100
Cana de Açúcar	Plantações cultivadas normais	49	69	79	94
Água	Água	100	100	100	100
Lavoura Permanente	Plantações regulares em curva de nível	67	77	83	87
Lavoura Temporária	Plantações cultivadas normais	49	69	79	94
Mata Nativa	Florestas normais	36	60	70	76
Mineração	Lotes < 500 m², 65% impermeável	77	85	90	92
Outros Usos	Estacionamento, telhados, viadutos	98	98	98	98
Pivô	Plantações cultivadas normais	49	69	79	94
Silvicultura	Florestas esparsas	46	68	78	84
Solo exposto	Solo lavrado com sulcos retilíneos	77	86	91	94

* Segundo Tucci (1993).



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia

Classe de Uso do Solo

- Afloramento Rochoso
- Solo exposto
- Campo
- Campo Úmido
- Corpos D'Água
- Lavoura Permanente
- Lavoura Temporária
- Cana de Açúcar
- Pivôs
- Mata Nativa
- Mineração
- Outros Usos
- Silvicultura
- Área Urbanizada

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.4 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Uso do Solo: Profill, 2019

7.1.1.4. Obtenção do parâmetro Curve Number (CN)

A partir da sobreposição do tipo de solo (já associado aos respectivos grupos hidrológicos) ao uso do solo reclassificado, foi possível obter valores de CN para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme ilustrado no Mapa 7.5. A média do coeficiente CN para toda a BHJ foi de 82,2.

A Tabela 7.4 apresenta os valores mínimos, médios, máximos e ponderado pela área do coeficiente CN para cada uma das 32 sub-bacias da área de estudo.

Tabela 7.4. Valores mínimos, médios e máximos do parâmetro CN obtidos nas sub-bacias da BHJ.

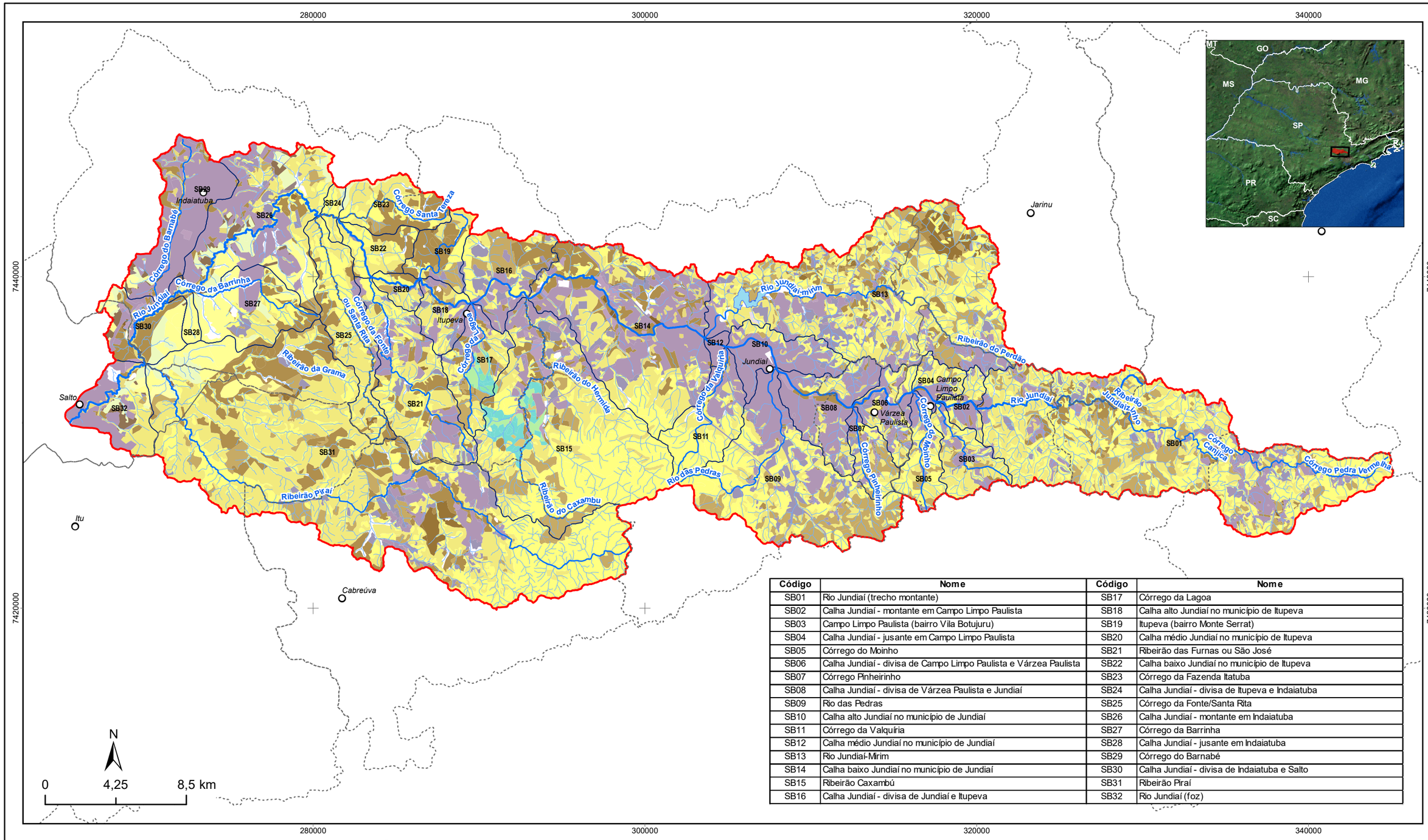
Código da sub-bacia	Sub-bacia	Valores de CN			
		Mínimo	Médio	Máximo	Ponderado pela área
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	70	85,3	100	75,6
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	70	81,4	92	80,4
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	70	82,7	94	77,5
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	70	82,7	94	80,3
SB05	Córrego do Moinho	70	82,3	100	75,9
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	70	84,4	100	82,5
SB07	Córrego Pinheirinho	70	84,3	100	79,1
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	70	84,3	100	86,6
SB09	Rio das Pedras	70	84,3	100	77,8
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	70	84,3	100	87,7
SB11	Córrego da Valquíria	70	85,0	100	76,9
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	79	91,0	100	91,9
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	70	85,2	100	76,9
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	70	84,5	100	82,5
SB15	Ribeirão Caxambú	36	75,6	100	72,6
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	70	85,4	100	80,9
SB17	Córrego da Lagoa	36	75,6	100	74,1
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	70	84,3	100	80,3
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	70	84,2	100	77,7
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	70	83,6	100	75,6
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	70	84,4	100	78,9

Código da sub-bacia	Sub-bacia	Valores de CN			
		Mínimo	Médio	Máximo	Ponderado pela área
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	70	82,3	100	73,9
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	60	76,4	100	74,6
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	60	75,8	100	70,2
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	60	80,3	100	73,7
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	60	82,0	100	79,3
SB27	Córrego da Barrinha	60	80,5	100	76,4
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	60	76,8	92	72,7
SB29	Córrego do Barnabé	60	81,7	100	88,9
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	60	81,2	100	76,1
SB31	Ribeirão Piraí	60	80,9	100	74,9
SB32	Rio Jundiaí (foz)	60	79,5	100	82,4

7.1.1.1. Tempo de concentração e escoamento de base

Para a posterior estimativa das chuvas de projeto na bacia, além do tempo de retorno (TR) do evento é necessário considerar o tempo de duração da chuva de projeto. Neste caso, foi utilizado o tempo de duração da chuva como sendo o mesmo que o tempo de concentração da bacia, este último definido como o tempo necessário para que toda a precipitação atuante sobre o ponto mais distante da bacia escoe até o exutório.

O tempo de concentração é função de várias características da bacia, como o comprimento do talvegue principal, sua forma – alongada ou circular – e a declividade da área. Para cada uma das sub-bacias consideradas neste estudo, as variáveis de comprimento e declividade média do curso d'água principal foram obtidas, conforme apresentado na Tabela 7.5.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia
- Rios, represas e lagoas

CN			
36	69	83	92
46	70	84	94
49	73	85	96
60	76	86	98
67	77	87	100
68	78	90	
	79	91	

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.5 – CN (Curve Number) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- CN: Profill, 2019

Tabela 7.5. Parâmetros de entrada no cálculo do tempo de concentração das sub-bacias da BHJ.

Código da sub-bacia	Sub-bacias	Comprimento do talvegue (km)	Declividade do curso d'água (m/m)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	36,08	0,012
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	2,95	0,005
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	8,38	0,022
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	1,95	0,004
SB05	Córrego do Moinho	8,20	0,019
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	5,30	0,002
SB07	Córrego Pinheirinho	5,94	0,033
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	5,90	0,002
SB09	Rio das Pedras	14,19	0,030
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	4,27	0,002
SB11	Córrego da Valquíria	10,31	0,039
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	1,44	0,003
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	27,97	0,006
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	16,80	0,001
SB15	Ribeirão Caxambú	24,50	0,022
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	5,39	0,002
SB17	Córrego da Lagoa	9,86	0,010
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	5,99	0,004
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	7,82	0,016
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	3,69	0,009
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	17,43	0,011
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	4,75	0,006
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	8,77	0,024
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	1,33	0,006
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	17,49	0,016
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	18,36	0,002

Código da sub-bacia	Sub-bacias	Comprimento do talvegue (km)	Declividade do curso d'água (m/m)
SB27	Córrego da Barrinha	10,25	0,018
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	9,10	0,0004
SB29	Córrego do Barnabé	14,95	0,006
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	2,97	0,001
SB31	Ribeirão Piraí	45,72	0,013
SB32	Rio Jundiaí (foz)	8,19	0,002

Para todas as sub-bacias contribuintes do Rio Jundiaí foram aplicadas quatro fórmulas distintas para o cálculo do tempo de concentração (TUCCI, 1993; COLLISCHONN & DORNELLES, 2013), detalhadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1. Equações aplicadas para o cálculo do tempo de concentração das bacias hidrográficas do Rio Jundiaí.

Equações	
Kirpich	$t_c = 3{,}989 \cdot L^{0{,}77} \cdot S^{-0{,}385}$
SCS Lag Fórmula	$t_c = 3{,}42 \cdot L^{0{,}8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0{,}7} \cdot S^{-0{,}5}$
Watt & Chow	$t_c = 7{,}68 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}79}$
Dooge	$t_c = 21{,}88 \cdot A^{0{,}41} \cdot S^{-0{,}17}$

Onde:

t_c é o tempo de concentração (min); L é o comprimento do curso d'água principal (km); S é a declividade do curso d'água principal (m/m); A é a área de drenagem da sub-bacia (km²); e CN é o parâmetro *Curve Number* da sub-bacia (adimensional).

A Figura 7.1 apresenta o gráfico com os resultados do cálculo de tempo de concentração de todas as sub-bacias. A equação escolhida para a aplicação no estudo foi a de Watt & Chow, por apresentar resultados intermediários entre todas as equações aplicadas, conforme ilustrado no gráfico da Figura 7.1, bem como por ter sido desenvolvida para bacias com área de drenagem da ordem de até 5800 km² (DINGMAN, 2002), o que representa de forma adequada a ordem de grandeza observada para as sub-bacias do Rio Jundiaí.

A Tabela 7.6 apresenta os resultados obtidos para o tempo de concentração de todas as sub-bacias da BHJ, considerando a aplicação da equação de Watt & Chow. Este tempo de concentração foi considerado como o tempo de duração da precipitação de projeto de cada uma das 32 sub-bacias.

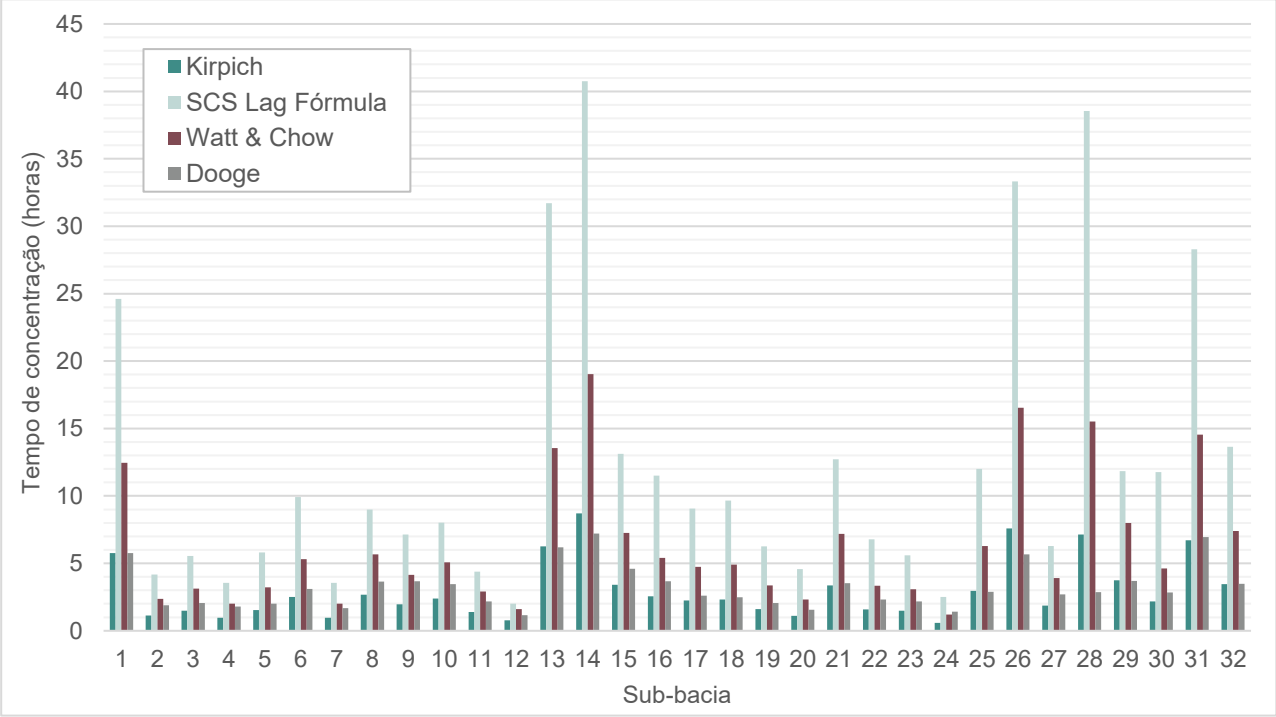


Figura 7.1. Aplicação de quatro equações diferentes para o cálculo do tempo de concentração das sub-bacias do Rio Jundiaí.

Tabela 7.6. Tempos de concentração obtidos com a equação de Watt & Chow para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí.

Código da sub-bacia	Sub-bacia	Tempo de concentração	
		t_c (min)	t_c (horas)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	747,3	12,5
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	141,7	2,4
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	187,3	3,1
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	120,3	2,0
SB05	Córrego do Moinho	192,6	3,2
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	317,9	5,3
SB07	Córrego Pinheirinho	121,0	2,0

Código da sub-bacia	Sub-bacia	Tempo de concentração	
		t_c (min)	t_c (horas)
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	339,7	5,7
SB09	Rio das Pedras	248,9	4,1
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	304,5	5,1
SB11	Córrego da Valquíria	175,3	2,9
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	95,9	1,6
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	812,5	13,5
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	1142,3	19,0
SB15	Ribeirão Caxambú	435,3	7,3
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	324,4	5,4
SB17	Córrego da Lagoa	283,8	4,7
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	294,7	4,9
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	201,7	3,4
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	138,8	2,3
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	431,5	7,2
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	199,8	3,3
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	185,4	3,1
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	72,5	1,2
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	377,1	6,3
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	991,8	16,5
SB27	Córrego da Barrinha	234,8	3,9
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	931,1	15,5
SB29	Córrego do Barnabé	479,9	8,0
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	276,8	4,6
SB31	Ribeirão Piraí	873,1	14,6
SB32	Rio Jundiaí (foz)	444,1	7,4

Para a determinação do escoamento de base nas sub-bacias do Rio Jundiaí, realizou-se uma análise de vazões mínimas para os postos fluviométricos localizados na bacia (apresentados anteriormente no item 6.2). Buscou-se encontrar um período mais seco, com no mínimo 30 dias sem chuva, que apresentasse dados observados tanto para o posto pluviométrico quanto para postos fluviométricos próximos.

O intervalo encontrado que respeita as condições supracitadas é referente aos meses de agosto e setembro de 1991. Para o período de 10 de agosto de 1991 a 18 de setembro de 1991, foi observada a ocorrência de 39 dias sem chuva para a estação pluviométrica Rio Acima (02346015). Na estação fluviométrica mais próxima deste ponto – de nome Campo Limpo e código 62385100 – a menor vazão na série foi de 0,697 m³/s, registrada no dia 17 de setembro de 1991.

Conhecida a área de drenagem da estação fluviométrica Campo Limpo (101 km²), estimou-se uma vazão de base específica, calculada através da razão entre a vazão mínima observada no posto e sua respectiva área de drenagem. O valor obtido foi de 0,007 m³/(s.km²). A partir do produto desta vazão de base específica pela área de drenagem de cada uma das sub-bacias, foi possível obter a vazão de base de cada um dos afluentes do Rio Jundiaí, apresentada na Tabela 7.7 a seguir.

Tabela 7.7. Vazões de base estimadas para as sub-bacias do Rio Jundiaí.

Código da sub-bacia	Sub-bacias	Área de drenagem (km²)	Vazão de base (m³/s)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	134,53	0,93
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	6,43	0,04
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	13,90	0,10
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	6,46	0,04
SB05	Córrego do Moinho	12,57	0,09
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	13,03	0,09
SB07	Córrego Pinheirinho	10,14	0,07
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	22,53	0,16
SB09	Rio das Pedras	65,22	0,45
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	16,89	0,12
SB11	Córrego da Valquíria	20,27	0,14
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	1,85	0,01
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	118,88	0,82
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	78,62	0,54
SB15	Ribeirão Caxambú	98,42	0,68

Código da sub-bacia	Sub-bacias	Área de drenagem (km²)	Vazão de base (m³/s)
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	22,11	0,15
SB17	Córrego da Lagoa	18,37	0,13
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	10,17	0,07
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	12,04	0,08
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	4,79	0,03
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	39,59	0,27
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	10,66	0,07
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	17,06	0,12
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	3,18	0,02
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	27,95	0,19
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	53,96	0,37
SB27	Córrego da Barrinha	24,61	0,17
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	3,88	0,03
SB29	Córrego do Barnabé	29,84	0,21
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	17,51	0,12
SB31	Ribeirão Piraí	219,46	1,51
SB32	Rio Jundiaí (foz)	19,55	0,13

7.1.2. *Precipitações de projeto*

Neste item são apresentados os hietogramas de projeto da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, ou seja, as chuvas intensas geradas a partir das Equações IDF, anteriormente apresentadas no capítulo 6. Cada uma das sub-bacias da BHJ teve uma Equação IDF associada, a partir do raio de influência de cada posto pluviométrico, conforme ilustrado anteriormente no Mapa 6.3. A Tabela 7.8 indica qual a respectiva Equação IDF foi utilizada para a geração dos hietogramas de projeto em cada sub-bacia.

Tabela 7.8. Indicação das equações IDF utilizadas em cada uma das sub-bacias do Rio Jundiaí.

Código da sub-bacia	Sub-bacias	Equação IDF utilizada
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	Rio Acima
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	Rio Acima
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	Rio Acima
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	Rio Acima
SB05	Córrego do Moinho	Rio Acima
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	Jundiaí
SB07	Córrego Pinheirinho	Jundiaí
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	Jundiaí
SB09	Rio das Pedras	Jundiaí
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	Jundiaí
SB11	Córrego da Valquíria	Jundiaí
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	Jundiaí
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	Jundiaí
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	Itupeva
SB15	Ribeirão Caxambú	Itupeva
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	Itupeva
SB17	Córrego da Lagoa	Itupeva
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	Itupeva
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	Itupeva
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	Itupeva
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	Itupeva
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	Indaiatuba
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	Indaiatuba
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	Indaiatuba
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	Itupeva
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	Indaiatuba
SB27	Córrego da Barrinha	Indaiatuba
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	Indaiatuba
SB29	Córrego do Barnabé	Indaiatuba
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	Indaiatuba
SB31	Ribeirão Piraí	Fazenda Pinhal
SB32	Rio Jundiaí (foz)	Indaiatuba

A metodologia utilizada para a distribuição temporal da precipitação estimada através das Equações IDF foi a dos Blocos Alternados. Para sua aplicação, realizou-se os procedimentos apresentados abaixo:

- O tempo de duração da precipitação em cada sub-bacia foi considerado como sendo o tempo de concentração da mesma, estimado através da equação de Watt & Chow;
- A discretização da duração da chuva foi definida como sendo de 10 min;
- Para cada tempo de retorno (TR) e em cada intervalo de tempo, calculou-se através da Equação IDF selecionada a precipitação correspondente à duração, espaçadas pela discretização do intervalo de tempo até a duração total da chuva (Exemplo: se o tempo de duração da chuva é de 60 minutos e a discretização do intervalo de tempo é de 10 min, calcula-se a partir da aplicação da Equação IDF as precipitações de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos);
- Os valores obtidos através da aplicação das Equações IDF para cada intervalo de tempo são as intensidades máximas de precipitação. A altura da lâmina d'água acumulada para cada intervalo foi obtida através do produto da intensidade (em mm/h) pela duração da precipitação (em horas);
- Para a obtenção do incremento de lâmina d'água em cada intervalo de tempo, foi calculada a diferença entre dois intervalos de tempo, aplicando-se a relação $P_{incremental}\ (t) = P_{acumulada}\ (t) – P_{acumulada}\ (t\text{-}1)$;
- Para reordenar o hietograma utilizando-se a metodologia dos Blocos Alternados, o primeiro maior valor do incremento foi posicionado na metade da duração total da precipitação, seguido do segundo maior incremento logo após o anterior, o terceiro maior incremento antes do maior valor, e assim sucessivamente, até que todos os incrementos sejam ordenados, com o pico no centro do tempo de duração da chuva;
- Esta metodologia foi aplicada para todos os tempos de retorno (TR) considerados, em todas as sub-bacias do Rio Jundiaí, para a obtenção dos hietogramas de projeto.

A Tabela 7.9 a seguir apresenta um resumo das características principais dos hietogramas para os tempos de recorrência de 100 anos, 50 anos e 25 anos. Já a Tabela 7.10 apresenta o mesmo resumo de informações para os tempos de recorrência de 10 anos, 5 anos e 2 anos.

7.1.3. *O modelo Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)*

O modelo HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) foi desenvolvido para simular os processos de chuva-vazão em bacias hidrográficas dendríticas. É um software gratuito e pode ser aplicado em uma ampla gama de problemas nas áreas de estudo da hidrologia, como drenagem urbana, estudos de dimensionamento de reservatórios, avaliações de disponibilidade hídrica, entre outros. A simulação hidrológica é realizada através da discretização da bacia hidrográfica, através da divisão em sub-bacias, trechos de rios e canais, junções (ou afluências), desvios e transposições e até mesmo reservatórios. Processos como infiltração, interceptação, escoamento de base e, principalmente, transformação chuva-vazão e propagação de cheias em rios são simulados através de modelos matemáticos disponíveis acoplados ao software (USACE-HEC, 2015).

As variáveis de entrada do modelo são inseridas através do componente meteorológico, em que são adicionados dados de precipitação, no caso da simulação de eventos de cheias. Estes podem ser séries de dados medidos, bem como séries sintéticas, geradas através de curvas e equações de Intensidade-Duração-Frequência. Ainda, podem ser inseridas especificações de controle do modelo, que regulam, por exemplo, a data e hora de início e fim da simulação a ser realizada. Alguns dos principais métodos disponíveis para simulação com o software HEC-HMS são apresentados no Quadro 7.2.

Quadro 7.2. Métodos de simulação que podem ser utilizados no software HEC-HMS.

Elemento hidrológico simulado	Modelo	Método
Sub-bacia	Perdas	Green & Ampt
		SCS Curve Number
	Geração de escoamento superficial	Hidrograma unitário de Clark
		Onda cinemática
		Hidrograma triangular do SCS
		Hidrograma unitário de Snyder
Trecho de rio e/ou canal	Propagação de onda de cheia	Onda cinemática
		Puls modificado
		Muskingum-Cunge

Tabela 7.9. Resumo das principais características dos hietogramas de TR 100 anos, TR 50 anos e TR 25 anos.

Código da sub-bacia	Tempo de duração da precipitação (min)	TR 100 anos			TR 50 anos			TR 25 anos		
		Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)
SB01	750	31,8	34,3	129,9	28,5	30,7	116,6	25,6	27,6	104,6
SB02	150	84,6	34,3	102,1	75,9	30,7	91,6	68,1	27,6	82,2
SB03	190	74,4	34,3	107,6	66,7	30,7	96,5	59,9	27,6	86,6
SB04	130	91,2	34,3	98,8	81,8	30,7	88,6	73,4	27,6	79,5
SB05	200	72,3	34,3	108,1	64,9	30,7	97,0	58,2	27,6	87,0
SB06	320	61,5	36,6	147,9	54,1	32,2	130,0	47,5	28,3	114,3
SB07	130	98,1	36,6	112,1	86,2	32,2	98,5	75,8	28,3	86,6
SB08	340	59,5	36,6	150,6	52,3	32,2	132,4	46,0	28,3	116,4
SB09	250	70,3	36,6	138,3	61,8	32,2	121,6	54,4	28,3	106,9
SB10	310	62,6	36,6	146,2	55,0	32,2	128,5	48,4	28,3	113,0
SB11	180	83,5	36,6	125,2	73,4	32,2	110,1	64,5	28,3	96,8
SB12	100	110,6	36,6	104,1	97,2	32,2	91,5	85,5	28,3	80,5
SB13	820	35,5	36,6	189,0	31,2	32,2	166,2	27,4	28,3	146,1
SB14	1150	23,4	29,7	167,5	20,9	26,6	149,8	18,7	23,8	134,0
SB15	440	41,8	29,7	130,7	37,4	26,6	116,9	33,4	23,8	104,6
SB16	330	49,1	29,7	120,9	44,0	26,6	108,1	39,3	23,8	96,7
SB17	290	52,8	29,7	116,6	47,2	26,6	104,3	42,2	23,8	93,2

Código da sub-bacia	Tempo de duração da precipitação (min)	TR 100 anos			TR 50 anos			TR 25 anos		
		Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)
SB18	300	51,8	29,7	117,8	46,3	26,6	105,3	41,4	23,8	94,2
SB19	210	62,7	29,7	106,0	56,1	26,6	94,8	50,2	23,8	84,8
SB20	140	76,8	29,7	95,0	68,7	26,6	85,0	61,4	23,8	76,0
SB21	440	41,8	29,7	130,4	37,4	26,6	116,7	33,4	23,8	104,3
SB22	200	73,9	34,2	121,6	64,8	30,0	106,6	56,8	26,3	93,4
SB23	190	75,9	34,2	119,0	66,6	30,0	104,3	58,3	26,3	91,4
SB24	80	114,3	34,2	88,6	100,2	30,0	77,7	87,8	26,3	68,1
SB25	380	45,4	29,7	125,9	40,6	26,6	112,6	36,3	23,8	100,7
SB26	1000	29,4	34,2	185,9	25,7	30,0	162,9	22,6	26,3	142,8
SB27	240	67,2	34,2	127,2	58,9	30,0	111,5	51,6	26,3	97,8
SB28	940	30,5	34,2	182,9	26,7	30,0	160,3	23,4	26,3	140,6
SB29	480	45,7	34,2	154,3	40,0	30,0	135,2	35,1	26,3	118,5
SB30	280	61,9	34,2	133,1	54,2	30,0	116,7	47,5	26,3	102,3
SB31	880	28,5	30,7	161,5	25,5	27,5	144,5	22,8	24,6	129,2
SB32	450	47,4	34,2	151,2	41,6	30,0	132,5	36,4	26,3	116,2

Tabela 7.10. Resumo das principais características dos hietogramas de TR 10 anos, TR 5 anos e TR 2 anos.

Código da sub-bacia	Tempo de duração da precipitação (min)	TR 10 anos			TR 5 anos			TR 2 anos		
		Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)
SB01	750	22,2	23,9	90,6	19,9	21,4	81,3	17,2	18,6	70,4
SB02	150	59,0	23,9	71,2	52,9	21,4	63,9	45,8	18,6	55,4
SB03	190	51,9	23,9	75,0	46,5	21,4	67,3	40,3	18,6	58,3
SB04	130	63,6	23,9	68,9	57,0	21,4	61,8	49,4	18,6	53,5
SB05	200	50,4	23,9	75,4	45,3	21,4	67,6	39,2	18,6	58,6
SB06	320	40,1	23,9	96,4	35,2	21,0	84,7	29,7	17,7	71,5
SB07	130	63,9	23,9	73,0	56,2	21,0	64,2	47,4	17,7	54,1
SB08	340	38,8	23,9	98,1	34,1	21,0	86,3	28,7	17,7	72,7
SB09	250	45,8	23,9	90,1	40,3	21,0	79,2	34,0	17,7	66,8
SB10	310	40,8	23,9	95,3	35,9	21,0	83,8	30,2	17,7	70,6
SB11	180	54,4	23,9	81,6	47,8	21,0	71,7	40,3	17,7	60,5
SB12	100	72,1	23,9	67,8	63,4	21,0	59,6	53,4	17,7	50,3
SB13	820	23,1	23,9	123,2	20,3	21,0	108,3	17,1	17,7	91,3
SB14	1150	16,1	20,5	115,6	14,4	18,4	103,4	12,5	15,8	89,2
SB15	440	28,8	20,5	90,2	25,8	18,4	80,7	22,2	15,8	69,6
SB16	330	33,9	20,5	83,4	30,3	18,4	74,6	26,2	15,8	64,4
SB17	290	36,4	20,5	80,5	32,6	18,4	72,0	28,1	15,8	62,1
SB18	300	35,8	20,5	81,3	32,0	18,4	72,7	27,6	15,8	62,7
SB19	210	43,3	20,5	73,1	38,7	18,4	65,4	33,4	15,8	56,5

Código da sub-bacia	Tempo de duração da precipitação (min)	TR 10 anos			TR 5 anos			TR 2 anos		
		Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)	Intensidade média (mm/h)	Pico (mm)	Volume total (mm)
SB20	140	53,0	20,5	65,6	47,4	18,4	58,6	40,9	15,8	50,6
SB21	440	28,8	20,5	90,0	25,8	18,4	80,5	22,2	15,8	69,5
SB22	200	47,7	22,1	78,5	41,8	19,4	68,8	35,2	16,3	57,8
SB23	190	49,0	22,1	76,8	43,0	19,4	67,3	36,1	16,3	56,6
SB24	80	73,8	22,1	57,2	64,7	19,4	50,1	54,3	16,3	42,1
SB25	380	31,3	20,5	86,9	28,0	18,4	77,7	24,2	15,8	67,0
SB26	1000	19,0	22,1	120,0	16,6	19,4	105,2	14,0	16,3	88,4
SB27	240	43,4	22,1	82,1	38,0	19,4	72,0	32,0	16,3	60,5
SB28	940	19,7	22,1	118,1	17,3	19,4	103,5	14,5	16,3	87,0
SB29	480	29,5	22,1	99,6	25,8	19,4	87,3	21,7	16,3	73,4
SB30	280	39,9	22,1	86,0	35,0	19,4	75,4	29,4	16,3	63,3
SB31	880	19,7	21,2	111,5	17,6	19,0	99,7	15,2	16,4	86,0
SB32	450	30,6	22,1	97,6	26,8	19,4	85,6	22,5	16,3	71,9

Para a aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, para todas as 32 sub-bacias, o método de perdas utilizado foi do SCS *Curve Number*. Já o método de geração de escoamento superficial foi o Hidrograma Triangular do SCS, e o fluxo de base foi considerado como constante no mês. Já para os trechos de rio e/ou canal, o método de propagação de onda de cheia escolhido foi Muskingum-Cunge.

As precipitações de projeto foram inseridas através do módulo meteorológico, em que cada sub-bacia teve um hietograma específico associado. As especificações de controle foram criadas, de forma que o tempo de simulação seja suficiente para representar a ascensão e a recessão dos hidrogramas de cheia. Com estas metodologias aplicadas nas sub-bacias do Rio Jundiaí, os resultados obtidos foram hidrogramas de cheia para os tempos de retorno das precipitações de projeto consideradas, para cada uma das áreas de drenagem simuladas.

Para que os resultados do modelo hidrológico sejam posteriormente inseridos no modelo hidrodinâmico (HEC-RAS), as sub-bacias foram separadas em áreas de contribuição pontual e lateral, conforme apresentado anteriormente na Tabela 7.1. A diferença entre elas é que as sub-bacias de contribuição pontuais, ou seja, todos os pontos onde são observados afluentes do Rio Jundiaí, contribuem na forma de uma vazão concentrada (em unidade de m³/s) como entrada no modelo hidrodinâmico. Já as sub-bacias classificadas como de contribuição lateral são áreas em que não são observados afluentes contribuindo diretamente no Rio Jundiaí, porém apresentam uma entrada de vazão através do escoamento superficial gerado por sua área de drenagem. Neste caso, a entrada no modelo hidrodinâmico será o resultado da simulação hidrológica, porém na forma de uma vazão distribuída ao longo do trecho de rio corresponde, em unidades de m³/(s.m).

Vale ressaltar que a metodologia para geração de escoamento superficial foi a mesma em todas as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí. A diferença entre os tipos de contribuição – lateral ou pontual – se dá apenas na simulação a ser realizada utilizando o modelo hidrodinâmico HEC-RAS.

A Figura 7.2 apresenta o esquema do modelo hidrológico criado no *software* HEC-HMS, visando a representação dos processos atuantes da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Os hietogramas utilizados na simulação são os apresentados anteriormente no item 7.1.3. Os resultados da simulação, representados pelos hidrogramas de cheia, são apresentados no item 7.1.4.

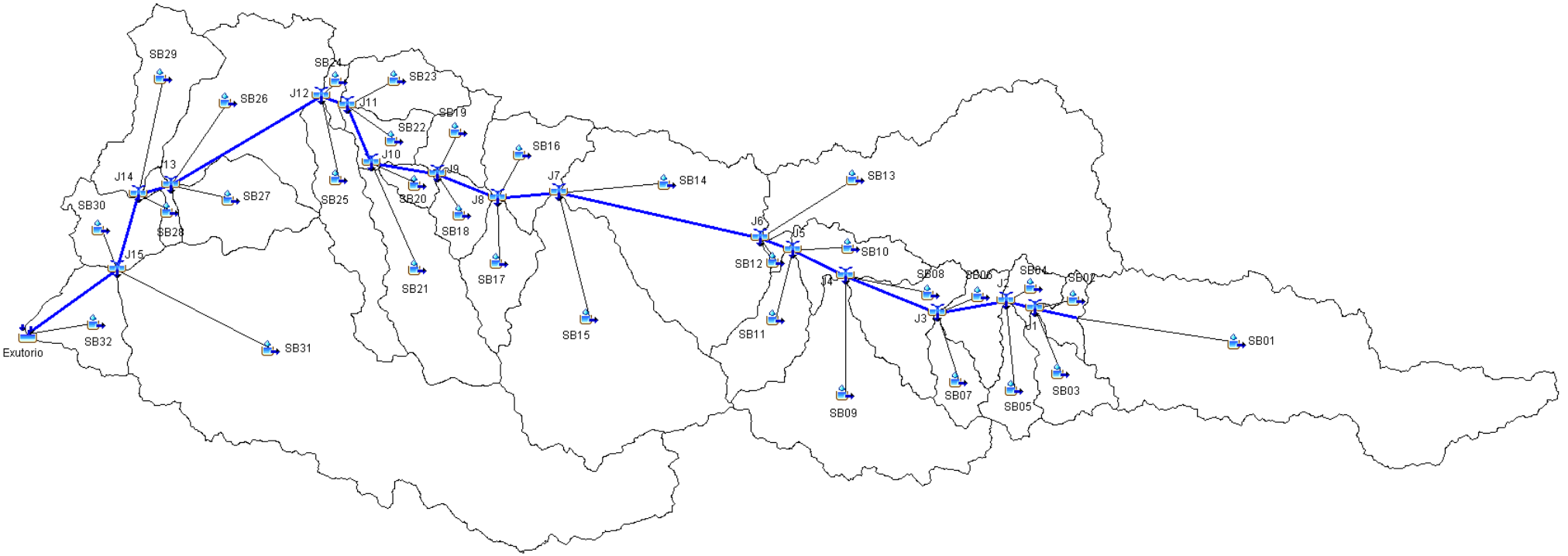


Figura 7.2. Representação esquemática do modelo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí criado no software HEC-HMS.

7.1.4. *Resultados da simulação hidrológica*

Este item apresenta os resultados da simulação hidrológica obtidos com a aplicação do modelo HEC-HMS para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Do item 7.1.4.1 ao item 7.1.4.6 são apresentadas as principais características dos hidrogramas gerados, para os tempos de retorno de 2 anos, 5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos, respectivamente. O item 7.1.4.7 apresenta um resumo das análises para todos os tempos de retorno agrupados. Já o TOMO VII deste relatório – ANEXO IV – também apresenta os hidrogramas gerados para os diversos cenários, mas em uma análise agrupada por sub-bacia.

7.1.4.1. Tempo de retorno de 2 anos

A Tabela 7.11 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 2 anos de tempo de retorno. A Figura 7.3 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 2 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.11. Valores característicos do hidrograma de projeto de 2 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB01	75,8	870	70,10	3087,7
SB02	14,5	170	55,40	123,3
SB03	22,2	220	58,30	248,6
SB04	15,6	140	53,60	115,4
SB05	17,9	230	58,50	206,9
SB06	24,6	370	71,50	444,3
SB07	22,6	150	54,10	173,3
SB08	50,1	390	72,80	952,1
SB09	106	290	66,90	1547,4
SB10	42,2	350	70,70	723,3
SB11	35,9	210	60,50	382,6
SB12	10,4	110	50,20	60,1
SB13	107,1	960	91,30	4801,1
SB14	61,9	1330	88,80	3836,1
SB15	73,7	530	69,50	1887,2
SB16	31	380	64,30	581
SB17	17,6	350	62,00	304,3

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB18	14,5	350	62,70	249,5
SB19	16,9	240	56,30	209,3
SB20	6,2	170	50,50	55,3
SB21	44,5	510	69,40	1097,9
SB22	12,6	240	57,70	155,8
SB23	22,3	220	56,50	259,7
SB24	2,5	90	42,00	16,1
SB25	23,6	450	66,90	524,6
SB26	42,6	1160	88,10	2318,8
SB27	36,5	280	60,30	516,5
SB28	2,2	1110	86,90	116,7
SB29	53,3	550	73,10	1410,2
SB30	21	330	63,20	345,3
SB31	150,5	1040	86,50	7334,5
SB32	28,1	520	71,70	701,4

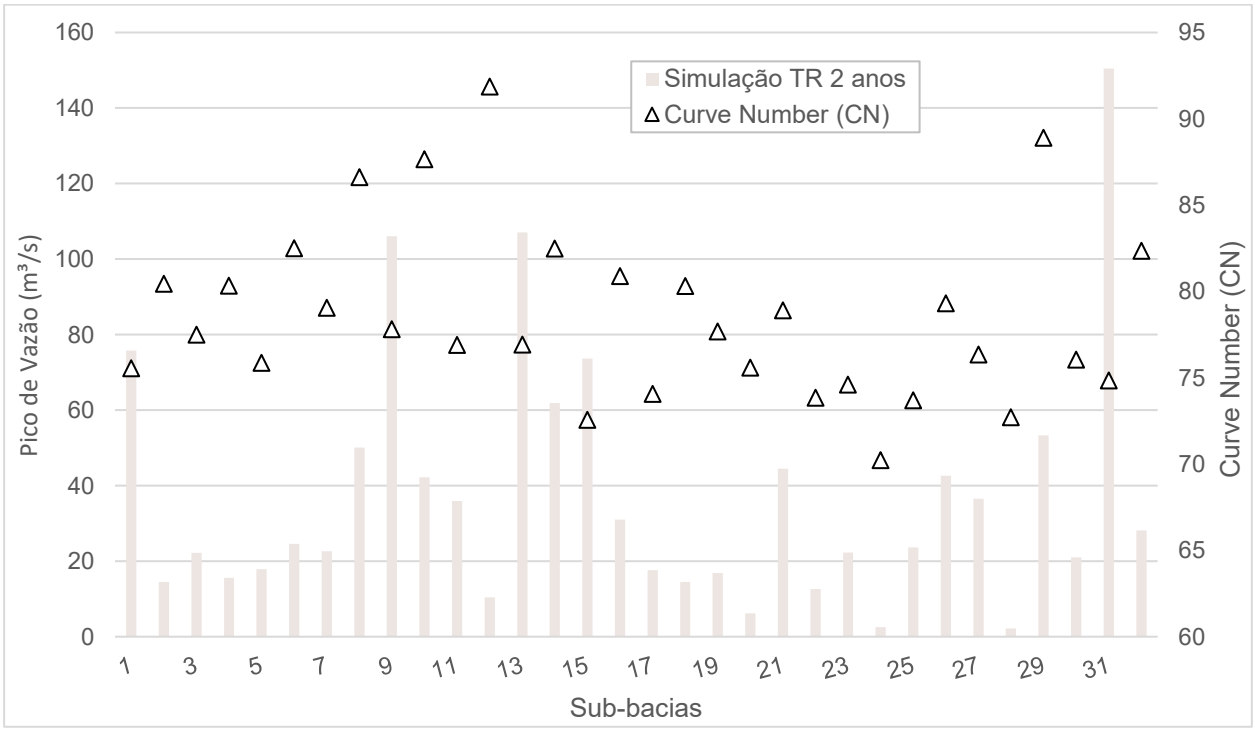


Figura 7.3. Vazão de pico do hidrograma de 2 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.2. Tempo de retorno de 5 anos

A Tabela 7.12 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 5 anos de tempo de retorno. A Figura 7.4 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 5 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.12. Valores característicos do hidrograma de projeto de 5 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB01	101,8	860	81,20	4076,9
SB02	19,2	170	63,90	160,4
SB03	30,1	220	67,30	327,8
SB04	20,8	140	61,80	150,6
SB05	24,5	230	67,60	275,6
SB06	32,8	370	84,80	583,6
SB07	32,2	150	64,30	240,1
SB08	64,8	390	86,30	1218,2
SB09	147,6	290	79,30	2109
SB10	54	350	83,80	919,6
SB11	51	210	71,80	529,8
SB12	13,2	110	59,70	76,1
SB13	143,9	950	108,40	6382,8
SB14	78,1	1330	103,30	4808,4
SB15	102	520	80,70	2550,5
SB16	40,6	380	74,60	750,1
SB17	24,5	340	71,90	411
SB18	19,1	350	72,60	322,2
SB19	23,1	240	65,40	279,1
SB20	8,9	170	58,60	76
SB21	58,4	510	80,50	1418,4
SB22	18,7	240	68,90	223,3
SB23	32,8	220	67,50	368,1
SB24	4,6	90	50,20	25
SB25	32,6	450	77,70	708,2
SB26	58,1	1160	105,40	3130,6
SB27	51,2	280	72,10	707,3
SB28	3,1	1100	103,60	161,4

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB29	68,6	550	87,50	1801,5
SB30	30,2	330	75,50	484
SB31	196,1	1030	99,60	9412,8
SB32	37,4	520	85,70	923,7

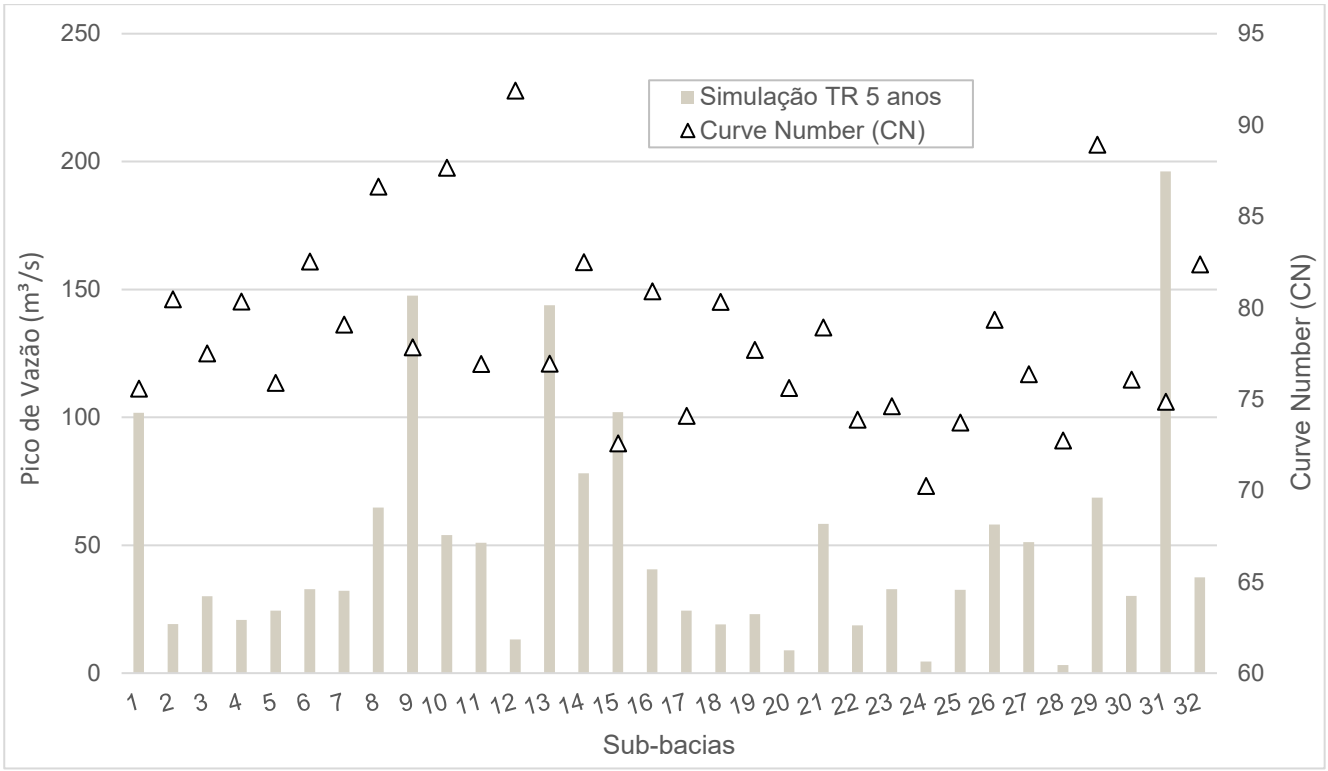


Figura 7.4. Vazão de pico do hidrograma de 5 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.3. Tempo de retorno de 10 anos

A Tabela 7.13 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 10 anos de tempo de retorno. A Figura 7.5 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 10 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.13. Valores característicos do hidrograma de projeto de 10 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m^3/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m^3)
SB01	126,3	860	91,00	5009,6
SB02	23,6	170	71,40	196,1
SB03	37,4	220	75,20	402,3
SB04	25,6	140	68,90	183,1
SB05	30,7	230	75,60	340,9
SB06	40,3	370	96,60	712,6
SB07	41,2	150	73,20	303,3
SB08	78	390	98,30	1461,3
SB09	186,9	290	90,30	2641,9
SB10	64,9	350	95,50	1098,7
SB11	65,4	210	81,70	669,4
SB12	15,8	110	68,00	90,3
SB13	177,5	950	123,20	7819,4
SB14	92,4	1330	116,00	5685,1
SB15	128,6	520	90,40	3172,4
SB16	49,4	380	83,50	903,3
SB17	31,1	340	80,50	511,6
SB18	23,4	350	81,40	390,3
SB19	28,9	240	73,30	343,6
SB20	11,4	160	65,60	95,7
SB21	71,1	510	90,20	1713,5
SB22	24,6	240	78,50	287,4
SB23	42,7	220	76,90	470,2
SB24	6,7	90	57,10	34
SB25	41	450	86,90	877,3
SB26	69,7	1160	119,80	3732
SB27	64,8	280	82,20	883,1
SB28	4	1100	117,90	202,5
SB29	81,6	550	99,60	2137,2
SB30	38,8	330	86,00	612,4
SB31	239,2	1030	111,50	11401,3
SB32	45,6	520	97,50	1119

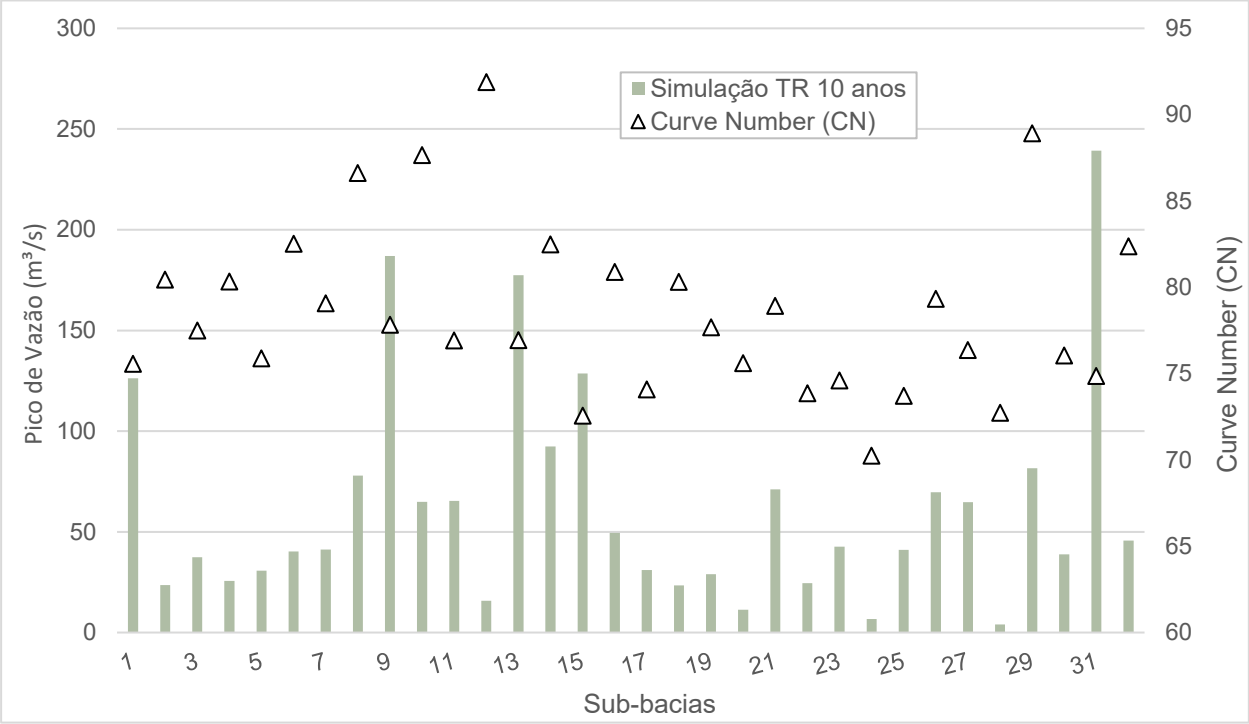


Figura 7.5. Vazão de pico do hidrograma de 10 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.4. Tempo de retorno de 25 anos

A Tabela 7.14 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 25 anos de tempo de retorno. A Figura 7.6 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 25 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.14. Valores característicos do hidrograma de projeto de 25 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m^3/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m^3)
SB01	162,2	860	104,60	6377,5
SB02	30,3	170	82,10	247,5
SB03	48,5	220	86,40	514,6
SB04	33,2	140	79,40	233,8
SB05	40,1	230	86,80	438,7
SB06	51,9	370	114,20	911,9
SB07	55,6	140	86,40	403,2
SB08	98,3	390	116,30	1834,4
SB09	249,3	290	106,80	3486,9
SB10	81,4	350	112,90	1371,5
SB11	88,5	210	96,70	895,3
SB12	19,6	110	80,30	111,5
SB13	231	950	146,00	10122,8
SB14	113,9	1320	134,10	6964,2
SB15	171,1	510	104,80	4161
SB16	63,3	380	97,00	1145,9
SB17	41,6	340	93,50	675,1
SB18	30	350	94,50	496,4
SB19	38,1	240	85,00	445,4
SB20	15,6	160	76,20	129,1
SB21	91	510	104,60	2171,5
SB22	34,6	230	93,60	398,1
SB23	59,7	220	91,70	644,7
SB24	10,6	90	68,10	50,7
SB25	54,5	450	100,90	1152,5
SB26	90,9	1150	143,40	4846,5
SB27	87,7	270	98,10	1178,3
SB28	5,4	1090	140,90	272,5
SB29	102,8	550	118,90	2681,4
SB30	53,3	320	102,70	830,9
SB31	306,4	1020	129,20	14498
SB32	59,2	510	116,50	1444,5

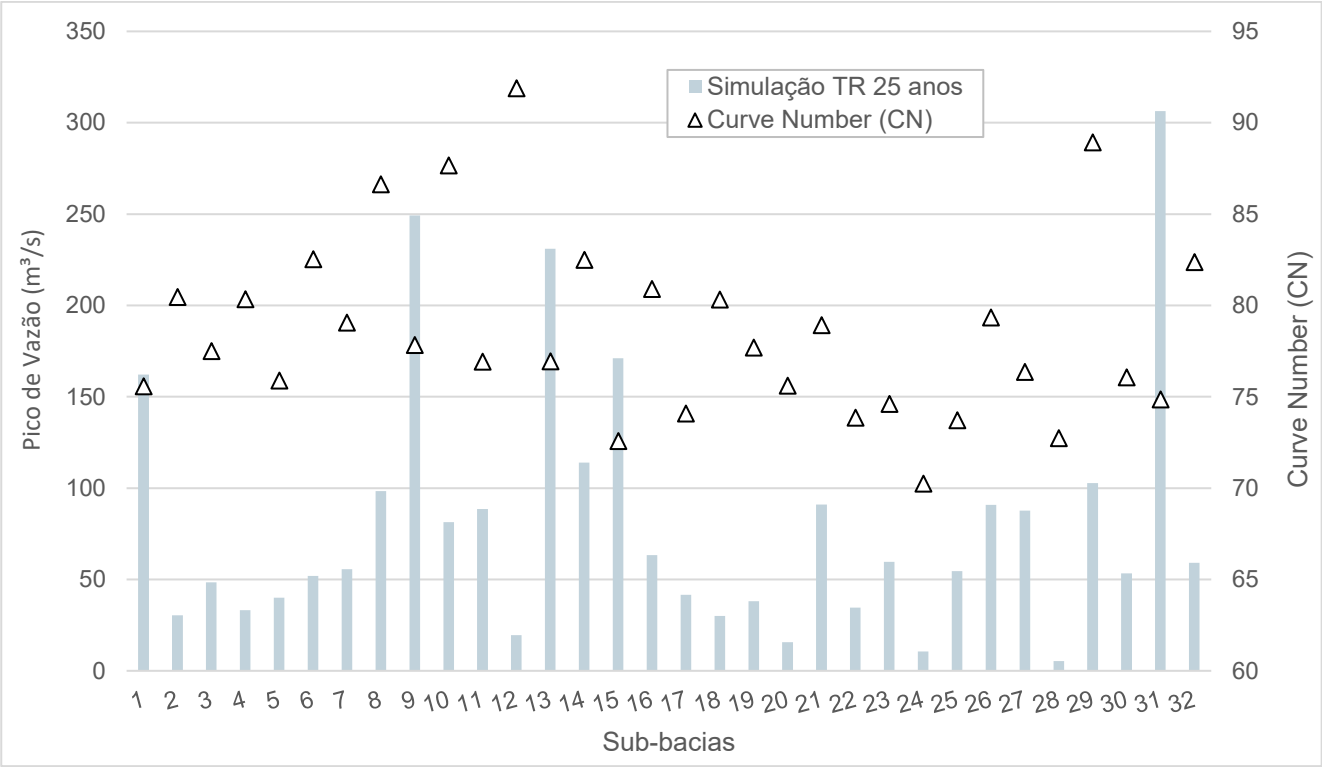


Figura 7.6. Vazão de pico do hidrograma de 25 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.5. Tempo de retorno de 50 anos

A Tabela 7.15 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 50 anos de tempo de retorno. A Figura 7.7 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 50 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.15. Valores característicos do hidrograma de projeto de 50 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB01	195,8	860	116,6	7641,7
SB02	36,6	160	91,8	298
SB03	59,1	210	96,6	622,3
SB04	40,1	140	88,7	280,9
SB05	49,2	220	97	532,8
SB06	62,6	370	130	1096

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB07	69,8	140	98,6	500,8
SB08	116,7	390	132,3	2171,9
SB09	308,1	290	121,6	4281,9
SB10	96,4	350	128,5	1620,1
SB11	110,6	210	110,2	1110,8
SB12	23,1	110	91,6	131,4
SB13	279,8	940	166	12210,7
SB14	132,9	1320	150	8110,4
SB15	209,5	510	117,1	5056
SB16	75,2	380	108,2	1354
SB17	51	340	104,4	820,1
SB18	36,5	340	105,5	598,9
SB19	46,2	240	94,9	536,1
SB20	19,4	160	85,1	157,4
SB21	108,3	500	116,8	2574,8
SB22	43,9	230	106,6	499,5
SB23	75,3	220	104,4	804,6
SB24	14,5	90	77,7	67,2
SB25	66,7	440	112,7	1397,6
SB26	109	1150	162,8	5788,6
SB27	108,3	270	111,6	1442,3
SB28	6,7	1090	160,3	333,8
SB29	120,9	550	135,3	3149,8
SB30	66,3	320	116,8	1026,1
SB31	367,6	1020	144,6	17298,8
SB32	71,1	510	132,5	1727,4

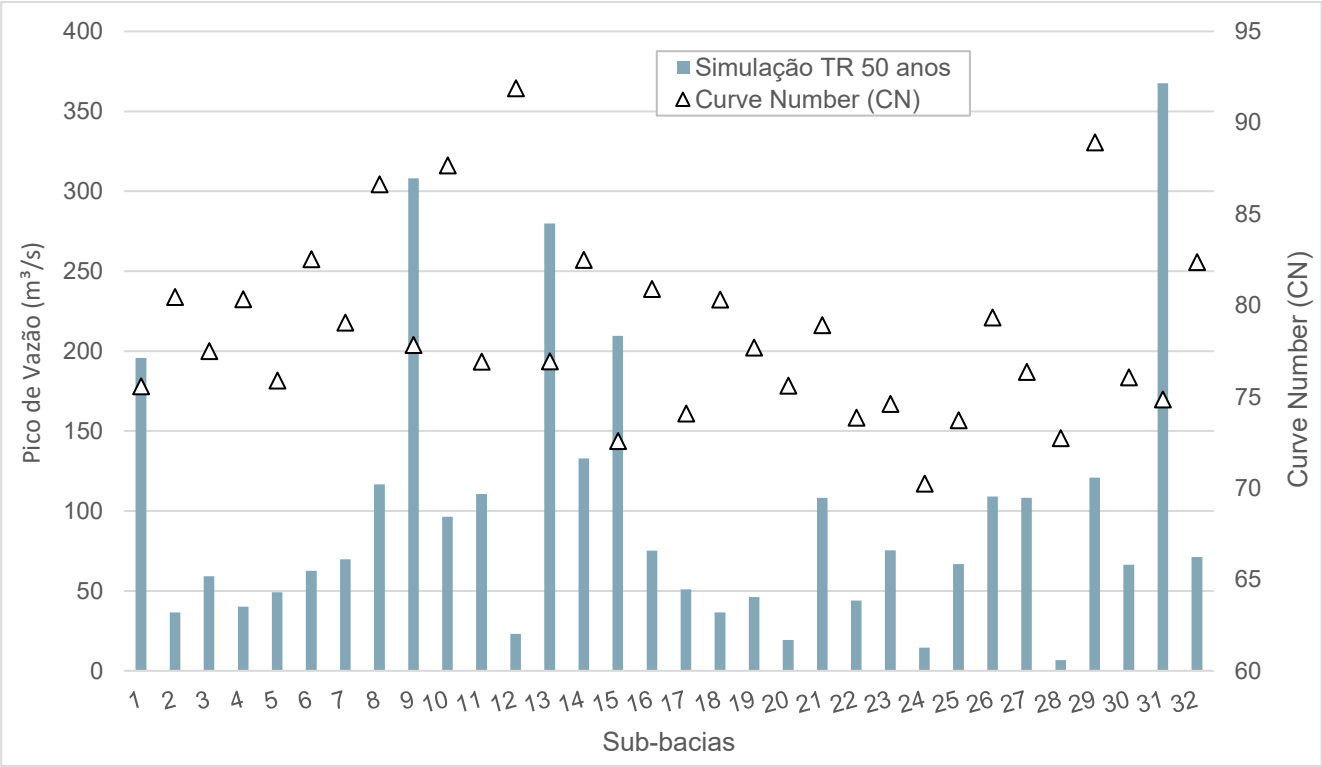


Figura 7.7. Vazão de pico do hidrograma de 50 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.6. Tempo de retorno de 100 anos

A Tabela 7.16 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário de 100 anos de tempo de retorno. A Figura 7.8 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 100 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 7.16. Valores característicos do hidrograma de projeto de 100 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB01	233,6	860	129,7	9070,9
SB02	43,6	160	102,1	351,5
SB03	71,1	210	107,6	743,1
SB04	48	140	98,8	333,8
SB05	59,6	220	108,2	640,9
SB06	75	370	148	1310,1

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (m³)
SB07	86,1	140	112,2	614,1
SB08	137,9	390	150,7	2565,1
SB09	376,8	290	138,4	5214,4
SB10	113,7	350	146,3	1907,7
SB11	136,5	200	125,3	1361,3
SB12	27	110	104,1	153,7
SB13	337,1	940	189	14669,2
SB14	154,3	1320	167,7	9404,7
SB15	254	510	130,7	6089,2
SB16	88,9	380	120,8	1594,8
SB17	62	330	116,5	989,9
SB18	42,4	340	117,7	694,9
SB19	55,6	240	105,9	640,3
SB20	23,8	160	94,9	191,3
SB21	128,3	500	130,4	3035,6
SB22	55	230	121,5	620,9
SB23	94	220	118,9	997,5
SB24	19,3	90	88,7	87,6
SB25	80,7	440	125,8	1682
SB26	130,8	1150	185,9	6932,7
SB27	133	270	127,2	1759,8
SB28	8,5	1090	182,9	424,2
SB29	142,1	550	154,4	3700,2
SB30	82,1	320	133,2	1262,4
SB31	434,7	1020	161,2	20404,9
SB32	85,2	510	151,3	2063,8

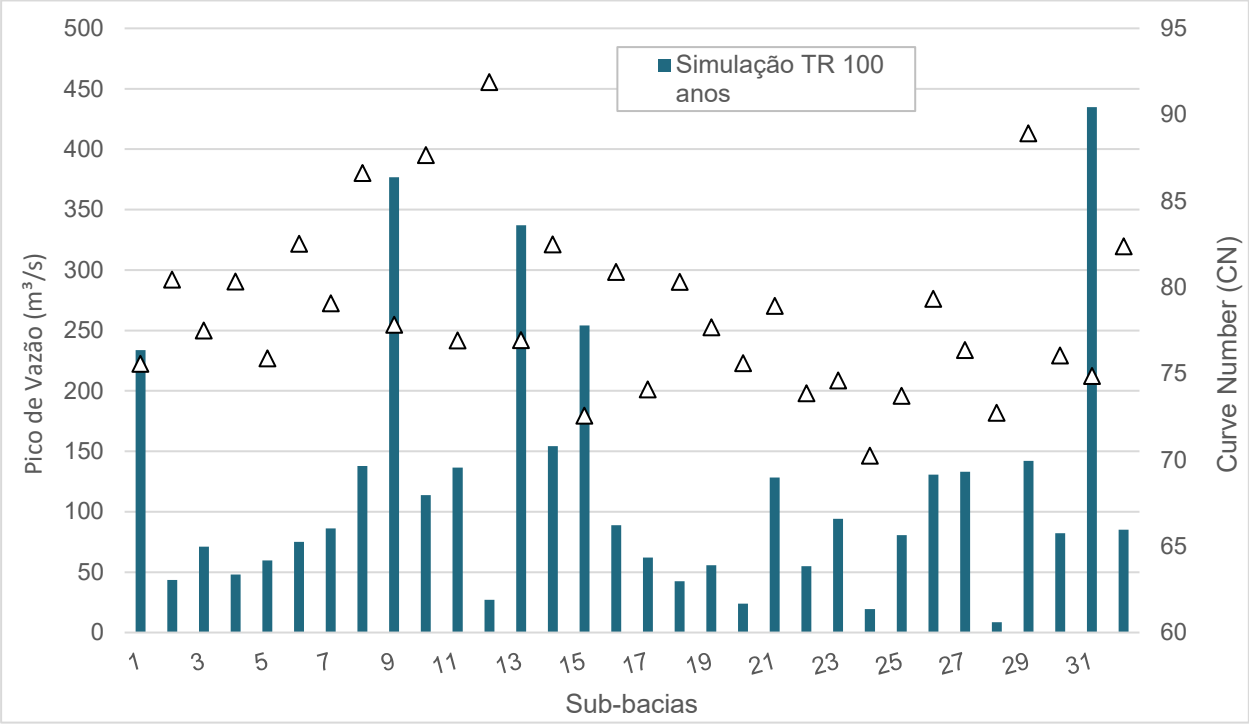


Figura 7.8. Vazão de pico do hidrograma de 100 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

7.1.4.7. Compilação dos resultados

Este item apresenta uma coletânea dos resultados gerados em todos os cenários da simulação hidrológica, para os seis diferentes tempos de retorno considerados. A Tabela 7.17 apresenta a compilação dos principais resultados gerados para as simulações com TR 100 anos, TR 50 anos e TR 25 anos. Já a Tabela 7.18 apresenta os principais resultados das demais simulações, com TR 10 anos, TR 5 anos e TR 2 anos.

A Figura 7.9 ilustra graficamente a magnitude dos picos de vazão de cada uma das sub-bacias, para todos os tempos de retorno simulados, organizados em ordem crescente; ou seja, do menor pico, observado na sub-bacia 28 (Calha do Jundiaí – jusante em Indaiatuba), ao maior pico, observado na sub-bacia 31 (Ribeirão Piraí).

Tabela 7.17. Resumo dos valores características das simulações de TR 100 anos, TR 50 anos e TR 25 anos.

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 100 anos				Simulação com TR 50 anos				Simulação com TR 25 anos			
		Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	233,6	129,70	67,43	0,52	195,80	116,60	56,80	0,49	162,20	104,60	47,41	0,45
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	43,6	102,10	54,66	0,54	36,60	91,80	46,34	0,50	30,30	82,10	38,49	0,47
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	71,1	107,60	53,46	0,50	59,10	96,60	44,77	0,46	48,50	86,40	37,02	0,43
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	48	98,80	51,68	0,52	40,10	88,70	43,48	0,49	33,20	79,40	36,19	0,46
SB05	Córrego do Moinho	59,6	108,20	50,99	0,47	49,20	97,00	42,39	0,44	40,10	86,80	34,9	0,40
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	75	148,00	100,55	0,68	62,60	130,00	84,11	0,65	51,90	114,20	69,98	0,61
SB07	Córrego Pinheirinho	86,1	112,20	60,57	0,54	69,80	98,60	49,39	0,50	55,60	86,40	39,77	0,46
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	137,9	150,70	113,85	0,76	116,70	132,30	96,40	0,73	98,30	116,30	81,42	0,70
SB09	Rio das Pedras	376,8	138,40	79,95	0,58	308,10	121,60	65,65	0,54	249,30	106,80	53,46	0,50
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	113,7	146,30	112,95	0,77	96,40	128,50	95,92	0,75	81,40	112,90	81,2	0,72
SB11	Córrego da Valquíria	136,5	125,30	67,16	0,54	110,60	110,20	54,80	0,50	88,50	96,70	44,17	0,46

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 100 anos				Simulação com TR 50 anos				Simulação com TR 25 anos			
		Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	27	104,10	83,09	0,80	23,10	91,60	71,05	0,78	19,60	80,30	60,26	0,75
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	337,1	189,00	123,39	0,65	279,80	166,00	102,71	0,62	231,00	146,00	85,15	0,58
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	154,3	167,70	119,62	0,71	132,90	150,00	103,16	0,69	113,90	134,10	88,58	0,66
SB15	Ribeirão Caxambú	254	130,70	61,87	0,47	209,50	117,10	51,37	0,44	171,10	104,80	42,28	0,40
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	88,9	120,80	72,13	0,60	75,20	108,20	61,24	0,57	63,30	97,00	51,83	0,53
SB17	Córrego da Lagoa	62	116,50	53,89	0,46	51,00	104,40	44,64	0,43	41,60	93,50	36,75	0,39
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	42,4	117,70	68,33	0,58	36,50	105,50	57,87	0,55	30,00	94,50	48,81	0,52
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	55,6	105,90	53,18	0,50	46,20	94,90	44,53	0,47	38,10	85,00	36,99	0,44
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	23,8	94,90	39,93	0,42	19,40	85,10	32,85	0,39	15,60	76,20	26,95	0,35
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	128,3	130,40	76,68	0,59	108,30	116,80	65,04	0,56	91,00	104,60	54,85	0,52
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	55	121,50	58,25	0,48	43,90	106,60	46,86	0,44	34,60	93,60	37,34	0,40
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	94	118,90	58,47	0,49	75,30	104,40	47,16	0,45	59,70	91,70	37,79	0,41
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	19,3	88,70	27,56	0,31	14,50	77,70	21,14	0,27	10,60	68,10	15,93	0,23

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 100 anos				Simulação com TR 50 anos				Simulação com TR 25 anos			
		Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	80,7	125,80	60,18	0,48	66,70	112,70	50,00	0,44	54,50	100,90	41,23	0,41
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	130,8	185,90	128,48	0,69	109,00	162,80	107,28	0,66	90,90	143,40	89,82	0,63
SB27	Córrego da Barrinha	133	127,20	71,51	0,56	108,30	111,60	58,60	0,53	87,70	98,10	47,88	0,49
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	8,5	182,90	109,34	0,60	6,70	160,30	86,02	0,54	5,40	140,90	70,24	0,50
SB29	Córrego do Barnabé	142,1	154,40	124,00	0,80	120,90	135,30	105,56	0,78	102,80	118,90	89,86	0,76
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	82,1	133,20	72,10	0,54	66,30	116,80	58,60	0,50	53,30	102,70	47,46	0,46
SB31	Ribeirão Piraí	434,7	161,20	92,98	0,58	367,60	144,60	78,82	0,55	306,40	129,20	66,06	0,51
SB32	Rio Jundiaí (foz)	85,2	151,30	105,57	0,70	71,10	132,50	88,36	0,67	59,20	116,50	73,89	0,63

Tabela 7.18. Resumo dos valores características das simulações de TR 10 anos, TR 5 anos e TR 2 anos.

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 10 anos				Simulação com TR 5 anos				Simulação com TR 2 anos			
		Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	126,30	91,00	37,24	0,41	101,80	81,20	30,30	0,37	75,80	70,10	22,95	0,33
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	23,60	71,40	30,50	0,43	19,20	63,90	24,94	0,39	14,50	55,40	19,17	0,35
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	37,40	75,20	28,94	0,38	30,10	67,30	23,58	0,35	22,20	58,30	17,88	0,31
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	25,60	68,90	28,34	0,41	20,80	61,80	23,32	0,38	15,60	53,60	17,87	0,33
SB05	Córrego do Moinho	30,70	75,60	27,12	0,36	24,50	67,60	21,93	0,32	17,90	58,50	16,46	0,28
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	40,30	96,60	54,69	0,57	32,80	84,80	44,79	0,53	24,60	71,50	34,10	0,48
SB07	Córrego Pinheirinho	41,20	73,20	29,91	0,41	32,20	64,30	23,68	0,37	22,60	54,10	17,09	0,32
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	78,00	98,30	64,86	0,66	64,80	86,30	54,07	0,63	50,10	72,80	42,26	0,58
SB09	Rio das Pedras	186,90	90,30	40,51	0,45	147,60	79,30	32,34	0,41	106,00	66,90	23,73	0,35
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	64,90	95,50	65,05	0,68	54,00	83,80	54,45	0,65	42,20	70,70	42,83	0,61
SB11	Córrego da Valquíria	65,40	81,70	33,03	0,40	51,00	71,80	26,14	0,36	35,90	60,50	18,88	0,31

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 10 anos				Simulação com TR 5 anos				Simulação com TR 2 anos			
		Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m³/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	15,80	68,00	48,81	0,72	13,20	59,70	41,12	0,69	10,40	50,20	32,51	0,65
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	177,50	123,20	65,78	0,53	143,90	108,40	53,69	0,50	107,10	91,30	40,39	0,44
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	92,40	116,00	72,31	0,62	78,10	103,30	61,16	0,59	61,90	88,80	48,79	0,55
SB15	Ribeirão Caxambú	128,60	90,40	32,23	0,36	102,00	80,70	25,91	0,32	73,70	69,50	19,18	0,28
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	49,40	83,50	40,86	0,49	40,60	74,60	33,93	0,45	31,00	64,30	26,28	0,41
SB17	Córrego da Lagoa	31,10	80,50	27,85	0,35	24,50	71,90	22,37	0,31	17,60	62,00	16,57	0,27
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	23,40	81,40	38,38	0,47	19,10	72,60	31,68	0,44	14,50	62,70	24,54	0,39
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	28,90	73,30	28,54	0,39	23,10	65,40	23,18	0,35	16,90	56,30	17,38	0,31
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	11,40	65,60	19,98	0,30	8,90	58,60	15,86	0,27	6,20	50,50	11,54	0,23
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	71,10	90,20	43,28	0,48	58,40	80,50	35,83	0,45	44,50	69,40	27,73	0,40
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	24,60	78,50	26,96	0,34	18,70	68,90	20,95	0,30	12,60	57,70	14,61	0,25
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	42,70	76,90	27,56	0,36	32,80	67,50	21,58	0,32	22,30	56,50	15,22	0,27
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	6,70	57,10	10,68	0,19	4,60	50,20	7,86	0,16	2,50	42,00	5,07	0,12

Código da sub-bacia	Nome do talvegue	Simulação com TR 10 anos				Simulação com TR 5 anos				Simulação com TR 2 anos			
		Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)	Pico de vazão (m^3/s)	Volume precipitado (mm)	Volume escoado (mm)	Coef. escoamento (C)
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	41,00	86,90	31,39	0,36	32,60	77,70	25,34	0,33	23,60	66,90	18,77	0,28
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	69,70	119,80	69,16	0,58	58,10	105,40	56,96	0,54	42,60	88,10	42,97	0,49
SB27	Córrego da Barrinha	64,80	82,20	35,88	0,44	51,20	72,10	28,74	0,40	36,50	60,30	20,99	0,35
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	4,00	117,90	52,19	0,44	3,10	103,60	41,60	0,40	2,20	86,90	30,07	0,35
SB29	Córrego do Barnabé	81,60	99,60	71,62	0,72	68,60	87,50	60,37	0,69	53,30	73,10	47,26	0,65
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	38,80	86,00	34,97	0,41	30,20	75,50	27,64	0,37	21,00	63,20	19,72	0,31
SB31	Ribeirão Piraí	239,20	111,50	51,95	0,47	196,10	99,60	42,89	0,43	150,50	86,50	33,42	0,39
SB32	Rio Jundiaí (foz)	45,60	97,50	57,24	0,59	37,40	85,70	47,25	0,55	28,10	71,70	35,88	0,50

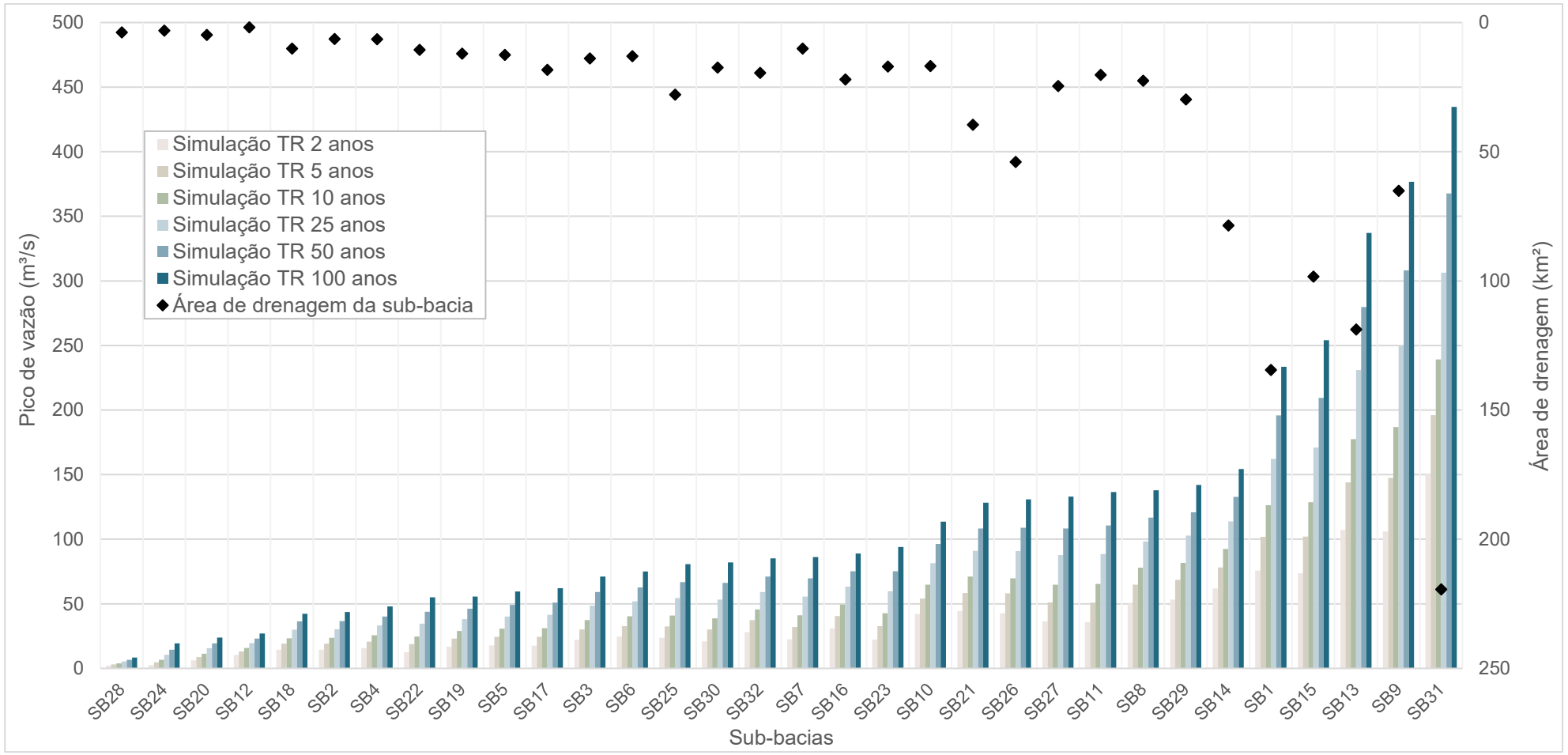


Figura 7.9. Resumo, em ordem crescente, das vazões de pico obtidas para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, em todos os cenários simulados.

7.2. Simulação hidrodinâmica

O presente item expõe a criação do modelo hidrodinâmico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Nele são abordados a elaboração do MNT (Modelo Numérico do Terreno) e uma breve descrição do *software* HEC-RAS. A Figura 7.10 apresenta o diagrama unifilar da bacia utilizado para as simulações realizadas.

7.2.1. *Elaboração do MNT (Modelo Numérico de Terreno)*

Para a execução da simulação hidrodinâmica na bacia, é necessário dispor de um modelo de terreno que represente de forma adequada a calha do curso d'água na qual a vazão será propagada, bem como as regiões de entorno – conhecidas como planícies de inundação ou área alagáveis. Desta forma, para a construção do Modelo Numérico do Terreno (MNT) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, foram utilizadas duas fontes de informação principais: o Modelo Digital de Superfície (MDS) da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA, 2011) e dados oriundos de levantamento de campo, provenientes dos resultados das atividades de campo, apresentadas no capítulo 5 do presente Plano Diretor de Macrodrenagem.

Os dados da EMPLASA são oriundos do Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo, realizado nos anos de 2010 e 2011. Os arquivos foram disponibilizados georreferenciados, com resolução espacial de aproximadamente 1 metro. Os dados oriundos do levantamento de campo são referentes às seções transversais, confluências e travessias, utilizados para caracterizar a calha do Rio Jundiaí e seu entorno. Para o processamento destes dados, foram utilizados os pontos cotados em campo para a criação de um arquivo *raster* da calha do Rio Jundiaí e do seu entorno, de forma a representar o fundo e as margens do curso d'água.

Com a caracterização da calha e entorno finalizada, este arquivo *raster* gerado a partir dos dados de campo foi então substituído no MDS da EMPLASA. Este procedimento foi realizado tendo em vista que as elevações na região próxima da calha e das margens do Rio Jundiaí não são bem representadas pelo modelo de superfície da EMPLASA, já que o mesmo caracteriza apenas as regiões do terreno, e não a batimetria de cursos d'água.

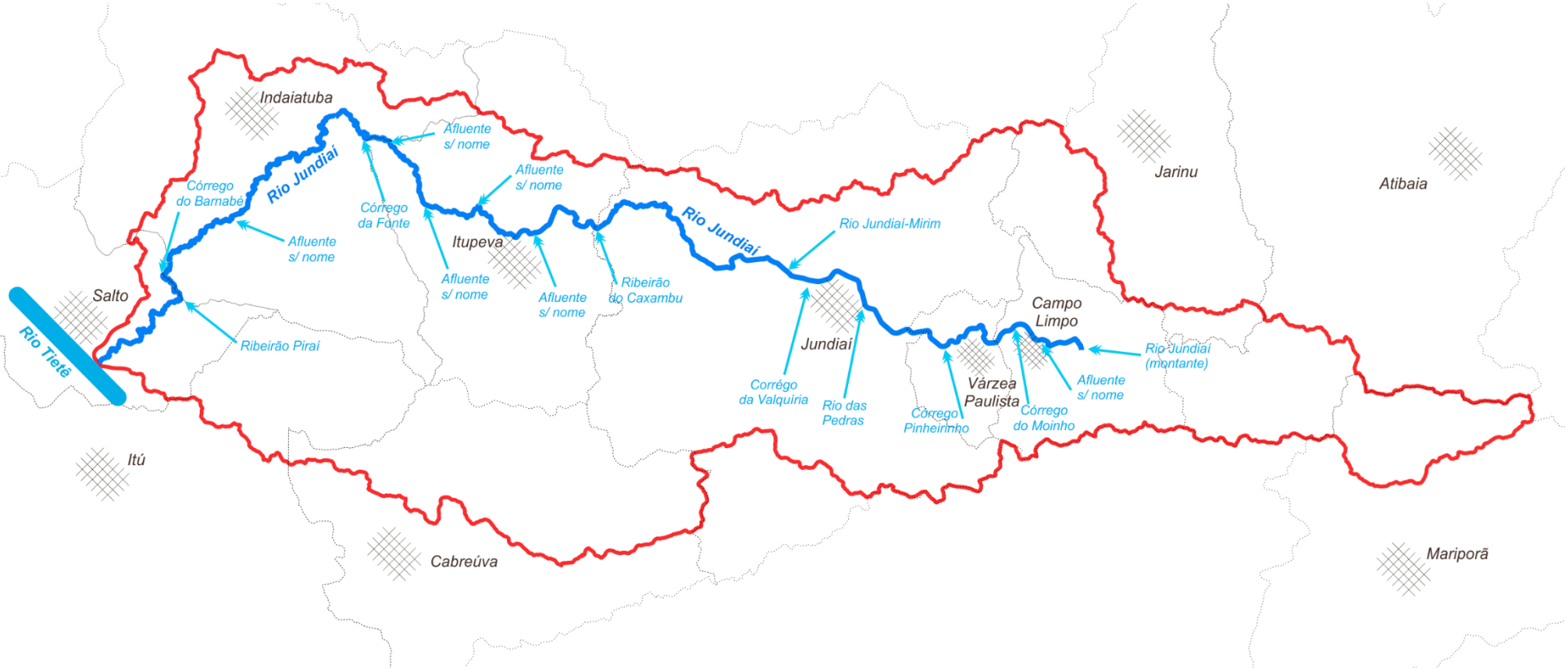


Figura 7.10. Diagrama Unifilar para simulação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Desta forma, com a calha oriunda do levantamento de campo e as demais regiões advindas do MDS da EMPLASA, foi gerado um arquivo *raster* com o Modelo Numérico do Terreno completo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. O arquivo possui resolução espacial de 1 metro, projeção Universal Transversa de Mercator e Datum SIRGAS 2000 Zona 23S. O MNT da bacia do Rio Jundiaí é apresentado no Mapa 7.6.

7.2.2. *O modelo River Analysis System (HEC-RAS)*

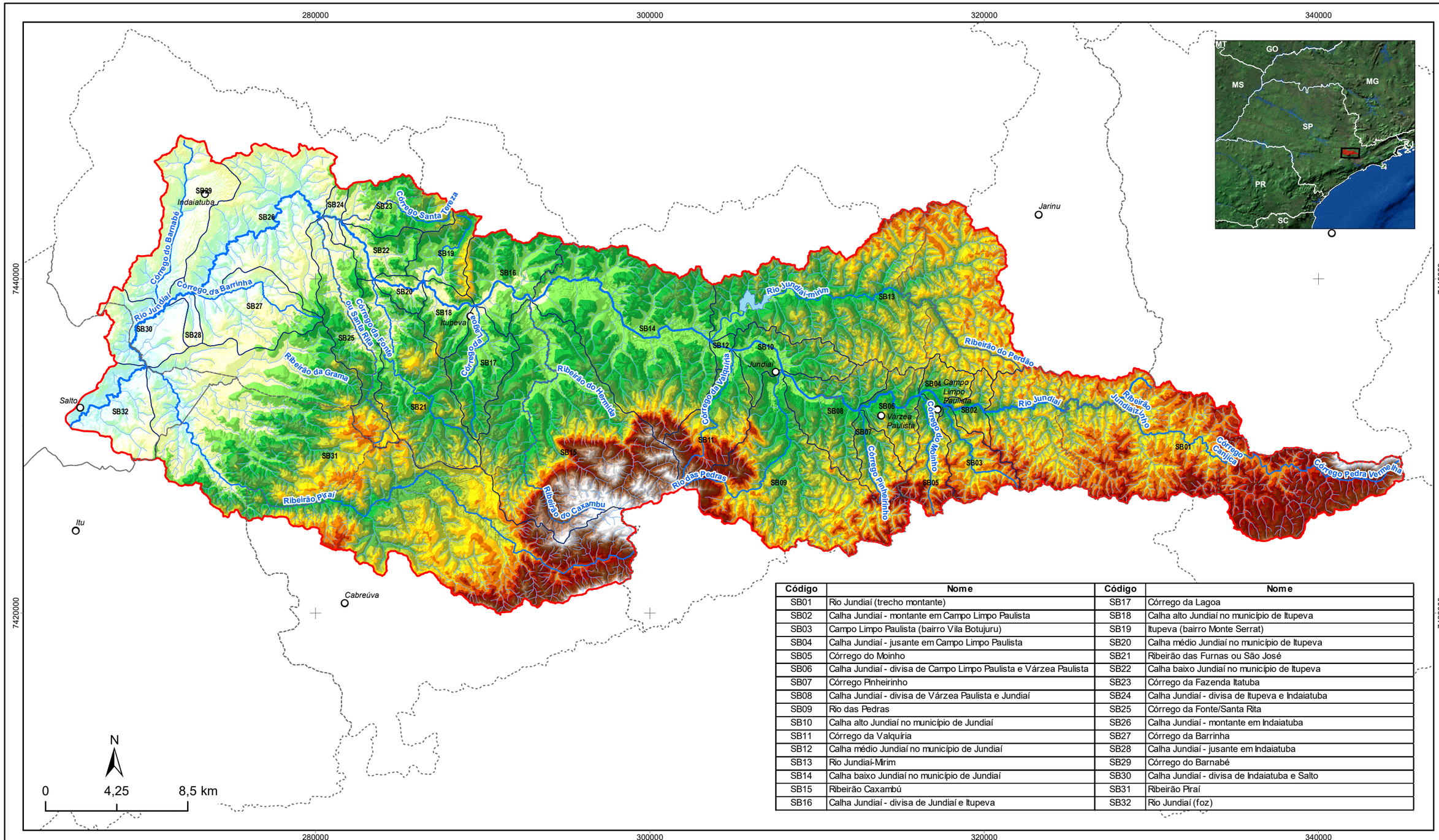
O modelo HEC-RAS foi desenvolvido para simular cálculos hidráulicos unidimensionais em sistemas fluviais naturais ou canais artificiais. Trata-se de um programa computacional gratuito e vem sendo continuamente desenvolvido, possui uma boa interatividade com o usuário e interface gráfica (*Graphical User Interface - GUI*), ainda mantém alta eficiência e agilidade nos cálculos solicitados. Esse modelo contém quatro componentes básicos de análise: (1) escoamento permanente com determinação de perfis de linha de água; (2) escoamento não-permanente; (3) cálculo de transporte de sedimentos e, (4) análise de qualidade de água. Todos esses ferramentais utilizam-se da mesma representação geométrica do sistema físico e rotinas hidráulicas computacionais, o que proporciona facilidade de troca de informações entre os diferentes componentes.

No módulo de escoamento não-permanente, o modelo resolve as equações de continuidade e de momento na forma de equações diferenciais parciais: equação da continuidade ou de conservação de massa e equação da conservação de momento (7.4 e 7.5).

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \qquad 7.4$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q \cdot V}{\partial x} + g \cdot A_T \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0 \qquad 7.5$$

Onde: Q é a vazão; t é o tempo; A_T é a área da seção; q_1 é o aporte lateral de vazão; z é a cota (ou nível); V é a velocidade; g é a aceleração da gravidade; S_f é a declividade da linha de energia e x é a distância ao longo do rio.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia
- Rios, represas e lagoas

Modelo Numérico de Terreno (m)

≤ 565	750,1 - 780	1.020,1 - 1.060
565,1 - 595	780,1 - 815	1.060,1 - 1.100
595,1 - 630	815,1 - 850	1.100,1 - 1.140
630,1 - 675	850,1 - 900	1.140,1 - 1.175
675,1 - 715	900,1 - 940	1.175,1 - 1.200
715,1 - 750	940,1 - 975	1.200,1 - 1.250
	975,1 - 1.020	1.250,1 - 1.320

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.6 - Modelo Numérico de Terreno (MNT) da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- MNT: Elaborado a partir de dados de campo e MDT da Emplasa

As equações apresentadas anteriormente são aproximadas por um esquema de diferenças finitas e resolvidas numericamente pelo método de Newton-Raphson. A resolução dessas equações exige que as condições do escoamento sejam conhecidas nos extremos do problema. Como condições de contorno de montante podem ser inseridas séries de vazão ou de nível na seção mais a montante. As condições de contorno de jusante podem ser vazões, níveis, ou uma relação entre vazões e níveis tal como uma curva-chave ou a equação de Manning para uma dada declividade da linha d'água. Mais detalhes do modelo HEC-RAS podem ser encontrados no endereço eletrônico do *U.S. Corps of Engineers*.

Uma grande vantagem de se utilizar o HEC-RAS é que ele está associado a outro programa, denominado HEC-GeoRAS, que apresenta uma série de rotinas e ferramentas que processam dados geoespaciais no software *ArcGIS*®, usando *GUI*, e os preparam para usar no HEC-RAS. Além disso ele também faz a interface entre os resultados das simulações hidráulicas obtidas no HEC-RAS com o *ArcGIS*®. Para isso, basta dispor de um modelo digital do terreno da região em estudo. A ideia, que introduz agilidade e flexibilidade nos estudos, é caracterizar todo o sistema fluvial previamente no *ArcGIS*®, como canal principal, seções topobatimétricas, rugosidade hidráulica do terreno, bem como, adicionar barragens, áreas de reservatórios, diques, de modo a facilitar a entrada de dados, e, posterior, executar as simulações no HEC-RAS, e representar de modo espacial os resultados obtidos (ACKERMAN, 2005).

Do ponto de vista operacional, apresenta-se, a seguir, o equacionamento e a metodologia do modelo HEC-RAS, sendo apresentadas as funcionalidades e rotinas utilizadas. Mais detalhes sobre o programa podem ser observados nos manuais do mesmo.

Considerando duas seções consecutivas em um canal, a expressão da conservação da energia utilizada no programa HEC-RAS é a representada pela seguinte equação (7.6):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_e \qquad 7.6$$

Em que: Y_1 e Y_2 são as profundidades da água nas seções transversais; Z_1 e Z_2 são as cotas de fundo no canal principal; V_1 e V_2 são as velocidades médias (vazão total/área total de escoamento); α_1 e α_2 são os coeficientes de ponderação da velocidade; g é aceleração gravitacional e h_e é a perda de energia. Na Figura 7.11 é apresentado os termos dessa equação.

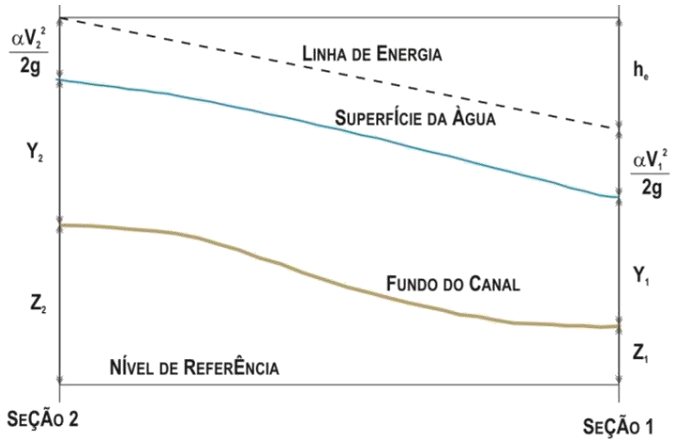


Figura 7.11. Representação dos termos da equação de energia (HEC-RAS, 2016).

A perda de energia é composta de uma perda linear e uma perda singular. Para o presente estudo, será apresentada a perda linear, calculada por $L \times S_f$, onde L é o comprimento, ponderado pela vazão, do trecho entre duas seções, e S_f é a declividade da linha de atrito entre duas seções. A fórmula para o cálculo de L é a seguinte (7.7):

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \qquad 7.7$$

Em que: L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} são os comprimentos entre duas seções tomados pela margem esquerda, pelo canal principal e pela margem direita, respectivamente, e $\bar{Q}_{lob}$, $\bar{Q}_{ch}$ e $\bar{Q}_{rob}$ são as médias aritméticas, entre duas seções, das vazões tomadas pela margem esquerda, pelo canal principal e pela margem direita, respectivamente.

O programa subdivide o escoamento em escoamento no canal principal e escoamento nas margens (ou planícies de inundação), como mostrado a seguir (Figura 7.12).

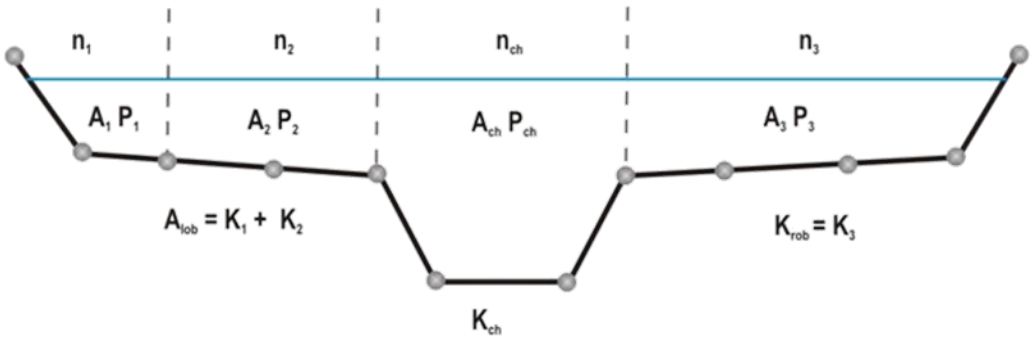


Figura 7.12. Subdivisão das seções - cálculo da condutância (HEC-RAS, 2016).

Usando Manning, a condutância hidráulica é calculada por $K = \frac{A \cdot R^{2/3}}{n}$ para cada subdivisão. A condutância total da seção é soma das condutâncias K_{lob}, K_{ch}, K_{rob}. Do mesmo modo, devem ser adotados valores de coeficientes de rugosidade de Manning para as subdivisões. O cálculo das vazões, então, resulta em $Q = K \cdot \sqrt{S_f}$.

O coeficiente α também é calculado, mediante a seguinte expressão (7.8):

$$\alpha = \frac{A_t^2 \cdot \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2}\right]}{K_t^3} \qquad 7.8$$

Em que: At e Kt são, respectivamente, a área total de escoamento e a condutância total de escoamento.

As demais variáveis correspondem às áreas e condutâncias nas subdivisões. A declividade de atrito é calculada por (7.9):

$$\overline{S_f} = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2}\right)^2 \qquad 7.9$$

Onde: Q_1 e Q_2 são as vazões nas duas seções consecutivas e K_1 e K_2 são as condutâncias nas duas seções consecutivas.

O procedimento de cálculo iterativo segue os passos descritos abaixo, para o caso do escoamento supercrítico:

1. É assumida uma cota da linha d'água na seção de montante (seção 2);
2. Com base na cota assumida no passo 1, a condutância e a taquicarga totais $\left(v^2/2g\right)$ correspondentes são determinadas;
3. Com os valores do passo 2, calcula-se $\overline{S_f}$;
4. Com os valores dos passos 2 e 3, resolve-se a Equação de Energia para a cota na seção de montante;
5. Os valores calculados no passo 4 e assumidos no passo 1 são comparados;
6. Repetem-se os passos do 1 ao 5 até que a diferença entre o calculado e o assumido seja menor que 0,01 ft (ou 0,003 m), ou outra tolerância definida pelo usuário.

No passo 1, o critério para se assumir uma cota na seção de montante é: na primeira tentativa, é feita uma projeção da profundidade da água da seção de jusante, na seção de montante; na segunda tentativa, a cota da linha d'água é igual à cota assumida na tentativa anterior mais 70% do erro na primeira tentativa (calculado – assumido). Em outras palavras (equação 7.10):

$$WS_{nova} = WS_{assumida} + 0{,}70 \cdot (WS_{calculada} - WS_{assumida}) \quad 7.10$$

Onde: WS é o nível d'água (*water surface*) da seção em análise.

A terceira e demais tentativas são geralmente baseadas em um método "secante" de projeção da taxa de variação da diferença entre os valores de cota calculados e assumidos nas tentativas anteriores. A equação do método "secante" é a seguinte (7.11):

$$WS_I = WS_{I-2} - Err_{I-2} \cdot \left(\frac{Err\_Assum}{Err\_Diff}\right) \quad 7.11$$

Em que: WS_I é a nova cota da superfície da água assumida; WS_{I-1} é a cota da superfície da água assumida na iteração anterior; WS_{I-2} é a cota da superfície da água assumida a duas iterações anteriores; Err_{I-2} é o erro entre a cota da superfície da água calculada e a assumida na iteração I-2; e Err_Assum e Err_Diff são calculados através das equações a seguir (7.12 e 7.13):

$$Err_{Assum} = WS_{I-2} - WS_{I-1} \quad 7.12$$

$$Err - Diff = WS_{I-1} - WS_{calculada\ I-1} + Err_{I-2} \quad 7.13$$

A mudança de uma tentativa para outra é restrita ao máximo de 50% da profundidade assumida da tentativa anterior. Se Err_Diff é menor que 1×10^{-2}, o método secante não é utilizado. Quando isto acontece, o programa calcula uma nova cota como a média entre os valores calculado e assumido na iteração anterior. O máximo número de iterações é de 20. Para maiores detalhes, consultar o *Hydraulic Reference Manual* (HEC-RAS, 2016).

7.2.3. *Procedimentos de simulação realizados*

Conforme já mencionado a simulação hidrodinâmica foi realizada através do modelo HEC-RAS, e para isso seguiu as seguintes etapas abaixo:

- Elaboração do modelo no HEC-RAS;

- Condições de contorno (cenários);
- Calibração do modelo;
- Resultados.

7.2.3.1. Elaboração do modelo no HEC-RAS

Para a construção do trecho do Rio Jundiaí no HEC-RAS foram utilizadas, além das seções e travessias do levantamento topográfico, 1.691 seções adicionais ao longo de todo o trecho de rio. Essas seções foram obtidas a partir do Modelo Número do Terreno. Além das seções, foram definidos o eixo do Rio Jundiaí e a calha a partir das seções do levantamento topobatimétrico.

Na Figura 7.13 é apresentada o traçado do trecho simulado no modelo HEC-RAS.

7.2.3.2. Condições de Contorno

As condições de contorno estão diretamente relacionadas aos cenários utilizados na simulação, os quais foram definidos a partir dos dados de vazões e níveis, conforme apresentados nos itens 6.2.1 e 6.2.2 para vários tempos de retorno.

Para simulação foram definidos os seguintes cenários:

- Cenário 1: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 2 anos;
- Cenário 2: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 5 anos;
- Cenário 3: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 10 anos;
- Cenário 4: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 25 anos;
- Cenário 5: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 50 anos;
- Cenário 6: condição de vazão e nível (foz do Rio Jundiaí) para TR = 100 anos.

A inserção das vazões no modelo foi realizada tomando como base o diagrama unifilar (Figura 7.10) e adotando o seguinte critério: para as sub-bacias com contribuição pontual (nomenclatura ímpar) a vazão foi inserida na seção do Rio Jundiaí mais próxima da sua foz, já para as sub-bacias com contribuição lateral (nomenclatura par) a distribuição da vazão foi realizada de forma linear ao longo do trecho do Rio Jundiaí em que faz parte a sub-bacia.

É importante ressaltar que esses cenários são bastantes conservadores, pois dificilmente os picos das vazões máximas das sub-bacias se propaguem ao mesmo tempo para o Rio Jundiaí.

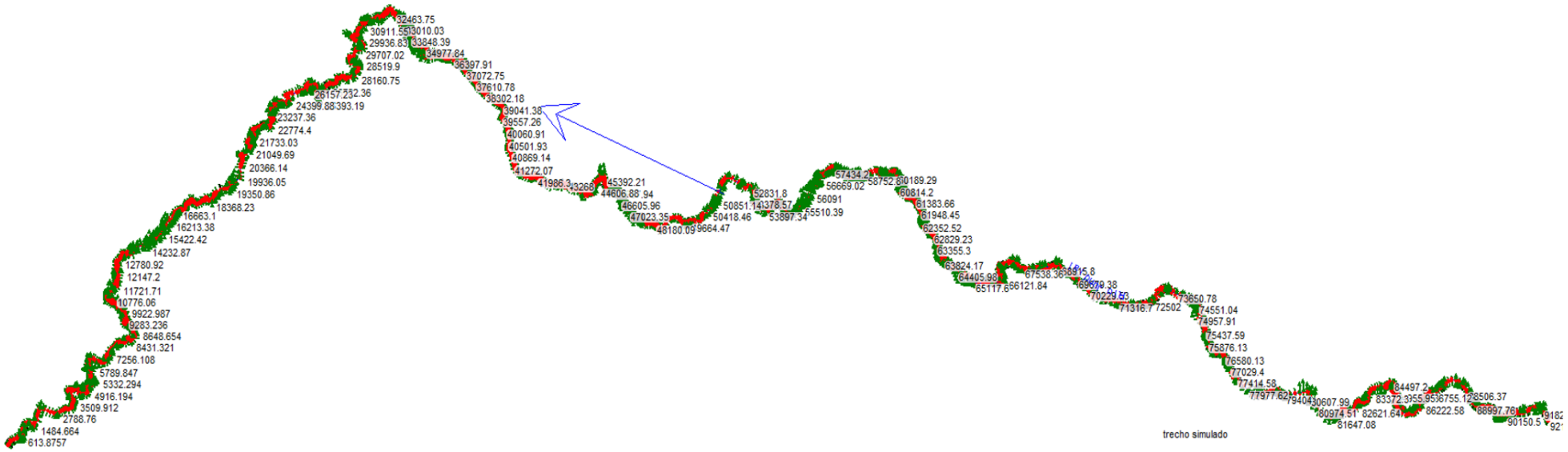


Figura 7.13. Representação do trecho do Rio Jundiaí utilizado para simulação.

7.2.3.3. Calibração do modelo

A calibração do modelo foi realizada manualmente, através da comparação visual da série de níveis observados e calculados nas estações localizados no Rio Jundiaí, dentre elas foram escolhidas as seguintes estações: 62390000 (Jundiaí), 62395000 (Itupeva) e 62400000 (Itaici).

O parâmetro utilizado na calibração foi o coeficiente de Manning, o qual representa o parâmetro mais sensível para o ajuste do nível nas seções observadas, tanto na calha principal quanto na planície de inundação. Cabe ressaltar que outros parâmetros hidráulicos disponíveis no modelo ou não apresentam sensibilidade sobre a oscilação do nível d'água durante um evento de cheia ou há uma carência de dados observados para avaliação desses coeficientes de maneira mais precisa, como, por exemplo, ocorre nas travessias (pontes). Nesses casos, esses parâmetros, foram mantidos como padrão pelo modelo.

O ajuste do coeficiente de Manning resultou em valores de n variando entre 0,035 e 0,040 para a planície de inundação, e entre 0,015 e 0,035 para calha principal.

7.3. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação

Este item apresenta o resultado da simulação hidrodinâmica realizada com o *software* HEC-RAS para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. O produto da atividade supracitada são manchas de inundação para a calha do Rio Jundiaí, que estão agrupadas por tempo de retorno de simulação e são apresentadas do item 7.3.1 ao item 7.3.6.

7.3.1. *Tempo de retorno de 2 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 2 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 1. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.2. *Tempo de retorno de 5 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 5 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 2. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.3. *Tempo de retorno de 10 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 10 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 3. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.4. *Tempo de retorno de 25 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 25 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 4. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.5. *Tempo de retorno de 50 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 25 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 5. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.6. *Tempo de retorno de 100 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 100 anos, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 6. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.7. *Compilação dos resultados para todos os tempos de retorno*

Este item apresenta uma compilação dos resultados ilustrados nos itens 7.3.1 a 7.3.6. Desta forma, aqui são representadas, sobrepostas, as manchas de inundação para os diversos tempos de retorno simulados – 2 anos, 5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos.

A representação das manchas de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com sobreposição de todos os períodos de retorno simulados, é apresentada no TOMO III deste relatório, nos Apêndices - Mapa 7. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*),

elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

7.3.8. *Análise dos resultados*

A busca por dados quanto à tipologia das ruas localizadas nas manchas de inundação teve como ponto de partida os endereços eletrônicos das prefeituras, cujos municípios possuem áreas ao longo do Rio Jundiaí e que são atingidos por extravasamento das águas nos trechos modelados. A seguir são listados os materiais utilizados como referência:

- Campo Limpo Paulista: Plano Diretor do Município de Campo Limpo Paulista e Mapa 3 - Rede Estrutural do Sistema Viário (CAMPO LIMPO PAULISTA, 2019). Conforme o Plano Diretor, o sistema viário estrutural do município organiza-se em seis categorias com a seguinte hierarquia: I. Rodovias; II. Vias Arteriais Primárias; III. Vias Arteriais Turísticas; IV. Vias Arteriais Secundárias; V. Vias Coletoras e; VI. Vias Locais.
- Várzea Paulista: Plano Diretor de Várzea Paulista - Classificação do Sistema Viário (VÁRZEA PAULISTA, 2006).O Artigo 31 do Plano Diretor define as categorias das vias, as quais estão na ordem decrescente de hierarquia: I - Via Arterial é aquela de caráter estrutural para o Município, cumprindo funções de acesso a outros municípios, e integração entre as regiões da cidade; II - Via Coletora é aquela de saída ou penetração aos bairros tendo a função de canalizar o tráfego das vias locais para as vias arteriais; III - Via Local é aquela que apresenta como principal função o acesso aos lotes e são identificadas como todas aquelas vias municipais sem classificação específica.
- Jundiaí: Plano Diretor do Município de Jundiaí - Mapa 02 – Zoneamento e Sistema Viário (JUNDIAÍ, 2019).Conforme o Artigo 217 desta Lei, as vias são classificadas conforme suas funções urbanísticas nas seguintes categorias: I - vias de desenvolvimento regional: compreendem as rodovias e avenidas marginais e se destinam a atividades vinculadas à indústria, logística e grandes serviços, promovendo o desenvolvimento do território; II - vias de organização do território: a) vias estruturais: abrangem grandes porções do território, estruturam a malha urbana e possuem maior capacidade para o atendimento das condições de mobilidade; b) vias de concentração: apresentam maior concentração dos usos

econômicos (não residenciais) na zona em que está inserida, porém com capacidade limitada para mobilidade; c) vias de indução: vias estratégicas de planejamento, visando estimular a criação de usos não residenciais e residenciais multifamiliares, conformam as microcentralidades e/ou promovem a ligação entre bairros; III - vias de proteção de bairro: a) vias de circulação: vias predominantemente residenciais e com possibilidade de outros usos compatíveis com as residências, sendo normalmente utilizadas para circulação interna ao bairro residencial; b) vias de acesso ao lote: protegem e preservam as características residenciais dos bairros e possuem fluxo reduzido de automóveis e pedestres. No que se refere à classificação funcional das vias, são encontradas as seguintes especificações: as vias estruturais são equivalentes à via arterial; as vias de concentração e de indução são equivalentes à via coletora; as vias de circulação podem ser equivalentes à via coletora ou à via local, a critério da autoridade de trânsito municipal; as vias de acesso ao lote são equivalentes à via local do Código de Trânsito Brasileiro.

- Itupeva: Plano de Diretrizes Urbanísticas - PDU do Município de Itupeva e o respectivo Anexo VII no qual consta a classificação das vias (ITUPEVA, 2012). Conforme o item de conceitos e definições do PDU, as vias de Itupeva são classificadas nas seguintes categorias: Via arterial: é a classificação dada ao leito carroçável com função estrutural destinado à canalização do tráfego principal e de integração das diversas regiões da cidade; Via coletora: é aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade; via de trânsito rápido: é aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem intersecções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestre em nível; Via local: é aquela caracterizada por intersecções em nível não semaforizadas, destinadas apenas ao acesso local ou áreas restritas. Como não foi encontrado mapa com a setorização das vias do município de Itupeva, as categorias das vias foram atribuídas conforme a lista de classificação das vias disponível no Anexo VII do PDU, sendo que a busca foi feita pelo nome da via. Em função disso, algumas vias sem nome, acabaram ficando sem classificação.

- Indaiatuba: Plano Diretor do Município de Indaiatuba - PDI e mapa do sistema viário disponível no Anexo IV (INDAIATUBA, 2010). O PDI estabelece a seguinte classificação para o sistema viário municipal: I – Sistema Ferroviário; II – Sistema Rodoviário: a) vias expressas – compreendendo rodovias e vias que não são interceptadas por outras vias; b) vias arteriais – compreendendo avenidas e ruas que permitem o deslocamento entre várias regiões da cidade; c) vias coletoras – compreendendo vias que coletam e distribuem o tráfego entre as vias arteriais e as locais, possibilitando o trânsito dentro das várias regiões da cidade; d) vias locais - aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas (residências). (art. 61, § 2º do Código de Trânsito Brasileiro). Contudo, na legenda do Mapa correspondente ao Anexo IV somente estão identificadas as seguintes classes: Rodovia SP-75, estrada de ferro, via arterial, via arterial a implantar e ciclovia. Em função desta limitação causada pela falta de legenda para as demais classes, parte das vias do município ficou sem classificação no presente estudo.
- Salto: Plano Diretor da Estância Turística de Salto (SALTO, 2019). Conforme o Artigo 10 do Plano Diretor de Salto, a estrutura viária do município, consistente no macro sistema viário (Avenidas) e Parques Lineares, seguirá as diretrizes indicadas no Anexo 3. Contudo, ao consultar o referido Anexo, não foi encontrada legenda no mapa e, portanto, não foi viável classificar as vias do município de Salto com base do Plano Diretor.

Com base nos dados listados acima, foram atribuídas classes à base vetorial das vias que está sendo utilizada neste estudo (OSM, 2018). No Quadro 7.3 são apresentadas extensões das vias e ferrovias localizadas nas manchas de inundação por município.

Dentre os municípios com estruturas viárias atingidas, observa-se que Jundiaí é o município com maior extensão de vias atingidas, correspondendo a 54% do total. Quando analisado o tipo de via com maiores extensões nas manchas de inundação, observa-se que predominam as vias arteriais em todos os municípios com classificação, com destaque para Jundiaí, onde são chamadas de Via de Organização do Território - Estrutural, as quais, segundo o Plano Diretor, são equivalentes à via arterial.

Quadro 7.3. Classificação das vias localizadas nas manchas de inundação, por município.

Município	Classe da via	Extensão (m)
Campo Limpo Paulista	Rodovia	205,07
	Via Arterial Primária	10.634,01
	Via Coletora	768,87
	Via Local	3.468,33
Indaiatuba	Sem classificação	12.774,42
	Via arterial	3.074,55
	Via Arterial a Implantar	3.887,81
Itupeva	Sem classificação	1.506,07
	Via arterial	12.500,46
	Via Coletora	14.139,91
	Via Local	11.727,62
Jundiaí	Via de Desenvolvimento Regional	9.542,40
	Via de Organização do Território - Concentração	8.865,28
	Via de Organização do Território - Estrutural	47.577,50
	Via de Organização do Território - Indução	27.000,51
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	15.356,00
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	20.527,54
Salto	Sem classificação	16.507,50
Várzea Paulista	Via arterial	11.092,10
	Via Coletora	2.193,54
	Via Local	4.155,74

No Quadro 7.4 são apresentadas as extensões de vias atingidas pelas manchas de inundação nos tempos de retorno modelados neste estudo. Observa-se que, com base no cruzamento feito entre a base de vias e as manchas de inundação, 237 km de vias podem ser atingidos quando considerada a mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos. Por outro lado, na mancha do menor tempo de retorno analisado (TR 02 anos) estão localizados pouco mais de 65 km de vias potencialmente atingidas pela inundação.

Quadro 7.4. Extensão de vias atingidas pela mancha de inundação por tempo de retorno.

Tempo de retorno	Extensão acumulada (m)	Incremento de extensão por TR (m)
02 anos	65.161,14	65.161,14
05 anos	89.968,20	24.807,06
10 anos	121.793,19	31.824,99
25 anos	163.584,64	41.791,45
50 anos	206.799,44	43.214,79
100 anos	237.857,44	31.058,00

A proporção pelo tipo de via atingida pela mancha de inundação de cada tempo de retorno é apresentada no Quadro 7.5. Da mesma forma como ocorreu ao analisar os valores de tipos de vias atingidas por município, aqui também se observa o predomínio de vias arteriais.

Quando somados os valores das vias arteriais com diferentes nomenclaturas (Via arterial, via arterial a implantar, via arterial primária e via de organização do território - estrutural), observa-se que esta classe é predominante nas manchas de inundação de todos os tempos de retorno, variando de 59,1% do total das vias atingidas no TR de 02 anos, a 37,3% do total de vias atingidas no TR de 100 anos.

Quadro 7.5. Porcentual das vias atingidas por cada mancha de inundação, por classe da via.

Tempo de Retorno	Classe da via	%
02 anos	Rodovia	0,03
	Sem classificação	13,73
	Via Arterial	19,14
	Via Arterial a Implantar	4,64
	Via Arterial Primária	7,08
	Via Coletora	4,12
	Via de Desenvolvimento Regional	1,01
	Via de Organização do Território - Concentração	1,64
	Via de Organização do Território - Estrutural	28,25
	Via de Organização do Território - Indução	5,74
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	5,90
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	3,82
	Via Local	4,90
05 anos	Rodovia	0,07
	Sem classificação	14,30
	Via Arterial	16,86
	Via Arterial a Implantar	3,85
	Via Arterial Primária	7,09
	Via Coletora	5,65
	Via de Desenvolvimento Regional	0,89
	Via de Organização do Território - Concentração	2,71
	Via de Organização do Território - Estrutural	24,99
	Via de Organização do Território - Indução	6,02
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,47
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	4,07
	Via Local	7,03
10 anos	Rodovia	0,08
	Sem classificação	13,91

Tempo de Retorno	Classe da via	%
	Via Arterial	14,72
	Via Arterial a Implantar	3,07
	Via Arterial Primária	5,84
	Via Coletora	5,48
	Via de Desenvolvimento Regional	1,05
	Via de Organização do Território - Concentração	4,11
	Via de Organização do Território - Estrutural	23,24
	Via de Organização do Território - Indução	7,63
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,41
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	7,81
	Via Local	6,66
25 anos	Rodovia	0,07
	Sem classificação	13,20
	Via Arterial	13,05
	Via Arterial a Implantar	2,32
	Via Arterial Primária	4,79
	Via Coletora	8,39
	Via de Desenvolvimento Regional	1,35
	Via de Organização do Território - Concentração	4,09
	Via de Organização do Território - Estrutural	21,19
	Via de Organização do Território - Indução	7,86
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,17
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	7,55
	Via Local	9,97
50 anos	Rodovia	0,07
	Sem classificação	12,28
	Via Arterial	11,38
	Via Arterial a Implantar	1,84
	Via Arterial Primária	4,37
	Via Coletora	7,07
	Via de Desenvolvimento Regional	3,33
	Via de Organização do Território - Concentração	3,94
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,50
	Via de Organização do Território - Indução	11,14
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,96
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	8,57
	Via Local	8,54
100 anos	Rodovia	0,09
	Sem classificação	12,94
	Via Arterial	11,21
	Via Arterial a Implantar	1,63

Tempo de Retorno	Classe da via	%
	Via Arterial Primária	4,47
	Via Coletora	7,19
	Via de Desenvolvimento Regional	4,01
	Via de Organização do Território - Concentração	3,73
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,00
	Via de Organização do Território - Indução	11,35
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,46
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	8,63
	Via Local	8,28

Por outro lado, ao analisar o vetor que representa a malha ferroviária localizada nas manchas de inundação modeladas, observou-se que os valores são bem menos expressivos quando comparados com os trechos rodoviários. Na mancha mais abrangente, para um TR de 100 anos, um total de 17,8 km de ferrovia é atingido, dos quais, 3,8 km estão localizados no município de Várzea Paulista e 8,7 km no município de Indaiatuba.

Além do sistema viário que pode ser atingido durante as inundações, foram coletados dados referentes às edificações localizadas dentro das manchas de inundação modeladas para cada tempo de retorno.

Inicialmente foram buscados de dados de infraestruturas que prestam atendimento à população, como equipamentos de saúde e de educação. Para isso, foram consultadas as páginas eletrônicas das prefeituras cujos municípios possuem áreas localizadas nas áreas inundáveis, imagens do Google Earth com as categorias de hospitais e escolas ativadas, bem como, para a saúde, a página do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Para efetuar o cruzamento dos pontos contendo a localização de unidades de saúde com as manchas de inundação, foi feito um filtro nas instituições de maior relevância para atendimento da comunidade, como: hospital, unidade móvel de nível pré-hospitalar na área de urgência, centro de saúde e unidade básica de saúde. Como pode ser observado no Quadro 7.6, na mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos, estão localizadas oito unidades de saúde, sendo que a maioria delas (quatro) encontra-se no município de Itupeva. Já na mancha de inundação modelada para o maior período de recorrência (TR 02 anos) estão localizadas três unidades de saúde.

Quadro 7.6. Número de unidades de saúde localizadas em cada mancha de inundação por município.

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de saúde na mancha
02 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	1
	Jundiaí	1
05 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	2
	Jundiaí	1
10 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	2
	Jundiaí	1
25 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	1
50 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	3
100 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	3

Quanto às unidades de educação localizadas nas áreas inundáveis, foram identificadas instituições do tipo: creche, escola municipal, escola estadual e um centro de atendimento socioeducativo.

No cenário da mancha de inundação mais extensa, TR de 100 anos, estão localizadas dentro da área inundável 30 unidades de educação, sendo que a maior quantidade de unidades atingidas está localizada nos municípios de Itupeva e Jundiaí (Quadro 7.7). Já no TR de 02 anos, o número de unidades de educação localizadas na mancha de inundação corresponde a duas unidades, uma em Campo Limpo Paulista e outra em Jundiaí.

Quadro 7.7. Número de unidades de educação localizadas em cada mancha de inundação, separadas por município.

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de educação na mancha
02 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Jundiaí	1
05 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Itupeva	3
	Jundiaí	2
10 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	3
	Jundiaí	5
25 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	5
	Jundiaí	13
50 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	5
	Jundiaí	21
100 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	6
	Jundiaí	21
	Salto	1

Além das unidades de saúde e educação, foi feita a contagem das demais edificações localizadas nas manchas de inundação simuladas neste estudo, no cenário de Diagnóstico. Neste processo, observaram-se edificações destinadas aos mais variados usos, como: comercial, industrial e residencial. Tendo em vista a forma como os dados foram coletados, foi inviável quantificar as edificações por tipo de uso. Desta forma, no Quadro 3.2 são apresentados os valores totais de edificações atingidas em cada mancha de inundação por município.

No total, para mancha de inundação mais abrangente, TR de 100 anos, foram identificadas 13.226 unidades em áreas potencialmente inundáveis, sendo que a maior parte delas (63,4%) está localizada no município de Jundiaí. Já na mancha modelada para o tempo de retorno mais recorrente (02 anos), estão localizadas 2.175 unidades em áreas inundáveis, entre as quais se encontram a estação ferroviária de Salto, o centro de artes e esportes unificados de Várzea

Paulista, a SABESP de Campo Limpo Paulista, a companhia de saneamento de Jundiaí, a rodoviária de Itupeva e o ponto verde - feira de agricultura familiar em Indaiatuba.

Quadro 7.8. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, por município.

Tempo de Retorno	Município	Número de edificações na mancha
02 anos	Campo Limpo Paulista	155
	Indaiatuba	163
	Itupeva	365
	Jundiaí	1.160
	Salto	301
	Várzea Paulista	31
05 anos	Campo Limpo Paulista	208
	Indaiatuba	192
	Itupeva	845
	Jundiaí	2.087
	Salto	421
	Várzea Paulista	45
10 anos	Campo Limpo Paulista	247
	Indaiatuba	255
	Itupeva	999
	Jundiaí	4.046
	Salto	541
	Várzea Paulista	61
25 anos	Campo Limpo Paulista	298
	Indaiatuba	338
	Itupeva	2.086
	Jundiaí	5.245
	Salto	702
	Várzea Paulista	192
50 anos	Campo Limpo Paulista	352
	Indaiatuba	426
	Itupeva	2.219
	Jundiaí	7.390
	Salto	810
	Várzea Paulista	250
100 anos	Campo Limpo Paulista	423
	Indaiatuba	580
	Itupeva	2.492
	Jundiaí	8.385
	Salto	1.030
	Várzea Paulista	316

7.4. Avaliação da condição atual da BHJ

O presente item versa sobre a análise da situação atual de drenagem na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

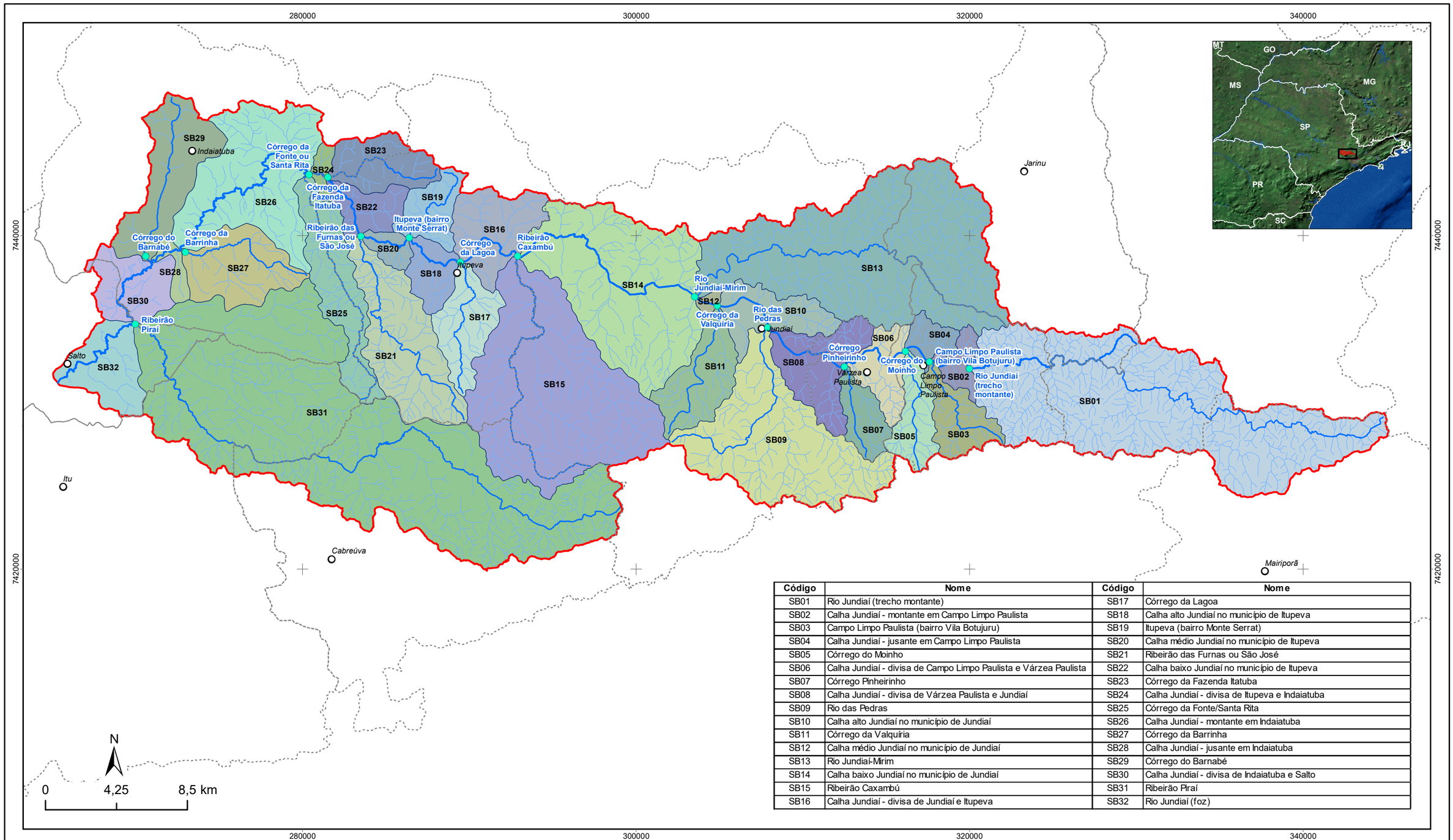
7.4.1. *Capacidade de escoamento nos afluentes principais do Rio Jundiaí*

Este item aborda uma análise geral do desempenho dos macrodrenos que constituem os principais afluentes do Rio Jundiaí. O Quadro 7.9 apresenta a relação dos mananciais supracitados com as sub-bacias do Rio Jundiaí, previamente apresentadas no capítulo 4, bem como sua relação com as confluências do levantamento de campo, apresentadas no capítulo 5 deste Plano Diretor de Macrodrenagem. Tais informações estão ilustradas espacialmente no Mapa 7.7.

Quadro 7.9. Relação dos afluentes principais do Rio Jundiaí com sub-bacias e confluências do levantamento de campo.

Manancial	Sub-bacia	Sigla do levantamento de campo (Confluência)
Rio Jundiaí (trecho montante)	SB01	CF1
Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)*	SB03	CF6
Córrego do Moinho	SB05	CF9
Córrego Pinheirinho	SB07	CF18
Rio das Pedras	SB09	CF26
Córrego da Valquíria	SB11	CF34
Rio Jundiaí-Mirim	SB13	CF35
Ribeirão Caxambú	SB15	CF57
Córrego da Lagoa	SB17	CF66
Itupeva (bairro Monte Serrat)*	SB19	CF72*
Ribeirão das Furnas ou São José	SB21	CF77
Córrego da Fazenda Itatuba	SB23	CF84
Córrego da Fonte/Santa Rita	SB25	CF87
Córrego da Barrinha	SB27	CF112
Córrego do Barnabé	SB29	CF114
Ribeirão Piraí	SB31	CF118

* Não foi possível encontrar na base de dados da hidrografia o nome destes mananciais; desta forma, adotou-se a junção do município com o bairro como nomenclatura neste estudo.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Macrodrenos principais

Sub-bacias

Sub-bacia 01, Sub-bacia 02, Sub-bacia 03, Sub-bacia 04, Sub-bacia 05, Sub-bacia 06, Sub-bacia 07, Sub-bacia 08, Sub-bacia 09, Sub-bacia 10, Sub-bacia 11, Sub-bacia 12, Sub-bacia 13, Sub-bacia 14, Sub-bacia 15, Sub-bacia 16, Sub-bacia 17, Sub-bacia 18, Sub-bacia 19, Sub-bacia 20, Sub-bacia 21, Sub-bacia 22, Sub-bacia 23, Sub-bacia 24, Sub-bacia 25, Sub-bacia 26, Sub-bacia 27, Sub-bacia 28, Sub-bacia 29, Sub-bacia 30, Sub-bacia 31, Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.7 – Informações relativas aos macrodrenos principais da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013

Para a avaliação destes macrodrenos, a metodologia utilizada foi a equação de Manning (7.14), aplicada para estimar a capacidade máxima de escoamento dos canais.

$$Q = \left(\frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}\right) \cdot A \qquad 7.14$$

Onde:

Q é a vazão (m³/s); n é o coeficiente de rugosidade (adimensional); R_H é o raio hidráulico da seção, obtido através da razão da área molhada pelo perímetro molhado (m); A é a área molhada da seção (m²); e I é a declividade do fundo do canal (m/m).

Para possibilitar a aplicação do método, algumas variáveis foram calculadas, conforme descrito abaixo:

- O coeficiente de rugosidade, ou n de Manning, foi estimado através da inspeção visual de fotografias dos afluentes, obtidas durante o levantamento de campo na bacia do Rio Jundiaí e apresentadas no capítulo 5 do presente Plano;
- A área molhada, o perímetro molhado e o raio hidráulico foram calculados através da seção topobatimétrica levantada em cada um dos afluentes principais, também apresentada no capítulo 5 deste plano, utilizando um software do tipo C*omputer Aided Design*;
- A declividade de fundo do curso d'água foi obtida através do Modelo Digital de Superfície (MDS) da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A (Emplasa), com resolução espacial de aproximadamente 5 m, onde a base hidrográfica de referência foram os ottotrechos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2013), com algumas adaptações segundo o Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 2010a).

A Tabela 7.19 apresenta os valores obtidos para as variáveis supracitadas, bem como a capacidade de vazão de cada um dos afluentes principais, obtidas através da aplicação da equação de Manning.

Tabela 7.19. Capacidade de descarga estimada para os afluentes principais do Rio Jundiaí.

Manancial	Capacidade de vazão (m³/s)	Coeficiente n de Manning	Área molhada (m²)	Perímetro molhado (m)	Declividade de fundo (m/m)
Rio Jundiaí (trecho montante)	87,1	0,033	23,9	44,4	0,033
Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)*	3,6	0,028	1,7	9,4	0,035
Córrego do Moinho	9,9	0,028	4,7	23,5	0,030
Córrego Pinheirinho	67,8	0,025	13,0	21,7	0,034
Rio das Pedras	468,2	0,018	42,8	37,0	0,032
Córrego da Valquíria	148,6	0,018	19,0	24,6	0,028
Rio Jundiaí-Mirim	45,3	0,033	15,0	24,1	0,019
Ribeirão Caxambú	19,7	0,033	7,5	16,2	0,021
Córrego da Lagoa	5,8	0,033	3,4	11,8	0,017
Itupeva (bairro Monte Serrat)*	5,4	0,035	3,4	12,5	0,018
Ribeirão das Furnas ou São José	11,2	0,033	4,8	13,8	0,024
Córrego da Fazenda Itatuba	12,2	0,035	5,5	16,3	0,026
Córrego da Fonte/Santa Rita	60,5	0,035	14,1	16,6	0,028
Córrego da Barrinha	28,2	0,035	10,1	18,6	0,021
Córrego do Barnabé	74,0	0,035	25,0	33,0	0,016
Ribeirão Piraí	47,5	0,033	16,4	35,0	0,025

A partir das vazões de capacidade estimadas para cada um dos afluentes principais, foi possível realizar uma comparação destes valores com as descargas de projeto, apresentadas anteriormente nos resultados da simulação hidrológica para o Rio Jundiaí, no item 7.1 do presente trabalho. A comparação para cada macrodreno foi feita com relação a respectiva sub-bacia em que este se encontra inserido, baseada nas informações apresentadas no Quadro 7.9.

O cálculo aplicado foi a subtração da capacidade de vazão do macrodreno pela vazão de pico da sub-bacia, estimada através da simulação hidrológica para seis diferentes tempos de retorno. Os resultados desta comparação são apresentados na Tabela 7.20. A Tabela 7.21 também apresenta uma comparação de resultados, com valores em porcentagem.

Tabela 7.20. Diferenças entre a capacidade de descarga e as vazões de projeto estimadas para os principais afluentes do Rio Jundiaí.

Manancial	Diferença entre vazões (m³/s)					
	$Q_{capacidade} - Q_{100\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{50\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{25\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{10\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{5\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{2\ anos}$
Rio Jundiaí (trecho montante)	-146,5	-108,7	-75,1	-39,2	-14,7	11,3
Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)*	-67,5	-55,5	-44,9	-33,8	-26,5	-18,6
Córrego do Moinho	-49,7	-39,3	-30,2	-20,8	-14,6	-8,0
Córrego Pinheirinho	-18,3	-2,0	12,2	26,6	35,6	45,2
Rio das Pedras	91,4	160,1	218,9	281,3	320,6	362,2
Córrego da Valquíria	12,1	38,0	60,1	83,2	97,6	112,7
Rio Jundiaí-Mirim	-291,8	-234,5	-185,7	-132,2	-98,6	-61,8
Ribeirão Caxambú	-234,3	-189,8	-151,4	-108,9	-82,3	-54,0
Córrego da Lagoa	-56,2	-45,2	-35,8	-25,3	-18,7	-11,8
Itupeva (bairro Monte Serrat)*	-50,2	-40,8	-32,7	-23,5	-17,7	-11,5
Ribeirão das Furnas ou São José	-117,1	-97,1	-79,8	-59,9	-47,2	-33,3
Córrego da Fazenda Itatuba	-81,8	-63,1	-47,5	-30,5	-20,6	-10,1
Córrego da Fonte/Santa Rita	-20,2	-6,2	6,0	19,5	27,9	36,9
Córrego da Barrinha	-104,8	-80,1	-59,5	-36,6	-23,0	-8,3
Córrego do Barnabé	-68,1	-46,9	-28,8	-7,6	5,4	20,7
Ribeirão Piraí	-387,2	-320,1	-258,9	-191,7	-148,6	-103,0

* Os valores em verde indicam que, nesta seção avaliada, a capacidade de escoamento do macrodreno supera a vazão de projeto, para os respectivos tempos de retorno apresentados.

Tabela 7.21. Diferenças percentuais entre a capacidade de descarga e as vazões de projeto estimadas para os principais afluentes do Rio Jundiaí.

Manancial	Diferença entre vazões (%)					
	$Q_{capacidade} - Q_{100\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{50\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{25\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{10\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{5\ anos}$	$Q_{capacidade} - Q_{2\ anos}$
Rio Jundiaí (trecho montante)	-168%	-125%	-86%	-45%	-17%	13%
Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)*	-1861%	-1530%	-1237%	-931%	-730%	-512%
Córrego do Moinho	-505%	-399%	-307%	-211%	-149%	-82%
Córrego Pinheirinho	-27%	-3%	18%	39%	53%	67%
Rio das Pedras	20%	34%	47%	60%	68%	77%
Córrego da Valquíria	8%	26%	40%	56%	66%	76%
Rio Jundiaí-Mirim	-645%	-518%	-410%	-292%	-218%	-137%
Ribeirão Caxambú	-1188%	-963%	-768%	-552%	-417%	-274%
Córrego da Lagoa	-967%	-778%	-616%	-435%	-322%	-203%
Itupeva (bairro Monte Serrat)*	-925%	-752%	-603%	-433%	-326%	-212%
Ribeirão das Furnas ou São José	-1049%	-870%	-715%	-537%	-423%	-299%
Córrego da Fazenda Itatuba	-668%	-515%	-388%	-249%	-168%	-82%
Córrego da Fonte/Santa Rita	-33%	-10%	10%	32%	46%	61%
Córrego da Barrinha	-372%	-284%	-211%	-130%	-82%	-29%
Córrego do Barnabé	-92%	-63%	-39%	-10%	7%	28%
Ribeirão Piraí	-816%	-674%	-545%	-404%	-313%	-217%

A partir da análise da Tabela 7.20 e Tabela 7.21, é possível observar que dez dos dezesseis afluentes principais possuem capacidade de descarga inferior a todas as vazões de projeto calculadas, inclusive para os menores tempos de retorno (10, 5 e 2 anos). Apenas dois afluentes (Rio das Pedras e Córrego da Valquíria) possuem capacidade de vazão para escoar a descarga de projeto em todos os tempos de retorno considerados.

Outros dois córregos (Córrego da Fonte/Santa Rita e Córrego Pinheirinho) falham apenas para os tempos de retorno mais elevados – 100 e 50 anos. O Córrego do Barnabé, segundo estimado, falha para as vazões com tempos de retorno superiores a 10 anos, apresentando capacidade de descarga adequada para cheias inferiores a estas.

Entretanto, ressalta-se que esta estimativa de capacidade foi realizada tendo como base uma única seção topobatimétrica em cada um dos afluentes principais, levantada no trecho mais próximo ao Rio Jundiaí, conforme apresentado anteriormente no capítulo 5. Desta forma, as informações de área e perímetro molhado foram obtidas baseadas em um único ponto, e não ao longo de várias seções do macrodreno, como seria mais adequado.

Desta forma, é possível observar que onde há um estrangulamento do escoamento, são observados problemas locais e, certamente, também a montante. Entretanto, em alguns dos afluentes não foram observadas falhas na capacidade de descarga, ou seja, não houve estrangulamento do escoamento. Isto indica que, na seção considerada para os cálculos, não são observadas complicações em relação ao fluxo. Porém, isto não garante que a montante deste ponto não haja problemas, já que a análise foi executada para uma seção em específico.

Assim, a interpretação dos valores apresentados na Tabela 7.20 e Tabela 7.21 é que estes apresentam as diferenças pontuais entre as capacidades estimadas para os afluentes – na seção de análise – e as descargas de projeto. Ressalta-se que estes valores não são representativos de toda a extensão destes mananciais, vistos que os cálculos foram realizados tendo como base informações de uma seção específica, próximo ao exutório dos cursos d'água.

7.4.2. *Capacidade de escoamento nas travessias do Rio Jundiaí*

Ao longo do trecho em estudo do Rio Jundiaí foi realizado o levantamento topográfico de 68 travessias, sendo essas classificadas como viadutos, pontes, passarelas, linhas férreas, adutoras e um barramento (controle de nível).

Na Tabela 7.22 é apresentada uma lista de todas as travessias, classificada por tipo, município e localização.

Tabela 7.22. Lista das 68 travessias, classificadas por tipo, município e localização.

Travessias	Tipo da estrutura	Município	Localização
TV-01	Passarela	Campo Limpo Paulista	Passarela (ligação entre a Avenida André Garcia e Rua Bragantina)
TV-02	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Ligação entre a Avenida André Garcia e Rua Bragantina
TV-03	Passarela	Campo Limpo Paulista	Passarela (ligação entre a Rua Água Marinha e Rua Bragantina)
TV-04	Barramento (controle de nível)	Campo Limpo Paulista	-
TV-05	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Rua da Esplanada (ligação entre a Avenida dos Emancipadores e a Rua Bragantina)

Travessias	Tipo da estrutura	Município	Localização
TV-06	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Rua Uruguai (ligação entre as avenidas dos Emancipadores e Alfrieu Krupp)
TV-07	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Avenida Adherbal Costa Moreira (ligação entre Avenida Marginal do Rio Jundiaí e Avenida Alfrieu Krupp)
TV-08	Viaduto	Campo Limpo Paulista	Avenida Adherbal Costa Moreira (ligação entre Avenida Marginal do Rio Jundiaí e rua Nossa Senhora do Rosário
TV-09	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Ligação entre Avenida Marginal do Rio Jundiaí e Avenida Alfrieu Krupp
TV-10	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Ligação entre as vias (margem direita e margem esquerda) da avenida João Amato
TV-11	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Avenida João Amato (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-12	Viaduto	Campo Limpo Paulista	Rodovia Edgard Máximo Zamboto
TV-13	Ponte (concreto)	Campo Limpo Paulista	Avenida João Amato (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-14	Passarela	Várzea Paulista	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da avenida João Amato)
TV-15	Ponte (concreto)	Várzea Paulista	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-16	Passarela	Várzea Paulista	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Marginal do Rio Jundiaí)
TV-17	Ponte (concreto)	Várzea Paulista	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-18	Viaduto	Várzea Paulista	Complexo Viário dos Emancipadores (ligação entre a Rua Sorocaba e a Avenida Fernão Dias Paes Leme)
TV-19	Ponte (concreto)	Várzea Paulista	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-20	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-21	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Marginal do Rio Jundiaí)
TV-22	Ponte (concreto)	Jundiaí	Ligação entre as avenidas Marginal do Rio Jundiaí e Antônio Frederico Ozanan
TV-23	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-24	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-25	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)
TV-26	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-27	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida São João Batista (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-28	Ponte (concreto)	Jundiaí	Via sobre o Túnel Vila Graff (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-29	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rua Castro Alves (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)

Travessias	Tipo da estrutura	Município	Localização
TV-30	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-31	Adutora (tubulação)	Jundiaí	Adutora (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-32	Adutora (tubulação com viga de concreto)	Jundiaí	Adutora (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-33	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-34	Passarela	Jundiaí	Passarela abaixo do Viaduto General Euclydes de Oliveira Figueiredo (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-35	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-36	Ponte (concreto)	Jundiaí	Ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan
TV-37	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rua Tiradentes (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-38	Passarela	Jundiaí	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-39	Linha férrea	Jundiaí	Linha férrea (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-40	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Antônio Segre (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-41	Ponte (viga de ferro)	Jundiaí	Ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan
TV-42	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Nove de Julho (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-43	Passarela	Jundiaí	Rua Vinhedo (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)
TV-44	Ponte (concreto)	Jundiaí	Ligação entre a Avenida Antônio Frederico Ozanan e a Rua João Castiglioni de Oliveira
TV-45	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rodovia João Cereser (ligação entre a Avenida Antônio Frederico Ozanan e a Rua João Castiglioni de Oliveira)
TV-46	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Amando Giassetti (ligação entre a Avenida Antônio Frederico Ozanan e a Rua João Castiglioni de Oliveira)
TV-47	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rodovia Anhaguera (travessia no Rio Jundiaí)
TV-48	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rua Wihelm Winter (ligação entre as Avenidas Antônio Frederico Ozanan e Antonieta Piva Barranqueiros)
TV-49	Adutora (tubulação)	Jundiaí	Adutora
TV-50	Adutora (tubulação com viga ferro)	Jundiaí	Adutora

Travessias	Tipo da estrutura	Município	Localização
TV-51	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rodovia dos Bandeirantes (sentido margem esquerda p/ direita)
TV-52	Ponte (concreto)	Jundiaí	Rodovia dos Bandeirantes (sentido margem direita p/ esquerda)
TV-53	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Dr. Wady Badra (travessia no Rio Jundiaí)
TV-54	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Cezar Brunholi (travessia no Rio Jundiaí)
TV-55	Ponte (concreto)	Jundiaí	Avenida Daniel Pelizzari (travessia no Rio Jundiaí)
TV-56	Ponte (concreto)	Itupeva	Rodovia Akzo Nobel (travessia no Rio Jundiaí)
TV-57	Ponte (concreto)	Itupeva	Rua Alexandria Mathias de Oliveira (travessia no Rio Jundiaí)
TV-58	Ponte (concreto)	Itupeva	Estrada Municipal Bento Pereira de Toledo (travessia no Rio Jundiaí)
TV-59	Ponte (concreto)	Itupeva	Estrada Municipal IVA 185 (travessia no Rio Jundiaí)
TV-60	Ponte (concreto)	Itupeva	Travessia no Rio Jundiái, próximoa Via Pascoal Vicentini (margem esquerda do Rio)
TV-61	Ponte (concreto)	Indaiatuba	Estrada da Ecologia (travessia no Rio Jundiaí)
TV-62	Ponte (concreto)	Indaiatuba	Rodovia José Boldrini (travessia no Rio Jundiaí)
TV-63	Linha férrea	Indaiatuba	Linha férrea (travessia no Rio Jundiaí)
TV-64	Ponte (concreto)	Indaiatuba	Alameda Comendador Doutor Santoro Mirone (travessia no Rio Jundiaí)
TV-65	Ponte (concreto)	Salto	Rua Japão (travessia no Rio Jundiaí)
TV-66	Ponte (concreto)	Salto	Avenida dos Trabalhadores (travessia no Rio Jundiaí)
TV-67	Ponte (concreto)	Salto	Avenida Marechal Rondon (travessia no Rio Jundiaí)
TV-68	Ponte (concreto)	Salto	Avenida Vicente Schivitaro (travessia no Rio Jundiaí, próximo a foz)

A avaliação da capacidade hidráulicas de escoamento nessas estruturas foi realizada a partir dos níveis de cheia simulados para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, cujos valores resultantes da simulação são apresentados na Tabela 7.23.

Tabela 7.23. Níveis de cheias nas travessias do Rio Jundiaí para os diversos tempos de retorno simulados.

Travessias	Níveis de cheia (Cotas em metros) Tempo de retorno (TR)					
	2 anos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
TV-01	746,2	746,9	747,6	747,9	748,2	748,4
TV-02	746,4	746,8	747,2	747,6	748,0	748,4
TV-03	743,0	743,4	743,8	744,4	744,8	745,1
TV-04	743,1	743,6	744,0	744,4	744,8	745,1
TV-05	743,1	743,6	743,9	744,4	744,7	745,1
TV-06	738,4	739,1	739,5	739,8	740,1	740,5
TV-07	737,3	737,6	739,0	739,3	739,5	739,8
TV-08	737,3	737,8	738,2	738,4	738,7	738,9
TV-09	737,1	737,5	738,0	738,0	738,4	738,8
TV-10	736,7	737,2	737,5	737,8	738,1	738,4
TV-11	732,4	733,9	733,9	734,0	734,4	734,8
TV-12	732,0	732,9	733,5	733,7	734,1	734,5
TV-13	731,7	732,1	733,4	733,4	733,5	733,6
TV-14	729,0	729,3	729,6	729,8	730,0	730,2
TV-15	727,4	727,9	728,2	728,6	729,1	729,1
TV-16	724,4	725,2	725,4	725,8	726,0	726,2
TV-17	719,7	720,5	721,4	721,8	722,0	722,4
TV-18	719,1	719,6	720,0	720,9	721,2	721,4
TV-19	718,1	718,9	719,5	720,3	720,9	721,5
TV-20	711,5	711,8	712,0	712,2	712,4	712,5
TV-21	709,2	709,4	709,6	711,0	711,2	711,5
TV-22	708,1	708,4	710,0	710,5	710,8	711,3
TV-23	707,5	708,3	709,6	709,9	710,0	710,6
TV-24	707,6	708,5	709,7	709,9	710,2	710,4
TV-25	707,3	708,5	709,7	709,9	710,2	710,4
TV-26	707,1	708,4	709,6	709,9	710,1	710,4
TV-27	706,2	707,0	709,4	709,6	709,8	709,9
TV-28	704,8	707,3	707,4	707,7	707,8	708,5
TV-29	703,8	706,2	706,3	707,1	707,7	708,5
TV-30	704,0	704,9	705,8	706,6	707,4	708,3
TV-31	702,8	703,6	704,3	706,5	707,4	708,3
TV-32	702,6	703,9	704,9	706,4	707,4	708,3
TV-33	702,4	703,3	704,6	706,3	707,3	708,2
TV-34	701,8	702,6	703,2	704,8	706,2	707,3
TV-35	702,2	702,9	703,4	704,5	705,8	706,3
TV-36	701,2	702,8	703,4	704,5	705,8	706,3
TV-37	700,5	702,0	703,0	704,3	705,6	706,1

Travessias	Níveis de cheia (Cotas em metros) Tempo de retorno (TR)					
	2 anos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
TV-38	700,4	701,4	702,4	703,7	705,5	706,0
TV-39	699,9	700,7	701,5	702,4	704,0	704,3
TV-40	699,5	700,5	701,4	701,9	702,8	704,6
TV-41	698,4	699,4	700,8	700,8	703,3	703,4
TV-42	698,2	699,1	700,4	701,8	703,3	703,5
TV-43	698,1	698,6	700,7	700,9	701,6	702,6
TV-44	697,4	698,4	698,5	699,6	701,0	702,1
TV-45	696,4	698,3	698,5	699,6	700,9	702,0
TV-46	695,9	696,5	698,2	699,6	700,9	702,0
TV-47	692,9	694,2	695,9	696,3	696,6	697,6
TV-48	692,7	693,6	696,8	697,2	697,8	698,3
TV-49	692,2	692,8	695,0	696,8	697,3	697,8
TV-50	691,1	691,9	695,5	696,1	696,3	696,8
TV-51	690,6	691,4	692,1	693,1	693,9	694,6
TV-52	689,4	690,3	691,0	691,9	692,5	693,2
TV-53	687,9	688,3	688,5	691,0	691,1	691,3
TV-54	685,1	685,7	685,8	686,1	686,7	690,0
TV-55	680,4	683,2	683,3	683,5	684,2	684,7
TV-56	676,3	678,3	678,5	679,6	680,6	681,7
TV-57	671,5	671,9	672,1	672,2	675,1	675,3
TV-58	665,9	666,9	667,8	671,2	671,3	672,4
TV-59	648,5	648,9	649,2	649,6	649,9	650,5
TV-60	604,7	605,2	605,7	606,4	607,0	607,8
TV-61	563,5	564,9	566,1	567,1	568,0	569,1
TV-62	559,5	559,5	562,7	563,6	564,0	564,8
TV-63	554,7	556,3	557,2	558,3	559,1	559,9
TV-64	551,6	552,1	553,9	555,3	556,6	557,9
TV-65	533,7	534,4	534,6	536,8	539,1	539,6
TV-66	530,6	533,0	533,2	533,7	534,1	534,5
TV-67	526,3	527,4	527,9	528,8	529,4	530,4
TV-68	522,2	524,9	524,9	525,2	525,5	526,5

O TOMO VII deste relatório – ANEXO V – ilustra o perfil transversal do nível d'água em cada uma das estruturas das travessias, para os seis tempos de retorno simulados no presente estudo. De posse das cotas de cheia foi realizada uma análise comparativa entre as cotas de cheias e as cotas do levantamento topográfico das travessias, sendo estabelecido três condições para avaliação hidráulica do escoamento:

- Condição **1**: nível d'água abaixo da estrutura;
- Condição **2**: nível d'água atinge a estrutura, porém não transborda sobre a mesma;
- Condição **3**: nível d'água acima da estrutura.

Em cada travessia foram verificadas as três condições para todos os tempos de retorno, conforme apresentado na Tabela 7.24, que ilustra o resultado desta análise.

Tabela 7.24. Resultado da análise comparativa entre os níveis de cheia e as cotas das travessias ao longo do Rio Jundiaí.

Travessias	Condição da capacidade hidráulica de escoamento Tempo de retorno					
	2 anos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
TV-01	2	3	3	3	3	3
TV-02	3	3	3	3	3	3
TV-03	1	1	3	3	3	3
TV-04	3	3	3	3	3	3
TV-05	3	3	3	3	3	3
TV-06	1	1	1	1	2	2
TV-07	2	2	3	3	3	3
TV-08	1	1	1	1	1	1
TV-09	1	2	3	3	3	3
TV-10	3	3	3	3	3	3
TV-11	2	3	3	3	3	3
TV-12	1	1	1	1	1	1
TV-13	2	2	3	3	3	3
TV-14	3	3	3	3	3	3
TV-15	3	3	3	3	3	3
TV-16	3	3	3	3	3	3
TV-17	2	2	3	3	3	3
TV-18	1	1	1	1	1	1
TV-19	3	3	3	3	3	3
TV-20	3	3	3	3	3	3
TV-21	2	2	3	3	3	3
TV-22	2	2	3	3	3	3
TV-23	2	3	3	3	3	3
TV-24	3	3	3	3	3	3
TV-25	3	3	3	3	3	3
TV-26	3	3	3	3	3	3
TV-27	1	2	3	3	3	3
TV-28	1	3	3	3	3	3
TV-29	1	3	3	3	3	3

Travessias	Condição da capacidade hidráulica de escoamento Tempo de retorno					
	2 anos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
TV-30	3	3	3	3	3	3
TV-31	3	3	3	3	3	3
TV-32	2	3	3	3	3	3
TV-33	1	3	3	3	3	3
TV-34	1	1	2	3	3	3
TV-35	3	3	3	3	3	3
TV-36	2	3	3	3	3	3
TV-37	2	3	3	3	3	3
TV-38	3	3	3	3	3	3
TV-39	1	1	1	1	1	1
TV-40	1	1	2	2	2	3
TV-41	1	1	2	2	3	3
TV-42	1	1	2	2	3	3
TV-43	2	2	3	3	3	3
TV-44	3	3	3	3	3	3
TV-45	2	3	3	3	3	3
TV-46	2	2	3	3	3	3
TV-47	1	1	1	1	1	1
TV-48	1	2	3	3	3	3
TV-49	1	2	3	3	3	3
TV-50	1	1	3	3	3	3
TV-51	1	1	1	1	1	1
TV-52	1	1	1	1	1	1
TV-53	2	2	2	3	3	3
TV-54	1	1	1	1	2	3
TV-55	2	3	3	3	3	3
TV-56	2	3	3	3	3	3
TV-57	1	2	2	2	3	3
TV-58	1	1	1	3	3	3
TV-59	3	3	3	3	3	3
TV-60	3	3	3	3	3	3
TV-61	3	3	3	3	3	3
TV-62	2	2	3	3	3	3
TV-63	1	1	1	2	2	2
TV-64	2	2	3	3	3	3
TV-65	2	2	2	3	3	3
TV-66	3	3	3	3	3	3
TV-67	3	3	3	3	3	3
TV-68	2	3	3	3	3	3

A partir do resultado apresentado na Tabela 7.24 foi realizada uma análise quantitativa das estruturas em que apresentam falhas, ou seja, quando o nível d'água de cheia está acima da cota de topo da travessia. Das 68 travessias, apenas 9 não apresentam falhas, porém dentre essas nove, para duas delas o nível de cheia atinge a estrutura (condição 2).

Essas estruturas em que não apresentam falhas são as travessias de grande porte, tais como viadutos, linhas férreas e algumas pontes de concreto. Para as estruturas que apresentam falhas (59 no total), são listadas abaixo o somatório do número de travessias separadas por tempo de retorno:

- *TR 2 anos*: 22 estruturas, sendo 1 barramento (controle de nível), 6 passarelas, 1 adutora e 14 pontes;
- *TR 5 anos*: 13 estruturas, sendo 2 passarelas, 1 adutora e 10 pontes;
- *TR 10 anos*: 15 estruturas, sendo 3 passarelas, 2 adutoras e 10 pontes;
- *TR 25 anos*: 4 estruturas, sendo 1 passarela e 3 pontes;
- *TR 50 anos*: 3 estruturas, todas pontes;
- *TR 100 anos*: 2 estruturas, todas pontes.

Na Tabela 7.25 é apresentada a quantificação das informações supracitadas para as 59 estruturas mencionadas, separadas pelo tipo de estrutura e respectivo município onde se localizam.

Tabela 7.25. Características das estruturas que apresentam falhas e sua quantificação, separadas por município da calha do Rio Jundiaí.

Tempo de Retorno	Estrutura	Município					
		Campo Limpo Paulista	Várzea Paulista	Jundiaí	Itupeva	Indaiatuba	Salto
TR 2 anos	Controle de nível	1					
	Passarela		2	4			
	Adutora			1			
	Ponte	3	2	4	2	1	2
TR 5 anos	Passarela	1		1			
	Adutora			1			
	Ponte	1		7	1		1

Tempo de Retorno	Estrutura	Município					
		Campo Limpo Paulista	Várzea Paulista	Jundiaí	Itupeva	Indaiatuba	Salto
TR 10 anos	Passarela	1		2			
	Adutora			2			
	Ponte	3	1	4		2	
TR 25 anos	Passarela			1			
	Adutora						
	Ponte			1	1		1
TR 50 anos	Passarela						
	Adutora						
	Ponte			2	1		
TR 100 anos	Passarela						
	Adutora						
	Ponte			2			
Total		**10**	**5**	**32**	**5**	**3**	**4**

7.4.3. *Identificação das sub-bacias prioritárias para intervenções*

Para a identificação das sub-bacias contribuintes ao Rio Jundiaí prioritárias para intervenções, foram utilizados os coeficientes de escoamento e as relações de vazão específicas de pico, aplicadas a cada uma das sub-bacias. Além disso, estas informações foram relacionadas à capacidade hidráulica de escoamento dos principais afluentes do Rio Jundiaí, apresentadas previamente no item 7.4.1.

Para o cálculo do coeficiente de escoamento (C), utilizou-se a relação apresentada na Equação 7.15 a seguir. Já para a estimativa da vazão específica de pico de cada uma das sub-bacias, associada a um período de retorno, o cálculo se deu através da relação apresentada na Equação 7.16.

$$Coeficiente\ de\ escoamento\ (C) = \frac{Volume\ escoado}{Volume\ precipitado} \qquad 7.15$$

$$Vazão\ específica\ de\ pico = \frac{Pico\ de\ descarga}{Área\ de\ drenagem\ da\ sub-bacia} \qquad 7.16$$

As relações supracitadas foram aplicadas a cada uma das 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, e os resultados são apresentados na Tabela 7.26 para tempos de retorno de 2 e 5 anos, Tabela 7.27 para 10 e 25 anos e, finalmente, Tabela 7.28 para 50 e 100 anos.

Tabela 7.26. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 02 e 05 anos.

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 02 anos		TR 05 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	0,33	0,56	0,37	0,76
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	0,35	2,26	0,39	2,99
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	0,31	1,60	0,35	2,17
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	0,33	2,41	0,38	3,22
SB05	Córrego do Moinho	0,28	1,42	0,32	1,95
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	0,48	1,89	0,53	2,52
SB07	Córrego Pinheirinho	0,32	2,23	0,37	3,18
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	0,58	2,22	0,63	2,88
SB09	Rio das Pedras	0,35	1,63	0,41	2,26
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	0,61	2,50	0,65	3,20
SB11	Córrego da Valquíria	0,31	1,77	0,36	2,52
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	0,65	5,62	0,69	7,14
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	0,44	0,90	0,50	1,21
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	0,55	0,79	0,59	0,99
SB15	Ribeirão Caxambú	0,28	0,75	0,32	1,04
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	0,41	1,40	0,45	1,84
SB17	Córrego da Lagoa	0,27	0,96	0,31	1,33
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	0,39	1,43	0,44	1,88
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	0,31	1,40	0,35	1,92
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	0,23	1,29	0,27	1,86
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	0,40	1,12	0,45	1,48

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 02 anos		TR 05 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico (m³/s.km²)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico (m³/s.km²)
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	0,25	1,18	0,30	1,75
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	0,27	1,31	0,32	1,92
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	0,12	0,79	0,16	1,45
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	0,28	0,84	0,33	1,17
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	0,49	0,79	0,54	1,06
SB27	Córrego da Barrinha	0,35	1,48	0,40	2,08
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	0,35	0,57	0,40	0,80
SB29	Córrego do Barnabé	0,65	1,79	0,69	2,30
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	0,31	1,20	0,37	1,72
SB31	Ribeirão Piraí	0,39	0,69	0,43	0,89
SB32	Rio Jundiaí (foz)	0,50	1,44	0,55	1,91

Tabela 7.27. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 10 e 25 anos.

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 10 anos		TR 25 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico (m³/s.km²)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico (m³/s.km²)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	0,41	0,94	0,45	1,21
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	0,43	3,67	0,47	4,71
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	0,38	2,69	0,43	3,49
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	0,41	3,96	0,46	5,14
SB05	Córrego do Moinho	0,36	2,44	0,40	3,19
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	0,57	3,09	0,61	3,98
SB07	Córrego Pinheirinho	0,41	4,06	0,46	5,48
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	0,66	3,46	0,70	4,36
SB09	Rio das Pedras	0,45	2,87	0,50	3,82
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	0,68	3,84	0,72	4,82

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 10 anos		TR 25 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)
SB11	Córrego da Valquíria	0,40	3,23	0,46	4,37
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	0,72	8,54	0,75	10,59
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	0,53	1,49	0,58	1,94
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	0,62	1,18	0,66	1,45
SB15	Ribeirão Caxambú	0,36	1,31	0,40	1,74
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	0,49	2,23	0,53	2,86
SB17	Córrego da Lagoa	0,35	1,69	0,39	2,26
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	0,47	2,30	0,52	2,95
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	0,39	2,40	0,44	3,16
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	0,30	2,38	0,35	3,26
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	0,48	1,80	0,52	2,30
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	0,34	2,31	0,40	3,25
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	0,36	2,50	0,41	3,50
SB24	Calha do Jundiaí – divisa de Itupeva e Indaiatuba	0,19	2,11	0,23	3,33
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	0,36	1,47	0,41	1,95
SB26	Calha do Jundiaí – montante em Indaiatuba	0,58	1,29	0,63	1,68
SB27	Córrego da Barrinha	0,44	2,63	0,49	3,56
SB28	Calha do Jundiaí – jusante em Indaiatuba	0,44	1,03	0,50	1,39
SB29	Córrego do Barnabé	0,72	2,73	0,76	3,45
SB30	Calha do Jundiaí – divisa de Indaiatuba e Salto	0,41	2,22	0,46	3,04
SB31	Ribeirão Piraí	0,47	1,09	0,51	1,40
SB32	Rio Jundiaí (foz)	0,59	2,33	0,63	3,03

Tabela 7.28. Coeficientes estimados para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, para simulações com tempo de retorno de 50 e 100 anos.

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 50 anos		TR 100 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	0,49	1,46	0,52	1,74
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	0,50	5,69	0,54	6,78
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	0,46	4,25	0,50	5,12
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	0,49	6,21	0,52	7,43
SB05	Córrego do Moinho	0,44	3,91	0,47	4,74
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	0,65	4,80	0,68	5,76
SB07	Córrego Pinheirinho	0,50	6,88	0,54	8,49
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	0,73	5,18	0,76	6,12
SB09	Rio das Pedras	0,54	4,72	0,58	5,78
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	0,75	5,71	0,77	6,73
SB11	Córrego da Valquíria	0,50	5,46	0,54	6,73
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	0,78	12,49	0,80	14,59
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	0,62	2,35	0,65	2,84
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	0,69	1,69	0,71	1,96
SB15	Ribeirão Caxambú	0,44	2,13	0,47	2,58
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	0,57	3,40	0,60	4,02
SB17	Córrego da Lagoa	0,43	2,78	0,46	3,38
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	0,55	3,53	0,58	4,17
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	0,47	3,84	0,50	4,62
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	0,39	4,05	0,42	4,97
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	0,56	2,74	0,59	3,24
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	0,44	4,12	0,48	5,16
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	0,45	4,41	0,49	5,51
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	0,27	4,56	0,31	6,07

Sub-bacia	Nome do talvegue	TR 50 anos		TR 100 anos	
		Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)	Coef. escoamento (C)	Vazão esp. de pico ($m^3/s.km^2$)
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	0,44	2,39	0,48	2,89
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	0,66	2,02	0,69	2,42
SB27	Córrego da Barrinha	0,53	4,40	0,56	5,40
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	0,54	1,73	0,60	2,19
SB29	Córrego do Barnabé	0,78	4,05	0,80	4,76
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	0,50	3,79	0,54	4,69
SB31	Ribeirão Piraí	0,55	1,68	0,58	1,98
SB32	Rio Jundiaí (foz)	0,67	3,64	0,70	4,36

Através da análise das tabelas acima, é possível observar quais sub-bacias do Rio Jundiaí apresentam os maiores coeficientes calculados. Com isso, executou-se uma análise de criticidade para as sub-bacias supracitadas, onde aplicou-se uma relação de divisão do valor obtido de cada coeficiente em cada sub-bacia pela média dos coeficientes calculados para cada um dos tempos de retorno analisados. A categorização a seguir exemplifica o passo a passo utilizado visando a classificação de criticidade das sub-bacias:

- Coeficiente de escoamento:

Foram consideradas na classe “Confortável” as sub-bacias que apresentaram valor da relação de divisão supracitada inferior a 0,4, o que representa, segundo a bibliografia, uma condição de bacia rural. Na classe “Alerta” incluíram-se as sub-bacias cuja relação apresentou valores superiores a 0,4 e inferiores a 0,6, representando bacias urbanizadas. Sub-bacias que apresentaram na relação valores superiores a 0,6, consideradas densamente urbanizadas, foram inseridas na classe “Crítica”.

- Vazão específica de pico:

Foram consideradas na classe “Confortável” as sub-bacias que apresentaram valor da relação de divisão supracitada igual a 1, indicando que a sub-bacia apresenta pico igual ou inferior à média de todas as demais sub-bacias. Na classe “Alerta” incluíram-se as sub-bacias cuja relação apresentou valores superiores a 1,0 e inferiores a 1,5, representando sub-bacias cujo pico é até 50% superior à média das demais sub-bacias. As sub-bacias que apresentaram

na relação valores superiores a 1,5, ou seja, com picos maiores do que a média em mais da metade, foram inseridas na classe “Crítica”.

A classificação final se deu através da ponderação entre a predominância de classes observadas para a sub-bacia, considerando os seis tempos de retorno observados e os dois coeficientes calculados (coeficiente de escoamento e vazão específica de pico). A Tabela 7.29 a seguir apresenta a classificação final de criticidade, em termos de escoamento superficial, gerada para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí. O Mapa 7.8 ilustra e especializa esta informação.

Tabela 7.29. Classificação de criticidade das sub-bacias do Rio Jundiaí.

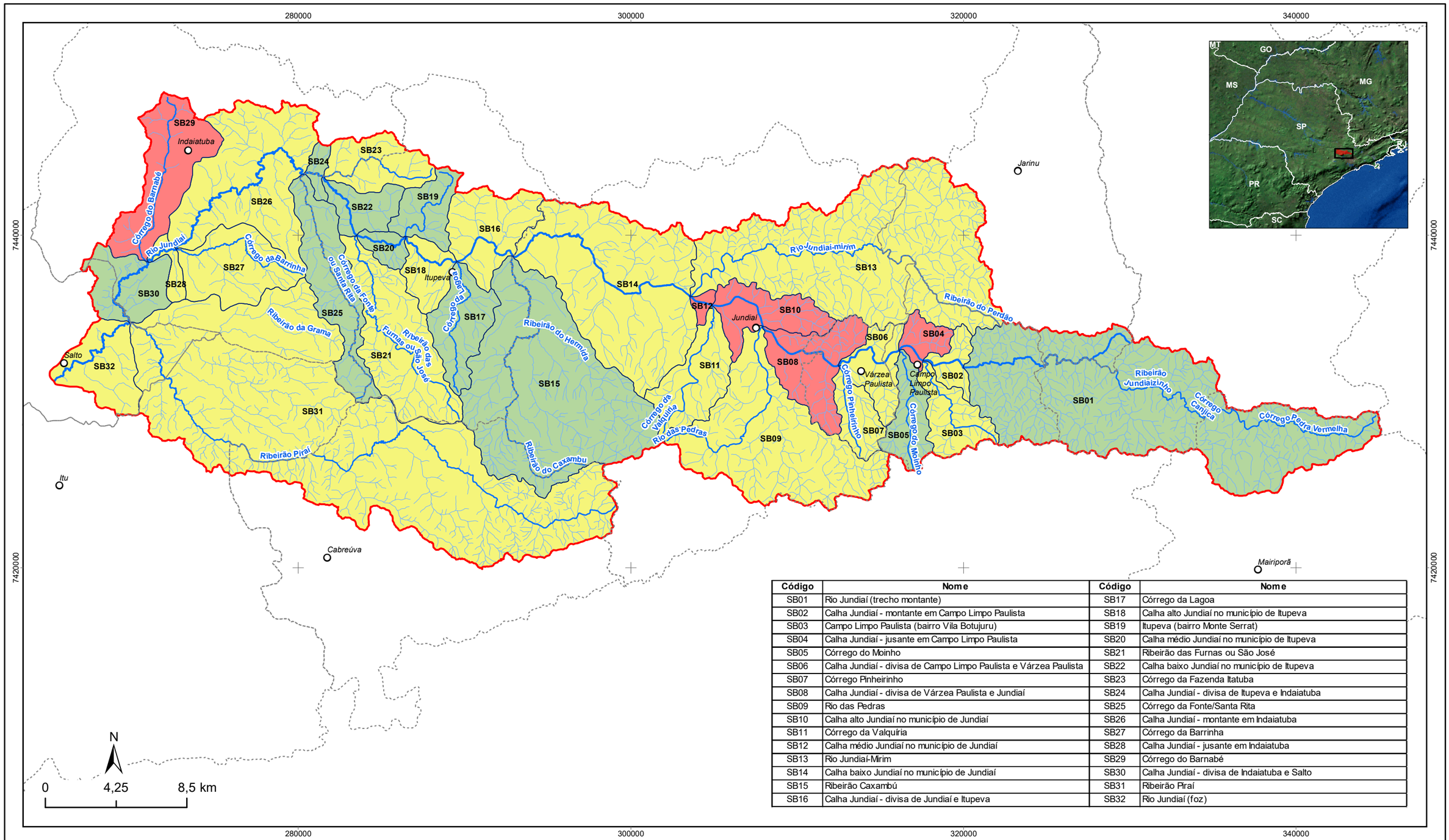
Sub-bacia	Nome do talvegue	Classificação quanto à criticidade
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	Confortável
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	Alerta
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	Alerta
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	Crítica
SB05	Córrego do Moinho	Confortável
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	Alerta
SB07	Córrego Pinheirinho	Alerta
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	Crítica
SB09	Rio das Pedras	Alerta
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	Crítica
SB11	Córrego da Valquíria	Alerta
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	Crítica
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	Alerta
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	Alerta
SB15	Ribeirão Caxambú	Confortável
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	Alerta
SB17	Córrego da Lagoa	Confortável
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	Alerta
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	Confortável
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	Confortável
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	Alerta
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	Confortável
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	Alerta
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	Confortável

Sub-bacia	Nome do talvegue	Classificação quanto à criticidade
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	Confortável
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	Alerta
SB27	Córrego da Barrinha	Alerta
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	Alerta
SB29	Córrego do Barnabé	Crítica
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	Confortável
SB31	Ribeirão Piraí	Alerta
SB32	Rio Jundiaí (foz)	Alerta
Totais		
Confortável		**10**
Alerta		**17**
Crítica		**5**

O coeficiente de escoamento, também conhecido por *runoff* ou coeficiente de deflúvio, representa quanto do volume total precipitado sobre a bacia escoa superficialmente até o canal de drenagem principal. Desta forma, áreas muito impermeabilizadas tendem a apresentar um coeficiente de escoamento superior em relação à áreas cujo uso e ocupação do solo se aproximam da condição de pré-urbanização.

Em relação ao coeficiente de escoamento (C), as sub-bacias que apresentaram maiores valores foram: SB29 (Córrego do Barnabé), SB12 (Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí) e SB10 (Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí). Destas três sub-bacias, apenas uma (SB29) representa um afluente principal do Rio Jundiaí, o Córrego Barnabé. As demais configuram bacias de contribuição linear, posicionadas ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Através do Mapa 7.4, que apresenta o uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, é possível observar que as sub-bacias SB10 e SB12 possuem praticamente toda a sua área de contribuição impermeabilizada, exatamente por estarem localizadas no centro urbano do município de Jundiaí. Além disso, a sub-bacia SB29, referente ao afluente de contribuição pontual Córrego do Barnabé, também possui expressiva parcela de sua área de drenagem ocupada pela zona urbana do município de Indaiatuba. Desta forma, justificam-se os elevados coeficientes de escoamento observados para estas áreas, visto que a maior impermeabilização do solo tende a gerar maior escoamento superficial.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Sub-bacias
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Classe de Criticidade das Sub-bacias

- Confortável
- Alerta
- Crítica

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 6.8. Identificação da criticidade das sub-bacias do Rio Jundiaí

Fonte de dados:

- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Criticidades das sub-bacias: Profill, 2020

A vazão específica de uma bacia hidrográfica é a quantidade de água produzida por extensão de uma área de contribuição limitada. Por definição, representa a razão entre a vazão da bacia estimada em seu exutório e sua área de drenagem, gerando um valor unitário médio para a área considerada. No geral, conforme o aumento da área de drenagem da bacia há uma tendência na redução da vazão específica.

As sub-bacias que apresentaram maiores valores de vazões específicas de pico foram: SB12 (Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí), SB07 (Córrego Pinheirinho), SB10 (Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí) e SB04 (Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista). Destas quatro sub-bacias, apenas uma (SB07) representa um afluente principal do Rio Jundiaí, o Córrego Pinheirinho. As demais também configuram bacias de contribuição linear, posicionadas ao longo da calha do Rio Jundiaí.

A sub-bacia 12, conforme já mencionado anteriormente, possui alto índice de impermeabilização do solo e é a menor sub-bacia ottocodificada do Rio Jundiaí, com apenas 1,85 km³ de área de contribuição; isto justifica o elevado valor de vazão específica de pico observado para todos os tempos de retorno simulados. O mesmo ocorre para as SB04 e SB10, que possuem área de drenagem relativamente pequena e intensa ocupação urbana, ainda que menos expressiva do que a observada na SB12. Na SB04 encontra-se localizada a sede do município de Campo Limpo Paulista, e na SB10 a sede municipal de Jundiaí. Já a sub-bacia 07, referente ao afluente de contribuição pontual Córrego Pinheirinho, também apresenta uma área de drenagem relativamente inferior à magnitude das demais sub-bacias do Rio Jundiaí, além de apresentar um coeficiente CN (*Curve Number*) um pouco acima da média da bacia hidrográfica como um todo.

Analisando conjuntamente o exposto neste item com a avaliação da capacidade de escoamento dos principais afluentes do Rio Jundiaí, percebe-se que ambos os afluentes das sub-bacias 07 e 29 possuem, para alguns tempos de retorno, vazões maiores do que sua capacidade hidráulica estimada, segundo o apresentado no item 7.4.1. O Córrego Pinheirinho, referente à SB07, que apresenta elevados valores de vazão específica, possui uma capacidade hidráulica de escoamento inferior às cheias simuladas para os tempos de retorno de 50 e 100 anos. Já o Córrego do Barnabé (SB29), cuja sub-bacia registrou altos valores de coeficiente de escoamento, falha para as cheias causadas pelos tempos de retorno de 10 a 100 anos; ou seja, segundo a análise realizada o canal formado pelo Córrego do Barnabé é capaz de escoar apenas as vazões associadas aos menores tempos de retorno (2 e 5 anos).



Prognóstico

8. PROGNÓSTICO

Este capítulo apresenta o Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. A partir das projeções populacionais estimadas para o ano de 2040, foi desenvolvido cenário futuro de ocupação da bacia, e a partir dele, revista a simulação hidrológica das 32 sub-bacias constituintes da BHJ. Além disso, uma nova simulação hidrodinâmica foi realizada ao longo da calha do Rio Jundiaí, visando representar os possíveis acréscimos causados nas manchas de inundação de diferentes tempos de retorno, em virtude da mudança no uso e ocupação do solo da bacia.

8.1. Simulação hidrológica

O presente item aborda a simulação hidrológica para o cenário futuro da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Os resultados aqui apresentados servirão de subsídio para a modelagem hidrodinâmica do Prognóstico, a ser apresentada no item 1.1 do presente estudo.

8.1.1. *Cenário futuro de ocupação: estimativa do parâmetro Curve Number (CN)*

Como forma de embasar o cenário de prognóstico na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, procedeu-se com a estimativa do parâmetro *Curve Number (CN)* futuro, tomando como base o método proposto por Campana & Tucci (1994). Para isto, utilizou-se como base as projeções populacionais para a área urbana de cada um dos municípios, sendo considerada a população residente nos municípios apenas aquela inserida nos limites da BHJ, conforme a Tabela 8.1. Este cálculo foi realizado considerando a população projetada para o ano de 2020 como sendo a atual e a população projetada para o ano de 2040 como a componente do cenário futuro.

Tabela 8.1. Densidades populacionais estimadas para o cenário atual (2020) e cenário futuro (2040) dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Município	Densidade populacional em 2020 (hab/ha)	Densidade populacional em 2040 (hab/ha)
Atibaia	2,0	2,4
Cabreúva	23,7	34,0
Campo Limpo Paulista	41,3	52,4
Indaiatuba	42,8	65,8
Itu*	-	-
Itupeva	16,8	30,7

Município	Densidade populacional em 2020 (hab/ha)	Densidade populacional em 2040 (hab/ha)
Jarinu	3,3	5,3
Jundiaí	40,7	50,2
Mairiporã	21,9	33,4
Salto	34,8	41,9
Várzea Paulista	71,1	91,8

* O município de Itu não possui área urbana inserida nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme apresentado no item 3 do presente Plano. Desta forma, a densidade populacional da área urbana não foi calculada.

A partir das densidades populacionais, aplicou-se o método proposto por Campana & Tucci (1994), apresentado a seguir através da equação 8.1.

$$A_{imp} = -3{,}86 + 0{,}55 \cdot d \qquad 8.1$$

Onde: d é a densidade populacional (hab/ha); e A_{imp} é a área impermeável (%) calculada para 7,02 hab/ha ≤ d ≤ 115 hab/ha.

Aplicou-se a equação 8.1 para as densidades populacionais apresentadas anteriormente na Tabela 8.1, sendo então obtidos os valores de porcentagem de área impermeável para o cenário atual – 2020 – e o cenário futuro – 2040. Com estes resultados foi possível estimar uma taxa de acréscimo da área urbana para cada um dos municípios, cujo valor está apresentado na Tabela 8.2.

Tabela 8.2. Porcentagem de área impermeável atual e futura para os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Município	Área impermeável em 2020 (%)	Área impermeável em 2040 (%)	Taxa de acréscimo da área impermeável
Atibaia**	-	-	-
Cabreúva	9,2	14,9	62%
Campo Limpo Paulista	18,9	24,9	32%
Indaiatuba	19,7	32,3	64%
Itu*	-	-	-
Itupeva	5,4	13,0	141%
Jarinu**	-	-	-
Jundiaí	18,5	23,8	28%
Mairiporã	8,2	14,5	77%
Salto	15,3	19,2	26%

Município	Área impermeável em 2020 (%)	Área impermeável em 2040 (%)	Taxa de acréscimo da área impermeável
Várzea Paulista	35,2	46,7	32%

* O município de Itu não possui área urbana inserida nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme apresentado no item 3 do presente Plano. Desta forma, a taxa de acréscimo de área impermeável não foi calculada.

** A parcela dos municípios de Atibaia e Jarinu inserida na BHJ apresenta densidade populacional abaixo do valor mínimo para aplicação do método de estimativa de área impermeável. Assim, considerou-se que a taxa de acréscimo de área impermeável nesses municípios é nula e, desta forma, a área urbana projetada para o interior da Bacia do Rio Jundiaí permanece igual a área urbana atual dos respectivos municípios.

A partir do quantitativo de área urbana atual de cada um dos municípios, obtido através de imagens de satélite da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, associado a taxa de acréscimo da área impermeável calculada anteriormente, foi possível obter uma estimativa da área urbana projetada na bacia, cujos valores são apresentados na Tabela 8.3. A tabela também apresenta a porcentagem de área urbanizada em relação a área total de cada um dos municípios, considerando apenas a parcela de cada um deles que está inserida na BHJ.

Tabela 8.3. Quantitativos de área urbana atual e projetada para os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Município	Área urbana atual em 2020 (km²)	Área urbana projetada em 2040 (km²)	Porcentagem de área urbana em relação a área total
Atibaia	3,05	3,05	5,4%
Cabreúva	14,70	23,79	20,2%
Campo Limpo Paulista	19,98	26,40	33,2%
Indaiatuba	50,38	82,86	45,3%
Itu*	-	-	-
Itupeva	30,68	74,03	45,5%
Jarinu	3,48	3,48	7,0%
Jundiaí	94,50	121,40	37,1%
Mairiporã	9,54	16,93	42,2%
Salto	10,54	13,25	38,0%
Várzea Paulista	17,07	22,60	64,3%

* O município de Itu não possui área urbana inserida nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme apresentado no item 3 do presente Plano.

A partir do quantitativo de área urbana projetada, partiu-se para as modificações no uso do solo da bacia. Com o acréscimo da área impermeável, é necessário que ocorram mudanças de

ocupação do solo, de forma que regiões anteriormente pertencentes a outras classes (como por exemplo campo, solo exposto, etc.) passem à classificação de áreas urbanizadas.

Desta forma, para realizar a reclassificação do uso do solo, foram utilizadas três fontes de informação: o uso do solo atual, oriundo do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PROFILL/RHAMA, 2018a); e imagens do satélite LANDSAT, correspondentes aos anos de 1990 e 2019, para avaliar a expansão da área urbana entre esses períodos. A imagem antiga foi adquirida pelo satélite em 23 de dezembro de 1990 e utilizou-se uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5. Já a imagem atual tem data de aquisição de 18 de setembro de 2019 e a composição colorida utilizada foi referente às bandas 4, 5 e 6.

Através das imagens supracitadas, foi possível verificar o sentido da expansão da área urbana de cada um dos 11 municípios contidos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. A partir dos valores de referência de área urbana projetada, apresentados na Tabela 8.3, foi sendo modificado o uso do solo na BHJ, com a inserção de áreas urbanas em áreas antes pertencentes à demais classes, como por exemplo campo e solo exposto, dentre outras.

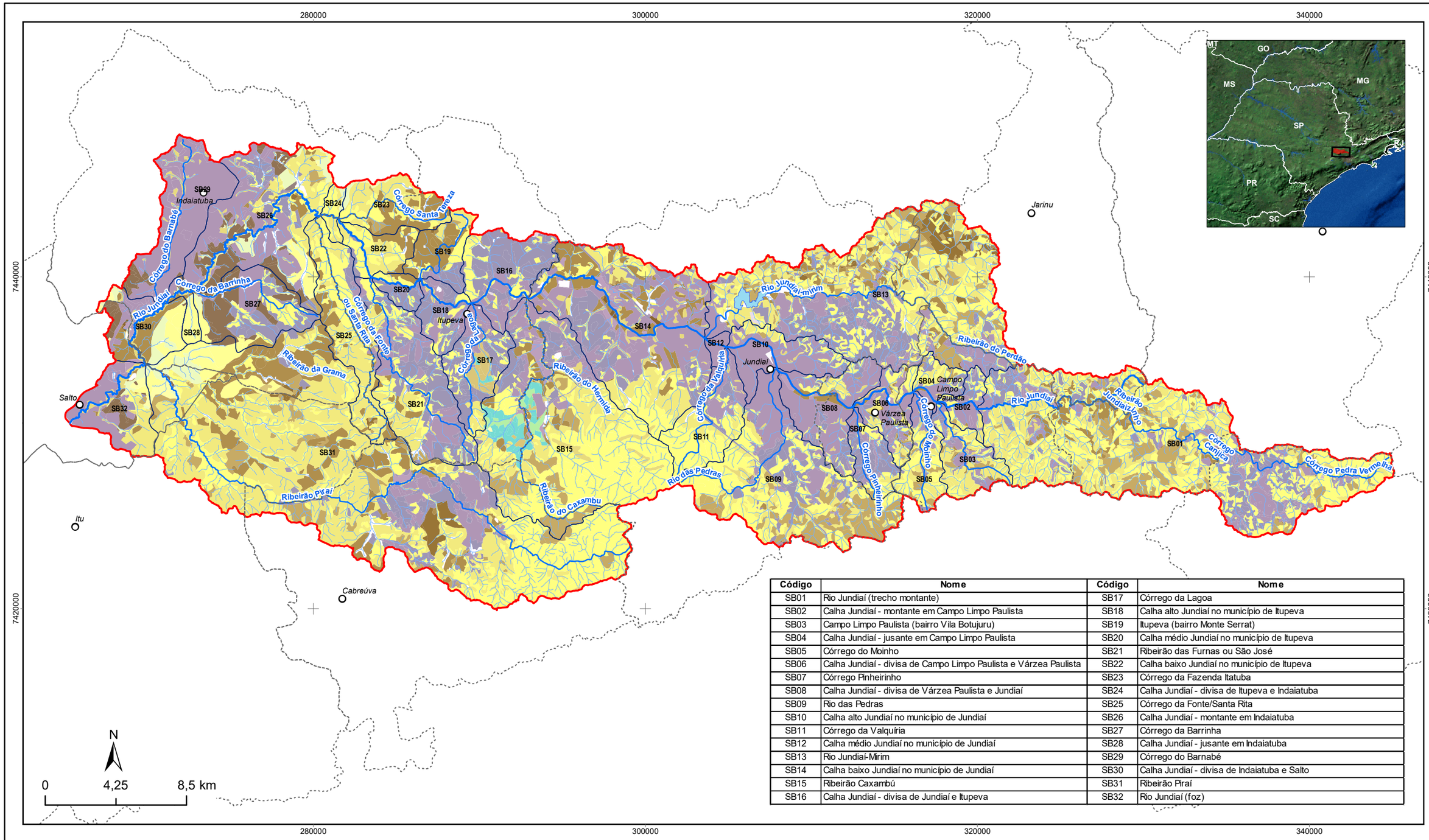
Finalizada a etapa de expansão da área urbana até o valor projetado para o ano de 2040, procedeu-se com a reclassificação do uso do solo de acordo com os grupos hidrológicos da bacia. A partir da sobreposição do tipo de solo já associado aos respectivos grupos hidrológicos, bem como o uso do solo reclassificado para o cenário de prognóstico (ano de 2040), foi possível obter valores do parâmetro *Curve Number* (CN) para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme ilustrado no Mapa 8.1.

A Tabela 8.4 apresenta os valores mínimos, médios, máximos e ponderado pela área do coeficiente CN no cenário de prognóstico, para cada uma das 32 sub-bacias da área de estudo.

Tabela 8.4. Valores mínimos, médios e máximos do parâmetro CN obtidos no cenário de prognóstico (ano de 2040) nas sub-bacias do Rio Jundiaí.

Código da sub-bacia	Sub-bacia	Valores de CN			
		Mínimo	Médio	Máximo	Ponderado pela área
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	70	82,3	100	76,7
SB02	Calha do Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	70	84,1	92	84,0
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	70	82,3	92	78,3
SB04	Calha do Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	70	83,2	94	81,7
SB05	Córrego do Moinho	70	80,9	100	76,6

Código da sub-bacia	Sub-bacia	Valores de CN			
		Mínimo	Médio	Máximo	Ponderado pela área
SB06	Calha do Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	70	83,5	100	83,0
SB07	Córrego Pinheirinho	70	85,5	100	84,8
SB08	Calha do Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	70	84,3	100	87,8
SB09	Rio das Pedras	70	81,8	100	78,6
SB10	Calha do alto Jundiaí no município de Jundiaí	70	83,2	100	88,0
SB11	Córrego da Valquíria	70	82,0	100	78,0
SB12	Calha do médio Jundiaí no município de Jundiaí	79	91,4	100	92,1
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	70	82,0	100	79,2
SB14	Calha do baixo Jundiaí no município de Jundiaí	70	84,8	100	83,8
SB15	Ribeirão Caxambú	36	77,5	100	73,4
SB16	Calha do Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	70	85,8	100	86,3
SB17	Córrego da Lagoa	36	81,0	100	82,6
SB18	Calha do alto Jundiaí no município de Itupeva	70	87,1	100	86,6
SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)	70	83,8	100	79,4
SB20	Calha do médio Jundiaí no município de Itupeva	70	83,9	100	83,2
SB21	Ribeirão das Furnas ou São José	70	85,0	100	83,0
SB22	Calha do baixo Jundiaí no município de Itupeva	70	79,8	100	74,5
SB23	Córrego da Fazenda Itatuba	60	77,2	100	74,6
SB24	Calha do Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba	60	71,5	100	70,2
SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita	60	80,1	100	74,2
SB26	Calha do Jundiaí - montante em Indaiatuba	60	83,8	100	82,4
SB27	Córrego da Barrinha	60	81,1	100	83,2
SB28	Calha do Jundiaí - jusante em Indaiatuba	60	78,0	92	73,4
SB29	Córrego do Barnabé	76	88,6	100	90,8
SB30	Calha do Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto	60	81,7	100	77,6
SB31	Ribeirão Piraí	60	81,9	100	75,3
SB32	Rio Jundiaí (foz)	60	84,0	100	83,3



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Sub-bacia
- Rios, represas e lagoas

CN - Prognóstico

36 46 49 60 67 68 69 70 73 76 77 78 79 83 84 85 86 87 90 91 92 94 96 98 100

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 7.1 – Parâmetro Curve Number (CN) referente ao prognóstico para o ano de 2040

Fonte de dados:

- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- CN: Profill, 2019

8.1.2. *Metodologia empregada*

No presente estudo, para a geração das vazões de projeto da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, é utilizado o método proposto pelo SCS (*Soil Conservation Service,* 1957), que considera que a transformação da precipitação em vazão é função, primordialmente, do tipo de solo e do uso do solo. Tais fatores são expressos através do coeficiente CN (*Curve Number*), conforme apresentado anteriormente no item 8.1.1, que agrega as duas informações supracitadas em uma única variável no modelo.

O modelo considera que a precipitação efetiva, ou seja, a que gera escoamento superficial, é função da precipitação total que ocorre sobre a área, da capacidade de infiltração do solo (armazenamento de água) e das perdas iniciais que ocorrem no processo (e não contribuem para a geração de escoamento). Além disso, os autores do método verificaram que, em média, as perdas iniciais (I_a) representam cerca de 20% da capacidade de armazenamento do solo (S); assim, desta forma obtendo a equação que segue (Equação 7.2):

$$Q = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{(P + 0{,}8S)} \qquad 8.2$$

Onde: Q é a precipitação efetiva; P é a precipitação; e S é a capacidade de armazenamento de água no solo.

Para determinar a capacidade máxima de armazenamento do solo (S), esta foi relacionada com um fator CN da bacia, variando de valores de CN próximos de 100 (para coberturas de superfície muito impermeáveis) até valores de CN próximos de 1 (para coberturas completamente permeáveis). O parâmetro S é obtido através da equação 7.3, onde os valores de CN são aqueles apresentados na Tabela 8.4 do item 8.1.1.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad 8.3$$

A aplicação do método SCS para as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí se deu através do modelo HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*). Como supracitado, no modelo o método de perdas considerado foi o do *Soil Conservation Service*, também conhecido como SCS *Curve Number*. O método de geração de escoamento superficial foi o Hidrograma triangular do SCS, e o fluxo de base foi considerado como constante no mês. Já para os trechos de rio e/ou canal, o método de propagação de onda de cheia escolhido foi Muskingum-Cunge.

As precipitações de projeto foram inseridas através do módulo meteorológico, em que cada sub-bacia teve um hietograma associado, baseado na respectiva curva IDF de abrangência (apresentadas no item 8.1.2.1). As especificações de controle foram criadas, de forma que o tempo de simulação seja suficiente para representar a ascensão e a recessão dos hidrogramas de cheia. Com estas metodologias aplicadas nas sub-bacias do Rio Jundiaí, os resultados obtidos foram hidrogramas de cheia para os tempos de retorno das precipitações de projeto consideradas, para cada uma das áreas de drenagem simuladas.

8.1.2.1. Equações IDF utilizadas

Além do parâmetro *Curve Number* (CN) que representa as condições de cobertura da bacia, foi necessária a obtenção de chuvas de projeto para a posterior transformação da precipitação em vazão, utilizando o método SCS descrito anteriormente. Para a cobertura adequada de todas as 32 sub-bacias do Rio Jundiaí, foram utilizadas cinco equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF).

Quatro das Equações IDF utilizadas foram ajustadas a partir de dados pluviométricos provenientes de monitoramento na BHJ. Uma das equações foi obtida diretamente do Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2013). As cinco equações Intensidade-Duração-Frequência utilizadas na simulação hidrológica do cenário de Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí são apresentadas no Quadro 8.1.

Quadro 8.1. Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas para a simulação hidrológico do Prognóstico na BHJ.

Estação pluviométrica	Equação IDF
Itupeva (02347057)	$i = \frac{865{,}45 \cdot (TR^{0{,}161})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}}$
Jundiaí (02346097)	$i = \frac{949{,}14 \cdot (TR^{0{,}186})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}}$
Fazenda Pinhal (02347020)	$i = \frac{893{,}51 \cdot (TR^{0{,}161})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}}$
Indaiatuba (02347007)	$i = \frac{884{,}92 \cdot (TR^{0{,}187})}{(t + 11{,}52)^{0{,}756}}$

Estação pluviométrica	Equação IDF
Rio Acima* (02346015)	$i = \frac{2144{,}7 \cdot (TR^{0{,}1566})}{(t+19)^{0{,}9105}}$

* Curva disponibilizada através do Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2013).

8.1.3. *Resultados da simulação hidrológica de prognóstico*

Este item apresenta os resultados da simulação hidrológica obtidos com a aplicação do modelo HEC-HMS para o cenário de Prognóstico na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Aqui são apresentadas as principais características dos hidrogramas gerados no cenário de Prognóstico, para os tempos de retorno de 100 anos, 50 anos, 25 anos, 10 anos, 5 anos e 2 anos. Na Tabela 8.11 é apresentado um resumo das análises para todos os tempos de retorno agrupados, em comparação ao cenário de Diagnóstico já apresentado.

8.1.3.1. Tempo de retorno de 2 anos

A Tabela 8.5 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 2 anos de tempo de retorno. A Figura 8.1 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 2 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.5. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 2 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	78,8	860	70,10	23,78
SB02	16,7	170	55,40	21,78
SB03	22,9	220	58,30	18,34
SB04	16,5	140	53,60	18,77
SB05	18,3	230	58,50	16,83
SB06	25	370	71,50	34,63
SB07	28,3	150	54,10	20,97
SB08	52	390	72,80	43,81
SB09	108,8	290	66,90	24,3
SB10	42,7	350	70,70	43,34

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB11	37,2	210	60,50	19,52
SB12	10,5	110	50,20	32,75
SB13	114	960	91,30	42,85
SB14	64,3	1330	88,80	50,56
SB15	75,8	530	69,50	19,68
SB16	37,5	380	64,30	31,37
SB17	24	340	62,00	21,89
SB18	18,2	350	62,70	30,21
SB19	18	240	56,30	18,36
SB20	8,4	170	50,50	15,11
SB21	50,8	510	69,40	31,37
SB22	12,9	240	57,70	14,88
SB23	22,3	220	56,50	15,22
SB24	2,5	90	42,00	5,07
SB25	24	450	66,90	19,06
SB26	46,3	1160	88,10	46,47
SB27	44,7	280	60,30	25,27
SB28	2,3	1110	86,90	30,64
SB29	56,8	550	73,10	50,17
SB30	22,1	330	63,20	20,65
SB31	152,3	1040	86,50	33,8
SB32	28,9	520	71,70	36,86

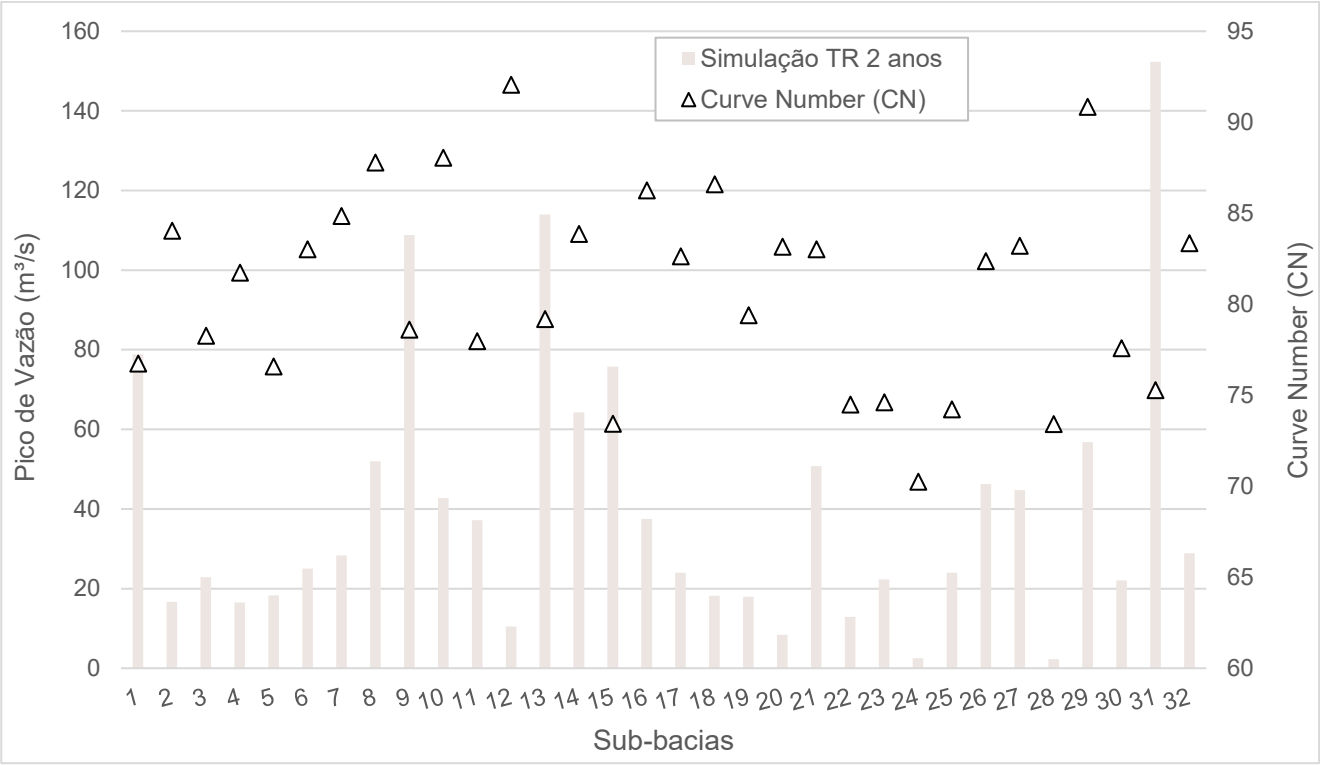


Figura 8.1. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 2 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

8.1.3.2. Tempo de retorno de 5 anos

A Tabela 8.6 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 5 anos de tempo de retorno. A Figura 8.2 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 5 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.6. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 5 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	105,4	860	81,20	31,33
SB02	21,8	170	63,90	28,1
SB03	30,8	220	67,30	24,15
SB04	21,9	140	61,80	24,43
SB05	25	230	67,60	22,4

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB06	33,3	370	84,80	45,42
SB07	39,5	150	64,30	28,64
SB08	67	390	86,30	55,83
SB09	151,2	290	79,30	33,07
SB10	54,6	350	83,80	55,03
SB11	52,8	210	71,80	26,97
SB12	13,3	110	59,70	41,39
SB13	152,2	950	108,40	56,66
SB14	80,8	1330	103,30	63,17
SB15	104,8	520	80,70	26,56
SB16	48,4	380	74,60	39,94
SB17	32,6	340	71,90	29,11
SB18	23,4	350	72,60	38,41
SB19	24,5	240	65,40	24,42
SB20	11,8	160	58,60	20,53
SB21	65,9	510	80,50	40,18
SB22	19,1	240	68,90	21,33
SB23	32,8	220	67,50	21,58
SB24	4,6	90	50,20	7,86
SB25	33,1	450	77,70	25,72
SB26	62,6	1160	105,40	61,13
SB27	61,9	280	72,10	34,3
SB28	3,2	1100	103,60	42,33
SB29	72,4	550	87,50	63,62
SB30	31,7	330	75,50	28,87
SB31	198,3	1030	99,60	43,35
SB32	38,4	520	85,70	48,43

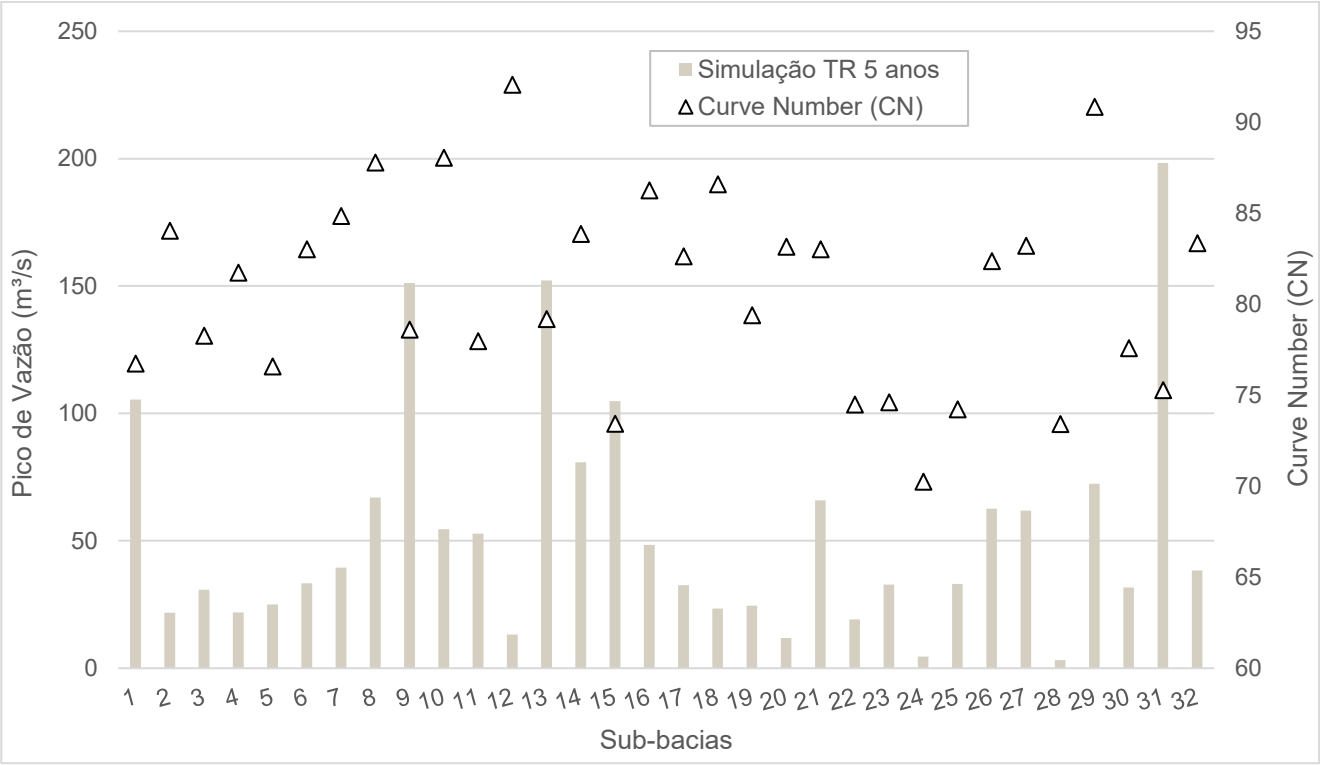


Figura 8.2. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 5 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

8.1.3.3. Tempo de retorno de 10 anos

A Tabela 8.7 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 10 anos de tempo de retorno. A Figura 8.3 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 10 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.7. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 10 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	130,6	860	91,00	38,44
SB02	26,6	170	71,40	34,12
SB03	38,3	220	75,20	29,62
SB04	26,9	140	68,90	29,63
SB05	31,4	230	75,60	27,68

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB06	40,9	370	96,60	55,39
SB07	49,8	140	73,20	35,74
SB08	80,4	390	98,30	66,78
SB09	191,1	290	90,30	41,36
SB10	65,6	350	95,50	65,68
SB11	67,5	210	81,70	34,02
SB12	15,9	110	68,00	49,1
SB13	186,9	950	123,20	69,13
SB14	95,3	1330	116,00	74,51
SB15	131,8	520	90,40	33
SB16	58	380	83,50	47,59
SB17	40,5	340	80,50	35,76
SB18	28,3	340	81,40	45,96
SB19	30,5	240	73,30	30
SB20	14,9	160	65,60	25,57
SB21	79,6	510	90,20	48,2
SB22	25	240	78,50	27,42
SB23	42,7	220	76,90	27,56
SB24	6,7	90	57,10	10,68
SB25	41,6	450	86,90	31,84
SB26	74,6	1150	119,80	73,81
SB27	77,5	280	82,20	42,46
SB28	4	1100	117,90	53,04
SB29	85,7	550	99,60	75,1
SB30	40,5	330	86,00	36,44
SB31	241,7	1030	111,50	52,47
SB32	46,7	520	97,50	58,57

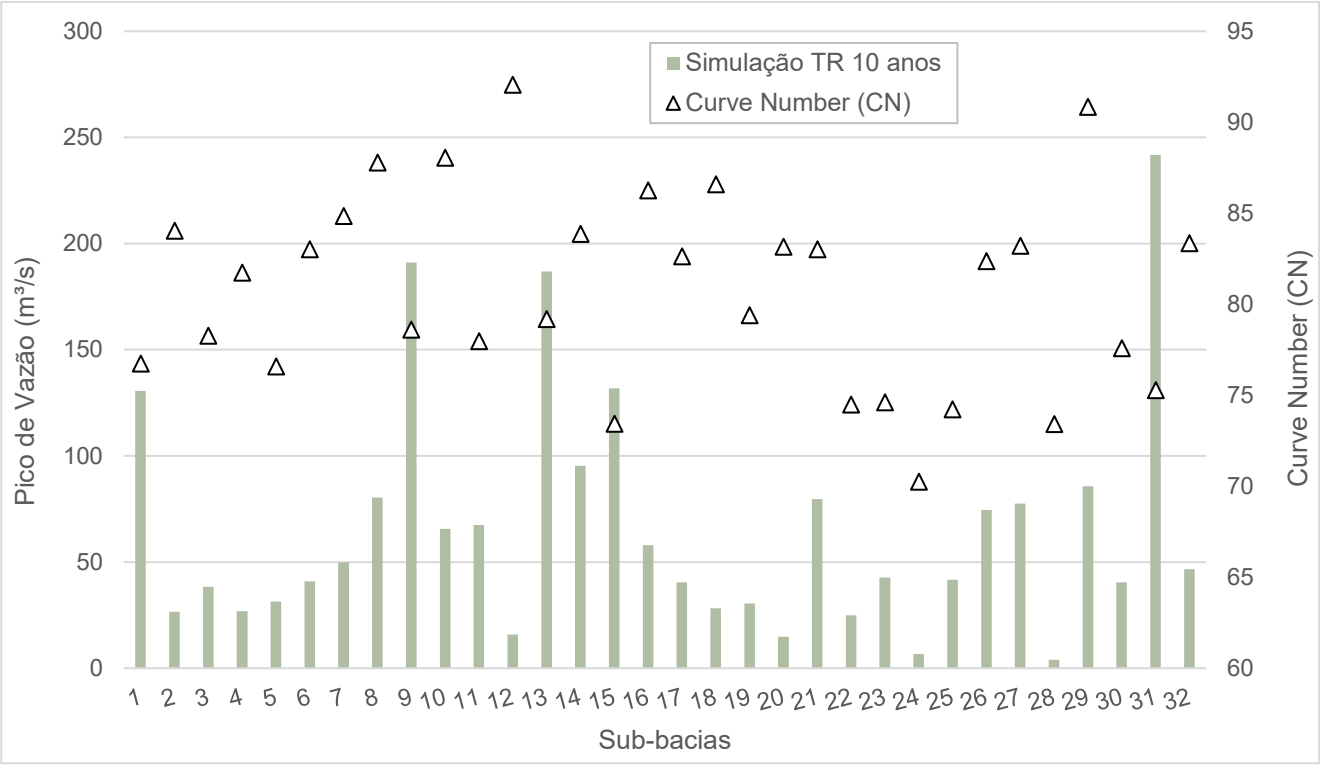


Figura 8.3. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 10 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

8.1.3.4. Tempo de retorno de 25 anos

A Tabela 8.8 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 25 anos de tempo de retorno. A Figura 8.4 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 25 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.8. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 25 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	167,2	860	104,60	48,82
SB02	33,8	160	82,10	42,7
SB03	49,6	220	86,40	37,82
SB04	34,6	140	79,40	37,71
SB05	41	230	86,80	35,57

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB06	52,5	370	114,20	70,79
SB07	66	140	86,40	46,76
SB08	100,9	390	116,30	83,54
SB09	254,3	290	106,80	54,49
SB10	82,1	350	112,90	81,9
SB11	91,1	210	96,70	45,39
SB12	19,7	110	80,30	60,58
SB13	241,9	950	146,00	89,02
SB14	117,2	1320	134,10	91,01
SB15	175,1	510	104,80	43,22
SB16	73,1	380	97,00	59,53
SB17	53,1	330	93,50	46,29
SB18	35,7	340	94,50	57,51
SB19	40	240	85,00	38,75
SB20	19,9	160	76,20	33,86
SB21	100,8	500	104,60	60,53
SB22	35,2	230	93,60	37,94
SB23	59,7	220	91,70	37,79
SB24	10,6	90	68,10	15,93
SB25	55,3	440	100,90	41,78
SB26	96,5	1150	143,40	95,14
SB27	103,4	270	98,10	55,9
SB28	5,5	1090	140,90	71,27
SB29	107,1	550	118,90	93,64
SB30	55,4	320	102,70	49,26
SB31	309,3	1020	129,20	66,67
SB32	60,5	510	116,50	75,41

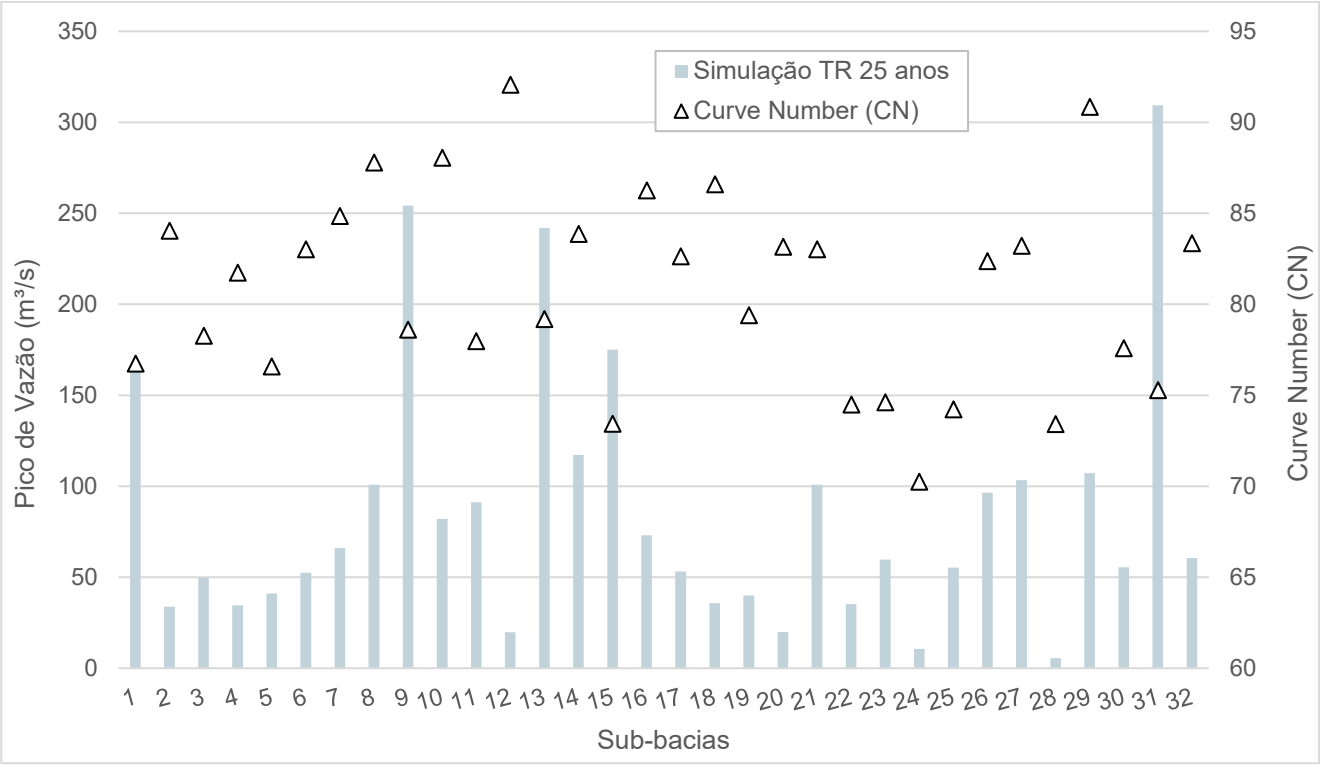


Figura 8.4. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 25 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

8.1.3.5. Tempo de retorno de 50 anos

A Tabela 8.9 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 50 anos de tempo de retorno. A Figura 8.5 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 50 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.9. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 50 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	201,4	860	116,6	58,39
SB02	40,5	160	91,8	51,05
SB03	60,4	210	96,6	45,68
SB04	41,8	140	88,7	45,19
SB05	50,2	220	97	43,17

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB06	63,3	370	130	85
SB07	81,7	140	98,6	57,34
SB08	119,5	390	132,3	98,67
SB09	313,8	290	121,6	66,81
SB10	97,2	350	128,5	96,66
SB11	113,5	210	110,2	56,21
SB12	23,2	110	91,6	71,38
SB13	291,8	940	166	106,97
SB14	136,4	1320	150	105,76
SB15	214,1	510	117,1	52,45
SB16	85,9	380	108,2	69,65
SB17	64,1	330	104,4	55,44
SB18	42,7	340	105,5	67,29
SB19	48,4	240	94,9	46,53
SB20	24,4	160	85,1	40,8
SB21	119,2	500	116,8	71,28
SB22	44,6	230	106,6	47,56
SB23	75,3	220	104,4	47,16
SB24	14,5	90	77,7	21,14
SB25	67,6	440	112,7	50,63
SB26	115,1	1150	162,8	113,07
SB27	126,1	270	111,6	67,7
SB28	6,8	1090	160,3	87,19
SB29	125,5	550	135,3	109,54
SB30	68,8	320	116,8	60,67
SB31	370,9	1020	144,6	79,5
SB32	72,5	510	132,5	90,03

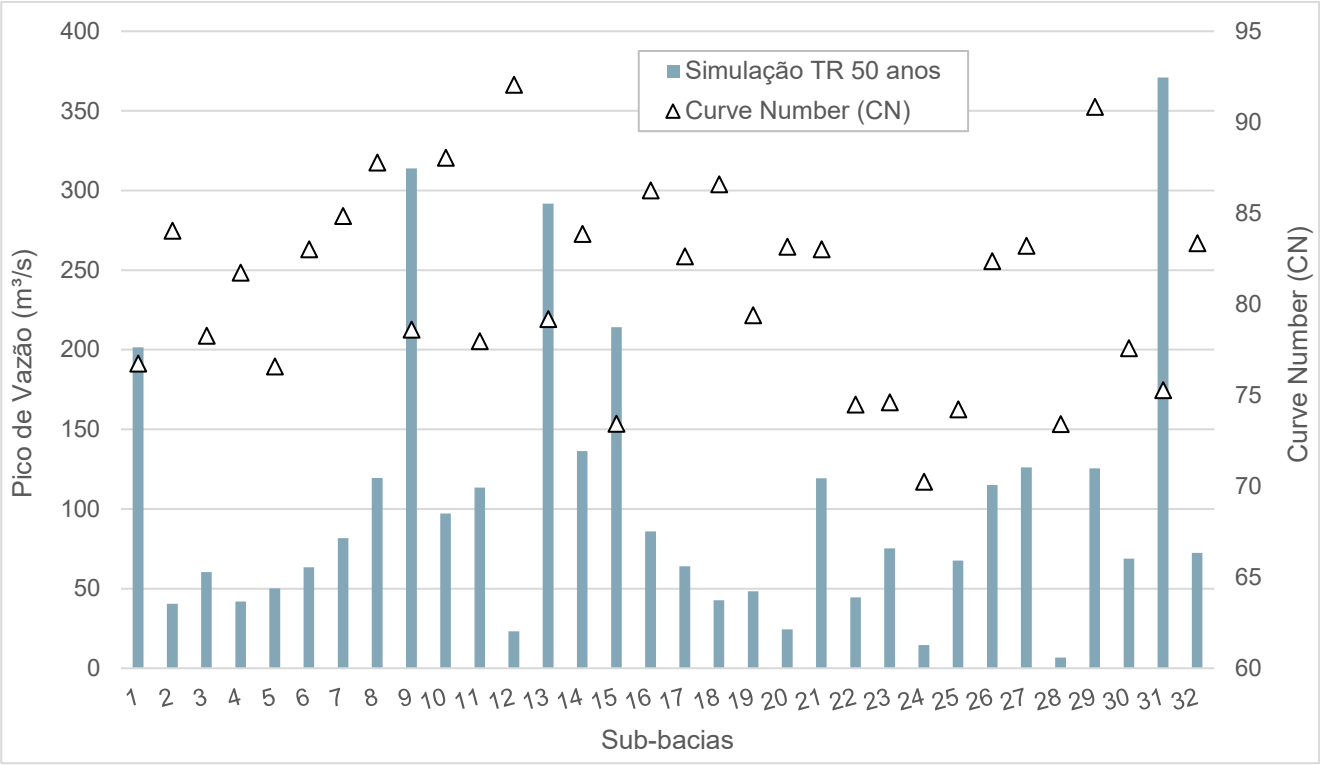


Figura 8.5. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 50 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

8.1.3.6. Tempo de retorno de 100 anos

A Tabela 8.10 apresenta os principais valores que caracterizam o hidrograma de projeto gerado para o cenário Prognóstico de 100 anos de tempo de retorno. A Figura 8.6 ilustra os dados apresentados na tabela a seguir, apresentando de forma gráfica as vazões de pico do hidrograma de 100 anos de tempo de recorrência para as 32 sub-bacias que compõem a simulação de Prognóstico realizada no Rio Jundiaí.

Tabela 8.10. Valores característicos do hidrograma de projeto para o cenário de Prognóstico de 100 anos de tempo de recorrência.

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB01	239,9	860	129,7	69,19
SB02	47,9	160	102,1	59,84
SB03	72,6	210	107,6	54,48
SB04	49,8	140	98,8	53,58
SB05	60,7	220	108,2	51,87

Código da sub-bacia	Vazão de pico (m³/s)	Tempo para atingir o pico de vazão (min)	Volume total precipitado (mm)	Volume total escoado (mm)
SB06	75,7	370	148	101,51
SB07	99,4	140	112,2	69,46
SB08	140,9	390	150,7	116,26
SB09	383,1	290	138,4	81,25
SB10	114,4	350	146,3	113,73
SB11	139,9	200	125,3	68,75
SB12	27,1	110	104,1	83,44
SB13	350,2	940	189	128,04
SB14	158	1320	167,7	122,39
SB15	259,2	510	130,7	63,08
SB16	100,6	370	120,8	81,24
SB17	76,7	330	116,5	65,97
SB18	49,2	340	117,7	78,69
SB19	58	240	105,9	55,42
SB20	29,4	160	94,9	48,94
SB21	140,2	500	130,4	83,49
SB22	55,9	230	121,5	59,06
SB23	94	220	118,9	58,47
SB24	19,3	90	88,7	27,56
SB25	81,7	440	125,8	60,89
SB26	137,4	1150	185,9	134,74
SB27	153	270	127,2	81,72
SB28	8,3	1090	182,9	106,77
SB29	146,8	550	154,4	128,18
SB30	84,8	320	133,2	74,44
SB31	438,3	1020	161,2	93,72
SB32	86,8	510	151,3	107,38

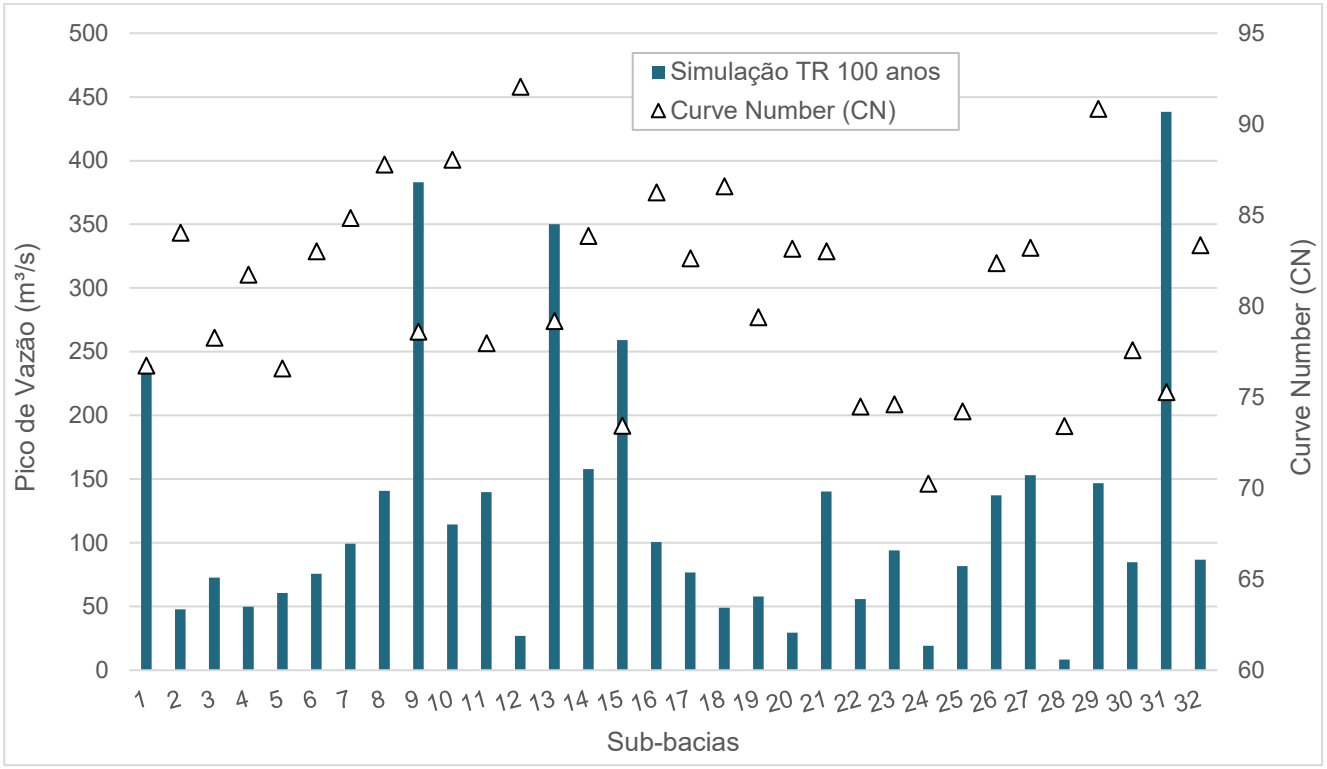


Figura 8.6. Vazão de pico do hidrograma de Prognóstico de 100 anos de tempo de retorno para as sub-bacias do Rio Jundiaí e seus respectivos coeficientes CN.

Além disso, a Tabela 8.11 apresenta uma análise de incremento percentual entre os cenários supracitados. Também, visando uma comparação visual das duas condições de uso e ocupação do solo simulados, no TOMO VII deste relatório – ANEXO VI – são apresentados os hidrogramas gerados de ambos os cenários lado a lado.

Tabela 8.11. Incremento percentual da vazão de pico e do volume total escoado entre os valores do cenário de Diagnóstico e de Prognóstico.

Código da sub-bacia	TR 02 anos		TR 05 anos		TR 10 anos		TR 25 anos		TR 50 anos		TR 100 anos	
	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)
SB01	4,0%	3,6%	3,5%	3,4%	3,4%	3,2%	3,1%	3,0%	2,9%	2,8%	2,7%	2,6%
SB02	15,2%	13,5%	13,5%	12,7%	12,7%	11,9%	11,6%	10,9%	10,7%	10,2%	9,9%	9,5%
SB03	3,2%	2,5%	2,3%	2,4%	2,4%	2,3%	2,3%	2,2%	2,2%	2,0%	2,1%	1,9%
SB04	5,8%	5,1%	5,3%	4,8%	5,1%	4,5%	4,2%	4,2%	4,2%	3,9%	3,7%	3,7%
SB05	2,2%	2,2%	2,0%	2,1%	2,3%	2,1%	2,2%	1,9%	2,0%	1,8%	1,8%	1,7%
SB06	1,6%	1,6%	1,5%	1,4%	1,5%	1,3%	1,2%	1,2%	1,1%	1,0%	0,9%	1,0%
SB07	25,2%	22,7%	22,7%	20,9%	20,9%	19,5%	18,7%	17,6%	17,0%	16,1%	15,4%	14,7%
SB08	3,8%	3,7%	3,4%	3,3%	3,1%	3,0%	2,6%	2,6%	2,4%	2,4%	2,2%	2,1%
SB09	2,6%	2,4%	2,4%	2,3%	2,2%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%	1,8%	1,7%	1,6%
SB10	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%	1,0%	0,9%	0,9%	0,8%	0,8%	0,6%	0,7%
SB11	3,6%	3,4%	3,5%	3,2%	3,2%	3,0%	2,9%	2,8%	2,6%	2,6%	2,5%	2,4%
SB12	1,0%	0,8%	0,8%	0,7%	0,6%	0,6%	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,5%
SB13	6,4%	6,1%	5,8%	5,5%	5,3%	5,1%	4,7%	4,5%	4,3%	4,1%	3,9%	3,8%
SB14	3,9%	3,6%	3,5%	3,3%	3,1%	3,0%	2,9%	2,7%	2,6%	2,5%	2,4%	2,3%
SB15	2,8%	2,6%	2,7%	2,5%	2,5%	2,4%	2,3%	2,2%	2,2%	2,1%	2,0%	2,0%
SB16	21,0%	19,4%	19,2%	17,7%	17,4%	16,5%	15,5%	14,9%	14,2%	13,7%	13,2%	12,6%
SB17	36,4%	32,1%	33,1%	30,1%	30,2%	28,4%	27,6%	26,0%	25,7%	24,2%	23,7%	22,4%
SB18	25,5%	23,2%	22,5%	21,3%	20,9%	19,8%	19,0%	17,8%	17,0%	16,3%	16,0%	15,2%

Código da sub-bacia	TR 02 anos		TR 05 anos		TR 10 anos		TR 25 anos		TR 50 anos		TR 100 anos	
	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)	Incremento da vazão de pico (%)	Incremento do volume escoado (%)
SB19	6,5%	5,6%	6,1%	5,3%	5,5%	5,1%	5,0%	4,8%	4,8%	4,5%	4,3%	4,2%
SB20	35,5%	30,9%	32,6%	29,5%	30,7%	28,0%	27,6%	25,6%	25,8%	24,1%	23,5%	22,5%
SB21	14,2%	13,1%	12,8%	12,1%	12,0%	11,4%	10,8%	10,4%	10,1%	9,6%	9,3%	8,9%
SB22	2,4%	1,9%	2,1%	1,8%	1,6%	1,7%	1,7%	1,6%	1,6%	1,5%	1,6%	1,4%
SB23	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB24	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB25	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,4%	1,5%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
SB26	8,7%	8,1%	7,7%	7,3%	7,0%	6,7%	6,2%	5,9%	5,6%	5,4%	5,0%	4,9%
SB27	22,5%	20,4%	20,9%	19,3%	19,6%	18,3%	17,9%	16,7%	16,4%	15,5%	15,0%	14,3%
SB28	4,5%	1,9%	3,2%	1,7%	0,0%	1,6%	1,9%	1,5%	1,5%	1,3%	1,2%	1,2%
SB29	6,6%	6,2%	5,5%	5,4%	5,0%	4,9%	4,2%	4,2%	3,8%	3,8%	3,3%	3,4%
SB30	5,2%	4,7%	5,0%	4,4%	4,4%	4,2%	3,9%	3,8%	3,8%	3,5%	3,3%	3,3%
SB31	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,8%	0,8%
SB32	2,8%	2,7%	2,7%	2,5%	2,4%	2,3%	2,2%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%	1,7%

8.2. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação

Este item apresenta o resultado da simulação hidrodinâmica realizada para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí no cenário de Prognóstico. Os resultados foram obtidos através da aplicação do software HEC-RAS para a calha do Rio Jundiaí, considerando a contribuição de suas 32 sub-bacias. O produto da atividade supracitada são as manchas de inundação para a calha do Rio Jundiaí, para o cenário futuro de uso e ocupação do solo proposto para a bacia. Os mapas que ilustram as manchas de inundação estão agrupadas por tempo de retorno simulado e são apresentadas do item 8.2.1 ao item 8.2.6.

8.2.1. *Tempo de retorno de 2 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 2 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 8. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.2. *Tempo de retorno de 5 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 5 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 9. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.3. *Tempo de retorno de 10 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 10 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 10. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.4. *Tempo de retorno de 25 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 25 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 11. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.5. *Tempo de retorno de 50 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 50 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 12. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.6. *Tempo de retorno de 100 anos*

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com tempo de retorno de 100 anos no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 13. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.7. *Resultados da simulação hidrodinâmica: todos os TRs simulados*

Este item apresenta uma compilação dos resultados ilustrados ao longo dos itens 8.2.1 a 8.2.6. Desta forma, aqui são apresentadas, sobrepostas, as manchas de inundação para os diversos tempos de retorno simulados no cenário de Prognóstico – 2 anos, 5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos.

A representação das manchas de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com sobreposição de todos os períodos de retorno simulados no cenário de Prognóstico, é apresentada no TOMO IV deste relatório, nos Apêndices - Mapa 14. Este encontra-se subdivido em 18 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

8.2.8. *Análise dos resultados*

A busca por dados quanto à tipologia das ruas, localizadas nas manchas de inundação, teve como ponto de partida os endereços eletrônicos das prefeituras, cujos municípios possuem áreas ao longo do Rio Jundiaí e que são atingidos por extravasamento das águas nos trechos modelados. A seguir são listados os materiais utilizados como referência:

- Campo Limpo Paulista: Plano Diretor do Município de Campo Limpo Paulista e Mapa 3 - Rede Estrutural do Sistema Viário (CAMPO LIMPO PAULISTA, 2019). Conforme o Plano Diretor, o sistema viário estrutural do município organiza-se em seis categorias com a seguinte hierarquia: I. Rodovias; II. Vias Arteriais Primárias; III. Vias Arteriais Turísticas; IV. Vias Arteriais Secundárias; V. Vias Coletoras e; VI. Vias Locais.
- Várzea Paulista: Plano Diretor de Várzea Paulista - Classificação do Sistema Viário (VÁRZEA PAULISTA, 2006).O Artigo 31 do Plano Diretor define as categorias das vias, as quais estão na ordem decrescente de hierarquia: I - Via Arterial é aquela de caráter estrutural para o Município, cumprindo funções de acesso a outros municípios, e integração entre as regiões da cidade; II - Via Coletora é aquela de saída ou penetração aos bairros tendo a função de canalizar o tráfego das vias locais para as vias arteriais; III - Via Local é aquela que apresenta como principal função o acesso aos lotes e são identificadas como todas aquelas vias municipais sem classificação específica.
- Jundiaí: Plano Diretor do Município de Jundiaí - Mapa 02 – Zoneamento e Sistema Viário (JUNDIAÍ, 2019).Conforme o Artigo 217 desta Lei, as vias são classificadas conforme suas funções urbanísticas nas seguintes categorias: I - vias de desenvolvimento regional: compreendem as rodovias e avenidas marginais e se destinam a atividades vinculadas à indústria, logística e grandes serviços, promovendo o desenvolvimento do território; II - vias de organização do território: a) vias estruturais: abrangem grandes porções do território, estruturam a malha urbana e possuem maior capacidade para o atendimento das condições de mobilidade; b) vias de concentração: apresentam maior concentração dos usos econômicos (não residenciais) na zona em que está inserida, porém com capacidade limitada para mobilidade; c) vias de indução: vias estratégicas de

planejamento, visando estimular a criação de usos não residenciais e residenciais multifamiliares, conformam as microcentralidades e/ou promovem a ligação entre bairros; III - vias de proteção de bairro: a) vias de circulação: vias predominantemente residenciais e com possibilidade de outros usos compatíveis com as residências, sendo normalmente utilizadas para circulação interna ao bairro residencial; b) vias de acesso ao lote: protegem e preservam as características residenciais dos bairros e possuem fluxo reduzido de automóveis e pedestres. No que se refere à classificação funcional das vias, são encontradas as seguintes especificações: as vias estruturais são equivalentes à via arterial; as vias de concentração e de indução são equivalentes à via coletora; as vias de circulação podem ser equivalentes à via coletora ou à via local, a critério da autoridade de trânsito municipal; as vias de acesso ao lote são equivalentes à via local do Código de Trânsito Brasileiro.

- Itupeva: Plano de Diretrizes Urbanísticas - PDU do Município de Itupeva e o respectivo Anexo VII no qual consta a classificação das vias (ITUPEVA, 2012). Conforme o item de conceitos e definições do PDU, as vias de Itupeva são classificadas nas seguintes categorias: Via arterial: é a classificação dada ao leito carroçável com função estrutural destinado à canalização do tráfego principal e de integração das diversas regiões da cidade; Via coletora: é aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade; via de trânsito rápido: é aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem intersecções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestre em nível; Via local: é aquela caracterizada por intersecções em nível não semaforizadas, destinadas apenas ao acesso local ou áreas restritas. Como não foi encontrado mapa com a setorização das vias do município de Itupeva, as categorias das vias foram atribuídas conforme a lista de classificação das vias disponível no Anexo VII do PDU, sendo que a busca foi feita pelo nome da via. Em função disso, algumas vias sem nome, acabaram ficando sem classificação.
- Indaiatuba: Plano Diretor do Município de Indaiatuba - PDI e mapa do sistema viário disponível no Anexo IV (INDAIATUBA, 2010). O PDI estabelece a seguinte classificação para o sistema viário municipal: I – Sistema Ferroviário; II – Sistema

Rodoviário: a) vias expressas – compreendendo rodovias e vias que não são interceptadas por outras vias; b) vias arteriais – compreendendo avenidas e ruas que permitem o deslocamento entre várias regiões da cidade; c) vias coletoras – compreendendo vias que coletam e distribuem o tráfego entre as vias arteriais e as locais, possibilitando o trânsito dentro das várias regiões da cidade; d) vias locais - aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas (residências). (art. 61, § 2º do Código de Trânsito Brasileiro). Contudo, na legenda do Mapa correspondente ao Anexo IV somente estão identificadas as seguintes classes: Rodovia SP-75, estrada de ferro, via arterial, via arterial a implantar e ciclovia. Em função desta limitação causada pela falta de legenda para as demais classes, parte das vias do município ficou sem classificação no presente estudo.

- Salto: Plano Diretor da Estância Turística de Salto (SALTO, 2019). Conforme o Artigo 10 do Plano Diretor de Salto, a estrutura viária do município, consistente no macro sistema viário (Avenidas) e Parques Lineares, seguirá as diretrizes indicadas no Anexo 3. Contudo, ao consultar o referido Anexo, não foi encontrada legenda no mapa e, portanto, não foi viável classificar as vias do município de Salto com base do Plano Diretor.

Com base nos dados listados acima foram atribuídas classes à base vetorial das vias que está sendo utilizada neste estudo (OSM, 2018). No Quadro 7.3 são apresentadas extensões das vias e ferrovias localizadas nas manchas de inundação, do cenário de Prognóstico, por município. Dentre os municípios com estruturas viárias atingidas, observa-se que Jundiaí é o município com maior extensão de vias atingidas, correspondendo a 54% do total. Quando analisado o tipo de via com maiores extensões nas manchas de inundação, observa-se que predominam as vias arteriais em todos os municípios com classificação, com destaque para Jundiaí, onde são chamadas de Via de Organização do Território - Estrutural, as quais, segundo o Plano Diretor, são equivalentes à via arterial.

Quadro 8.2. Classificação das vias localizadas nas manchas de inundação, por município, para o cenário de ocupação futura na BHJ.

Município	Classe da via	Extensão (m)
Campo Limpo Paulista	Rodovia	205,07
	Via Arterial Primária	10.634,01
	Via Coletora	768,87
	Via Local	3.468,33
Indaiatuba	Sem classificação	12.774,42
	Via arterial	3.074,55
	Via Arterial a Implantar	3.887,81
Itupeva	Sem classificação	1.506,07
	Via arterial	12.500,46
	Via Coletora	14.139,91
	Via Local	11.727,62
Jundiaí	Via de Desenvolvimento Regional	9.542,40
	Via de Organização do Território - Concentração	8.865,28
	Via de Organização do Território - Estrutural	47.577,50
	Via de Organização do Território - Indução	27.000,51
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	15.356,00
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	20.527,54
Salto	Sem classificação	16.507,50
Várzea Paulista	Via arterial	11.092,10
	Via Coletora	2.193,54
	Via Local	4.,155,74

No Quadro 7.4 são apresentadas as extensões de vias atingidas pelas manchas de inundação, no cenário de Prognóstico, nos tempos de retorno modelados neste estudo. Observa-se que, com base no cruzamento feito entre a base de vias e as manchas de inundação, 237 km de vias podem ser atingidos quando considerada a mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos, no cenário de ocupação futura na BHJ. Por outro lado, na mancha do menor tempo de retorno analisado no Prognóstico (TR 02 anos) estão localizados pouco mais de 72 km de vias atingidas pela inundação.

Quadro 8.3. Extensão de vias atingidas pela mancha de inundação do cenário de Prognóstico por tempo de retorno.

Mancha - Tempo de retorno	Extensão acumulada (m)	Incremento de extensão por TR (m)
02 anos	72.427,76	72.427,76
05 anos	100.520,32	28.092,56
10 anos	142.284,30	41.763,98
25 anos	196.522,60	54.238,29
50 anos	219.930,68	23.408,08
100 anos	237.857,44	17.926,76

A proporção pelo tipo de via atingida pela mancha de inundação de cada tempo de retorno obtido no cenário de Prognóstico é apresentada no Quadro 7.5. Da mesma forma como ocorreu ao analisar os valores de tipos de vias atingidas por município, aqui também se observa o predomínio de vias arteriais. Quando somados os valores das vias arteriais com diferentes nomenclaturas (Via arterial, via arterial a implantar, via arterial primária e via de organização do território - estrutural), observa-se que esta classe é predominante nas manchas de inundação de todos os tempos de retorno, variando de 57,4% do total das vias atingidas no TR 02 anos a 37,3% do total de vias atingidas no TR de 100 anos.

Quadro 8.4. Porcentual das vias atingidas por cada mancha de inundação no Prognóstico, por classe da via.

Tempo de Retorno	Classe da via	%
02 anos	Rodovia	0,04%
	Sem classificação	13,71%
	Via Arterial	18,72%
	Via Arterial a Implantar	4,37%
	Via Arterial Primária	7,26%
	Via Coletora	4,40%
	Via de Desenvolvimento Regional	0,96%
	Via de Organização do Território - Concentração	1,93%
	Via de Organização do Território - Estrutural	27,09%
	Via de Organização do Território - Indução	5,94%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,53%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	4,22%
	Via Local	4,83%
05 anos	Rodovia	0,09%
	Sem classificação	14,21%

Tempo de Retorno	Classe da via	%
	Via Arterial	15,98%
	Via Arterial a Implantar	3,67%
	Via Arterial Primária	6,95%
	Via Coletora	6,32%
	Via de Desenvolvimento Regional	1,17%
	Via de Organização do Território - Concentração	2,90%
	Via de Organização do Território - Estrutural	24,27%
	Via de Organização do Território - Indução	6,02%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,30%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	4,27%
	Via Local	7,85%
10 anos	Rodovia	0,07%
	Sem classificação	13,28%
	Via Arterial	13,93%
	Via Arterial a Implantar	2,65%
	Via Arterial Primária	5,28%
	Via Coletora	8,16%
	Via de Desenvolvimento Regional	1,00%
	Via de Organização do Território - Concentração	3,79%
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,97%
	Via de Organização do Território - Indução	6,98%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	5,94%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	7,67%
	Via Local	10,29%
25 anos	Rodovia	0,07%
	Sem classificação	11,89%
	Via Arterial	11,57%
	Via Arterial a Implantar	1,94%
	Via Arterial Primária	4,43%
	Via Coletora	7,39%
	Via de Desenvolvimento Regional	2,81%
25 anos	Via de Organização do Território - Concentração	4,05%
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,64%
	Via de Organização do Território - Indução	10,75%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,85%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	8,58%
	Via Local	9,03%

Tempo de Retorno	Classe da via	%
50 anos	Rodovia	0,08%
	Sem classificação	12,50%
	Via Arterial	11,24%
	Via Arterial a Implantar	1,75%
	Via Arterial Primária	4,50%
	Via Coletora	7,04%
	Via de Desenvolvimento Regional	3,56%
	Via de Organização do Território - Concentração	3,84%
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,61%
	Via de Organização do Território - Indução	11,22%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,82%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	8,39%
	Via Local	8,45%
100 anos	Rodovia	0,09%
	Sem classificação	12,94%
	Via Arterial	11,21%
	Via Arterial a Implantar	1,63%
	Via Arterial Primária	4,47%
	Via Coletora	7,19%
	Via de Desenvolvimento Regional	4,01%
	Via de Organização do Território - Concentração	3,73%
	Via de Organização do Território - Estrutural	20,00%
	Via de Organização do Território - Indução	11,35%
	Via de Proteção de Bairro - Acesso ao Lote	6,46%
	Via de Proteção de Bairro - Circulação	8,63%
	Via Local	8,28%

Por outro lado, ao analisar o vetor que representa a malha ferroviária localizada nas manchas de inundação modeladas, considerando o cenário de ocupação futura da bacia, observou-se que os valores são bem menos expressivos quando comparados com os trechos rodoviários. Na mancha mais abrangente, para um TR de 100 anos, um total de 17,7 km de ferrovia é atingido; já para a mancha menor, de recorrência de 02 anos, cerca de 5 km são atingidos.

Além do sistema viário que pode ser atingido durante as inundações, foram coletados dados referentes às edificações localizadas dentro das manchas de inundação para o Prognóstico, modeladas para seis tempos de retornos diferentes.

Inicialmente foram buscados dados de infraestruturas que prestam atendimento à população, como equipamentos de saúde e de educação. Para isso, foram consultadas as páginas eletrônicas das prefeituras cujos municípios possuem áreas localizadas nas áreas inundáveis, imagens do Google Earth com as categorias de hospitais e escolas ativadas, bem como, para a saúde, a página do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Para efetuar o cruzamento dos pontos contendo a localização de unidades de saúde com as manchas de inundação para o cenário futuro de ocupação, foi feito um filtro nas instituições de maior relevância para atendimento da comunidade, como, hospital, unidade móvel de nível pré-hospitalar na área de urgência, centro de saúde e unidade básica de saúde. Como pode ser observado no Quadro 7.6, na mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos do Prognóstico, estão localizadas oito unidades de saúde, sendo que a maioria delas (quatro) encontra-se no município de Itupeva. Já na mancha de inundação futura modelada para o maior período de recorrência (TR 02 anos) estão localizadas três unidades de saúde.

Quadro 8.5. Número de unidades de saúde localizadas em cada mancha de inundação do Prognóstico por município.

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de saúde na mancha
02 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	1
	Jundiaí	1
05 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	2
	Jundiaí	1
10 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	3
25 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	1
50 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	3

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de saúde na mancha
100 anos	Indaiatuba	1
	Itupeva	4
	Jundiaí	3

Quanto às unidades de educação localizadas nas áreas inundáveis, foram identificadas instituições do tipo: creche, escola municipal, escola estadual e um centro de atendimento socioeducativo. No cenário da mancha de inundação mais extensa simulada no Prognóstico, TR de 100 anos, estão localizadas dentro da área inundável 30 unidades de educação, sendo que a maior quantidade de unidades atingidas está localizada nos municípios de Itupeva e Jundiaí (Quadro 7.7). Já no TR de 02 anos, o número de unidades de educação localizadas na mancha de inundação corresponde a três unidades, sendo uma em Campo Limpo Paulista, uma em Itupeva e uma em Jundiaí.

Quadro 8.6. Número de unidades de educação localizadas em cada mancha de inundação do Prognóstico, separadas por município.

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de educação na mancha
02 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Itupeva	1
	Jundiaí	1
05 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	3
	Jundiaí	2
10 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	5
	Jundiaí	7
25 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	6
	Jundiaí	18
50 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	6
	Jundiaí	21
	Salto	1

Tempo de Retorno	Município	Número de unidades de educação na mancha
100 anos	Campo Limpo Paulista	1
	Indaiatuba	1
	Itupeva	6
	Jundiaí	21
	Salto	1

Além disso, no cenário de Prognóstico, observou-se que algumas Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) encontram-se no interior da área afetada pelas manchas de inundação. Em relação às ETAs, observou-se para os seis tempos de retorno simulados (02, 05, 10, 25, 50 e 100 anos) que três sistemas de tratamento foram afetados. São eles: Sistema Integrado Campo/Várzea (municípios de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista), ETA III – Pimenta (Indaiatuba) e Sistema São José (Itupeva). Em relação às ETEs, para a mancha de inundação do cenário futuro de maior recorrência (TR de 02 anos) não foram observadas estações de tratamento de esgoto afetadas. A quantificação das ETEs em área de inundação para os demais tempos de retorno é apresentada a seguir, na Tabela 8.12.

Tabela 8.12. Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) nas manchas de inundação, por município, para o cenário de Prognóstico.

Tempo de Retorno	Município	Estação de Tratamento de Esgoto na mancha
05 anos	Itupeva	ETE Itupeva – Rio das Pedras
10 anos 25 anos 50 anos	Indaiatuba	ETE Mário Araldo Candello
	Itupeva	ETE Itupeva – Rio das Pedras
100 anos	Indaiatuba	ETE Mário Araldo Candello
	Itupeva	ETE Itupeva – Rio das Pedras
		ETE Nica Preta

Conforme informado pelo SAAE Indaiatuba, a ETE Mário Araldo Candello teve seu terreno alteado para a cota 547,5 m. Desta forma, o SAAE Indaiatuba acredita que a área não seja inundada.

Além das unidades de saúde, educação e estações de tratamento, foi feita a contagem das demais edificações localizadas nas manchas de inundação simuladas neste estudo, considerando um uso e ocupação do solo futuro para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Neste

processo, observaram-se edificações destinadas aos mais variados usos, como comercial, industrial e residencial.

Tendo em vista pela forma como os dados foram coletados, foi inviável quantificar as edificações por tipo de uso. Desta forma, no Quadro 3.2 são apresentados os valores totais de edificações atingidas em cada mancha de inundação do cenário de Prognóstico, quantificadas por município e tempo de recorrência da cheia. No total, para mancha de inundação mais abrangente (TR de 100 anos), foram identificadas 13.226 unidades em áreas inundáveis, sendo que a maior parte delas, cerca de 63%, está localizada no município de Jundiaí. Já na mancha modelada para o tempo de retorno mais recorrente do Prognóstico (02 anos) estão localizadas 2.539 unidades em áreas inundáveis, entre as quais se encontram a estação ferroviária de Salto, o centro de artes e esportes unificados de Várzea Paulista, a SABESP de Campo Limpo Paulista, a companhia de saneamento de Jundiaí, a rodoviária de Itupeva e o ponto verde - feira de agricultura familiar em Indaiatuba.

Quadro 8.7. Número de edificações localizadas em cada mancha de inundação, por município, para o cenário de Prognóstico.

Tempo de Retorno	Município	Número de edificações na mancha
02 anos	Campo Limpo Paulista	173
	Indaiatuba	173
	Itupeva	409
	Jundiaí	1.407
	Salto	346
	Várzea Paulista	31
05 anos	Campo Limpo Paulista	233
	Indaiatuba	221
	Itupeva	963
	Jundiaí	2.491
	Salto	459
	Várzea Paulista	58
10 anos	Campo Limpo Paulista	275
	Indaiatuba	299
	Itupeva	1.830
	Jundiaí	4.430
	Salto	605
	Várzea Paulista	153
25 anos	Campo Limpo Paulista	343
	Indaiatuba	394

Tempo de Retorno	Município	Número de edificações na mancha
	Itupeva	2.244
	Jundiaí	6.851
	Salto	759
	Várzea Paulista	231
50 anos	Campo Limpo Paulista	410
	Indaiatuba	473
	Itupeva	2.361
	Jundiaí	7.796
	Salto	918
	Várzea Paulista	273
100 anos	Campo Limpo Paulista	423
	Indaiatuba	580
	Itupeva	2.492
	Jundiaí	8.385
	Salto	1.030
	Várzea Paulista	316



Concepção do plano de ações

9. CONCEPÇÃO DO PLANO DE AÇÕES

9.1. Proposta de intervenções estruturais

No contexto do presente Plano Diretor de Macrodrenagem, a proposição das ações e seus respectivos planos visaram atender aspectos ligados à drenagem na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, mais especificamente aqueles cujo impacto gere um controle e/ou redução dos efeitos das cheias fluviais ocorridas na região. As ações foram pensadas de forma a abranger tanto as áreas urbanas quanto as áreas rurais da bacia, a partir da implantação de medidas não estruturais e medidas estruturais, atuando de forma complementar.

As medidas estruturais foram concebidas de forma a conter integralmente o extravasamento do Rio Jundiaí em áreas urbanas, para eventos de 10 anos de tempo de retorno, baseado no diagnóstico da situação atual e dos prognósticos de ocupação realizados para toda a BHJ. Ainda, tendo em vista a importância da área rural na bacia, durante a concepção das propostas foi considerada a adoção de boas práticas de conservação e manejo do solo em toda a área classificada como agrícola. Essa consideração foi representada na modelagem realizada através de um parâmetro adimensional que corresponde à capacidade de infiltração do solo, chamado de *Curve Number* (CN), que relaciona o tipo de solo e o uso/ocupação dado ao mesmo. Tais práticas, por sua vez, estão diretamente associadas à facilidade da infiltração da água no terreno, a medida em que se reduz sua velocidade de escoamento. Estas práticas estão indicadas como ações em alguns dos programas apresentados neste documento

9.1.1. *Cenários de intervenções estruturais simulados*

Nos itens seguintes são apresentadas as simulações hidráulicas e os resultados obtidos. Os resultados provenientes dessas simulações são avaliados no item 9.2 em função das estimativas de custos para seleção da alternativa recomendada

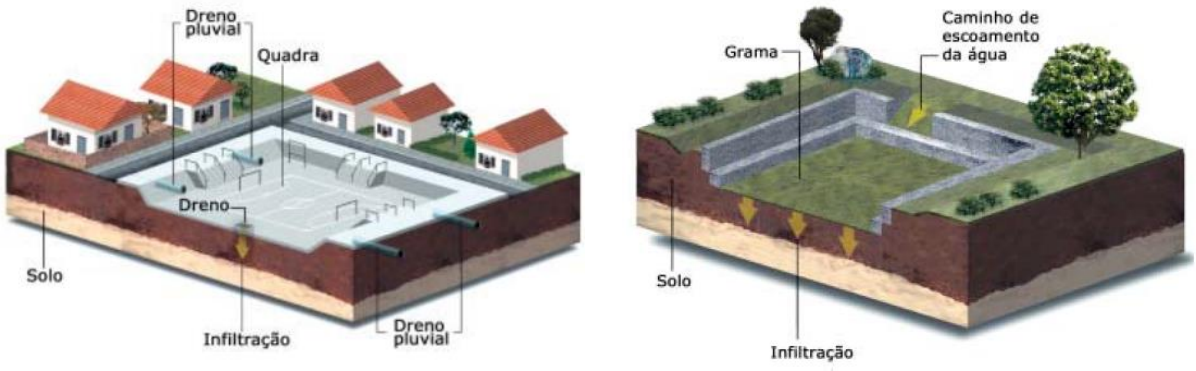
9.1.1.1. Abatimento de volumes de cheia através de bacias e reservatórios de detenção hidráulica

Os reservatórios de amortecimento, ou bacias de amortecimento, são estruturas hidráulicas implementadas para controle de cheias a partir do armazenamento de parte do volume do escoamento superficial, reduzindo seu pico e distribuindo a vazão no tempo (TUCCI et al., 1995) ou seja, amortecendo o hidrograma. Dessa forma objetivam minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica,

geralmente causada por ações antrópicas, evitando a rápida transferência do escoamento para jusante e ocorrência de inundações (BARROS, 2015).

Apesar de serem medidas eficientes, por vezes existem fatores que impedem a implantação dessas estruturas, como a dificuldade em encontrar locais adequados e o custo para aquisição dessas áreas, além da oposição por parte da população quando há a necessidade de grandes reservatórios (TUCCI et al., 1995).

Esses reservatórios podem ser de dois tipos: de detenção ou de retenção. Os reservatórios de detenção são aqueles destinados ao armazenamento temporário do escoamento pluvial, com o objetivo principal de o retardar para sua liberação defasada, amortecendo o pico do escoamento (TUCCI et al., 1995). Dessa forma, procuram manter no rio uma vazão de pico inferior àquela que provocaria o extravasamento de seu leito menor (BARROS, 2015). No contexto urbano, além da função exercida no controle de cheias, essas áreas muitas vezes podem ser aproveitadas para promoção de espaços de lazer (FEAM, 2006), como praças de esportes e parques (Figura 9.1 e Figura 9.2).



(a) (b)

Figura 9.1. Exemplos de aproveitamento de reservatórios de detenção em a) praça de esportes e b) parque municipal (Fonte: FEAM, 2006).



(a) (b)

Figura 9.2. Bacias de detenção nas cidades de a) Porto Alegre/RS - Praça Júlio Andreatta (Fonte: MARTINS, 2015) e b) Sorocaba/SP - RDC Água Vermelha (Foto: Fernando Abreu).

Já as bacias de retenção (Figura 9.3) são projetadas para armazenar completamente o volume captado, não o devolvendo à rede de drenagem e mantendo sempre uma lâmina permanente de água (TUCCI et al., 1995). Esse tipo de reservatório de amortecimento tem sido usado comumente em zonas rurais, como meio de armazenamento de água para fins agropecuários, e em projetos de drenagem, para reduzir o pico do escoamento para um nível compatível com a capacidade do meio receptor (LIMA et al., 2006). Além disso, pode permitir ainda uma redução na carga de contaminante (e.g. SST) do escoamento, controlar a erosão, melhorar a paisagem, criando espaços recreativos e de lazer, recarregar os aquíferos, entre outras aplicações (LIMA et al., 2006).



(a) (b)

Figura 9.3. Bacias de retenção nas cidades de a) Porto Alegre/RS - Parque Marinha do Brasil (Foto: Jackson Lagoas/PMPA) e b) São Paulo/SP - Parque do Ibirapuera.

De acordo com a localização no sistema de drenagem, a bacia de amortecimento pode ser *on-line* ou *off-line* (Figura 9.4). Os reservatórios *on-line* são aqueles que estão localizados na rede de drenagem, enquanto as estruturas *off-line* não estão diretamente ligadas a ela, sendo acionadas em eventos mais extremos definidos em projeto (CANHOLI, 2005 *apud* MARTINS, 2015). Geralmente a escolha da configuração é condicionada pela disponibilidade de área para construção da estrutura (TUCCI et al., 1995).

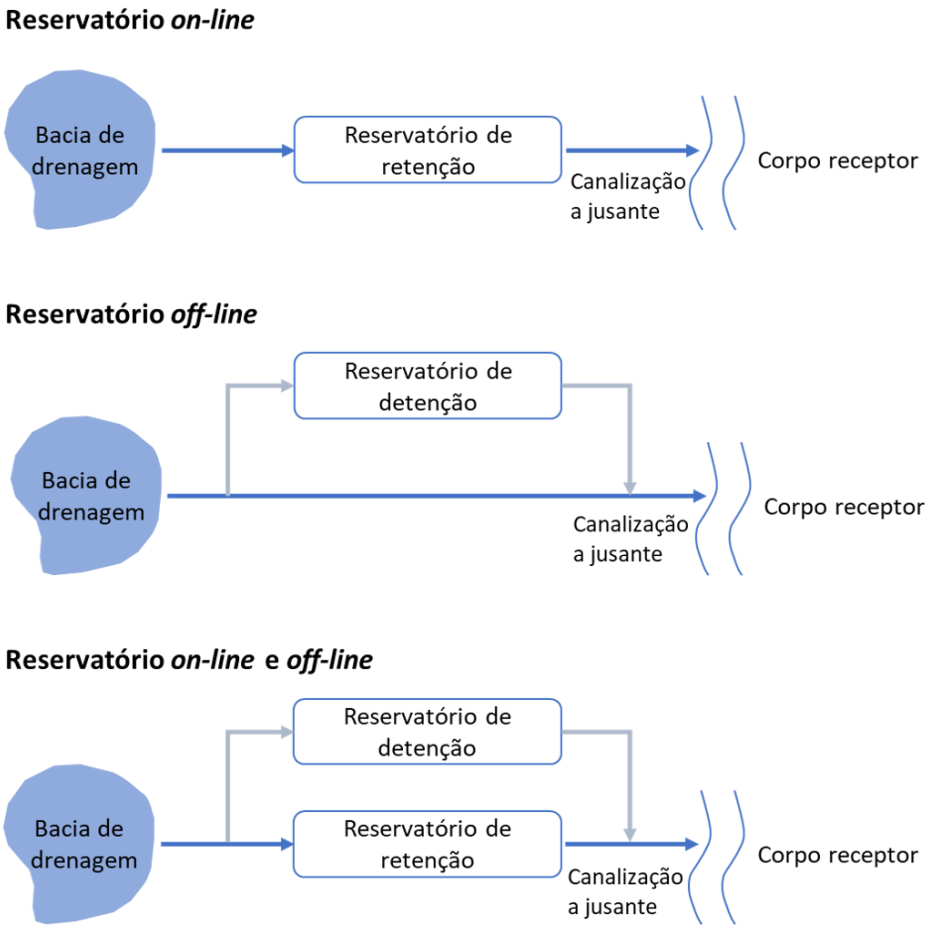


Figura 9.4. Esquema ilustrativo de reservatórios de amortecimento *on-line* e *off-line* (Fonte: adaptado de Canholi (2005) apud Martins (2015)).

De acordo com TUCCI et al. (1995), no dimensionamento de um reservatório de amortecimento um critério normalmente utilizado é que a vazão máxima da área, com o desenvolvimento urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima nas condições preexistentes para um tempo de retorno (TR) escolhido.

Nos itens a seguir é apresentada uma análise de proposta de intervenção estrutural composta pela implantação desses tipos de estrutura para controle de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, área objeto do presente Plano Diretor de Macrodrenagem.

9.1.1.1.1. Composição da abordagem

Essa avaliação engloba a concepção de reservatórios de amortecimento *on-line* e *off-line* ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, visando atender a premissa de não haver extravasamento do Rio Jundiaí em áreas urbanas para 10 anos de tempo de retorno. Para tanto, a definição do número e características dos reservatórios, como volume de amortecimento, altura de detenção e área necessária, foi realizada considerando como unidade de análise cada uma das 32 sub-bacias que compõem a BHJ e seus respectivos trechos de rio. Dessa forma, inicialmente foram identificadas as áreas disponíveis por sub-bacia para comportar essas estruturas. De acordo com o tipo e uso do solo nas regiões foram adotadas como “áreas disponíveis” as respectivas classes de uso e ocupação do solo mais próximas ao canal principal listadas a seguir:

- Campo;
- Campo úmido;
- Cana de açúcar;
- Lavoura temporária;
- Mata nativa;
- Outros usos;
- Silvicultura;
- Solo exposto.

Esse critério foi adotado por serem áreas com menores custos de desapropriação, quando comparada à desapropriação de áreas urbanizadas, além dos impactos ambientais e sociais associados a esse tipo de obra que não foram considerados nessa primeira análise. O resultado dessa abordagem por sub-bacia é encontrado na Tabela 9.1. No TOMO VII deste relatório – ANEXO VII – é apresentado o mapa com as áreas disponíveis para armazenamento por sub-bacia, determinadas conforme descrito.

Tabela 9.1. Áreas disponíveis, conforme os critérios de uso e ocupação do solo considerados, para detenção por sub-bacia.

Sub-bacia	Área de drenagem (km²)	Área disponível para detenção (km²)
SB01	134,53	4,61
SB02	6,43	0,50
SB03	13,9	0,32
SB04	6,46	0,32
SB05	12,57	0,82
SB06	13,03	0,56
SB07	10,14	0,98
SB08	22,53	1,11
SB09	65,22	1,91
SB10	16,89	0,31
SB11	20,27	0,28
SB12	1,85	0,05
SB13	118,88	5,65
SB14	78,62	6,30
SB15	98,42	1,43
SB16	22,11	1,34
SB17	18,37	0,68
SB18	10,17	1,79
SB19	12,04	0,75
SB20	4,79	1,01
SB21	39,59	2,09
SB22	10,66	4,82
SB23	17,06	2,73
SB24	3,18	2,40
SB25	27,95	7,17
SB26	53,96	3,89
SB27	24,61	1,57
SB28	3,88	0,78
SB29	29,84	1,57
SB30	17,51	4,67
SB31	219,46	2,87
SB32	19,55	2,27

Ressalta-se que a denominação “área disponível” não denota qualquer análise de viabilidade técnica, ambiental ou econômica, o que é objeto da etapa de anteprojeto de engenharia. Não foram avaliadas a titularidade das áreas e restrições (gravames) no registro de imóveis, nem questões técnicas e ambientais como a planialtimetria, flora e fauna. A “disponibilidade” a que o item se refere diz respeito apenas a análise da imagem de satélite e da cobertura do solo. De qualquer forma, ao excluir áreas já urbanizadas, em que os custos de desapropriação tornariam projetos desta natureza inviáveis, esta análise serve como uma seleção e indicação preliminar de áreas possíveis.

A Tabela 9.2 apresenta os resultados encontrados por município com relação às áreas disponíveis, para aqueles em que a sede municipal se localiza próxima ao Rio Jundiaí. Dentre eles, o município de Itupeva foi o que dispôs de maior área para reservação (19,96 km²), sendo Salto aquele que seria ocupada sua maior área percentual (15,49%).

Tabela 9.2. Área disponível, conforme os critérios de uso e ocupação do solo considerados, para detenção por município.

Município	Área municipal (km²)	Área disponível para detenção (km²)	Área disponível para detenção (%)
Campo Limpo Paulista	78,93	6,71	8,50%
Indaiatuba	181,44	17,64	9,72%
Itupeva	161,58	19,96	12,35%
Jundiaí	326,83	16,17	4,95%
Salto	35,59	5,51	15,49%
Várzea Paulista	34,93	1,57	4,49%
Total	819,30	67,56	8,25%

9.1.1.1.2. Simulações hidráulicas

Para avaliação do cenário, inicialmente o modelo hidráulico HEC-RAS foi executado em regime permanente para definição da capacidade de cada trecho de rio do sistema, definido pelas sub-bacias pares (sub-bacias da calha principal do Rio Jundiaí), estimada com base nas seções topobatimétricas apresentadas no item 5 deste Plano Diretor de Macrodrenagem e utilizadas para a elaboração do modelo hidrodinâmico (Tabela 9.3).

Tabela 9.3. Capacidade máxima de vazão suportada por trecho de rio ao longo do canal principal do Rio Jundiaí (sub-bacias pares).

Trecho (sub-bacia) localizada entre os afluentes principais	Qmáx (m³/s)
SB02	10
SB04	40
SB06	12
SB08	40
SB10	150
SB12	180
SB14	80
SB16	120
SB18	90
SB20	120
SB22	120
SB24	180
SB26	90
SB28	60
SB30	80
SB31 a Foz do Rio Jundiaí	60

Com as capacidades de transporte dos trechos obtidas, foram estimadas as vazões liberadas por sub-bacia (Q_{sub}) baseada na seção mais restritiva do trecho, definindo-se, portanto, as vazões de saída das sub-bacias que permitem respeitar esses limites (Tabela 9.3) nos trechos de jusante.

Na sequência, foram definidos os volumes de amortecimento dos reservatórios *on-line* e bacias *off-line* de modo que a vazão de restrição de cada trecho não fosse superada. Assim, para cada sub-bacia foram comparadas Q_{sub} com as vazões resultantes da simulação hidrológica realizada com o modelo HEC-HMS para o cenário de Prognóstico de tempo de retorno de 10 anos (Q_{TR10}), apresentadas no item 8.

A definição dos volumes se deu, portanto, da seguinte forma: comparando-se Q_{sub} e Q_{TR10}, se o valor simulado Q_{TR10} fosse inferior à vazão de restrição, não seria necessário realizar o amortecimento, sendo, portanto, a vazão do trecho (Q_{trecho}) correspondente à vazão simulada. Caso contrário, considerou-se que as diferenças entre Q_{TR10} e Q_{sub} fornecem o volume de amortecimento (V_{amort}) necessário para manter Q_{trecho} igual ou inferior à Q_{sub}. A Figura 9.5 apresenta um fluxograma resumo das etapas realizadas para cálculo do volume de reservatório

necessário na sub-bacia. O amortecimento final, deu-se pela soma dos volumes correspondentes à cada vazão simulada. Na figura, Δt representa o passo de tempo considerado na simulação hidrológica (10 minutos).

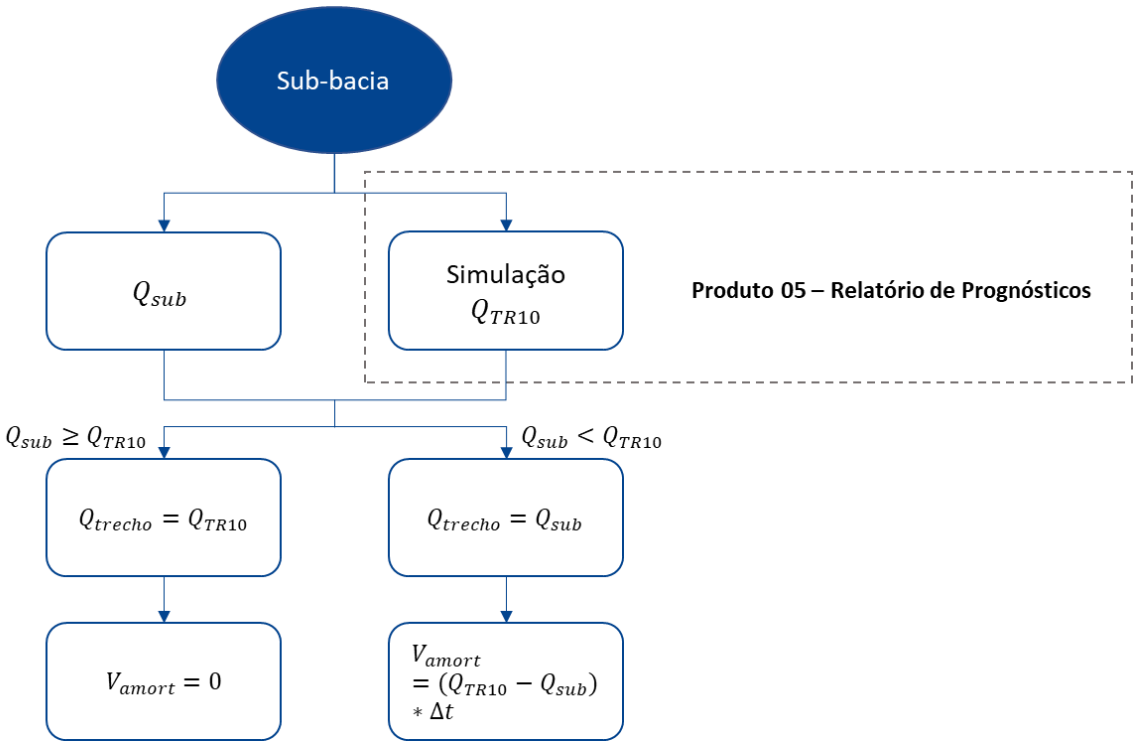


Figura 9.5. Fluxograma resumo das etapas para cálculo do volume de amortecimento dos reservatórios por sub-bacia.

Por fim, a determinação das características dos reservatórios por sub-bacia foi realizada de forma diferente para cada tipo de reservatório (*on-line* ou *off-line*). Para as bacias *on-line* foi utilizado o *software* Dam It! (LARENTIS, 2013) para adquirir as curvas cota-área-volume do reservatório, de acordo com a topografia da região (EMPLASA, 2011). Já para as *off-line* foram definidos três critérios de análise:

- Altura média de detenção máxima: 2,0 m;
- Área máxima de alague: área disponível (Tabela 9.1);
- Relação “custo com desapropriação/custo total da obra” menor que 0,5.

Dessa forma, foram feitas três avaliações relacionadas à área ocupada pelo reservatório ou bacia de amortecimento. Primeiro foi calculada a área de amortecimento necessária por sub-

bacia para uma altura de detenção máxima de 2,0 m e que os custos com desapropriação correspondessem a no máximo 50% do valor total, buscando-se encontrar valores de altura de detenção que minimizassem o custo com desapropriação. Em seguida, foi verificada a disponibilidade desta área na respectiva sub-bacia. No caso de a sub-bacia não dispor de área suficiente para comportar uma bacia de 2,0 m, foi-se elevando a altura de reservação até comportar o volume necessário na área disponível. Os resultados dessa avaliação são apresentados no item a seguir (item 9.1.1.1.3).

Tendo em vista as definições apresentadas no item 9.1.1.1, considera-se que as bacias de amortecimento do tipo *on-line* são bacias de retenção, uma vez que são estruturas localizadas ao longo da rede de drenagem e se mantêm sempre com certa lâmina d'água. Já as bacias *off-line*, que são aquelas onde as áreas disponíveis se encontram fora da calha do rio, foram adotadas como de detenção.

9.1.1.1.3. Resultados

Da análise realizada correspondente ao controle de volumes de cheia através de bacias e reservatórios de detenção hidráulica, apenas duas sub-bacias (SB10 e SB24) não apresentaram necessidade de implantação de uma bacia de amortecimento, assim totalizando em 30 a quantidade de reservatórios no cenário em questão proposto, sendo 18 *on-line* e 12 *off-line*.

Para as bacias do tipo *on-line*, as alturas de detenção calculadas variaram entre 3,0 m (SB28) e 15 m (SB01), e áreas de 2,2 ha (SB28) a 84,5 ha (SB13). Dentre as *off-line*, apenas uma sub-bacia não dispunha de área suficiente para reservação de água quando adotado 2,0 m para a altura do reservatório, a SB31. Nesta, a profundidade foi recalculada usando a área disponível, sendo o valor calculado para a SB31 (Ribeirão Piraí) de 3,73 m. Os resultados obtidos nessa análise por sub-bacia podem ser encontrados na Tabela 9.4.

Tabela 9.4. Características dos reservatórios de amortecimento por sub-bacia.

Sub-bacia	Área de drenagem (km^2)	Vazão de pico TR 10 (m^3/s)[1]	Qmáx liberada TR 10 (m^3/s)[2]	Volume amort. TR 10 (hm^3)[3]	Área necessária (ha)[4]	Altura de detenção (m)[5]	Tipo de reservatório[6]
SB01	134,53	130,6	6,1	4,50	62,9	15,0	*On-line*
SB02	6,43	26,6	2	0,17	8,63	2,0	*Off-line*
SB03	13,9	38,3	2	0,34	16,9	2,0	*Off-line*
SB04	6,46	26,9	0,5	0,17	11,2	6,0	*On-line*
SB05	12,57	31,4	0,5	0,31	15,69	2,0	*Off-line*
SB06	13,03	40,9	0,5	0,68	33,86	2,0	*Off-line*

Sub-bacia	Área de drenagem (km²)	Vazão de pico TR 10 (m³/s)[1]	Qmáx liberada TR 10 (m³/s)[2]	Volume amort. TR 10 (hm³)[3]	Área necessária (ha)[4]	Altura de detenção (m)[5]	Tipo de reservatório[6]
SB07	10,14	49,8	0,5	0,34	16,84	2,0	*Off-line*
SB08	22,53	80,4	10	1,07	59,4	4,0	*On-line*
SB09	65,22	191,1	18	2,04	101,98	2,0	*Off-line*
SB10	16,89	65,6	65,6	-	-	-	-
SB11	20,27	67,5	40	0,13	6,72	5,0	*On-line*
SB12	1,85	15,9	10	0,02	0,76	2,0	*Off-line*
SB13	118,88	186,9	20	6,15	84,5	9,0	*On-line*
SB14	78,62	95,3	5	5,02	69,6	8,0	*On-line*
SB15	98,42	131,8	5	2,80	42,7	12,0	*On-line*
SB16	22,11	58	2,5	0,91	26,2	5,0	*On-line*
SB17	18,37	40,5	2,5	0,53	13,4	7,0	*On-line*
SB18	10,17	28,3	2,5	0,36	58,2	6,0	*On-line*
SB19	12,04	30,5	2,5	0,28	27,7	1,0	*Off-line*
SB20	4,79	14,9	2	0,08	3,3	7,0	*On-line*
SB21	39,59	79,6	18	1,07	107,0	1,0	*Off-line*
SB22	10,66	25	5	0,17	3,4	12,0	*On-line*
SB23	17,06	42,7	5	0,33	17,21	1,9	*Off-line*
SB24	3,18	6,7	6,7	-	-	-	-
SB25	27,95	41,6	10	0,48	13,6	7,0	*On-line*
SB26	53,96	74,6	2,5	3,58	71,7	8,0	*On-line*
SB27	24,61	77,5	2,5	0,92	28,7	7,0	*On-line*
SB28	3,88	4	2,5	0,04	2,2	3,0	*On-line*
SB29	29,84	85,7	2,5	2,02	42,1	11,0	*On-line*
SB30	17,51	40,5	0,5	0,59	30,66	1,9	*Off-line*
SB31	219,46	241,7	4,5	10,72	287,0	3,7	*Off-line*
SB32	19,55	46,7	5	0,85	26,8	8,0	*On-line*

[1]Magnitude da maior vazão simulada para um TR de 10 anos na sub-bacia;
[2]Vazão liberada para manter as capacidades limite nos trechos das sub-bacias pares para um TR de 10 anos;
[3]Volume de amortecimento calculado para manter as capacidades nos trechos das sub-bacias pares para um TR de 10 anos;
[4]Área necessária para armazenar o volume de amortecimento calculado para um TR de 10 anos;
[5]Profundidade da bacia de amortecimento calculada para um TR de 10 anos;
[6]*On-line:* bacia de amortecimento localizada ao longo da rede de drenagem; o*ff-line:* bacia de amortecimento cuja área está localizada fora da rede de drenagem.

Dessa forma, de acordo com o cenário hipotético de implantação dos reservatórios na BHJ, conforme descrito, estimou-se a ocupação de uma área total de 14,66 km², que corresponde a 1,27% de toda a área da bacia. Por sub-bacia, como pode ser observado nos dados da Tabela 9.5, a porcentagem de ocupação da área de drenagem total chega a ser de até 5,70% (SB18).

Tabela 9.5. Área ocupada por reservatório de amortecimento por sub-bacia.

Sub-bacia	Área de drenagem (km²)	Área disponível (km²)	Área necessária (km²)	Área disponível utilizada (%)	Área da sub-bacia com detenção (%)
SB01	134,53	4,61	0,63	13,6%	0,5%
SB02	6,43	0,50	0,09	17,3%	1,3%
SB03	13,9	0,32	0,17	53,5%	1,2%
SB04	6,46	0,32	0,11	35,2%	1,7%
SB05	12,57	0,82	0,16	19,2%	1,2%
SB06	13,03	0,56	0,09	16,1%	0,7%
SB07	10,14	0,98	0,25	25,5%	2,4%
SB08	22,53	1,11	0,59	53,5%	2,6%
SB09	65,22	1,91	1,02	53,4%	1,6%
SB10	16,89	0,31	-	-	-
SB11	20,27	0,28	0,07	24,3%	0,3%
SB12	1,85	0,05	0,01	14,1%	0,4%
SB13	118,88	5,65	0,85	14,9%	0,7%
SB14	78,62	6,30	0,70	11,0%	0,9%
SB15	98,42	1,43	0,43	29,8%	0,4%
SB16	22,11	1,34	0,26	19,5%	1,2%
SB17	18,37	0,68	0,13	19,8%	0,7%
SB18	10,17	1,79	0,58	32,5%	5,7%
SB19	12,04	0,75	0,28	36,9%	2,3%
SB20	4,79	1,01	0,03	3,3%	0,7%
SB21	39,59	2,09	1,07	51,1%	2,7%
SB22	10,66	4,82	0,03	0,7%	0,3%
SB23	17,06	2,73	0,17	6,3%	1,0%
SB24	3,18	2,40	-	-	-
SB25	27,95	7,17	0,14	1,9%	0,5%
SB26	53,96	3,89	0,72	18,4%	1,3%
SB27	24,61	1,57	0,29	18,3%	1,2%
SB28	3,88	0,78	0,02	2,8%	0,6%
SB29	29,84	1,57	0,42	26,7%	1,4%
SB30	17,51	4,67	0,31	6,6%	1,8%
SB31	219,46	2,87	2,87	100,0%	1,3%
SB32	19,55	2,27	0,27	11,8%	1,4%

Ressalta-se que na presente análise foram considerados como critérios para definição de áreas disponíveis apenas os tipos de uso e ocupação do solo, bem como a proximidade do local com a rede de drenagem, não tendo sido considerados outros aspectos como, por exemplo, a topografia do local da obra, que poderia restringir mais a disponibilidade nas regiões. Já no cálculo das dimensões dos reservatórios foi considerada a topografia, em que foram traçadas as curvas cota-área-volume com base no modelo digital do terreno (MDT) para as bacias *on-line*. No caso das *off-line,* as cotas foram consideradas constantes em toda a área, sendo a altura de detenção definida em função da área e volume. Ainda, a análise se configurou em uma avaliação de volumes, sem haver necessariamente a utilização de técnicas de modelagem ou uma avaliação mais abrangente em relação a custos, tipo de barramento e impactos associados.

9.1.1.2. Aumento da capacidade de condução hidráulica do Rio Jundiaí

Em todos os centros urbanos do mundo, redes de drenagem antes naturais foram canalizadas de modo a aumentar a eficiência de condução das águas de chuva e reduzir eventos de extravasamento, afastando os volumes de cheia com maior agilidade do que um trecho de rio natural. Este tipo de medida continua sendo empregado em países em desenvolvimento, onde cursos d'água urbanos ainda fluem em leito natural. Nesses casos, as calhas naturais, normalmente assoreadas, com estrangulamentos e vegetação crescendo, não comportam mais as cheias frequentes da bacia urbanizada, resultando em alagamentos constantes. Assim, os projetos de canalização ainda são uma solução a ser avaliada nestes cenários. Tal prática, no entanto, deve ter seus impactos a jusante mensurados e mitigados quando possível, de modo que os hidrogramas de cheia acelerados em trechos de canais não aumentem os problemas de inundação a jusante.

A capacidade de condução de canais depende da área da seção hidráulica, perda de carga e declividade do trecho. A perda de carga linear é representada em modelos hidráulicos através do parâmetro de rugosidade de Manning, aplicada sobre o perímetro da seção hidráulica. Assim, estas são as variáveis para projetos de canalização, utilizadas na composição do cenário descrita no item a seguir.

9.1.1.2.1. Composição da abordagem

O segundo cenário hipotético de controle da cheia de projeto constituiu-se de uma série de intervenções de aumento da capacidade de condução hidráulica do Rio Jundiaí. Para concepção deste cenário as medidas de aumento de capacidade de condução do canal foram divididas em:

- Recomposição de calha: trata da limpeza e desassoreamento do trecho, recuperando uma seção tipo regular;
- Canalização em concreto: utilizada em locais de grande confinamento da calha e com necessidade de aumento expressivo de capacidade de condução. São o último recurso por ter custo elevado e impactarem a jusante, aumentando a velocidade do fluxo;
- Alteamento de pontes: medida proposta quando as travessias causam remanso e ocasionam o extravasamento da calha do Rio Jundiaí.

O Rio Jundiaí possui trechos canalizados e outros naturais, nesses trechos canalizados as áreas próximas às margens estão bem urbanizadas. Essas características serviram como base para definição da divisão de trechos nesse estudo, os quais foram denominados de “leito modificado” e “leito natural”. O trecho de leito modificado ao longo do seu percurso passa por três município inseridos na bacia (Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista e Jundiaí), e possui um comprimento total de aproximadamente 24 km. Na Figura 9.6 é apresentada a localização desses trechos.

9.1.1.2.2. Simulações hidráulicas

As simulações hidrodinâmicas foram realizadas em duas etapas.

Na primeira simulação foi realizada uma análise com base na diferença de nível entre as simulações do Prognóstico, considerando na geometria do modelo opção com e sem travessias. O cálculo da diferença de nível foi feito a partir da seção de montante em cada travessia, para os tempos de retorno de 2 e 100 anos.

Na segunda simulação foram realizadas as intervenções na calha do Rio Jundiaí, no trecho considerado como leito modificado. Para isso foram atribuídas “seções tipo”, em formato retangular, com variação progressiva das dimensões e em alguns trechos com combinação de bermas verticais em ambas as margens. Essa simulação foi realizada para as vazões obtidas com a simulação hidrológica no cenário de Prognóstico, para o tempo de retorno igual a 10 anos, e a escolha das “seções tipo” foi realizada de maneira que todo o escoamento ocorra dentro da calha, sem extravasamento.

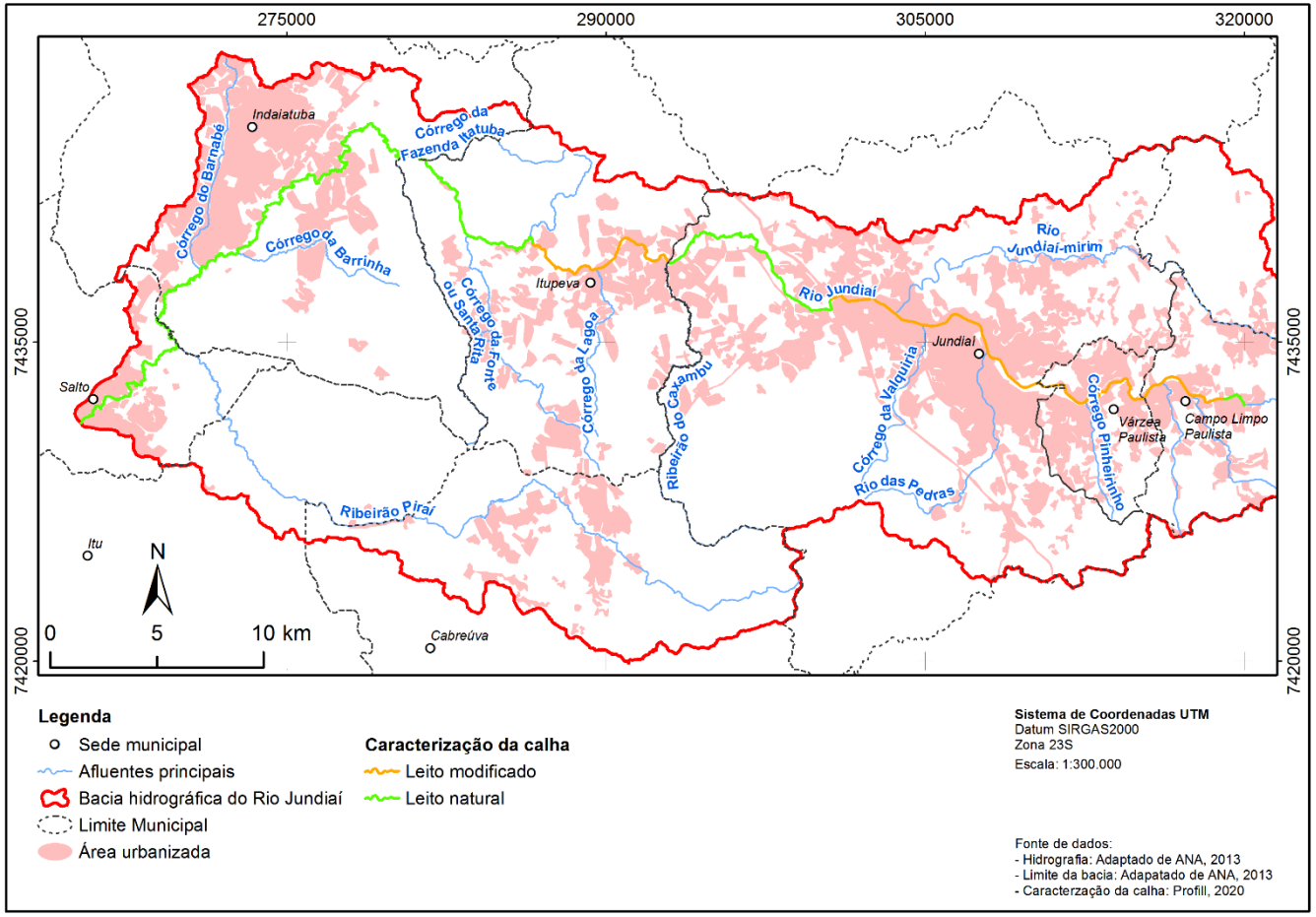


Figura 9.6. Divisão do Rio Jundiaí em trechos de leito modificado e leito natural.

No trecho considerado como leito natural, a intervenção escolhida foi apenas a recomposição da calha, e nos pontos em que ocorre extravasamento da mesma, em áreas urbanas não consolidadas, é recomendado um zoneamento da planície de inundação. Para essa simulação também foi necessário realizar intervenções em algumas travessias para evitar o efeito de remanso no trecho de montante, sendo realizado intervenção em 21 delas (de um total de 68 travessias ao longo da calha do Rio Jundiaí). No item 9.1.1.2.3 a seguir são apresentados os resultados em forma gráfica (perfis longitudinais) dessas simulações.

9.1.1.2.3. Resultados

i. Simulação 1: Análise do efeito de remanso

De acordo com a análise realizada, verificou-se que para o TR de 2 anos, cerca de 40% das travessias causam efeito de remanso no trecho a montante, enquanto, para o TR de 100 anos, esse percentual aumenta para 84%.

Nas Figura 9.9 e Figura 9.10 são apresentados os perfis longitudinais do Rio Jundiaí para os tempos de retorno de 2 e 100 anos, respectivamente. A linha azul representa o nível d'água em um cenário sem as travessias e a vermelha com a inclusão das mesmas, para comparação. Nesses perfis é possível observar uma pequena elevação da linha d'água nas proximidades das travessias quando ocorre o efeito de remanso (linha vermelha). As seções transversais das seções a montante de cada travessia são apresentadas no TOMO VII deste relatório – ANEXO VIII.

De acordo com as simulações realizadas, são listadas no Quadro 9.1 as cinco travessias que provocam os maiores efeitos de remanso para os tempos de retorno de 2 e 100 anos. Nas figuras a seguir (Figura 9.7 e Figura 9.8) são ilustrados registros fotográficos das cinco travessias, em ordem de classificação, que apresentam o maior efeito de remanso na calha do Rio Jundiaí.

Quadro 9.1. Lista das cinco travessias com maiores efeitos de remanso para TR de 2 e 100 anos.

Classificação	TR 2 anos		TR 100 anos	
	Travessia	Município	Travessia	Município
1º	TV25	Jundiaí	TV62	Indaiatuba
2º	TV67	Salto	TV41	Jundiaí
3º	TV23	Jundiaí	TV65	Salto
4º	TV22	Jundiaí	TV48	Jundiaí
5º	TV24	Jundiaí	TV28	Jundiaí



Classificação 1º: Travessia 25.



Classificação 2º: Travessia 67.



Classificação 3º: Travessia 23.



Classificação 4º: Travessia 22.



Classificação 5º: Travessia 24.

Figura 9.7. Fotos das travessias com maiores efeito de remanso – TR 2 anos.



Classificação 1º: Travessia 62.



Classificação 2º: Travessia 41.



Classificação 3º: Travessia 65.



Classificação 4º: Travessia 48.



Classificação 5º: Travessia 28.

Figura 9.8. Fotos das travessias com maiores efeitos de remanso - TR 100 anos.

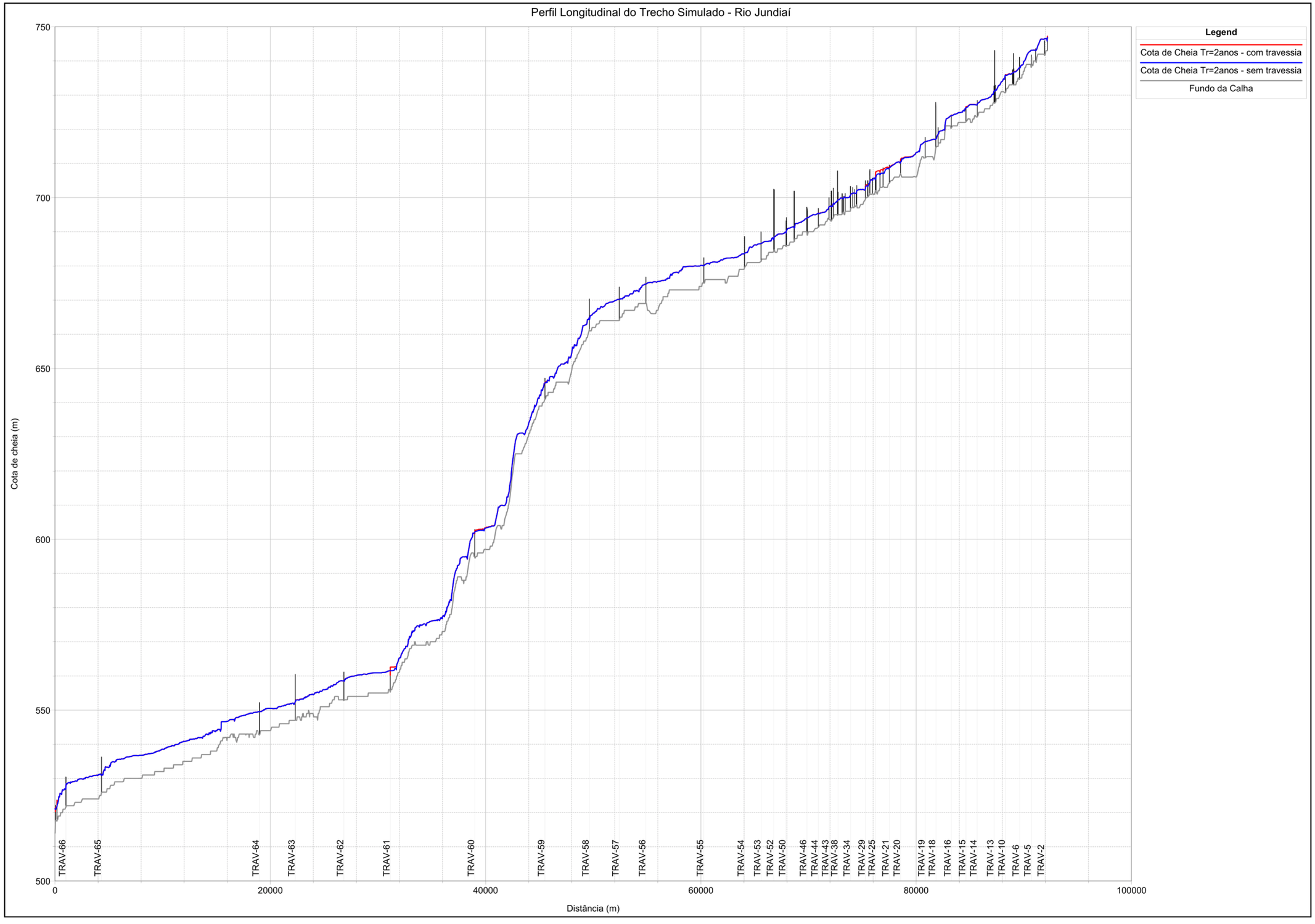


Figura 9.9. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí – Simulação TR 2 anos (efeito de remanso).

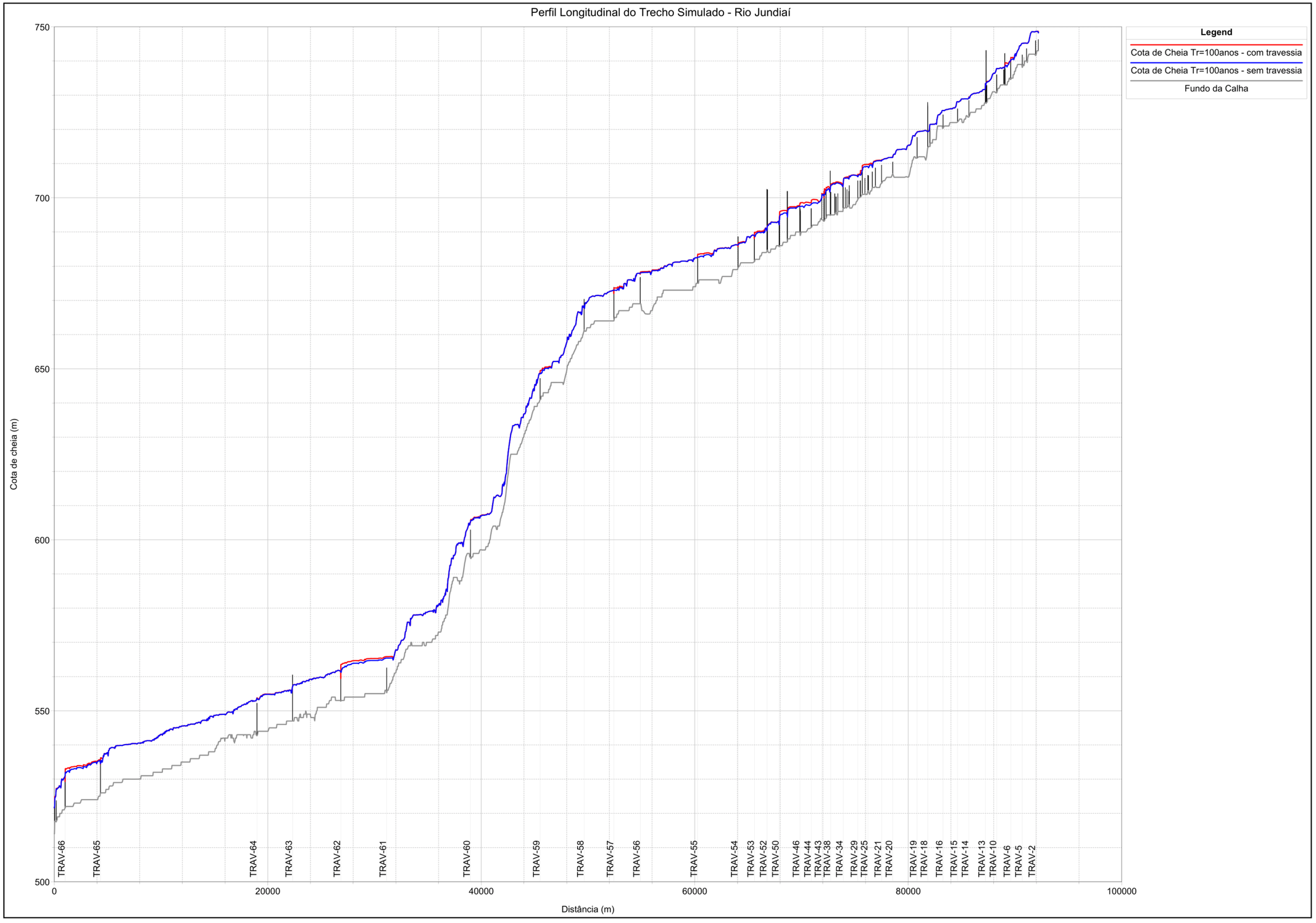


Figura 9.10. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí – Simulação TR 100 anos (efeito de remanso).

ii. Simulação 2: Intervenção na calha

Nos 24 km de extensão, aproximadamente, de trechos de calha modificada, foram determinadas cinco “seções tipo” de formato retangular, diferentes entre si em relação às dimensões adotadas, descritas na Tabela 9.6. Ainda, foi necessária a inclusão de cerca de 13 km de bermas ao longo desses trechos de forma complementar. No Quadro 9.2 são apresentados os quantitativos das “seções tipo” utilizadas para modificação da calha e de bermas, por município. No TOMO VII deste relatório – ANEXO IX – são apresentadas as figuras de seção transversais das “seções tipo” com indicação dos níveis e das bermas.

Tabela 9.6. Dimensões das "seções tipo" definidas ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Seção	Largura (m)	Profundidade (m)
Tipo 1	14	2,5
Tipo 2	17	2,5
Tipo 3	20	3,2
Tipo 4	22	3,2
Tipo 5	25	3,5

Quadro 9.2. Quantitativos das “seções tipo” e bermas definidas, por município, ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Município	Canal		Berma	
	Seção	Extensão (m)	Altura (m)	Extensão (m)
Campo Limpo Paulista	Tipo 1	3.612,3	1,3	599,1
Campo Limpo Paulista	Tipo 2	1.082,1	1,5	669,6
Várzea Paulista	Tipo 2	7.071,4	1,5	3.747,5
Jundiaí	Tipo 2	393,4	1,5	38,7
Jundiaí	Tipo 3	2.347,8	1,3	2.070,0
Jundiaí	Tipo 4	2.478,9	1,5	1.855,4
Jundiaí	Tipo 5	7.081,0	1,5	4.029,6

Ainda, em cinco dos seis municípios posicionados ao longo da calha do Rio Jundiaí foram determinados trechos considerados como leito natural, totalizando cerca de 35,7 km, onde a intervenção escolhida foi apenas a recomposição da calha por limpeza e desassoreamento. A Tabela 9.7 apresenta as informações referentes a esses trechos por município.

Tabela 9.7. Trechos de recomposição da calha (leito natural) por município, ao longo do Rio Jundiaí.

Município	Extensão (m)	Área da seção (m²)
Campo Limpo Paulista	843,2	32,3
Jundiaí	6.033,3	199,7
Itupeva	11.445,4	696,3
Indaiatuba	14.371,7	666,4
Salto	3.041,4	133,0

Na Figura 9.11 é apresentado o perfil longitudinal resultante da simulação com a intervenção na calha proposta do Rio Jundiaí.

Com relação às intervenções em pontes, foram identificadas 21 travessias onde há necessidade de algum tipo de intervenção, sendo as intervenções aqui consideradas o alteamento da travessia e o alargamento da seção hidráulica sob a travessia, no Rio Jundiaí. Destaca-se que essa definição foi dada utilizando a seção hidráulica como objeto de análise, não tendo sido realizada uma avaliação focada no impacto das alterações nas estruturas das travessias e seu entorno.

Desta forma, neste momento da análise não há como mensurar, em detalhe, quais seriam as intervenções nas travessias posicionadas ao longo do Rio Jundiaí, em termos de cota de alteamento e necessidade de demolição e/ou reconstrução. Essas soluções dependerão de cada caso e do projeto estrutural da intervenção a ser desenvolvido, posteriormente, para cada travessia.

A listagem de todas as travessias e o tipo de intervenção proposta em cada uma delas é apresentada na Tabela 9.8. Após a definição da alternativa que apresente a melhor relação custo-benefício (apresentada no item 9.1.1.3 do presente documento), serão avaliadas a nível de projeto as possíveis intervenções que venham a ser propostas em travessias. Então, nesta fase posterior, as mesmas serão quantificadas e apresentadas de forma distinta para cada travessia.

Tabela 9.8. Travessias necessárias de intervenção ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Travessia	Município	Extensão (m)	Largura (m)	Tipo de intervenção	
				Alteamento da travessia	Alargamento da seção hidráulica sob a travessia
TV01	Campo Limpo Paulista	18	1,72	x	
TV02	Campo Limpo Paulista	25	16,8	x	
TV15	Várzea Paulista	10,4	12,13	x	x
TV20	Jundiaí	20,6	11,81	x	x
TV22	Jundiaí	22,6	18,31	x	x
TV23	Jundiaí	23	15	x	x
TV24	Jundiaí	17	17,24	x	x
TV25	Jundiaí	16,6	17,35	x	x
TV37	Jundiaí	27	23,45	x	x
TV44	Jundiaí	32	18,1	x	
TV53	Jundiaí	40,8	18,66	x	
TV55	Jundiaí	29,5	9,83	x	
TV56	Itupeva	50	10	x	
TV59	Itupeva	30,5	10,25	x	
TV60	Itupeva	19,3	8,42	x	
TV61	Indaiatuba	15,4	5,08	x	
TV62	Indaiatuba	46	9,05	x	
TV64	Indaiatuba	46,7	9,76	x	
TV66	Salto	30,6	20,11	x	
TV67	Salto	29	10	x	
TV68	Salto	36,2	13,56	x	

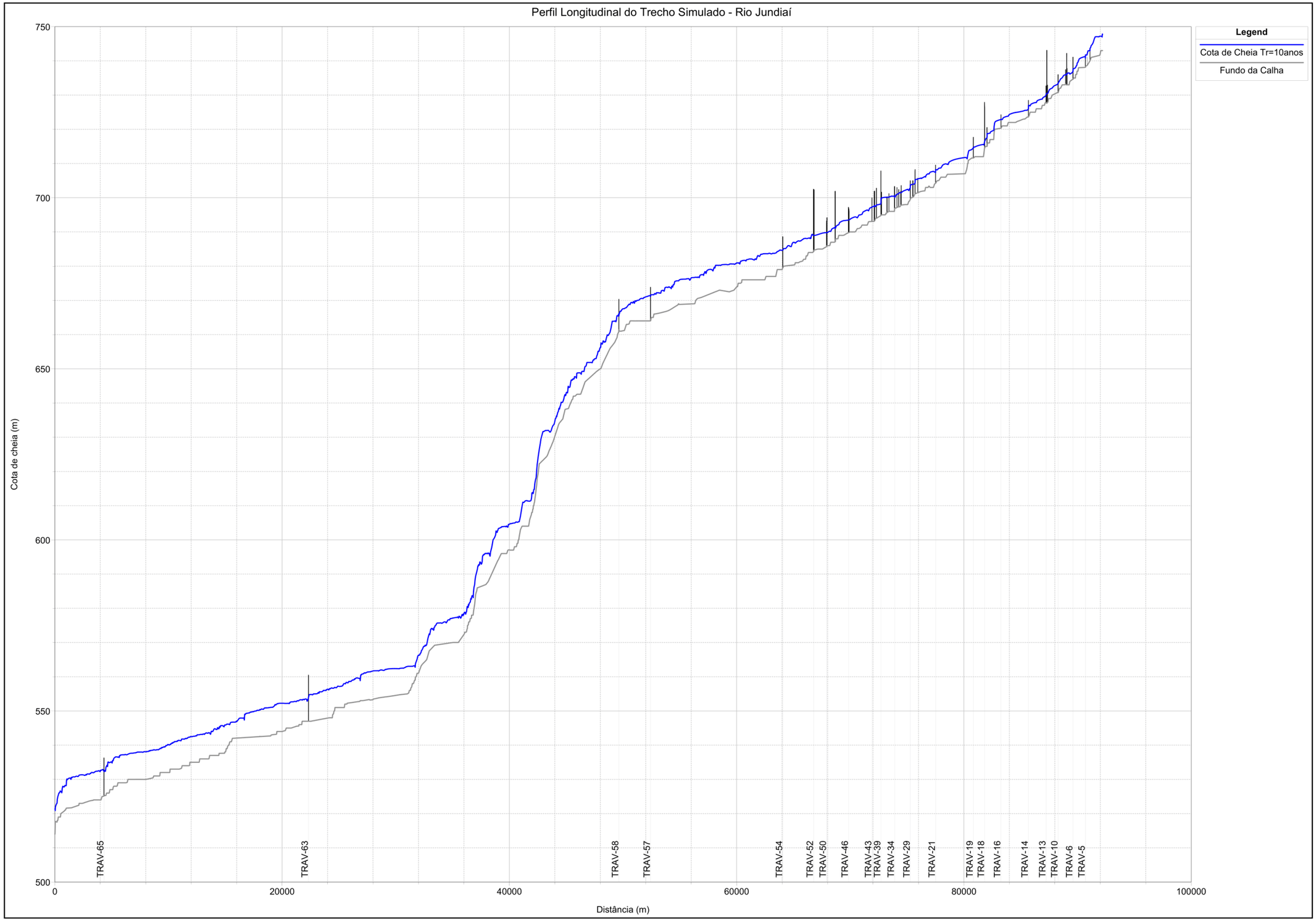


Figura 9.11. Perfil longitudinal do Rio Jundiaí com intervenção na calha - TR 10 anos.

9.1.1.3. Cenários de combinação de alternativas estruturais

Neste item é apresentada a composição e avaliação dos cenários de alternativas de reservatórios de amortecimento *on-line* e *off-line* ao longo da BHJ associados a intervenções na calha do Rio Jundiaí, visando atender a premissa de não haver extravasamento do rio em áreas urbanas para 10 anos de tempo de retorno.

Nesse sentido, foram testadas diversas combinações com a inserção de barramentos em sub-bacias distintas, e avaliados os hidrogramas ao longo da calha do Rio Jundiaí. Os reservatórios selecionados para compor cenários foram aqueles que apresentaram maior eficiência, medida pelo indicador da razão entre o abatimento do pico de vazão sobre o volume estimado para o reservatório. Em algumas sub-bacias, pela própria conformação do sistema, foi testada a inserção de reservatórios e estes foram descartados, pois as áreas de contribuição já possuem picos desencontrados e o amortecimento de vazões não se mostrou efetivo no controle de cheias no curso principal do Rio Jundiaí.

Ao final, foram pré-selecionados quatro cenários, diferentes entre si em relação à quantidade de bacias de amortecimento adotadas, e verificados seus impactos na extensão dos projetos de melhoramento da calha do Rio Jundiaí. Essas sub-bacias foram escolhidas por se localizarem mais a montante na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí e em trechos onde o rio funciona como um canal já retificado, tendo, portanto, um maior impacto sobre o regime de vazões do Rio Jundiaí como um todo.

Ainda na escolha dos cenários, também foi testada a inclusão de um reservatório na sub-bacia do Rio Jundiaí-Mirim (SB13). No entanto, este barramento não foi pré-selecionado para a análise integrada por não proporcionar um impacto relevante sobre o controle de cheias da região, apresentando baixa eficiência hidráulica – uma vez que a chegada do pico de vazão do Rio Jundiaí-Mirim no Rio Jundiaí é defasada em relação às demais sub-bacias no entorno, devido à grande extensão de sua área de drenagem.

As sub-bacias com reservatórios propostos em cada um dos quatro cenários selecionados para análise integrada são apresentadas a seguir:

- Cenário 1: SB01 (*Rio Jundiaí – trecho montante*);
- Cenário 2: SB01 e SB04 (*Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista*);
- Cenário 3: SB01, SB04 e SB03 (*Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru*);

- Cenário 4: SB01, SB04, SB03 e SB05 (*Córrego do Moinho*).

9.1.1.3.1. Simulações hidrológicas-hidráulicas

Como já citado anteriormente, para a escolha das sub-bacias em questão, foram avaliados quais os reservatórios mais eficientes, utilizando como indicador a razão entre o abatimento do pico pelo volume necessário de reservação, analisado pela relação volume-área apresentada anteriormente na Tabela 9.4 (cenário de abatimento de volumes de cheia unicamente através de reservatórios de amortecimento). Uma vez que o custo de implantação dessas estruturas está relacionado ao volume, esse indicador fornece uma relação direta de custo-benefício.

A determinação do volume de amortecimento e o hidrograma de saída de cada reservatório, bem como a vazão máxima liberada por estes, foi obtida utilizando o modelo hidrológico HEC-HMS. Para cada um dos 4 cenários supracitados, foram sendo incrementados reservatórios ao modelo e observado o impacto destes nos trechos a jusante, em termos de abatimento e atraso no pico de cheia observado nos hidrogramas.

A inserção dos barramentos no modelo HEC-HMS foi dividida em dois tipos: reservatórios de retenção (que compreendem as bacias de amortecimento *on-line*) e reservatórios de detenção, que são as bacias de amortecimento *off-line*. As bacias *on-line* estão posicionadas nas SB01 e SB04, já as bacias *off-line* nas SB03 e SB05. Para a simulação das bacias de retenção (*on-line*) considerou-se no modelo hidrológico que o barramento possui duas estruturas de saída: um bueiro circular de concreto de 1,0 m de diâmetro, funcionando como um descarregador de fundo, e um vertedouro de 20 m de comprimento para extravasamento de vazões relativas à cheias superiores a 10 anos de tempo de retorno. Já na simulação das bacias de detenção (*off-line*), considerou-se como estrutura extravasora um orifício circular de concreto de 1 m² de área molhada.

Por fim, o último dado de entrada da simulação foi a relação cota-volume dos reservatórios. Esta foi estimada de forma diferente para cada tipo de reservatório (*on-line* e *off-line*). Para as bacias de retenção (*on-line*) nas SB01 e SB04, foi utilizado o *software* Dam It! (LARENTIS, 2013), que obteve a relação elevação-área-volume de acordo com a topografia da região através do MDT utilizado no estudo (EMPLASA, 2011). Já para as bacias de detenção (*off-line*) nas SB03 e SB05, a relação cota-volume foi considerada constante, visto que neste tipo de obra são

necessárias escavações no terreno, sendo a altura de detenção obtida em função do volume de reservação necessário.

A execução de cada um dos cenários ocorreu em duas etapas:

- Simulação hidrológica com o modelo HEC-HMS considerando os reservatórios;
- Simulação hidrodinâmica com o modelo HEC-RAS considerando os reservatórios e as intervenções na calha.

Na primeira etapa foram inseridos no modelo hidrológico as bacias de amortecimento, de acordo com o cenário a ser avaliado. Essa primeira simulação forneceu as vazões de entrada necessárias ao modelo hidrodinâmico da segunda etapa. Nesta, por sua vez, foram incluídas as intervenções na calha do Rio Jundiaí, em todo o trecho não permitido o extravasamento para a cheia de 10 anos de recorrência (Figura 9.6). Da mesma forma que no cenário exclusivo de intervenções, foram atribuídas “seções tipo”, em formato retangular, com variação progressiva das dimensões e em alguns trechos com combinação de bermas verticais em ambas as margens. A escolha das “seções tipo” foi realizada de maneira que todo o escoamento ocorra dentro da calha, sem extravasamento.

9.1.1.3.2. Resultados

A seguir são apresentados os resultados das simulações de cada um dos cenários considerados. Foram adotados quatro cenários de reservatórios, localizados no trecho de montante do Rio Jundiaí, compreendido entre a nascente do rio até o exutório da sub-bacia 05 (Córrego do Moinho), conforme descrito anteriormente. Esses reservatórios foram escolhidos por serem aqueles que geram um maior impacto em termos de escoamento na calha do Rio Jundiaí, baseado na análise realizada preliminarmente.

A Tabela 9.9 apresenta as características dos reservatórios obtidos, para cada um dos quatro cenários avaliados. No TOMO VII deste relatório – ANEXO X – são apresentados os hidrogramas obtidos para todo o trecho simulado do Rio Jundiaí nos cenários testados. As Tabela 9.10 a Tabela 9.17 apresentam os quantitativos das “seções tipo” utilizadas para as modificações propostas na calha, bem como das travessias necessárias de intervenção em cada um dos cenários.

Tabela 9.9. Características e quantitativos dos reservatórios simulados na BHJ, por cenário.

Cenário	Sub-bacia com reservatório	Volume de amortecimento (hm³)	Área necessária (ha)	Vazão máx. liberada pela estrutura – TR 10 anos (m³/s)	Altura da estrutura (m)	Tipo de reservatório
Cenário 1	SB01	4,5	62,9	6,1	15,0	*On-line*
Cenário 2	SB01	4,5	62,9	6,1	15,0	*On-line*
	SB04	0,14	6,35	3,3	5,0	*On-line*
Cenário 3	SB01	4,5	62,9	6,1	15,0	*On-line*
	SB04	0,14	6,35	3,3	5,0	*On-line*
	SB03	0,31	5,0	6,4	6,0	*Off-line*
Cenário 4	SB01	4,5	62,9	6,1	15,0	*On-line*
	SB04	0,14	6,35	3,3	5,0	*On-line*
	SB03	0,31	5,0	6,4	6,0	*Off-line*
	SB05	0,26	5,0	5,8	5,0	*Off-line*

i. Cenário 1:

Tabela 9.10. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 1.

Canal				Berma	
Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Extensão (m)	Altura (m)	Extensão (m)
12,0	2,5	30,0	3.590,47	0,5 a 1,3	1.703,81
14,0	2,5	35,0	2.411,00	1,0	2.314,41
16,0	2,5	40,0	1.216,72	0,5	1.216,72
17,0	4,0	68,0	2.544,42	1,5	2.182,67
20,0	3,5	70,0	2.278,89	0,5	2.047,40
22,0	3,5	77,0	2.463,23	0,5	2.222,07
25,0	4,0	100,0	5.346,50	1,0	5.011,45
Total		-	19.851,23	-	16.698,53

Tabela 9.11. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 1.

Travessia	Município	Intervenção	
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV05	Campo Limpo Paulista	x	x
TV15	Várzea Paulista	x	x
TV20	Jundiaí	x	x
TV21	Jundiaí	x	x
TV24	Jundiaí	x	x

Travessia	Município	Intervenção	
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV25	Jundiaí	x	x
TV27	Jundiaí	x	x
TV29	Jundiaí	x	x
TV37	Jundiaí	x	x
TV38	Jundiaí	x	x
TV39	Jundiaí	x	x
TV44	Jundiaí		x
TV55	Jundiaí		x
TV56	Itupeva		x
TV57	Itupeva		x
TV59	Itupeva		x
TV60	Itupeva		x
TV61	Indaiatuba		x
TV67	Salto		x
TV68	Salto		x
Total		11	20

ii. Cenário 2

Tabela 9.12. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 2.

Canal				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
12,0	2,5	30,00	3.590,47	0,5 a 1,30	1.382,35
14,0	2,5	35,00	2.411,00	1,00	2.314,41
16,0	2,5	40,00	1.216,72	0,50	1.216,72
17,0	4,0	68,00	2.544,42	1,50	1.713,76
20,0	3,5	70,00	2.278,89	0,50	2.047,40
22,0	3,5	77,00	2.463,23	0,50	1.601,27
25,0	4,0	100,00	5.346,50	1,00	5.145,21
Total		**-**	19.851,23	-	15.421,12

Tabela 9.13. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 2.

Travessia	Município	Intervenção	
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV05	Campo Limpo Paulista	x	x
TV15	Várzea Paulista	x	x
TV20	Jundiaí	x	x
TV21	Jundiaí	x	x
TV24	Jundiaí	x	x
TV25	Jundiaí	x	x
TV27	Jundiaí	x	x
TV29	Jundiaí	x	x
TV37	Jundiaí	x	x
TV39	Jundiaí	x	x
TV44	Jundiaí		x
TV55	Jundiaí		x
TV56	Itupeva		x
TV57	Itupeva		x
TV59	Itupeva		x
TV60	Itupeva		x
TV61	Indaiatuba		x
TV67	Salto		x
TV68	Salto		x
Total		10	19

iii. Cenário 3

Tabela 9.14. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 3.

Canal				Berma	
Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Extensão (m)	Altura (m)	Extensão (m)
11,0	2,5	27,50	448,55	0,50	173,90
12,0	2,5	30,00	1.221,83	-	-
14,0	2,5	35,00	3.536,55	-	-
15,0	4,0	60,00	1.595,46	1,00	1.407,02
17,0	3,5	59,50	1.550,60	-	1.412,59
20,0	3,5	70,00	2.216,21	1,00	1.836,04
22,0	3,5	77,00	1.795,24	0,50	930,19
24,0	4,0	96,00	519,74		519,74
25,0	4,0	100,00	3.547,80	1,50	2.370,77

Canal				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
	Total	**-**	16.431,98	-	8.650,25

Tabela 9.15. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 3.

Travessia	Município	Intervenção	
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV15	Várzea Paulista	x	x
TV20	Jundiaí	x	x
TV21	Jundiaí	x	x
TV24	Jundiaí	x	x
TV25	Jundiaí	x	x
TV27	Jundiaí	x	x
TV29	Jundiaí	x	x
TV37	Jundiaí	x	x
TV39	Jundiaí	x	x
TV44	Jundiaí		x
TV55	Jundiaí		x
TV56	Itupeva		x
TV59	Itupeva		x
TV60	Itupeva		x
TV61	Indaiatuba		x
TV67	Salto		x
TV68	Salto		x
Total		9	17

iv. Cenário 4

Tabela 9.16. Quantitativos das seções-tipo e bermas definidas para o Cenário 4.

Canal				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
11,0	2,5	27,50	448,55	0,50	173,90
12,0	2,5	30,00	4.274,24	-	-
15,0	3,0	45,00	898,15	1,00	898,15
17,0	3,0	51,00	1.550,60	0,50	1.550,60
20,0	3,5	70,00	3.352,60	1,00	3.352,60
22,0	3,5	77,00	1.179,17	1,00	1.179,17

Canal				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
24,0	3,5	84,00	3.547,80	1,00	3.547,80
	Total	**-**	15.251,11	-	10.702,22

Tabela 9.17. Travessias com intervenções necessárias para o Cenário 4.

Travessias	Município	Intervenção	
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV15	Várzea Paulista	x	x
TV21	Jundiaí	x	x
TV24	Jundiaí	x	x
TV25	Jundiaí	x	x
TV27	Jundiaí	x	x
TV29	Jundiaí	x	x
TV37	Jundiaí	x	x
TV39	Jundiaí	x	x
TV44	Jundiaí		x
TV55	Jundiaí		x
TV56	Itupeva		x
TV59	Itupeva		x
TV60	Itupeva		x
TV61	Indaiatuba		x
TV67	Salto		x
TV68	Salto		x
	Total	8	16

Comparando-se os quantitativos da extensão de modificações necessárias na calha entre os cenários, observa-se que há uma diminuição na extensão total de intervenção no canal – bem como no número de travessias – à medida que são adicionados mais reservatórios de amortecimento. Os cenários 1 e 2 (com reservatórios na SB01, e SB01 e SB04, respectivamente) são bastante semelhantes em termos de modificações nas travessias, extensão de intervenção no canal e inclusão de bermas, contabilizando um total de aproximadamente 36 km de intervenções necessárias.

Com a inclusão de mais reservatórios (cenários 3 e 4) a extensão do canal modificado diminui para cerca de 15 km, sendo um pouco maior a diferença na extensão total da inclusão

de bermas entre eles. Comparando-se ao cenário exclusivo de intervenção na calha (item 9.1.1.2), cuja análise resultou em 24 km de canalização do leito do Rio Jundiaí, há uma redução de cerca de 10 km quando adotado o cenário de alternativas conjuntas, com a inclusão de bacias de amortecimento.

9.1.1.4. Abatimento de parcela do volume de cheia através de bacias e reservatórios de detenção hidráulica

9.1.1.4.1. Composição da abordagem

Neste item é apresentada como proposta de intervenção estrutural a concepção de quatro reservatórios de amortecimento na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, localizados nas sub-bacias SB01 (*Rio Jundiaí – montante*), SB04 (*Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista*), SB03 (*Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru*) e SB05 (*Córrego do Moinho*). Os reservatórios selecionados para compor este cenário foram aqueles, entre os apresentados no item 9.1.1.1, que geraram a maior eficiência, medida pelo indicador da razão entre o abatimento do pico de vazão sobre o volume estimado para o reservatório. Ainda, as sub-bacias selecionadas para implementação dessas estruturas foram escolhidas por se localizarem mais a montante na BHJ e em trechos onde o rio funciona como um canal já retificado, tendo, portanto, um maior impacto sobre o regime de vazões do Rio Jundiaí como um todo. Uma análise com outros reservatórios e maiores detalhes sobre a avaliação realizada para escolha desses foram apresentados na seção 9.1.1.3.

Destaca-se que a concepção deste cenário abrange apenas o controle parcial do volume gerado por um evento de cheia de 10 anos de tempo de retorno, de forma que permite, ainda, o extravasamento do rio em algumas localidades. Dessa forma, complementarmente à adoção de tais estruturas, propõe-se a desapropriação em áreas urbanas consolidadas que se encontram dentro da mancha de inundação e o zoneamento da planície de inundação, em áreas ainda não totalmente urbanizadas.

9.1.1.5. Simulações hidrológicas-hidráulicas

Como citado anteriormente, para a escolha das sub-bacias em questão, foram avaliados quais os reservatórios mais eficientes, utilizando como indicador a razão entre o abatimento do pico pelo volume necessário de reservação, analisado pela relação volume-área apresentada anteriormente na Tabela 9.4 (cenário de abatimento de volumes de cheia unicamente através de

reservatórios de amortecimento). Uma vez que o custo de implantação dessas estruturas está relacionado ao volume, esse indicador fornece uma relação direta de custo-benefício.

A determinação do volume de amortecimento e o hidrograma de saída de cada reservatório, bem como a vazão máxima liberada por estes, foi obtida utilizando o modelo hidrológico HEC-HMS. A inserção dos barramentos no modelo HEC-HMS foi dividida em dois tipos: reservatórios de retenção (que compreendem as bacias de amortecimento *on-line*) e reservatórios de detenção, que são as bacias de amortecimento *off-line*. As bacias *on-line* estão posicionadas nas SB01 e SB04, já as bacias *off-line* nas SB03 e SB05. Para a simulação das bacias de retenção (*on-line*) considerou-se no modelo hidrológico que o barramento possui duas estruturas de saída: um bueiro circular de concreto de 1,0 m de diâmetro, funcionando como um descarregador de fundo, e um vertedouro de 20 m de comprimento para extravasamento de vazões relativas à cheias superiores a 10 anos de tempo de retorno. Já na simulação das bacias de detenção (*off-line*), considerou-se como estrutura extravasora um orifício circular de concreto de 1 m² de área molhada.

Por fim, o último dado de entrada da simulação foi a relação cota-volume dos reservatórios. Esta foi estimada de forma diferente para cada tipo de reservatório (*on-line* e *off-line*). Para as bacias de retenção (*on-line*) nas SB01 e SB04, foi utilizado o *software* Dam It! (LARENTIS, 2013), que obteve a relação elevação-área-volume de acordo com a topografia da região através do MDT utilizado no estudo (EMPLASA, 2011). Já para as bacias de detenção (*off-line*) nas SB03 e SB05, a relação cota-volume foi considerada constante, visto que neste tipo de obra são necessárias escavações no terreno, sendo a altura de detenção obtida em função do volume de reservação necessário.

A execução do cenário ocorreu em duas etapas:

- Simulação hidrológica com o modelo HEC-HMS considerando os 4 reservatórios;
- Simulação hidrodinâmica com o modelo HEC-RAS para propagar as vazões.

Na primeira etapa foram inseridos no modelo hidrológico as bacias de amortecimento. Essa primeira simulação forneceu as vazões de entrada necessárias ao modelo hidrodinâmico da segunda etapa. Nesta, por sua vez, foi gerada a mancha de inundação correspondente ao extravasamento ocorrido ao longo da calha do Rio Jundiaí para a cheia de 10 anos de recorrência, com a inclusão de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural.

9.1.1.6. Resultados

A partir da mancha de inundação gerada por um evento de precipitação de 10 anos de tempo de recorrência, com a inserção de quatro reservatórios de amortecimento na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (nas respectivas sub-bacias 01, 03, 04 e 05), foi possível gerar cruzamentos para obtenção das infraestruturas e benfeitorias atingidas por eventos desta magnitude. Assim, a partir da base vetorial de vias que está sendo utilizada no presente estudo (OSM, 2018) foi obtido o quantitativo da extensão total de estruturas viárias atingidas, separadamente por município, conforme ilustra o Quadro 9.3. A mesma análise foi aplicada a malha ferroviária da BHJ, cujo resultado encontra-se apresentado no Quadro 9.4.

Quadro 9.3. Quantificação das vias atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ.

Município	Extensão das vias atingidas (km)
Campo Limpo Paulista	0,30
Indaiatuba	6,39
Itupeva	6,44
Jundiaí	22,96
Salto	4,44
Várzea Paulista	1,87
Total	**42,41**

Quadro 9.4. Quantificação das ferrovias atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ.

Município	Extensão das ferrovias atingidas (km)
Indaiatuba	1,67
Jundiaí	0,50
Várzea Paulista	0,35
Total	**2,52**

Em relação aos dados de infraestruturas públicas que prestam atendimento à população, como equipamentos de saúde e de educação, a base utilizada foi a consulta a páginas eletrônicas das prefeituras, bem como imagens atuais do Google Earth com as categorias

hospitais e escolas ativadas, além da página do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Ao longo da mancha foram atingidas duas estruturas de saúde: uma unidade básica no município de Itupeva, e uma unidade móvel de nível pré-hospitalar em Jundiaí. Não houve nenhum equipamento de educação atingido pela mancha resultante desta simulação.

Em relação às Estações de Tratamento de Água (ETA) atingidas, ao todo foram duas: uma em Itupeva (ETA São José) e outra em Indaiatuba (ETA III – Pimenta).

Além das unidades de saúde e estações de tratamento, foi feita a contagem das demais edificações localizadas na área de abrangência da mancha de inundação. Neste processo, observaram-se edificações destinadas aos mais variados usos, como comercial, industrial e residencial. O Quadro 9.5 apresenta os valores totais obtidos para edificações atingidas pela mancha de inundação considerada nesta simulação com intervenções estruturais em quatro sub-bacias da BHJ.

Quadro 9.5. Quantificação das edificações atingidas para um evento de 10 anos de tempo de retorno, por município, no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ.

Município	Número de edificações na mancha
Campo Limpo Paulista	13
Indaiatuba	129
Itupeva	255
Jundiaí	783
Salto	234
Várzea Paulista	8
Total	**1.422**

Para a obtenção da área urbanizada total atingida pela inundação gerada por um evento de precipitação de 10 anos de tempo de recorrência, considerando quatro reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural na BHJ, foi subtraída da mancha o quantitativo de área verde, correspondente a 13,60 km². O valor de área remanescente, considerada efetivamente urbanizada por contar com infraestrutura e benfeitorias, foi distribuído nas classes de vias, ferrovias, edificações e equipamentos públicos de acordo com as considerações

supracitadas. A Tabela 9.18 a seguir apresenta a área obtida para cada uma destas classes de uso, por município.

Tabela 9.18. Quantitativo de áreas atingidas pela mancha de inundação gerada no caso de 4 reservatórios de amortecimento como intervenção estrutural a ser aplicada na BHJ.

Tipo de estrutura atingida	Município	Área na mancha (km²)
Edificações	Campo Limpo Paulista	0,01
	Indaiatuba	0,08
	Itupeva	0,15
	Jundiaí	0,47
	Salto	0,14
	Várzea Paulista	0,01
Equipamentos de saúde	Itupeva	0,02
	Jundiaí	0,02
Estações de Tratamento de Água	Indaiatuba	0,76
	Itupeva	0,76
Ferrovias	Indaiatuba	0,03
	Jundiaí	0,01
	Várzea Paulista	0,01
Vias	Campo Limpo Paulista	0,01
	Indaiatuba	0,08
	Itupeva	0,13
	Jundiaí	0,41
	Salto	0,05
	Várzea Paulista	0,04
Área urbanizada total com infraestrutura e benfeitorias		**3,19**

9.1.2. *Outras medidas: ações de drenagem sustentável*

A seguir são apresentadas outras técnicas que podem ser adotadas em áreas urbanas ou rurais cujo conceito de desenvolvimento sustentável para controle do escoamento é aplicado. Essas podem ser desde o controle em lotes até sub-bacias, a depender da área de contribuição. Destaca-se que, no contexto deste Plano Diretor de Macrodrenagem, tais tecnologias não serão analisadas como proposta de intervenção estrutural na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, uma vez que são medidas de microdrenagem ou de menores impactos no meio rural. Essas, portanto,

são ações que impactam mais diretamente a microdrenagem e córregos urbanos, medidas que podem ser incorporadas nos planos de drenagem dos municípios, através dos cadernos de encargos.

9.1.2.1. Urbanas

O conceito de manejo sustentável de águas urbanas surgiu em contrapartida à abordagem tradicional de canalização, em que o sistema de drenagem se baseia apenas na retirada das águas pluviais incidentes nas áreas urbanas impermeabilizadas, transferindo-as rapidamente para jusante (BAPTISTA et al., 2005). Nessa abordagem, a principal obra promovida para o controle da inundação em áreas urbanas é composta da retificação, canalização e recobrimento dos rios, além do aumento da sua capacidade de transporte pelo aumento de sua seção transversal e/ou da declividade de fundo (POMPÊO, 2000).

A ineficiência do sistema clássico para controle do inundações promoveu, a partir da década de 1970, uma mudança de abordagem na concepção e abordagem do problema, principalmente em países como a França, Estados Unidos, Austrália e Japão. Os principais termos utilizados são *Best Management Practices* (BMP's), *Low Impact Development* (LID) e *Sensitive Urban Design* (SUD). No Brasil os termos tradicionalmente utilizados são Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana (BAPTISTA et al., 2005) ou Medidas Não Convencionais em Drenagem Urbana (CANHOLI, 2005). Por sua vez, essas técnicas adotam uma ótica em que os projetos de drenagem e os dispositivos utilizados permitem o controle do escoamento na fonte, consequentemente evitando a ocorrência de inundações e alagamentos à jusante da bacia hidrográfica urbanizada.

Nesse sentido, as soluções relacionadas à redução de enchentes são técnicas compensatórias que visam principalmente a promoção do armazenamento e/ou a infiltração das águas pluviais, e o aumento do tempo de escoamento. Dentre os dispositivos que compõem as técnicas sustentáveis, destacam-se (FEAM, 2006; BARROS, 2015):

- Microrreservatório;
- Bacia para amortecimento de cheias;
- Não-pavimentação das ruas;
- Pavimentos porosos;
- Telhado verde;

- Trincheiras, poços, valas, valetas e estruturas semelhantes que favorecem a infiltração e percolação das águas pluviais;
- Parques e áreas gramados;
- Medidas de apoio à população, sistema de alerta, de evacuação e de atendimento à comunidade atingida;
- Implantação de interceptores de esgotos, viabilizando futuro tratamento.

Esses dispositivos podem ser classificados em função de sua atuação, na infiltração e no armazenamento, ou na combinação desses processos (SÃO PAULO, 2012; ADASA, 2018), ou ainda em relação as suas características geométricas (linear ou pontual) (Quadro 9.6).

Quadro 9.6. Características de dispositivos de controle de escoamento.

Dispositivo	Processo de controle de vazão		Características geométricas	
	Infiltração	Armazenamento	Linear[1]	Localizada ou Pontual[2]
Pavimento permeável	x	x		x
Trincheira de infiltração	x	x	x	
Vala de infiltração	x		x	
Poço de infiltração	x	x		x
Microrreservatório		x		x
Telhado reservatório		x		x
Reservatório de detenção aberto	x	x		x
Reservatório de retenção aberto	x	x		x
Reservatório subterrâneo pontual		x		x
Reservatório subterrâneo linear		x	x	
Faixa gramada	x		x	

Fonte: Adaptado de ADASA, 2018.
[1]Quando o comprimento é muito maior que a largura;
[2]Quando ocupa um espaço restrito e delimitado, como uma praça ou uma parcela de um lote.

Valas de infiltração

As valas de infiltração (Figura 9.12) são dispositivos de drenagem lateral, normalmente utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros. Constituem-se por simples depressões escavadas no solo, cujo objetivo é concentrar o fluxo das áreas próximas, recolhendo as águas pluviais e efetuando seu armazenamento temporário, além de favorecer a infiltração ao longo do seu comprimento.

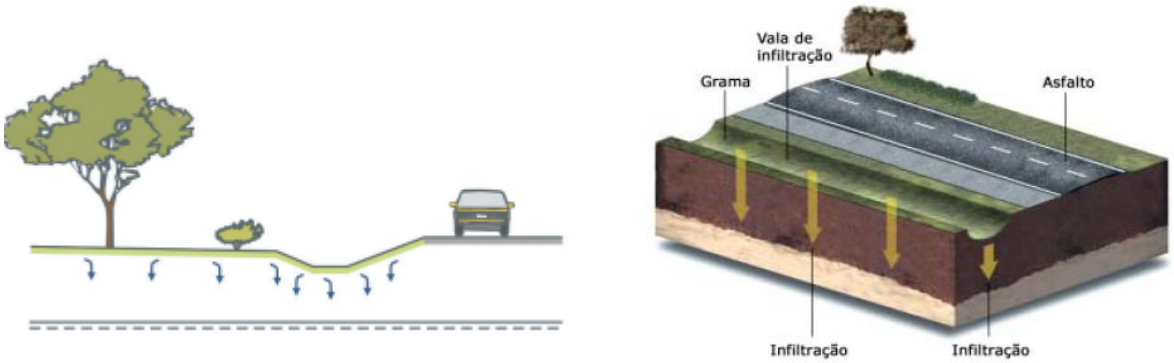


Figura 9.12. Esquema de uma vala de infiltração paralela à rua (Fonte: SÃO PAULO, 2012; FEAM, 2006).

Durante chuvas intensas o nível das águas se eleva e, como a infiltração é mais lenta, permanece com água durante algum tempo. Desta forma, seu volume deve ser o suficiente para que não ocorram alagamentos. Esse dispositivo funciona de forma semelhante a um reservatório de detenção, à medida que a drenagem que escoa para o valo é superior à capacidade de infiltração. Nos períodos com pouca precipitação ou de estiagem, ele é mantido seco. Esse tipo de técnica também permite a redução da quantidade de poluição transportada a jusante.

Dentre os benefícios desse tipo de aplicação, destacam-se os ganhos paisagísticos, com a possibilidade de valorização do espaço urbano com a plena integração da estrutura ao projeto paisagístico (como no exemplo da Figura 9.13); e benefícios ambientais, com a possibilidade de recarga do lençol freático e melhoria da qualidade da água, pois estas estruturas exercem uma função de pré-tratamento, na qual os poluentes podem ser removidos por sedimentação, filtração e adsorção no revestimento vegetal e infiltração no solo.



Figura 9.13. Vala de infiltração paralela à rua em Seattle, nos Estados Unidos (Foto de *U.S. Environmental Protection Agency* - EPA).

Trincheiras de infiltração

As trincheiras (Figura 9.14) assim como as valas de infiltração também são estruturas longitudinais construídas para captar as águas pluviais, provenientes do escoamento superficial, e facilitar sua infiltração. No entanto, no lugar da vegetação utilizada nas valas de infiltração, as trincheiras são preenchidas com material granular que permitam a percolação da água, como seixos, britas, dentre outros, envolto por um filtro geotêxtil que serve para impedir a entrada de material fino na estrutura. Podem ser instaladas em canteiros centrais e passeios, ao longo das vias públicas ou ainda em jardins, estacionamentos, etc. O acesso das águas superficiais à estrutura pode ser efetuado diretamente, através da superfície do dispositivo, ou por meio de um sistema de drenagem, que efetua a coleta e sua introdução na trincheira.



(a) **(b)**

Figura 9.14. a) Esquema ilustrativo e b) exemplo de aplicação de uma trincheira de infiltração (Fonte: SÃO PAULO, 2012).

Banhados construídos ou *wetlands*

Os banhados construídos, também conhecidos como áreas úmidas ou w*etlands*, configuram-se em uma medida mais ecológica em alternativa aos reservatórios de detenção comuns (MARTINS, 2015). Além de realizarem a atenuação do pico de vazão das enchentes, essas estruturas também servem para melhorar a qualidade da água proveniente do escoamento pluvial. Essas regiões se caracterizam por serem áreas de transição entre sistemas terrestre e aquático, com ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundadas durante o ano. Esses sistemas utilizam o solo, plantas e microrganismos para remover poluentes da água.

As *wetlands* construídas são projetadas artificialmente para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos (como areia, solo ou cascalho), onde ocorre a proliferação de microrganismos que, através de processos biológicos, químicos e físicos, contribuem para a melhoria da qualidade da água a partir da sedimentação de sólidos suspensos, filtração e processo de remoção de poluentes.

Entre as funções que esses sistemas desempenham no controle do escoamento superficial estão: redução dos efeitos das inundações, redução de vazões e velocidade de escoamento, redução da erosão e aumento da sedimentação e modificação dos poluentes tipicamente carregados pelas águas pluviais. O tipo de técnica utilizada na construção de um banhado depende principalmente das características do efluente a ser tratado, da eficiência final desejada na remoção de nutrientes, contaminantes e outros poluentes. As configurações destas técnicas variam conforme o fluxo (Figura 9.15 e Figura 9.16), espécie de planta utilizada, substrato, entre outros. Ainda, para que essas estruturas atinjam os benefícios esperados no tratamento das águas poluídas alguns cuidados e estudos em relação aos seus componentes são necessários, dentre eles o solo, as plantas, o regime hidráulico e os microrganismos.

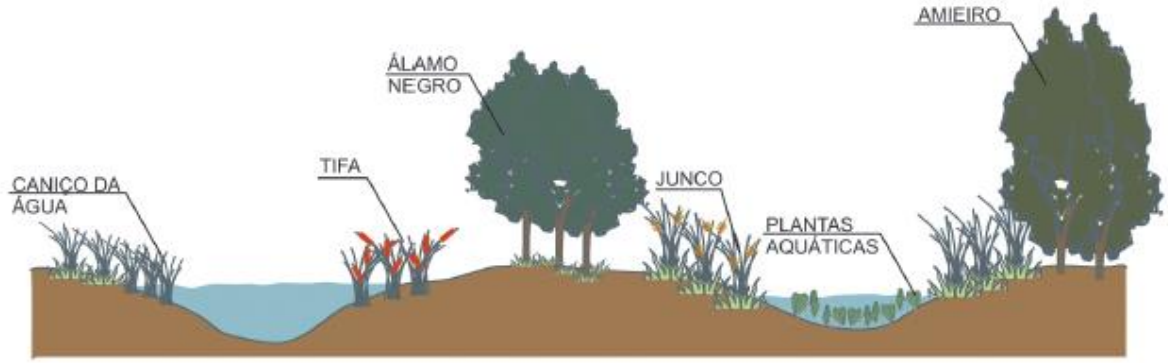
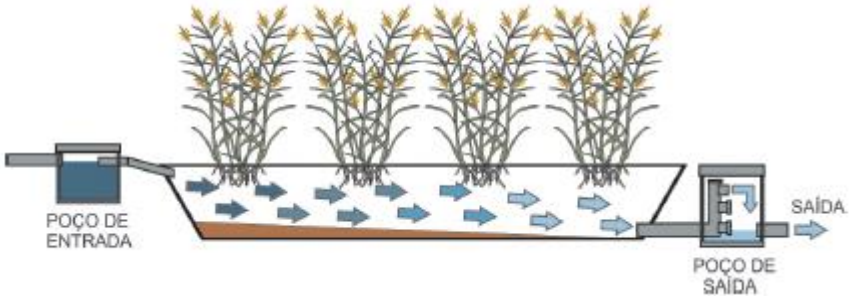
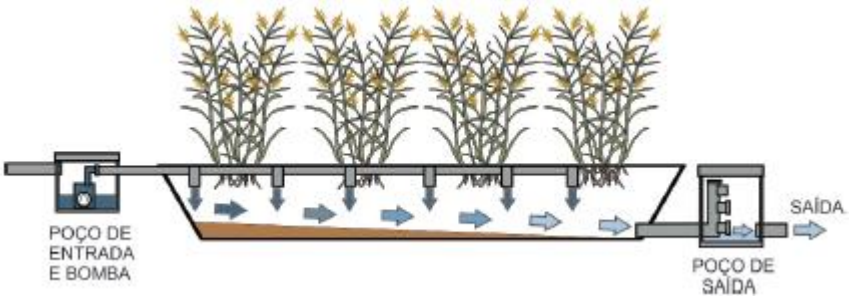


Figura 9.15. *Wetlands* de fluxo superficial (Fonte: ADASA, 2018).



(a)



(b)

Figura 9.16. *Wetlands* de fluxo a) subsuperficial horizontal e b) superficial vertical (Fonte: ADASA, 2018).

9.1.2.2. Rurais

As ações no meio rural estão relacionadas em sua maior parte por medidas de manejo do solo, associadas por vezes à preservação do solo e à facilidade da infiltração da água no terreno, a medida em que se reduz sua velocidade de escoamento. Dessa forma, tais medidas contribuem para o controle da erosão do solo e prevenção de outros problemas socioambientais, como:

- Deslizamentos e desmoronamentos de terra;
- Assoreamento dos rios;
- Enchentes;
- Diminuição da área de plantação;
- Redução da biodiversidade;
- Formação de voçorocas.

A seguir são apresentadas algumas práticas que podem ser adotadas no meio rural e exercem essas funções.

Barraginhas

As barraginhas (Figura 9.17), ou bacias de infiltração, são pequenas bacias escavadas no solo construídas de forma distribuída em propriedades rurais para captar a água de enxurradas e proporcionar sua rápida infiltração no terreno. Dessa forma, essas bacias contribuem para a conservação das estradas, preservação do solo e o controle de erosões, além de proporcionar a

recarga dos lençóis freáticos, abastecendo nascentes, córregos e rios. Elas são consideradas uma tecnologia social, uma vez que são simples e de baixo custo, e que têm proporcionado uma melhoria da qualidade de vida em comunidades rurais, por ajudar no aproveitamento da água de chuvas irregulares, amenizando os efeitos das estiagens e viabilizando a sustentação de lagos para criação de peixes e o cultivo de hortas e lavouras, proporcionando, portanto, mais trabalho e renda.

As dimensões e capacidade dessas bacias dependerão do número de barraginhas a serem implantadas na propriedade, das características do solo, da região de implantação e do potencial pluviométrico local. Por exemplo, para armazenar entre 100 m³ e 300 m³, as barraginhas devem medir entre 15 m e 20 m de diâmetro, por 1,5 m a 2,0 m de profundidade. De forma geral, elas devem ser rasas e dispersas, para favorecer a infiltração, pois quanto mais rápido esta ocorre, mais eficientes são as barraginhas, pois mais rápido esvaziarão para receberem as próximas chuvas (EMBRAPA, 2009).



Figura 9.17. Exemplo de barraginhas em propriedade agrícola (Fonte: EMBRAPA, 2009).

No Brasil, há um projeto de incentivo à adoção dessas técnicas – o Projeto Barraginhas – criado pelo engenheiro agrônomo Luciano Cordoval, durante a década de 1990. O projeto, apoiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), já proporcionou a implantação de barraginhas no Distrito Federal e em outros estados brasileiros, como Minas Gerais, Piauí, Ceará, São Paulo, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Bahia, Espírito Santo, entre outros.

No estado de São Paulo, a Associação Mata Ciliar (AMC), uma entidade sem fins lucrativos declarada de Utilidade Pública Federal, desenvolve diversas ações para a conservação da biodiversidade; dentre elas, projetos socioambientais que são desenvolvidos junto às comunidades rurais para a preservação dos recursos hídricos, como o incentivo à construção de barraginhas. De acordo com a Associação, 29 municípios do Circuito das Águas e Sistema Cantareira são beneficiados pelos projetos, e a AMC já implantou 1.453 barraginhas em parceria com os produtores rurais da região.



Figura 9.18. Barraginhas implantadas pela Associação Mata Ciliar (AMC) na região do Circuito das Águas e Sistema Cantareira (Foto de: Associação Mata Ciliar - http://mataciliar.org.br/).

Apesar de contribuir para a redução do escoamento superficial e, consequentemente, na quantidade de água que chega à rede de drenagem, devido às suas pequenas dimensões, as barraginhas não têm grande impacto sobre o controle de cheias na rede de drenagem de uma bacia hidrográfica do porte do Rio Jundiaí. Elas exercem um papel mais significativo no controle da erosão do solo causada pelas chuvas e na recuperação da qualidade da água dos mananciais afluentes ao curso d'água principal da bacia.

Ressalta-se que a soma dos volumes de inúmeras barraginhas distribuídas nas cabeceiras da bacia hidrográfica não exerce o mesmo efeito de abatimento do hidrograma de cheia de uma bacia de detenção localizada logo a montante do ponto a ser protegido. Isto porque, quanto mais a montante do ponto de interesse está situada a(s) obra(s) de amortecimento de vazão, maior a bacia hidrográfica incremental sem controle de vazão.

Ações em práticas agrícolas

A definição dos usos e da ocupação do solo em bacias hidrográficas rurais deve considerar aspectos naturais que possam ter influência sobre os recursos hídricos. As alterações nas características do solo influenciam diretamente os recursos hídricos, em termos de qualidade e de quantidade da água, sendo o controle da erosão, do escoamento superficial e da infiltração da água no solo importantes para o correto manejo do solo.

De acordo com MOTA (2008), em atividades agrícolas o controle da erosão envolve as seguintes práticas:

- Em terrenos de encostas: plantios em curvas de nível, utilização de terraços em terras cultivadas, terraceamento combinado com o plantio em contorno, manutenção da vegetação natural nas partes com maior declividade;
- Cordões de vegetação permanente: barreiras vivas de vegetação intercaladas entre áreas cultivadas, com o objetivo de reter o escoamento, provocar a deposição de sedimentos e facilitar a infiltração da água no solo;
- Controle de queimadas;
- Alternância de roçados, rotação de culturas.

As práticas de terraceamento, plantio em curvas de nível e barragens de contenção de água e sedimentos (barraginhas), são bastante eficientes quando utilizadas em associação, pois evitam o aumento da erosão e de perdas de nutrientes do solo, além de terem papel fundamental na recarga do lençol freático, pois auxiliam na infiltração da água no solo. A seguir são apresentadas em maior detalhe as principais técnicas supracitadas.

- *Terraceamento*

O terraceamento na agricultura é uma das práticas de controle de erosão mais eficientes e mais antigas utilizadas em terras cultivadas. Esta prática consiste na construção de terraços, ou seja, pequenos montes de terra ao lado de canais, no sentido transversal à declividade do terreno. Sua construção envolve o deslocamento de terra, por meio de cortes e aterros. Tem como principal função a contenção das enxurradas, controlando o sentido do escoamento e forçando a absorção da água pelo solo, com uma drenagem mais lenta e segura em casos de excesso de água; assim, se reduz a concentração e a velocidade do escoamento superficial,

permitindo que haja maior tempo de infiltração para a água no solo e limitando seu potencial erosivo (PIRES; SOUZA, 2006).



Figura 9.19. Exemplo de terraceamento em lavoura (Foto de: Jonatan Jumes/Epagri).

- *Plantio em curvas de nível*

O plantio em nível é recomendado para terrenos íngremes, sempre respeitando os declives da região. Acompanhando as curvas de nível, cada linha do plantio funciona como um empecilho, que diminui a velocidade do escoamento superficial, no caso de ela se formar sobre a superfície do terreno. Com a redução na velocidade do escoamento, há mais tempo para a água se infiltrar na terra, bem como uma diminuição do potencial de causar erosão do solo.



Figura 9.20. Exemplo de plantio de cana-de-açúcar em curva de nível (Fonte: EMBRAPA. Disponível em: https://www.embrapa.br/bme_images/o/7560040o.jpg).

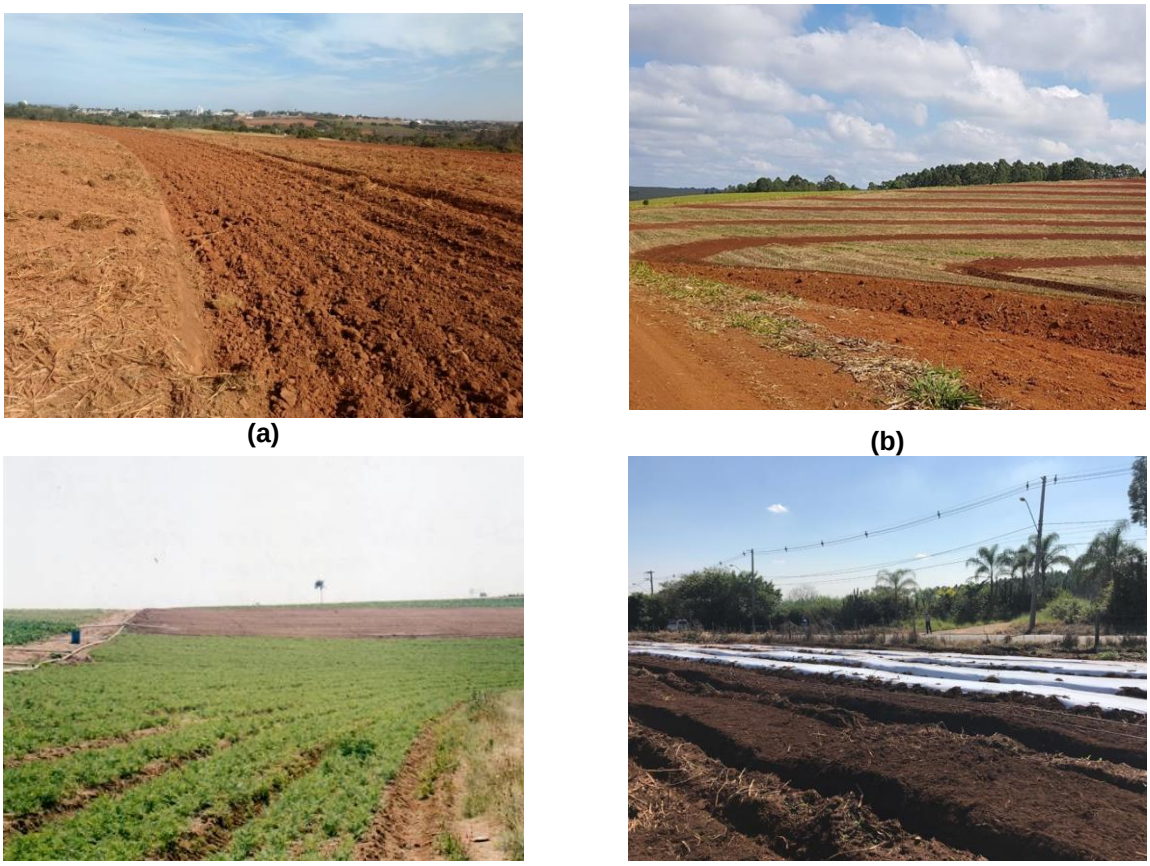


Figura 9.21. Práticas agrícolas no estado de São Paulo: a) marcação de área com técnica de terraceamento no município de Santo Antônio de Posse pelo Departamento de Agricultura e Meio Ambiente (Fonte: Prefeitura de Santo Antônio de Posse); b) terraceamento com curva de nível realizado em Pardinho pela equipe da Codasp (Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo de São Paulo); c) plantação de cenoura em curva de nível em São José do Rio Pardo (Foto: Paulo E. Trani); d) terraços para plantação de pimenta em Indaiatuba (Foto: Adoro Pimenta Ltda ME).

- *Cordões de vegetação*

Os cordões de vegetação, também chamados de faixas de retenção vegetativa ou barreiras vivas, são faixas estreitas de vegetação, em contorno, intercaladas à cultura principal em espaços regulares, e mantidas com plantas que desenvolvem crescimento denso. Esse tipo de prática é utilizado visando reduzir a velocidade de escoamento da água da chuva sobre o solo e diminuir o efeito da enxurrada com a diminuição do volume de água deslocado, reduzindo assim a quantidade de terra arrastada por ela. Os cordões de vegetação podem ser utilizados para culturas anuais e perenes, representando opção para produtores que não tenham recursos para construção de terraços, pois esta prática dispensa utilização de maquinário. A utilização de

cordões de vegetação em pastagem está restrita àquelas em regiões de relevo fortemente ondulado e montanhoso (EMBRAPA, 1993). Bananeiras, cana-de-açúcar e capim são algumas das plantas mais utilizadas, que podem desempenhar a função de retenção do escoamento superficial e diminuição da perda de solo.



Figura 9.22. Exemplo do uso de cordões de vegetação em terrenos declivosos (Fonte: LÓPEZ-FALCÓN; ESPINOZA, 2015).

- *Consorciamento de culturas*

O consorciamento de culturas é a técnica de plantio simultâneo de mais de uma cultura em uma mesma área. Essa prática é empregada para aumentar a produtividade, controlar pragas e doenças, melhorar a qualidade do solo, dentre outros aspectos. A técnica também proporciona um aumento da taxa de recarga hídrica e maior cobertura do solo, evitando a erosão causada pelo escoamento superficial e perda do solo, semelhante às faixas de retenção.



Figura 9.23. Exemplo de consorciamento de culturas: café e braquiária (Fonte: Revista Cultivar. Disponível em: https://www.grupocultivar.com.br/noticias/culturas-como-cafe-e-mamao-podem-ser-mais-produtivas-consorciadas-com-braquiaria).

9.2. Composição de custos e seleção de alternativa estrutural recomendada

Nesta seção são apresentadas as metodologias de estimativas de custos e os resultados encontrados para cada um dos cenários apresentados no item 9.1.1. É, ainda, apresentada uma análise comparativa entre os cenários, bem como recomendada a alternativa que apresentou a melhor relação custo-benefício, suas características e valores estimados, com a inclusão de mapas e imagens da localização da proposta de intervenções estruturais recomendada.

9.2.1. *Estimativa de custos*

Os custos de implantação das medidas estruturais foram estimados de forma simplificada, adequado à esta etapa do estudo, em que não há um detalhamento dos projetos. Eles foram estimados de forma parametrizada, considerando tipologias de obra, apenas para que se tivesse sensibilidade sobre a viabilidade e parâmetro de comparação entre cenários. Nesta etapa, os projetos são apenas alternativas em nível conceitual e não há uma definição de arranjos de implantação, materiais e métodos construtivos e quantitativos de materiais e serviços. O objetivo da estimativa é o de conferir mais objetividade do que uma análise apenas qualitativa na comparação de alternativas dos cenários hipotéticos simulados.

Uma vez que as referências utilizadas como base de cálculo para as estimativas de custos de obras no presente documento são provenientes do estado do Rio Grande do Sul e a área objeto de estudo pertence ao estado de São Paulo, foi utilizado o indicador o Custo Unitário Básico (CUB) da Construção Civil para ajustar os valores obtidos através das referências para o estado de São Paulo.

O CUB é um dos principais indicadores da construção civil e um dos mais importantes parâmetros de custo do setor. Calculado mensalmente pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil (Sinduscon) de todo o país, tem o objetivo de equilibrar a formação de preços do mercado imobiliário, permitindo que o custo do projeto seja estimado com maior precisão com base nos preços de produtos e serviços associados à atividade, para cada região de atuação sindical. Os custos unitários de construção a serem adotados nas respectivas regiões são calculados com base nos diversos projetos-padrão representativos: residenciais (R1, PP4, R8, PIS, R16), comerciais (CAL8, CSL8 e CSL16), galpão industrial (GI) e residência popular (RP1Q). Na metodologia de cálculo do CUB são considerados os materiais de construção, mão de obra e equipamentos, seguindo os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Assim, foram obtidos os valores desse índice para os estados do Rio Grade do Sul e São Paulo referentes ao mês de novembro de 2020, apresentados no Quadro 9.7. De acordo com os dados fornecidos, obteve-se uma diferença de 12% na média do CUB calculado para ambos os estados, sendo que o valor obtido para o RS maior do que a média de SP. O valor correspondente a esse percentual foi, portanto, subtraído nas estimativas realizadas a partir das curvas de referência obtidas com dados do estado do Rio Grande do Sul para os itens a seguir (9.2.1.1 a 9.2.1.4).

Quadro 9.7. Custo Unitário Básico dos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, no mês de novembro de 2020.

Projeto-padrão	Rio Grande do Sul		São Paulo	
	Código	Custo (R$/m²)	Código	Custo (R$/m²)
Residencial	R 1-N	R$ 2.043,70	R 1-N	R$ 1.851,37
	PP 4-N	R$ 1.997,37	PP 4-N	R$ 1.747,53
	R 8-N	R$ 1.738,31	R 8-N	R$ 1.531,08
	R 16-N	R$ 1.693,84	R 16-N	R$ 1.484,63
Comercial	CAL 8-N	R$ 2.134,46	CAL 8-N	R$ 1.768,81
	CSL 8-N	R$ 1.727,19	CSL 8-N	R$ 1.533,53

Projeto-padrão	Rio Grande do Sul		São Paulo	
	Código	Custo (R$/m²)	Código	Custo (R$/m²)
	CSL 16-N	R$ 2.326,52	CSL 16-N	R$ 2.045,69
CUB Médio (R$/m²)	-	R$ 1.951,63	-	R$ 1.708,95

Para estimar os custos de desapropriação foi realizada uma pesquisa de valores de aquisição de áreas por metro quadrado em áreas urbanas nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Já para a estimativa de custos das benfeitorias realizadas em terrenos públicos e privados foi feita uma divisão em dois grupos: (i) edificações (residenciais e comerciais); e (ii) equipamentos públicos, vias e ferrovias. O montante total estimado com desapropriação para o cenário sem propostas de intervenções estruturais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí resultou em um valor da ordem de R$ 12 bilhões.

9.2.1.1. Reservatórios de amortecimento

Os custos de implantação de reservatórios de detenção foram divididos em dois itens:

- Desapropriação da terra;
- Movimentação de terra e dispositivos hidráulicos.

Os dois custos acima são os principais itens em projetos de detenção hidráulica em terra.

Os custos de desapropriação foram estimados com base em pesquisa de valores de aquisição de áreas por metro quadrado nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. A pesquisa foi realizada para áreas urbanas, uma vez que a maior parte dos reservatórios propostos se localizam nestas regiões, e também para áreas rurais, a fim de ter uma base de comparativo de preços entre ambas as regiões. Considerando apenas os valores de área urbana, foram estimados indicadores de valor médio unitário, por município. O custo da desapropriação é obtido pela multiplicação do valor médio unitário pela área do reservatório ocupada pela tipologia.

A partir do levantamento de mercado realizado junto à imobiliárias, corretores e sites de vendas, a estimativa do custo médio com desapropriação de terras foi obtida considerando o valor do terreno bruto (VTb), ou seja, terrenos sem benfeitorias, nos seis municípios que se localizam ao longo da calha do Rio Jundiaí: Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto. Tendo em vista que na pesquisa foram obtidos valores para terrenos

urbanos localizados em loteamentos e condomínios prontos, cujo valor da terra é mais elevado, uma vez que engloba custos relacionados à implantação de infraestruturas no entorno e preparação da terra, o VTb foi corrigido baseando-se na Lei Federal nº 6.766/1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, além de um percentual de custo destinado apenas à aquisição da terra. Assim, considerou-se:

- Da área total de um loteamento, 60% é destinada aos lotes e 40% às demais áreas públicas (vias de circulação, redes de abastecimento e esgoto, entre outros);
- Do custo total de loteamento, cerca de 30% é o valor destinado apenas ao custo destinado à aquisição da terra e 70% para as infraestruturas de entorno e preparação da terra.

Dessa forma, foi aplicado um coeficiente de correção de 18%, obtido pela multiplicação entre o percentual de área destinado aos lotes (60%) e o custo com a terra (30%), sobre os valores de mercado obtidos, para aproximar ao gasto efetivo apenas com a aquisição de terrenos urbanos. Os valores de VTb de mercado e corrigidos são apresentados na Tabela 9.19. Destaca-se que tais considerações foram realizadas buscando uma melhor representação dos custos associados ao valor da terra nas áreas propostas, uma vez que a maioria das regiões onde são propostos reservatórios estão localizadas ao longo de cursos d'água e em muitos casos, em áreas de risco de inundação, o que gera uma depreciação do valor em relação a outras áreas urbanas. Tais fatos foram verificados por meio de mapas de uso e ocupação do solo e de imagens de satélite nas regiões, que serviram para embasar a análise.

Tabela 9.19. Valor do terreno bruto (VTb) de mercado e corrigido para os muncípios da BHJ localizados ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Município	VTN - Mercado (R$/m²)* Área rural	VTb - Mercado (R$/m²) Área urbana com infraestrutura	VTb - Corrigido (R$/m²)** Área urbana sem infraestrutura
Campo Limpo Paulista	6,55	400,00	72,00
Várzea Paulista	6,50	400,00	72,00
Jundiaí	8,50	650,00	117,00
Itupeva	5,00	300,00	54,00
Indaiatuba	9,50	600,00	108,00
Salto	3,00	200,00	36,00

*VTN: Valor da Terra Nua (valor da terra sem infraestrutura ou benfeitorias em área rural).
**VTb corrigido: valor considerado para terrenos em áreas urbanas sem qualquer tipo de infraestrutura ou benfeitorias.

Para estimar os custos totais foi realizado um levantamento de informações referentes a outros projetos de reservatórios de amortecimento. Os dados obtidos referentes aos projetos, bem como a fonte da informação, podem ser encontrados na Tabela 9.20. Os custos foram atualizados de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil (INCC) e, a partir deles, foram construídas duas curvas relacionando o volume de detenção e o custo do projeto. Uma curva para volumes de detenção menores, inferiores a 1 hm³ (Figura 9.24), e outra curva para reservatórios maiores, com volumes superiores, a partir de 1 hm³ (Figura 9.25). A divisão em duas curvas visou uma melhor representação nas estimativas, uma vez que se percebe que o comportamento da relação volume-custo muda à medida que o volume de reservação cresce.

Tabela 9.20. Custos de projetos de bacias de detenção *on-line* e *off-line.*

Curso d'água	Tipo da bacia	Área (m²)	Volume (m³)	Custo total (R$)	Custo atualizado (R$)*	Fonte
Rio Jaguari - SP	*On-line*	4.200.000	31.920.000	230.918.040,12	290.578.789,20	Contrato firmado com o Consórcio BP (Barragem Pedreira) (2018)
Rio Camanducaia - SP	*On-line*	8.800.000	53.300.000	196.096.074,91	246.760.104,79	Contrato firmado com o Consórcio executor BDP (Barragem Duas Pontes) (2018)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*On-line*	34.707	63.905	3.361.782,12	4.666.227,04	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Lambari – Rondinha - RS	*On-line*	34.723	105.236	1.500.000,00	2.225.753,45	Estudos hidrológicos e hidráulicos do reservatório de detenção para controle de cheias do arroio Lambari no município de Rondinha - RS (2015)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*On-line*	218.590	376.251	20.239.548,18	28.092.935,85	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*Off-line*	19.946	35.728	1.979.326,50	2.747.347,83	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*Off-line*	101.594	176.902	10.230.352,06	14.199.952,61	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*Off-line*	123.987	212.175	12.103.387,91	16.799.766,21	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Canoas - RS	*Off-line*	390.000	840.000	51.936.741,10	82.451.363,70	Anteprojeto de engenharia para controle de inundações na bacia do arroio Sapucaia – RS (Metroplan, Canoas, Esteio, 2014)

*Custo atualizado em relação ao valor de INCC para o período de janeiro do ano da fonte para o dia 25/11/2020. Cálculo realizado em: https://www.melhorcambio.com/incc.

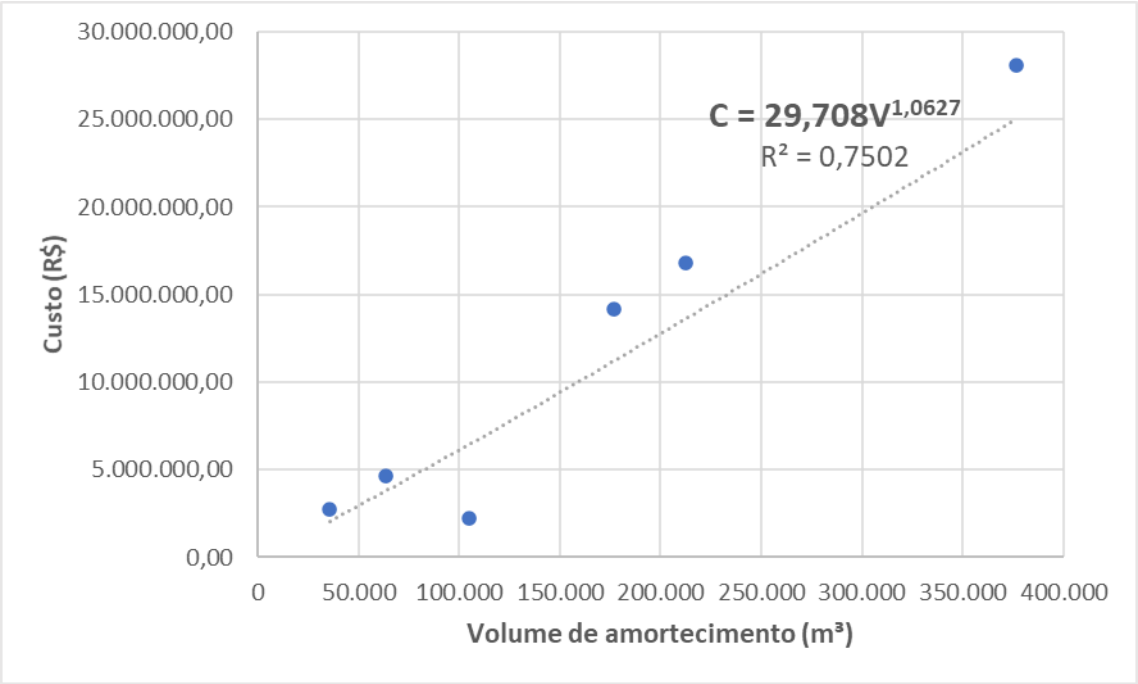


Figura 9.24. Curva: relação entre custo do projeto e volume de detenção para volumes inferiores, menores que 1 hm³.

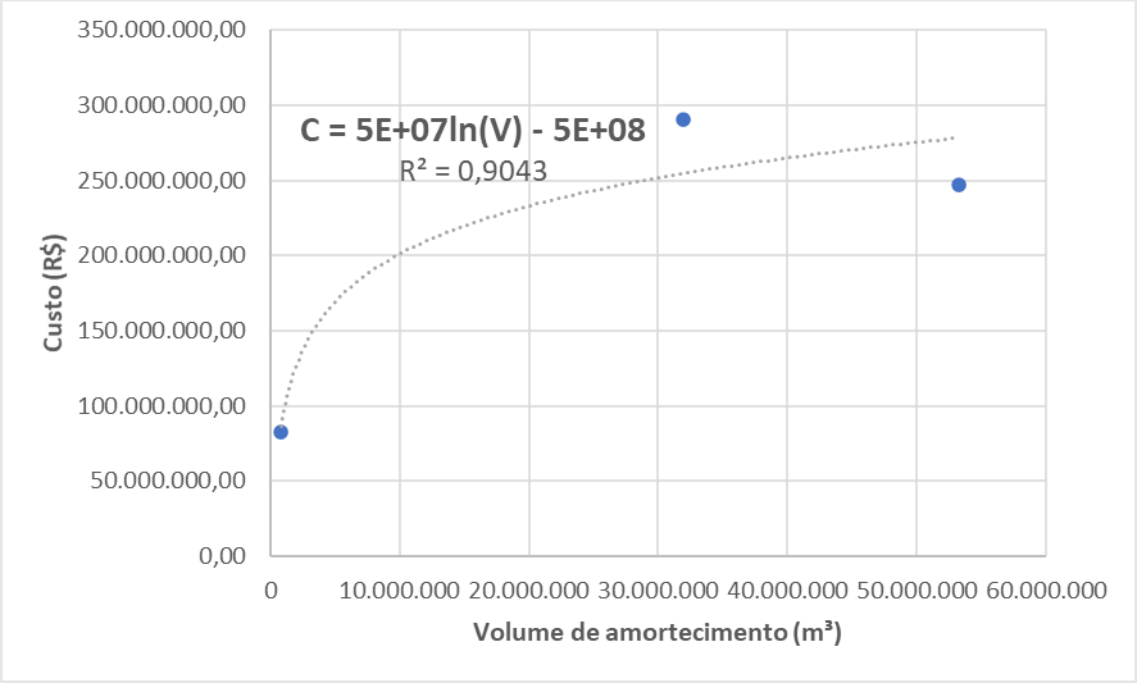


Figura 9.25. Curva: relação entre custo do projeto e volume de detenção para volumes superiores, a partir de 1 hm³.

Na tabela e curva elaboradas, o custo resultante já inclui os gastos efetuados com a desapropriação de terras. Tendo em vista que o montante gasto com desapropriação varia de acordo com a região, foi inserido nas estimativas de custo um fator de correção referente à essa diferença. Para isso, foi utilizado como referência um dos projetos do Arroio Sapucaia que identifica qual o valor da desapropriação, correspondente a cerca de 20% do total. Dessa forma, por fim foram estimados os custos referentes à implantação das bacias de detenção, apresentadas na Tabela 9.21, utilizando a Equação 1. O custo total por município é apresentado na Tabela 9.22.Tabela 9.21

$$C_R = 0{,}8.C.F_{CUB} + VTb_{corr.M}.A_R \quad (1)$$

Onde: C_R represente o custo estimado do reservatório, em R$; C é o custo estimado pela curva da Figura 9.24 ou Figura 9.25, a depender do volume do reservatório, em R$; e F_{CUB} é o fator de correção pelo CUB dos custos com obras em relação aos estados de São Paulo e o Rio Grande do Sul (igual a 0,88); $VTb_{corr.M}$ é o valor do terreno bruto corrigido para o município, conforme disposto na Tabela 9.19, em R$; e A_R é a área do reservatório, em m².

Tabela 9.21. Custos estimados com bacias de detenção, por sub-bacia, para a BHJ.

Sub-bacia	Área de detenção (ha)	Volume (hm³)	Custo em obras (R$)*	Custo com desapropriação (R$)	Custo total estimado (R$)
SB01	62,90	4,50	234.073.015,26	45.288.000,00	279.361.015,26
SB02	8,63	0,17	9.558.730,92	6.210.301,18	15.769.032,10
SB03	16,90	0,34	19.592.439,01	12.171.219,84	31.763.658,85
SB04	11,20	0,17	9.587.127,71	8.064.000,00	17.651.127,71
SB05	15,69	0,31	18.092.581,78	11.295.281,43	29.387.863,21
SB06	33,86	0,68	39.633.188,61	24.379.920,00	64.013.108,61
SB07	16,84	0,34	19.518.391,13	12.128.073,85	31.646.464,99
SB08	59,40	1,07	65.242.516,28	65.161.404,84	130.403.921,12
SB09	101,98	2,04	199.225.071,23	119.312.174,46	318.537.245,69
SB11	6,72	0,13	7.217.058,45	7.862.400,00	15.079.458,45
SB12	0,76	0,02	722.712,85	884.520,00	1.607.232,85
SB13	84,50	6,15	247.811.077,85	98.865.000,00	346.676.077,85
SB14	69,60	5,02	238.878.815,56	81.432.000,00	320.310.815,56
SB15	42,70	2,80	365.504.499,76	36.729.952,42	402.234.452,18
SB16	26,20	0,91	55.912.245,06	14.148.000,00	70.060.245,06
SB17	13,40	0,53	31.885.933,86	7.236.000,00	39.121.933,86
SB18	58,20	0,36	20.961.529,95	31.428.000,00	52.389.529,95

Sub-bacia	Área de detenção (ha)	Volume (hm³)	Custo em obras (R$)*	Custo com desapropriação (R$)	Custo total estimado (R$)
SB19	27,69	0,28	15.882.274,30	14.952.600,00	30.834.874,30
SB20	3,30	0,08	4.396.201,24	1.782.000,00	6.178.201,24
SB21	107,00	1,07	170.858.622,65	57.778.920,00	228.637.542,65
SB22	3,40	0,17	9.448.713,61	1.836.008,71	11.284.722,32
SB23	17,21	0,33	18.335.351,97	12.918.334,45	31.253.686,43
SB25	13,60	0,48	27.015.294,88	10.659.132,27	37.674.427,16
SB26	71,70	3,58	223.940.378,32	77.436.000,00	301.376.378,32
SB27	28,70	0,92	56.708.283,41	30.996.000,00	87.704.283,41
SB28	2,20	0,04	1.833.026,98	2.376.000,00	4.209.026,98
SB29	42,10	2,02	198.841.402,69	45.468.000,00	244.309.402,69
SB30	30,66	0,59	34.822.768,54	30.876.620,56	65.699.389,10
SB31	287,00	10,72	291.891.021,66	110.317.396,25	402.208.417,91
SB32	26,80	0,85	52.330.617,85	9.648.000,00	61.978.617,85

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Tabela 9.22. Custos estimados com bacias de detenção, por município, para a BHJ.

Município	Volume total de detenção (hm³)	Custo em obras (R$)*	Custo com desapropriação (R$)	Custo total estimado (R$)
Campo Limpo Paulista	5,68	300.976.451,05	89.522.935,86	390.499.386,91
Indaiatuba	7,79	553.337.046,85	210.410.074,14	763.747.120,99
Itupeva	5,24	517.578.609,93	150.196.473,08	667.775.083,01
Jundiaí	15,68	932.870.585,45	391.969.715,81	1.324.840.301,26
Salto	11,26	326.175.767,54	110.589.648,67	436.765.416,22
Várzea Paulista	1,01	58.782.432,57	36.952.412,70	95.734.845,27

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

O custo total da alternativa de abatimento de volumes de cheia exclusivamente através de bacias e reservatórios de amortecimento foi de R$ 3,6 bilhões. Deste montante, cerca de 27% refere-se ao custo associado a desapropriação de áreas urbanas para alocação dos reservatórios, e 73% é relativo aos gastos com obras civis de bacias de retenção e detenção.

9.2.1.2. Intervenções na calha do Rio Jundiaí

Os custos de intervenção na calha do Rio Jundiaí foram parametrizados em função da extensão da obra. Os valores unitários foram obtidos de outros projetos. Ao valor da intervenção foram acrescidos 10% para projetos e levantamentos.

A Tabela 9.23 apresenta o levantamento de informações obtido sobre projetos de canalização de rios, especificados por tipo (concreto ou dragagem). Os custos foram atualizados de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil (INCC). A partir deles, foram construídas duas curvas relacionando a área da seção transversal do canal e o custo do projeto de canalização em concreto ou por limpeza/dragagem do canal, dispostas nas Figura 9.26 e Figura 9.27, respectivamente. Assim, a partir dessas curvas foram estimados os custos, acrescidos em 10%, com obras de canalização em concreto (Tabela 9.24) ou por dragagem e limpeza dos trechos (Tabela 9.25). Os custos com as bermas foram estimados pela curva da Figura 9.27.

Tabela 9.23. Custos de projetos de canalização por concreto ou dragagem.

Curso d'água	Tipo	Extensão (m)	Área da seção (m²)	Custo total (R$)	Custo atualizado (R$)*	Custo / m linear (R$)	Fonte
Arroio Esteio – Esteio - RS	Concreto	1.808	11,25	15.377.317,29	21.344.052,74	11.805,34	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Concreto	1.295	48,00	29.978.905,37	41.611.376,64	32.132,34	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Rio Abel, Queimados - RJ	Concreto	1.372	29,70	37.944.058,80	52.667.183,43	38.387,16	DOERJ (2012) - Processo nº E17/001.361/2011
Arroio Esteio – Esteio - RS	Dragagem	2.682	54,00	3.324.085,00	4.613.902,77	1.720,32	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Dragagem	3.124	64,00	8.836.107,28	12.264.710,02	3.925,96	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Dragagem	2.611	68,00	5.336.925,07	7.407.768,77	2.837,14	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Dragagem	1.908	72,00	3.705.905,60	5.143.877,29	2.695,95	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Dragagem	2.273	80,00	5.656.726,55	7.851.659,56	3.454,32	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Dragagem	4.869	132,00	15.709.455,99	21.805.067,56	4.478,35	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)

*Custo atualizado em relação ao valor de INCC para o período de janeiro do ano da fonte para o dia 25/11/2020. Cálculo realizado em: https://www.melhorcambio.com/incc.

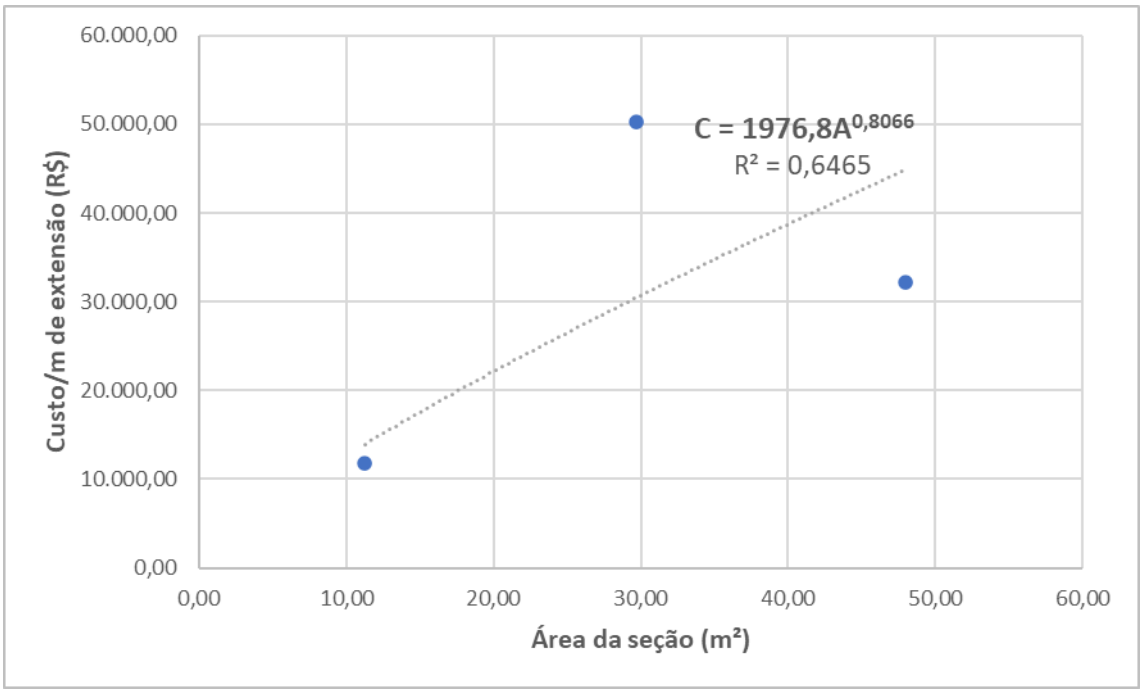


Figura 9.26. Curva: relação entre a área da seção e o custo por metro de canalização em concreto.

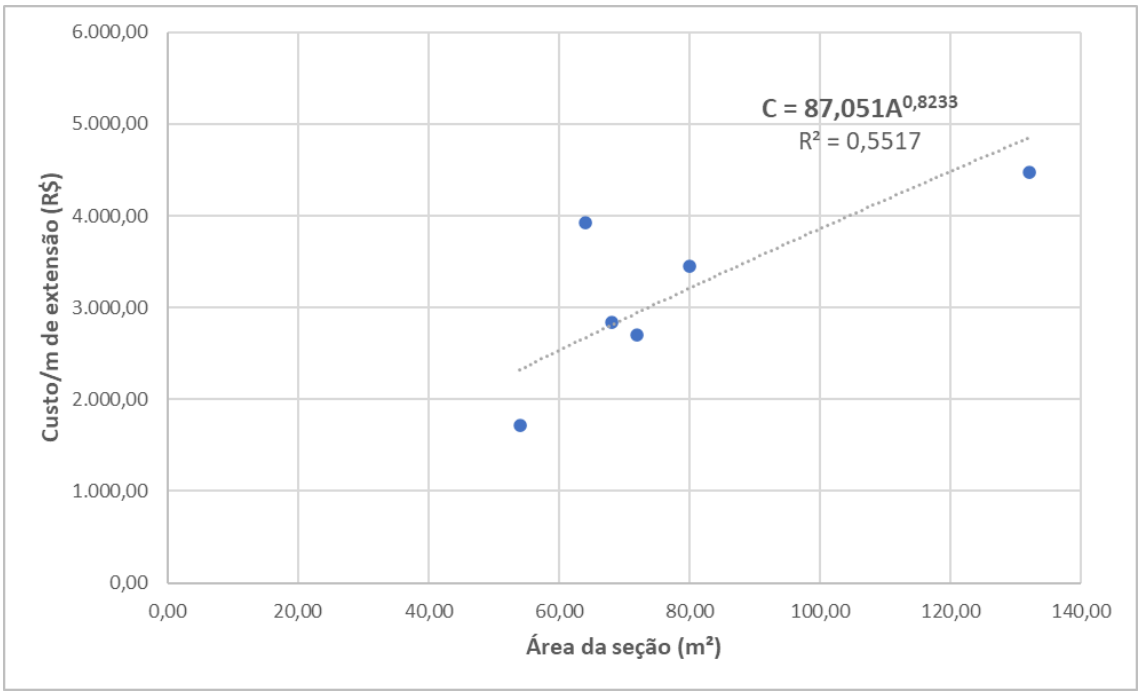


Figura 9.27. Curva: relação entre a área da seção e o custo por metro de dragagem/limpeza.

Tabela 9.24. Custo estimado de canalização em concreto e bermas, por município, para a calha do Rio Jundiaí.

Município	Canal		Berma		Custo total (R$)
	Extensão total (m)	Custo estimado (R$)*	Extensão total (m)	Custo estimado (R$)*	
Campo Limpo Paulista	4.694,40	164.252.563,60	1.268,70	1.362.094,02	165.614.657,62
Várzea Paulista	7.071,40	278.485.126,37	3.747,50	4.543.549,81	283.028.676,19
Jundiaí	12.301,10	790.095.969,55	7.993,70	12.089.946,43	802.185.915,98

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Tabela 9.25. Custo estimado para limpeza e dragagem, por município, para a calha do Rio Jundiaí.

Município	Área (m²)	Extensão total (m)	Custo estimado (R$)*
Campo Limpo Paulista	32,3	843,2	1.240.686,28
Jundiaí	199,7	6.033,3	39.813.180,48
Itupeva	696,3	11.445,4	211.225.305,80
Indaiatuba	666,4	14.371,7	255.833.608,10
Salto	133,0	3.041,4	14.362.428,55

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.
**A coluna "Área (m²)" refere-se ao quantitativo total de área na calha do Rio Jundiaí, separado por município, onde está sendo proposta a execução de ações de limpeza e dragagem.

Da mesma forma que para as intervenções na calha, foram obtidos dados de outros projetos de obras em travessias (

Tabela 9.26) para auxiliar nas estimativas de custos das 21 travessias com intervenções identificadas nesta alternativa. Com a curva elaborada (Figura 9.28) foram estimados os custos referentes à essas obras, acrescidos em 10% conforme descrito anteriormente, por município (Tabela 9.27). Ressalta-se que os custos apresentados apresentam grandes incertezas quanto às suas estimativas, uma vez que não foram consideradas as concepções de mudanças individualmente. Sabe-se que o valor associado a essas obras não se refere apenas às intervenções ocorridas nas travessias, mas devem-se incluir as modificações necessárias em todo o sistema viário de entorno, o que não foi abordado neste item, tendo em vista que o mesmo não se configura em um orçamento de projeto.

Tabela 9.26. Custos de projetos de travessias.

Curso d'água	Tipo	Extensão (m)	Largura (m)	Custo total (R$)	Custo atualizado (R$)*	Custo / m linear (R$)	Fonte
Canal Cimento – Esteio - RS	Rodovia Federal	193,00	3	4.555.775,04	6.323.515,47	32.764,33	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Canal Cimento – Esteio - RS	Ferrovia	21,60	5	389.145,11	540.141,78	25.006,56	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Canal Cimento – Esteio - RS	Rodovia Federal	50,40	7	2.022.335,35	2.807.045,27	55.695,34	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Esteio – Esteio - RS	Via lateral (2x) + Rodovia Federal	120,00	9	5.578.781,44	7.743.470,20	64.528,92	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Esteio – Esteio - RS	Ferrovia	10,93	11	608.890,71	845.152,65	77.324,12	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Esteio – Esteio - RS	Alça acesso Rodovia Federal	29,27	11	2.891.398,12	4.013.323,74	137.113,90	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Esteio – Esteio - RS	Rodovia Federal	68,87	11	6.346.825,58	8.809.532,09	127.915,38	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Vicinal	9,74	12	1.116.317,89	1.549.472,44	159.083,41	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Rodovia Federal e vias laterais	85,53	16	11.858.762,78	16.460.221,35	192.449,68	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)
Arroio Sapucaia – Esteio - RS	Ferrovia	5,45	16	1.307.765,87	1.815.206,46	333.065,41	Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016)

*Custo atualizado em relação ao valor de INCC para o período de janeiro do ano da fonte para o dia 25/11/2020. Cálculo realizado em: https://www.melhorcambio.com/incc.

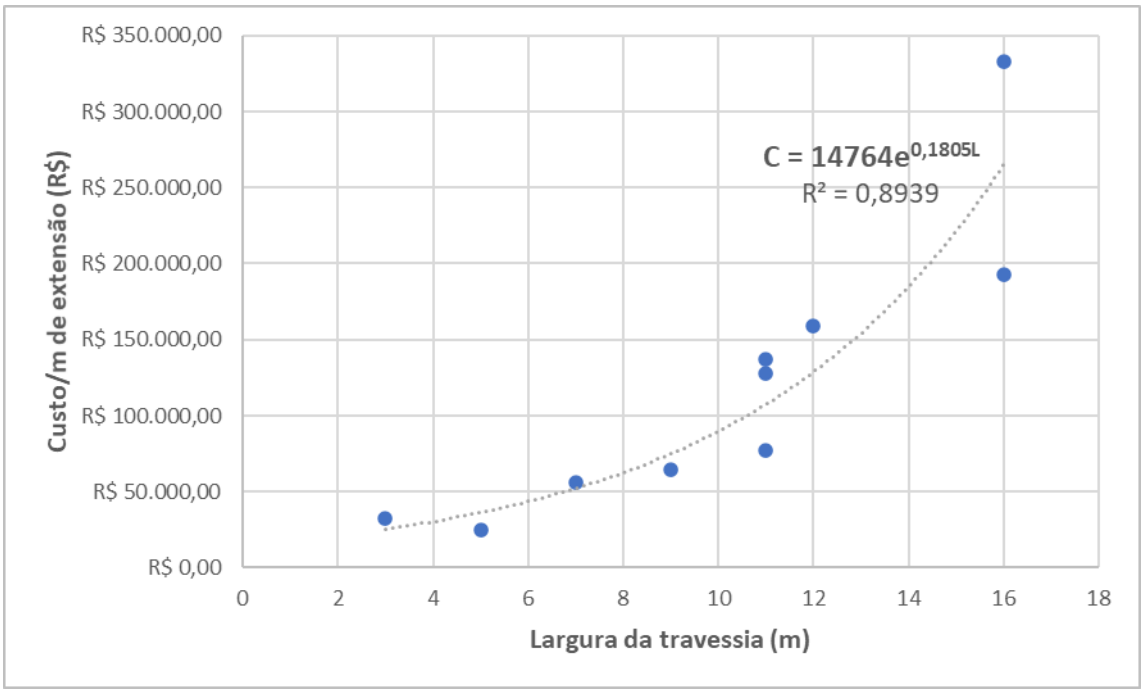


Figura 9.28. Curva: relação entre a largura e o custo em obras de travessias, por metro de extensão.

Tabela 9.27. Custo estimado em obras de travessias por município.

Município	Número de travessias	Custo estimado (R$)*
Campo Limpo Paulista	2	7.763.558,12
Várzea Paulista	1	1.327.349,53
Jundiaí	9	85.098.697,56
Itupeva	3	8.378.057,89
Indaiatuba	3	7.803.609,36
Salto	3	24.990.897,17

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Ressalta-se que estes valores são uma referência para a intervenção específica na travessia e neles não são considerados os custos com interferências e ajustes no sistema viário no entorno, que podem ser inclusive mais altos que o da própria travessia, variando de caso a caso. O ajuste de greide de ponte pode ter um impacto significativo no sistema viário do entorno, impactando, por exemplo em viadutos e acessos, o que só será conhecido na etapa de estudos de viabilidade e impacto de vizinhança.

O custo total da alternativa exclusiva de aumento da capacidade de condução hidráulica do Rio Jundiaí foi de R$ 1,9 bilhões. Deste montante, cerca de 92% refere-se ao custo associado a canalização em concreto e dragagem de trechos do Rio Jundiaí, 1% é relativo aos gastos com a inclusão de bermas de alteamento nestes mesmos trechos modificados, e por fim 7% referem-se aos custos com intervenções em travessias ao longo do canal.

9.2.1.3. Composição de alternativas: reservatórios e modificações na calha

A estimativa dos custos para os quatro cenários selecionados de medidas conjuntas seguiu o disposto nos itens 9.2.1.1 e 9.2.1.2 para os reservatórios de amortecimento e intervenções na calha, respectivamente. Os resultados dessas estimativas são apresentados nas tabelas a seguir.

Na tabela abaixo, verifica-se que não foram computadas, para fins de desapropriação das terras ocupadas pelos reservatórios, as Áreas de Preservação Permanente (APP), uma vez que as mesmas não estão sujeitas a indenização no processo de desapropriação.

O tema da indenização das APPs nos processos de desapropriação já foi objeto de algumas contendas judiciais, mas já há jurisprudência, do STJ e do STF (CONJUR, 2015), garantindo a não indenização no caso das obras de interesse público, como os reservatórios.

No âmbito jurídico, o entendimento quanto a este tema estabelece que as *"Áreas de Preservação Permanente (mesmo em terrenos privados) possuem natureza jurídica de limitação administrativa, e como tal, via de regra, não ensejam direito à indenização, diante da generalidade e abstração do comando legal."* (Silva, 2015).

No âmbito das bacias PCJ este procedimento é prática usual, mesmo com o acompanhamento do Ministério Público, em processos do setor elétrico, como os da CPFL, assim como nos processos recentes das barragens de Pedreira e Duas Pontes, do DAEE.

Tabela 9.28. Custo estimado por cenário com reservatórios de amortecimentos, de acordo com o gasto.

Cenário	Sub-bacia com reserv.	Área de detenção (ha)	Área de APP (ha)	Área para desap. (ha)	Volume amort. (hm³)	Custos em obras (R$)*	Custo com desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1	SB01	62,9	23,4	39,5	4,5	322.061.870,01	28.440.000,00	350.501.870,01
2	SB01	62,9	23,4	39,5	4,5	322.061.870,01	28.440.000,00	359.572.987,37
	SB04	6,35	2,3	4,05	0,14	6.155.117,36	2.916.000,00	
3	SB01	62,9	23,4	39,5	4,5	322.061.870,01	28.440.000,00	377.498.697,07
	SB04	6,35	2,3	4,05	0,14	6.155.117,36	2.916.000,00	
	SB03	5	-	5	0,31	14.325.709,71	3.600.000,00	
4	SB01	62,9	23,4	39,5	4,5	322.061.870,01	28.440.000,00	392.982.029,63
	SB04	6,35	2,3	4,05	0,14	6.155.117,36	2.916.000,00	
	SB03	5	-	5	0,31	14.325.709,71	3.600.000,00	
	SB05	5	-	5	0,26	11.883.332,56	3.600.000,00	

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Tabela 9.29. Custo estimado por cenário com obras de intervenção na calha do Rio Jundiaí.

Cenário	Custo com canalização em concreto (R$)	Custo com bermas (R$)	Custo com travessias (R$)	Custo total (R$)*
1	1.222.481.060,20	15.949.151,73	106.541.208,50	1.183.574.849,98
2	1.222.481.060,20	14.760.841,74	104.887.461,87	1.181.073.840,16
3	1.015.631.969,19	6.417.024,88	95.402.956,54	983.357.716,54
4	842.944.218,86	11.649.657,91	92.588.025,51	833.520.074,01

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Tabela 9.30. Resumo de custos dos cenários de medidas combinadas.

Cenário	Custo com reservatórios de amortecimento (R$)	Custo com intervenções no canal (R$)	Custo total do cenário (R$)
1	350.501.870,01	1.183.574.849,98	1.534.076.719,99
2	359.572.987,37	1.181.073.840,16	1.540.646.827,52
3	377.498.697,07	983.357.716,54	1.360.856.413,61
4	392.982.029,63	833.520.074,01	1.226.502.103,64

Cabe ressaltar que, para viabilizar a implantação do reservatório na SB01, estimado em cerca de R$ 350 milhões, é indicada a possibilidade de se utilizar o reservatório para usos múltiplos, como por exemplo para abastecimento público. Entretanto, neste caso, a única exigência seria a destinação de um volume de 4,5 hm³ exclusivamente como volume de espera, objetivando não haver prejuízo na utilização do barramento em sua função de contenção de cheias.

9.2.1.4. Reservatórios de amortecimento e desapropriações

A estimativa de custos para este cenário engloba os gastos referentes à implantação dos 4 reservatórios e à desapropriação das regiões abrangidas pela zona de inundação em áreas urbanas consolidadas. Essas estimativas foram realizadas de acordo com o disposto nos itens 9.2.1 e 9.2.1.1, para a desapropriação de terras e construção dos reservatórios de amortecimento, respectivamente.

Nos cálculos dos gastos com desapropriação de terras para os reservatórios *on-line*, foram desconsideradas as áreas alagadas as Áreas de Proteção Permanente (APP), pois não necessitam de desapropriação. O resultado da estimativa de custo dos quatro reservatórios de amortecimento propostos é ilustrado a seguir, na Tabela 9.31 (cujo valor é o mesmo daquele apresentado no item 9.2.1.3, anteriormente).

Tabela 9.31. Custo estimado dos quatro reservatórios de amortecimentos para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias, de acordo com o gasto.

Sub-bacia com reserv.	Área de detenção (ha)	Área de APP (ha)	Área para desap. (ha)	Volume amort. (hm³)	Custos em obras (R$)*	Custo com desapropriação (R$)	Custo total (R$)
SB01	62,9	23,4	39,5	4,5	322.061.870,01	28.440.000,00	392.982.029,63
SB04	6,35	2,3	4,05	0,14	6.155.117,36	2.916.000,00	
SB03	5	-	5	0,31	14.325.709,71	3.600.000,00	
SB05	5	-	5	0,26	11.883.332,56	3.600.000,00	

*Valor ajustado com a diferença do CUB entre os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Já a Tabela 9.32 a seguir apresenta os custos estimados por município (e totais) para as desapropriações, que são complementares à adoção das intervenções estruturais propostas nesta concepção de cenário. A Tabela 9.33 apresenta o custo total desta alternativa, considerando os custos dos reservatórios de amortecimento e das desapropriações. O custo total estimado para este cenário é de aproximadamente R$ 9,8 bilhões.

Tabela 9.32. Custos estimados com desapropriação para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias, por grupo de infraestrutura considerado.

Município	Edificações		Equipamentos públicos, vias e ferrovias		Custo total (R$)
	Fc1*	Custo estimado (R$)	Fc2**	Custo estimado (R$)	
Campo Limpo Paulista	4,27	17.089.500,00	8,54	34.179.000,00	51.268.500,00
Indaiatuba	2,85	136.716.000,00	5,70	2.973.573.000,00	3.110.289.000,00
Itupeva	5,70	256.342.500,00	11,39	3.110.289.000,00	3.366.631.500,00
Jundiaí	2,63	803.206.500,00	5,26	1.503.876.000,00	2.307.082.500,00
Salto	8,54	239.253.000,00	17,09	170.895.000,00	410.148.000,00
Várzea Paulista	4,27	17.089.500,00	8,54	170.895.000,00	187.984.500,00
Total	**-**	**1.469.697.000,00**	**-**	**7.963.707.000,00**	**9.433.404.000,00**

*F_{c1} = fator de correção correspondente à divisão do valor médio do CUB de SP pelo VTb municipal;
**F_{c2} = fator de correção correspondente ao dobro do valor encontrado em F_{c1}.

Tabela 9.33. Resumo de custos totais para o cenário de abatimento parcial de volumes de cheias.

Município	Custos estimados (R$)		
	Reservatórios de amortecimento	Desapropriação na zona de inundação	Total
Campo Limpo Paulista	392.982.029,63	51.268.500,00	444.250.529,63
Indaiatuba	-	3.110.289.000,00	3.110.289.000,00
Itupeva	-	3.366.631.500,00	3.366.631.500,00
Jundiaí	-	2.307.082.500,00	2.307.082.500,00
Salto	-	410.148.000,00	410.148.000,00
Várzea Paulista	-	187.984.500,00	187.984.500,00
Total	**392.982.029,63**	**9.433.404.000,00**	**9.826.386.029,63**

9.2.2. *Análise comparativa das alternativas*

Para auxiliar na escolha da proposta de medidas estruturais a ser recomendada para a BHJ foi ainda estimado o custo referente à situação atual na região – utilizado como valor de referência – (seção 9.2.1), com a desapropriação em áreas urbanas consolidadas que se encontram dentro da mancha de inundação sendo adotada como a única medida de combate às cheias. De acordo com as estimativas, o custo total com desapropriações na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí nos seis municípios que se localizam ao longo da calha do Rio Jundiaí é de aproximadamente R$ 12 bilhões, sendo os custos com equipamentos públicos, vias e ferrovias abrangendo a maior parcela, cerca de R$ 10 bilhões. Ainda, do montante total, os municípios de Campo Limpo Paulista, Jundiaí e Várzea Paulista juntos são responsáveis por quase 70% do valor total, com custos estimados em mais de R$ 2,5 bilhões para cada.

Nas seções 9.2.1.1 a 9.2.1.4 foram apresentadas as estimativas de custos de cada uma das quatro abordagens de alternativas propostas no presente documento, que consistiram em duas concepções de medidas exclusivas (implantação de reservatórios de amortecimento ou realização de medidas de intervenção na calha do Rio Jundiaí) e uma composta pela junção de ambas as alternativas, tendo sido nesta última analisados quatro cenários de composição, para contenção total de cheias, e um último cenário referente ao controle parcial da inundação, pela adoção de 4 reservatórios de amortecimento, associado à desapropriação em áreas urbanas como medida de combate. O Quadro 9.8 apresenta um resumo dos custos, extensões das obras e quantidade de reservatórios para cada uma das alternativas e cenários analisados.

No cenário de reservatórios de amortecimento a análise foi realizada por sub-bacia da BHJ, onde ao final foram definidos 30 reservatórios de amortecimento para que não haja extravasamento do Rio Jundiaí em áreas urbanas, para um evento de precipitação de 10 anos de tempo de retorno. Nessa proposta foi estimado um custo total de cerca de R$ 3,7 bilhões, correspondente a uma redução de cerca de 70% em relação aos custos estimados com desapropriação na análise sem propostas de medidas estruturais (situação atual), como pode ser observado no gráfico da Figura 9.29.

Para a segunda proposta foram adotados unicamente modificações na calha, por trechos de intervenção por canalização em concreto ou por recomposição da calha (limpeza e/ou dragagem). Os 24 km necessários de canalização do Rio Jundiaí somados aos 13 km de bermas construídas, obtiveram um custo estimado em R$ 1,25 bilhão, divididos entre três municípios: Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista e Jundiaí. Já os custos com limpeza e dragagem foram

estimados em R$ 522 milhões entre os municípios localizados ao longo da calha do Rio Jundiaí, com exceção de Várzea Paulista. Das 68 travessias existentes no canal, em 21 delas há necessidade de intervenção para evitar o efeito de remanso no trecho de montante, com custo aproximado de R$ 135 milhões. Dessa forma, o custo total para essa proposta foi de cerca de R$ 1,9 bilhão.

A magnitude dos valores estimados em ambas as propostas de medidas exclusivas é uma forte indicação da inviabilidade de se atender a cheia de projeto de 10 anos de tempo de retorno utilizando apenas um tipo de solução estrutural no Rio Jundiaí. Nesse sentido foram avaliados outros quatro cenários, compostos de alternativas de obras em trechos do Rio Jundiaí combinados a reservatórios de amortecimento, de modo a se obter o conjunto de medidas que atenda ao objetivo de proteção contra cheias com o menor custo e maior benefício. Neste mesmo sentido foram avaliados os custos referentes à implantação de apenas 4 reservatórios de amortecimento, associada à desapropriação de terras em áreas de inundação na zona urbana, que proporcionou um montante de aproximadamente R$ 9,8 bilhões (redução de 18% em relação ao cenário de condição atual; ver gráfico da Figura 9.29).

Da análise dos quatro cenários combinados, observa-se que, de forma geral, a inclusão de um número maior de reservatórios associado às obras na calha do Rio Jundiaí gera uma redução no custo total da proposta. Apenas entre os cenários 1 e 2 não se percebe esse comportamento, não tendo sido obtida uma diferença significativa entre os custos estimados neles, inclusive havendo um pequeno aumento quando incluído dois reservatórios (cenário 2). Além disso, esses quatro cenários geraram uma redução de mais de 85% no custo total em relação ao cenário de desapropriação em zonas urbanizadas (situação atual), como pode ser observado no gráfico da Figura 9.29.

Quadro 9.8. Resumo de custos com desapropriação para a situação atual na zona de inundação e quantitativo de obras para as alternativas e cenários propostos de medidas estruturais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Cenário		Quantidade de reservatórios de amortecimento	Intervenções na calha		Custo com reservatórios de amortecimento (R$)*	Custo com obras de intervenção na calha (R$)**	Custo com desapropriação em áreas de inundação (R$)***	Custo total (R$)
			Obras no canal e bermas (km)	Quantidade de travessias com intervenções				
Cenário de condição atual	Sem proposta de intervenções	-	-	-	-	-	12.048.097.500,00	12.048.097.500,00
Cenários de medidas exclusivas	Reservatórios de amortecimento	30	-	-	3.679.362.153,66	-	-	3.679.362.153,66
	Intervenções no canal	-	37,00	21	-	1.908.666.628,63	-	1.908.666.628,63
Cenários de alternativas combinadas	*Cenário 1* (1 reserv. + intervenções na calha)	1	36,50	20	350.501.870,01	1.183.574.849,98	-	1.534.076.719,99
	Cenário 2 (2 reserv. + intervenções na calha)	2	35,20	19	359.572.987,37	1.181.073.840,16	-	1.540.646.827,52
	Cenário 3 (3 reserv. + intervenções na calha)	3	25,00	17	377.498.697,07	983.357.716,54	-	1.360.856.413,61
Cenários de alternativas combinadas	*Cenário 4* (4 reserv. + intervenções na calha)	4	25,90	16	392.982.029,63	833.520.074,01	-	1.226.502.103,64
Cenário de abatimento parcial de volumes de cheia	Reservatórios de amortecimento e desapropriação em áreas urbanas	4	-	-	392.982.029,63	-	9.433.404.000,00	9.826.386.029,63

*Valor correspondente ao somatório dos gastos com as obras nos reservatórios e desapropriações;
**Valor correspondente ao somatório dos gastos com obras de canalização, construção de bermas e intervenções em travessias;
***Valor correspondente ao gasto com desapropriação em áreas urbanas abrangidas pela zona de inundação de uma cheia de TR de 10 anos.

No entanto, dentre as quatro propostas obteve-se que o cenário com o maior número de reservatórios, cenário 4, gerou o menor custo total entre todas as alternativas, cerca de R$ 1,2 bilhão, correspondendo a uma redução de 65% e 32% do custo total estimado nos cenários exclusivos de reservatórios e obras no canal, respectivamente, e 90% em relação ao de situação atual. Além do montante total, este cenário permite ainda a redução de 30 para 4 no número de reservatórios a serem implantados na região – comparado ao cenário exclusivo de reservatórios –, bem como em 12 km na extensão de obras de canalização e construção de bermas – comparado ao cenário exclusivo de intervenções na calha. Ainda, com o maior amortecimento gerado pelos reservatórios de montante adotados, em apenas 16 das 21 travessias incialmente previstas serão necessárias intervenções de alteamento e/ou alargamento da seção.

Dessa forma, diante do exposto, o cenário 4 é o cenário recomendado como alternativa de intervenções estruturais a serem aplicadas na região do presente Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana, a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

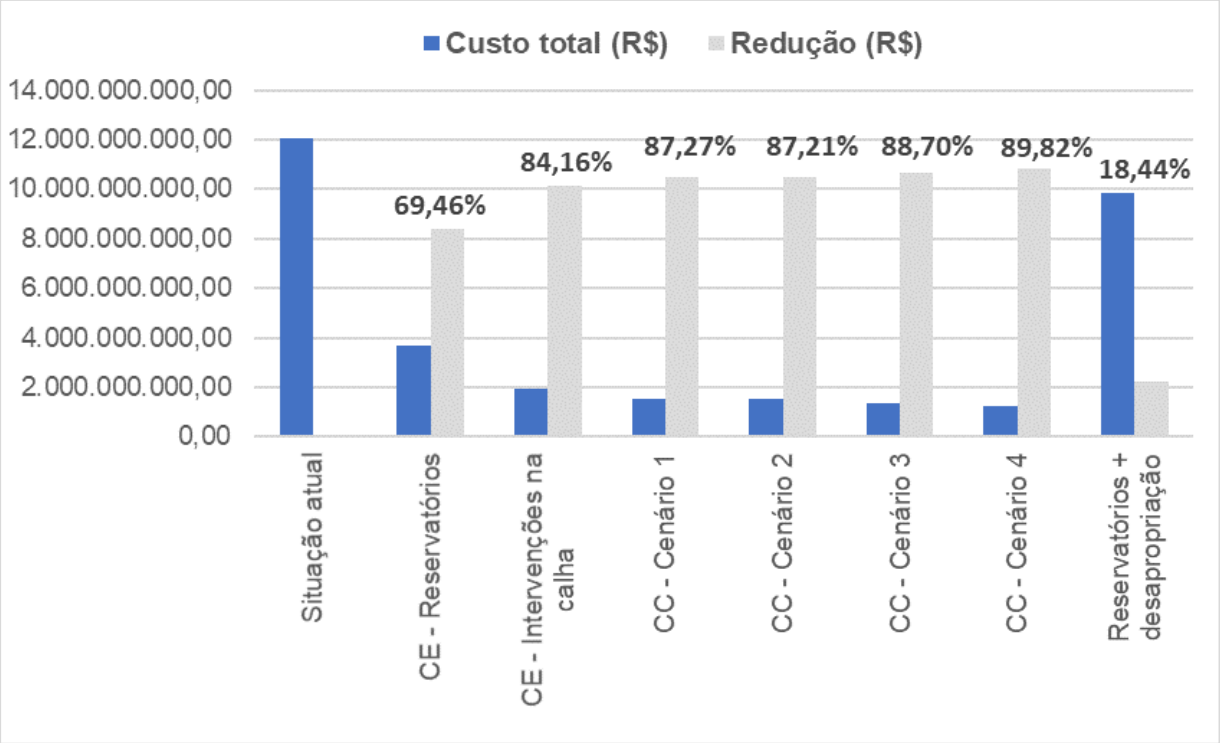


Figura 9.29. Gráfico de custos estimados e redução (quantitativa e percentual) por cenário, em relação ao custo do cenário de situação atual.

9.2.3. *Alternativa recomendada: cenário de medidas estruturais combinadas*

Conforme exposto anteriormente, o Cenário 4 das alternativas conjuntas, dispostas na seção 9.1.1.3, foi escolhido como proposta para a concepção de medidas estruturais na BHJ, por ser a alternativa que apresentou a melhor relação custo-benefício dentre os cenários analisados diante dos critérios adotados, com um valor total estimado em R$ 1,2 bilhão.

A proposta engloba a concepção de quatro reservatórios de amortecimento de cheias, sendo dois reservatórios de detenção (*off-line*) e dois de retenção (*on-line*), localizados nas sub-bacias 01, 03, 04 e 05, todos no município de Campo Limpo Paulista. As quatro bacias, quando implantadas, serão responsáveis pelo amortecimento de cerca de 5,21 hm³ do escoamento sobre a rede de drenagem do Rio Jundiaí, com um espelho d'água de aproximadamente 79,25 hectares, quando totalmente utilizado.

Para execução dessas obras e desapropriações necessárias, o custo total estimado é da ordem de R$ 393 milhões, sendo a maior parte (89,2%) destinado à barragem mais a montante do Rio Jundiaí, na SB01.

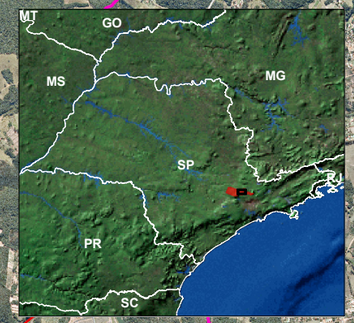
As características, custos e localização desses reservatórios podem ser encontrados na Tabela 9.34 e no Mapa 9.1.

Tabela 9.34. Características, quantitativos e custos dos reservatórios simulados na BHJ para a alternativa de medidas estruturais recomendada.

Sub-bacia com reservatório	Volume de amortecimento (hm³)	Área necessária (ha)	Vazão máx. liberada pela estrutura – TR 10 anos (m³/s)	Altura da estrutura (m)	Tipo de reservatório	Custo total estimado (R$)
SB01	4,50	62,90	6,1	15,0	*On-line*	350.501.870,01
SB04	0,14	6,35	3,3	5,0	*On-line*	9.071.117,36
SB03	0,31	5,00	6,4	6,0	*Off-line*	17.925.709,71
SB05	0,26	5,00	5,8	5,0	*Off-line*	15.483.332,56
Total	**5,21**	**79,25**	-	-	-	**392.982.029,64**

304000 312000 320000

7440000 7432000



Toca
Pinheirinho
Cecap
Parque São Luiz
Jardim Mirim
Parque Kneubil
Jundiaí Mirim
Caxambu
Nova Odessa
Distrito Industrial
Engordadouro
SP-360
Veduta
Granja Jundiaí Mirim
Jardim das Bandeiras
Vale Azul
Nova Germânia
Torres de São José
Jardim California
Marco Leite
Hortolândia
Jardim Botânico
Tarumã
Vila Rio Branco
Ponte Alta
SP-300
São Camilo
Casa Branca
Retiro
Chácara Urbana
Vila Municipal
Aeroporto
Colônia
Ivoturucaia
Condomínio Residencial dos Metalúrgicos
Vila Graff
Ponte São João
Jardim Pacaembú
Jardim São Paulo
Vila de Vito
Jundiaí
Jarim Novo Mundo
Residencial São Vitor
Alvorada
Tamoio
Gramadão
Nambi
Anhangabaú
Vila Argos
Jardim Paulista
Samambaia
Jardim Marsola
Vianelo
Vila Arens
Moisés
0,5
Vila Progresso
Jardim Anhanguera
Portal da Primavera
Jardim Solange
Vila Thomazina
Agapeama
Jardim Santa Lúcia
Campo Limpo Paulista
Conjunto Habitacional São José
Parque Internacional
Malota
Várzea Paulista
Jardim do Lar
Vila Rami
Jardim do Lago
Jardim Cruz Alta
Jardim Europa
SP-348
SP-332
Vila Tupi
Maringá
Pracatú
Vila Militar
Vila Marajó
Botujuru
Castanho
Santa Gertrudes

N
0 1 2 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Ferrovia
- Rodovia
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Ponto dos barramentos SB01 e SB04

Área a ser ocupada pelos reservatórios

- On-line (SB01 e SB04)
- Off-line (SB03 e SB05)

Seção-tipo (B x H)

- 11.0 m x 2,5 m
- 12.0 m x 2.5 m
- 15.0 m x 3.0 m
- 17.0 m x 3.0 m
- 20.0 m x 3.0 m
- 22.0 m x 3.5 m
- 24.0 m x 3.5 m
- Calha atual
- 1 Altura da Berma do trecho

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM Datum SIRGAS2000 Zona 23S Escala: 1:60.000	**Mapa 6.1. Proposta de medidas estruturais da alternativa de melhor custo-benefício (Cenário 4) para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí**	Fonte de dados: - Sede municipal: IGC, 2010 - Limite municipal: IGC, 2015 - Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013 - Medidas propostas: Profill, 2021

Além dos reservatórios de amortecimento serão necessárias obras de canalização em concreto em cerca de 15,25 km do Rio Jundiaí, para complementar o sistema de controle de cheias, associadas à implantação de 10,7 km de bermas ao longo do canal. As modificações no canal acima citadas somam um total de cerca de R$ 752 milhões. Os quantitativos, tipos e custos destas intervenções são apresentados na Tabela 9.35 e na Tabela 9.36 (por município). O Mapa 9.1 apresentado anteriormente também ilustra a espacialização destas informações.

Tabela 9.35. Quantitativos das "seções-tipo", bermas e seus custos definidos para a alternativa de medidas estruturais recomendada.

Canal					Bermas		
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Custo (R$)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**	**Custo (R$)**
11,0	2,5	27,50	445,81	12.358.155,24	0,50	172,26	59.070,98
12,0	2,5	30,00	4.277,91	127.208.384,50	-	-	-
15,0	3,0	45,00	898,62	37.059.143,98	1,00	898,62	703.884,07
17,0	3,0	51,00	1.582,32	72.186.919,84	0,50	1.582,32	776.486,73
20,0	3,0	60,00	3.354,48	174.469.732,48	1,00	3.354,48	3.329.755,34
22,0	3,5	77,00	1.208,57	76.869.369,39	1,00	1.208,57	1.297.590,10
24,0	3,5	84,00	3.541,65	241.639.207,16	1,00	3.541,65	4.084.911,74
Total		**-**	15.309,36	741.790.912,59	-	10.757,90	10.251.698,96

Tabela 9.36. Quantitativo das "seções-tipo", bermas e seus custos, por município, para a alternativa de medidas estruturais recomendada.

Município	**Canal**			**Berma**		
	Seção	**Extensão (m)**	**Custo (R$)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**	**Custo (R$)**
Campo Limpo Paulista	11 x 2,5	445,81	12.358.141,99	0,5	172,26	59.069,83
	12 x 2,5	741,07	22.036.612,73	-	-	-
Várzea Paulista	12 x 2,5	3.536,84	105.171.844,67	-	-	-
	15 x 3,0	239,35	9.870.927,55	1,0	239,35	187.483,79
	17 x 3,0	84,21	3.841.892,65	0,5	84,21	41.325,75
Jundiaí	15 x 3,0	659,27	27.188.270,23	1,0	659,27	516.401,30
	17 x 3,0	1.498,10	68.344.804,55	0,5	1.498,10	735.158,59
	20 x 3,0	3.354,48	174.469.906,42	1,0	3.354,48	3.329.758,66
	22 x 3,5	1.208,57	76.869.355,32	1,0	1.208,57	1.297.589,87
	24 x 3,5	3.541,65	241.639.354,47	1,0	3.541,65	4.084.914,23

Ainda, serão necessários o alteamento de 16 travessias, com o alargamento da seção hidráulica em 8 dessas, responsáveis pela soma de um montante de aproximadamente R$ 81,5 milhões reservado para estas alterações. Os quantitativos, tipo de intervenção e custos de cada uma são apresentados na Tabela 9.37. O Mapa 9.2 apresenta a espacialização das travessias com intervenções recomendadas ao longo da calha do Rio Jundiaí.

Tabela 9.37. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido.

Travessias	Município	Intervenção		Custo estimado (R$)
		Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia	
TV15	Várzea Paulista	x	x	1.320.181,36
TV21	Jundiaí	x	x	438.986,43
TV24	Jundiaí	x	x	5.417.999,54
TV25	Jundiaí	x	x	5.484.994,05
TV27	Jundiaí	x	x	3.612.174,16
TV29	Jundiaí	x	x	1.895.976,86
TV37	Jundiaí	x	x	26.829.450,42
TV39	Jundiaí	x	x	4.512.529,57
TV44	Jundiaí		x	11.997.511,07
TV55	Jundiaí		x	2.472.435,20
TV56	Itupeva		x	4.344.611,41
TV59	Itupeva		x	2.797.678,59
TV60	Itupeva		x	1.256.359,70
TV61	Indaiatuba		x	552.573,30
TV67	Salto		x	2.519.874,62
TV68	Salto		x	6.024.126,16
Total		**8**	**16**	**81.477.462,45**

Todas estas intervenções (canalizações, limpeza/dragagem e alterações em travessias) a serem realizadas ao longo da calha do Rio Jundiaí somam um montante de aproximadamente R$ 833 milhões. Quando somado ao custo dos reservatórios, totalizam aproximadamente R$ 1,2 bilhões para execução de todas as medidas estruturais recomendadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

280000 300000 320000

7440000

7420000


















Indaiatuba
Itupeva
Salto
Jundiaí
Várzea Paulista
Campo Limpo Paulista
Cabreúva

TV61 TV60 TV59 TV56 TV55 TV44 TV39 TV37 TV29 TV27 TV24 TV25 TV21 TV15 TV67 TV68

N

0 2,75 5,5 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Travessia com Intervenção Proposta no Cenário 4
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:150.000

Mapa 6. 2 – Espacialização das travessias com intervenções propostas na calha do Rio Jundiaí, no Cenário 4 de medidas estruturais

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Proposta de intervenção: Profill, 2020

9.3. Estrutura do Plano de Ações

9.3.1. *Medidas estruturais*

As medidas estruturais são aquelas que implicam na modificação do rio, visando evitar prejuízos, e os impactos decorrentes das inundações (TUCCI et al., 1995). De acordo com Tucci et al. (1995), as principais medidas estruturais incluem: canalização, reservatórios de amortecimento e diques.

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, a concepção de medidas estruturais recomendada durante o desenvolvimento deste Plano Diretor de Macrodrenagem se configura na implantação conjunta de obras na calha do Rio Jundiaí e na construção de reservatórios de amortecimento ao longo da BHJ, principalmente na cabeceira da bacia. De acordo com a metodologia de avaliação apresentada no item 9.2 deste PDM, a alternativa recomendada foi a que apresentou a melhor relação custo-benefício, dentre os cenários analisados e diante dos critérios adotados, resultando em um investimento total estimado em R$ 1,2 bilhão.

A proposta engloba a concepção de quatro reservatórios de amortecimento de cheias, sendo dois reservatórios de detenção (*off-line*) e dois de retenção (*on-line*), localizados nas sub-bacias 01, 03, 04 e 05, todos localizados nos limites do município de Campo Limpo Paulista. Os quatro reservatórios, quando implantados, serão responsáveis pelo amortecimento de cerca de 5,21 hm³ do volume escoado sobre a rede de drenagem do Rio Jundiaí. A localização desses reservatórios pode ser encontrada no Mapa 9.1, apresentado anteriormente.

Além dos reservatórios de amortecimento, serão necessárias obras de canalização em concreto em cerca de 15,3 km do Rio Jundiaí, para complementar o sistema de controle de cheias, associadas à implantação de 10,7 km de bermas ao longo do canal. Os quantitativos e tipos destas intervenções são apresentados na Tabela 9.35 e na Tabela 9.39 (por município). O Mapa 9.1 também ilustra a espacialização destas informações.

Tabela 9.38. Quantitativos das “seções-tipo” do canal e de bermas definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta para a BHJ.

Canal em concreto				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
11,0	2,5	27,50	445,81	0,50	172,26
12,0	2,5	30,00	4.277,91	-	-
15,0	3,0	45,00	898,62	1,00	898,62
17,0	3,0	51,00	1.582,32	0,50	1.582,32
20,0	3,0	60,00	3.354,48	1,00	3.354,48
22,0	3,5	77,00	1.208,57	1,00	1.208,57
24,0	3,5	84,00	3.541,65	1,00	3.541,65
Total		-	15.309,36	-	10.757,90

Tabela 9.39. Quantitativo das “seções-tipo” do canal e bermas, por município, para a alternativa de medidas estruturais proposta para a BHJ.

Município	**Canal em concreto**		**Berma**	
	Seção	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
Campo Limpo Paulista	11 x 2,5	445,81	0,5	172,26
	12 x 2,5	741,07	-	-
Várzea Paulista	12 x 2,5	3.536,84	-	-
	15 x 3,0	239,35	1,0	239,35
	17 x 3,0	84,21	0,5	84,21
Jundiaí	15 x 3,0	659,27	1,0	659,27
	17 x 3,0	1.498,10	0,5	1.498,10
	20 x 3,0	3.354,48	1,0	3.354,48
	22 x 3,5	1.208,57	1,0	1.208,57
	24 x 3,5	3.541,65	1,0	3.541,65

Além dos reservatórios e das modificações na calha do Rio Jundiaí, serão necessários o alteamento de 16 travessias ao longo do canal principal, com o alargamento da seção hidráulica em 8 destas. Os quantitativos e tipo de intervenção indicado em cada uma estão apresentados na Tabela 9.37. O Mapa 9.2 ilustra a espacialização das travessias posicionadas ao longo da calha do Rio Jundiaí com intervenções recomendadas, conforme apresentado anteriormente.

Tabela 9.40. Travessias com intervenções necessárias e custos para o cenário escolhido.

Travessia	Município	Tipo de estrutura	Localização da travessia	Intervenção	
				Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV15	Várzea Paulista	Ponte (concreto)	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV21	Jundiaí	Passarela	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Marginal do Rio Jundiaí)	x	x
TV24	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV25	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV27	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida São João Batista (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV29	Jundiaí	Ponte (concreto)	Rua Castro Alves (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV37	Jundiaí	Ponte (concreto)	Rua Tiradentes (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV39	Jundiaí	Linha férrea	Linha férrea (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV44	Jundiaí	Ponte (concreto)	Ligação entre a Avenida Antônio Frederico Ozanan e a Rua João Castiglioni de Oliveira		x

Travessia	Município	Tipo de estrutura	Localização da travessia	Intervenção	
				Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV55	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Daniel Pelizzari (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV56	Itupeva	Ponte (concreto)	Rodovia Akzo Nobel (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV59	Itupeva	Ponte (concreto)	Estrada Municipal IVA 185 (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV60	Itupeva	Ponte (concreto)	Travessia no Rio Jundiaí, próximo à Via Pascoal Vicentini (margem esquerda do Rio)		x
TV61	Indaiatuba	Ponte (concreto)	Estrada da Ecologia (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV67	Salto	Ponte (concreto)	Avenida Marechal Rondon (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV68	Salto	Ponte (concreto)	Avenida Vicente Schivitaro (travessia no Rio Jundiaí, próximo a foz)		x
			Total	**8**	**16**

9.3.2. *Medidas não-estruturais*

Medidas não estruturais são aquelas que visam a redução dos prejuízos causados pelas inundações a partir de uma melhor convivência da população com as enchentes (TUCCI et al., 1995). De acordo com Tucci et al. (1995), alguns exemplos de medidas não estruturais envolvem o zoneamento de áreas de inundações através da regulamentação do uso do solo com risco de inundação, ocupação com áreas de lazer, seguros contra inundações e previsão em tempo atual, dentre outras.

No contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, as ações de medidas não estruturais foram determinadas após identificados os principais problemas – descritos nos itens 7 e 8 deste Plano Diretor de Macrodrenagem –, classificados conforme o tipo de inundação, sendo as soluções divididas em dois grupos: (1) Medidas de enfrentamento de inundações ribeirinhas; (2) Melhoramentos nos serviços e sistemas de drenagem urbana. Para identificação das melhores

soluções para os problemas de inundação urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí foram realizadas as seguintes análises:

- Verificação dos registros de desastres naturais da Defesa Civil e relatos do diagnóstico: análise que fornece um panorama da situação por município e não por bacia hidrográfica;
- Análise dos mapas de inundação do diagnóstico e prognóstico, e situação das áreas urbanas dos municípios quanto ao curso principal do Rio Jundiaí: é a análise principal realizada com base nas simulações hidráulicas do diagnóstico e, em conjunto com os itens seguintes, define a abordagem de proposição de soluções para inundações urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí;
- Análise de seções do Rio Jundiaí em planta: verificando os trechos canalizados e os trechos naturais em áreas urbanas, permitindo definir um conjunto de medidas estruturais, como melhoramento no canal e bacias de detenção, e não estruturais, como zoneamento da planície de inundação;
- Verificação dos tempos de deslocamento da onda de cheia do Rio Jundiaí: permite avaliar a adequação de algum tipo de sistema de monitoramento, alerta e resposta;
- Localização e análise de córregos urbanos: fazendo uma primeira estimativa de quais são os principais macrodrenos a serem contempladas em planos municipais de drenagem urbana.

De posse dessas informações, foram, portanto, elencadas cinco propostas de medidas não estruturais para os problemas de inundação urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, apresentadas nos subitens a seguir.

9.3.2.1. Estruturação do setor de drenagem urbana nos

Um plano de estruturação do setor de drenagem urbana é recomendado em todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Mesmo os municípios que já possuem um Plano Diretor de Drenagem (PDDr) necessitam de uma estruturação institucional e de sustentabilidade econômica para a prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais. A questão institucional contempla a estrutura administrativa do órgão prestador do serviço de drenagem urbana, sua relação com os demais órgãos do sistema e a capacitação técnica de pessoal.

A sustentabilidade econômica diz respeito às fontes de financiamento para implantação de melhorias previstas no PDDr e de recuperação de custos da prestação do serviço, ou seja, operação e manutenção do sistema. Vinculando este tema ao tópico anterior, da questão institucional, está a modelagem de um sistema de cobrança pelo serviço público de drenagem (taxa de drenagem) e sua gestão através de fundos municipais específicos.

Para os municípios que não têm o PDDr, o plano estratégico deve desenvolver as peças técnicas necessárias para sua contratação/elaboração. Assim, um planejamento estratégico em drenagem urbana contempla as ações que precedem o PDDr e a execução de obras de drenagem, e que permitem a sustentabilidade técnica e econômica do sistema.

Diretrizes para elaboração e revisão de Planos de Drenagem Municipais

Conforme o item 4.1.2, quatro dos onze municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí apresentam Planos Diretores de Drenagem Urbana: Atibaia, Itupeva, Jundiaí e Várzea Paulista. Assim, o Plano Diretor de Drenagem (PDDr) é recomendado para os 7 municípios da bacia do Rio Jundiaí que ainda não tem tal instrumento: Mairiporã, Jarinu, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva. Destaca-se, no entanto, que desses municípios, apenas Campo Limpo Paulista, Indaiatuba e Salto têm área urbana majoritariamente na BHJ e, desta forma, os impactos de suas medidas de manejo de águas pluviais seriam mais percebidos no Rio Jundiaí.

Os PDDr são desenvolvidos por bacia hidrográfica e não necessariamente contemplam, em uma primeira ação, toda a área urbana do município. Ou seja, cada município deve definir quais as áreas (bacias) são prioritárias, de acordo com sua capacidade financeira de implementação e manutenção do sistema. Para a contratação ou elaboração do PDDr, no entanto, há algumas etapas a serem cumpridas preliminarmente:

- Definição de equipe de acompanhamento e fiscalização;
- Delimitação de bacias hidrográficas do município;
- Identificação de áreas prioritárias e quantificação dos levantamentos topográficos;
- Elaboração dos Termos de Referência (TDR) dos levantamentos topográficos e estudos do Plano.

Tais etapas fazem parte do plano de estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios. Ainda que o cadastro da rede de drenagem possa ser contratado junto com o PDDr,

é imprescindível um trabalho prévio de quantificação de área de levantamento, pois não há como elaborar o TDR de contratação do cadastro sem a definição de um quantitativo de macro e microdrenagem. As atividades preliminares ao PDDr poderão ser contratadas a partir de termos de referência específicos e mão de obra terceirizada, ou através do esforço do próprio corpo técnico da prefeitura.

O PDDr trata de um plano específico de obras, operação e manutenção da rede de drenagem. Em que pese as dificuldades institucionais vigentes do setor, o PDDr é de responsabilidade completa de um único ator, o prestador do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais e, desta forma, o cadastro da rede e sua condição de funcionamento devem ser constantemente atualizados por esta entidade.

A revisão do plano pode ocorrer caso haja alguma alteração de diretriz, principalmente induzida por alterações na legislação pertinente (legislação de saneamento básico e Plano Diretor Municipal). No entanto, não há previsão de um horizonte de tempo fixo para tal. Assim, quanto a revisão dos PDDr, sugere-se uma abordagem de acompanhamento constante ao invés de revisões periódicas.

Essa ação é contemplada no Programa de estruturação do setor de drenagem urbana, apresentado na seção 10.7 do presente relatório.

9.3.2.2. Inspeção e manutenção de obras hidráulicas

Os serviços de manutenção e inspeção são indispensáveis para o gerenciamento do sistema de drenagem urbana dos municípios. Neste item, foi utilizado como material de referência o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (2012). O referido Manual considera quatro atividades essenciais à execução dos serviços de manutenção da rede drenagem:

- Inspeção: trata do acompanhamento e verificação das condições dos dispositivos do sistema de drenagem, de modo a possibilitar sua manutenção, ajustes e reparos preventivos;
- Manutenção preventiva: ocorre após a constatação da necessidade de reparos de pequenas irregularidades detectadas na inspeção;

- Manutenção corretiva: necessária para restabelecer o padrão operacional do sistema de drenagem afetado por falhas identificadas pela atividade de inspeção, ou pela própria população;
- Operação: consiste nas atividades específicas de funcionamento, monitoramento, acompanhamento, leitura de dados, e em pequenos ajustes e atividades de conservação dos dispositivos do sistema.

Conforme o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (2012), o escopo dos programas de inspeção e manutenção deve contemplar ações sobre os seguintes dispositivos:

- Sarjetas;
- Bocas de lobo, bueiros e galerias;
- Canais abertos e fechados;
- Reservatórios de armazenamento;
- Equipamentos eletrônicos: bombas, painéis eletrônicos, tubulações, comportas, etc.

Desta forma, cabe aos municípios e seus prestadores de serviço determinarem suas prioridades e fontes de recursos disponíveis, para que os serviços de inspeção, manutenção e operação sejam executados com a frequência adequada. É neste contexto que os municípios podem impulsionar a criação de fundos específicos para gestão de recursos dos serviços de drenagem urbana prestados no município, baseado na cobrança de uma tributação específica: a taxa de drenagem urbana.

Essa ação é contemplada no Programa de estruturação do setor de drenagem urbana, apresentado na seção 10.7 do presente relatório.

9.3.2.3. Disciplinamento do uso e ocupação do solo

Esta medida trata do zoneamento da planície de inundação, das diretrizes para realocação de população em áreas de risco, desapropriação e reserva de áreas desapropriadas, dos fundos de financiamento para tais ações e da regulação sobre o escoamento superficial de novos empreendimentos.

O disciplinamento do uso do solo do ponto de vista de prevenção de inundações urbanas se traduz no Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI). O ZPI é recomendado para o trecho do Rio Jundiaí em que o rio tem uma topologia que justifique tal instrumento (com várzeas ou margens planas) e uma ocupação urbana ainda em desenvolvimento. Foram identificados que cerca de 33 km do Rio Jundiaí se encaixam nesta descrição, localizados entre os municípios de Indaiatuba e Salto. Nestes trechos, devem ser avaliados os planos diretores municipais e devem ser utilizados os limites da área urbana dos municípios para a definição precisa do trecho a ser zoneado.

Essa ação é contemplada no Programa de medidas de fiscalização e controle, apresentado na seção 10.6 do presente relatório.

9.3.2.4. Educação ambiental

Os programas de educação ambiental tratam de temáticas estratégicas fundamentais para a gestão de risco de inundações urbanas com vistas à redução de impactos ambientais e consideram, além dos aspectos técnicos e de capacitação, os aspectos sociais e econômicos envolvidos. O programa de educação ambiental, no contexto do controle de inundações urbanas, busca promover ações nos seguintes eixos:

- Conscientização social dos impactos da urbanização;
- Preservação e conservação da rede de drenagem existente;
- Convivência harmoniosa da população com os cursos d'água;
- Capacitação técnica e fortalecimento do setor de drenagem urbana.

São indicadas ações de educação ambiental que tenham por objetivo enfatizar a importância de medidas compensatórias e mitigadoras, para reduzir o impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem urbana, e destes sobre a população. Maiores detalhes sobre essas medidas são apresentados na seção 10.5 do presente relatório, no Programa de educação ambiental.

9.3.2.5. Sistemas de alerta, monitoramento e Planos de Contingência

Recomenda-se o estudo para implementação de sistemas de monitoramento, alerta e resposta com base na chuva observada para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. O sistema com base em chuva observada deve ter, em seu centro de controle, um modelo de simulação hidrológica tipo chuva-vazão, que permita a estimativa dos níveis d'água a jusante, nos pontos

de interesse. Recomenda-se, de modo a aumentar a antecedência do alerta e aproveitando-se do modelo que já deveria estar implementado nesse sistema, incorporar a previsão meteorológica.

Assim, o sistema poderia ter um nível com protocolos de atenção (com base na previsão meteorológica) sem alerta público, para preparação de ações por parte dos órgãos de Defesa Civil, e outro com protocolos de alerta das comunidades em risco e de evacuação (com base na chuva observada). Maiores detalhes sobre essa medida são apresentados na seção 10.4 do presente relatório, no Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta.



Plano de ações

10. PLANO DE AÇÕES

Este item apresenta o Plano de Ações, com os programas a serem implementados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, no que se refere a macrodrenagem. No contexto de um Plano Diretor, os programas são os estudos e ações complementares de médio e longo prazo, recomendados com o objetivo de melhorar as deficiências identificadas durante o desenvolvimento do Plano em questão. Os oito programas propostos no contexto deste Plano Diretor de Macrodrenagem da BHJ são:

Medidas estruturais:

- Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias;
- Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí;
- Programa de manejo de drenagem sustentável;

Medidas não estruturais:

- Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta;
- Programa de educação ambiental;
- Programa de medidas de fiscalização e controle;
- Programa de estruturação do setor de drenagem urbana;
- Programa de elaboração de Planos de Drenagem Municipal.

Os subitens a seguir (10.1 a 10.8) abordam as principais ações a serem desenvolvidas para implementação de cada dos programas supracitados, os resultados esperados, atores envolvidos e suas respectivas atribuições, as estimativas de custos e algumas fontes de financiamento, bem como o cronograma físico-financeiro de execução, e a forma que se dará a manutenção e/ou revisão da proposta. O TOMO VII deste relatório – ANEXO XI – apresenta um detalhamento das estimativas de custos de todos os programas apresentados ao longo dos itens 10.1 a 10.8.

10.1. Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias

Este programa tem por finalidade orientar a implementação de estruturas que permitem reduzir o volume de água afluente ao Rio Jundiaí durante eventos de cheia na BHJ, definidas no contexto deste Plano Diretor de Macrodrenagem. Este primeiro plano de ação de medidas estruturais se configura na construção de reservatórios de amortecimento, cujo indicativo foi realizado a partir de uma série de simulações para garantir a efetividade das propostas. e indicar as obras que proporcionem a melhor relação custo-benefício para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Para a região, foram definidos dois tipos de reservatórios:

- Reservatórios de amortecimento do tipo *on-line,* ou de retenção: são os reservatórios localizados ao longo da rede de drenagem e se mantêm sempre com certa lâmina d'água;
- Reservatórios de amortecimento do tipo *off-line,* ou de detenção: são os reservatórios localizados fora da calha do curso d'água e que serve para armazenamento temporário da água, ficando vazios em períodos sem chuva.

10.1.1. *Ações a serem desenvolvidas*

São propostos quatro reservatórios:

- Um reservatório de retenção (*on-line*) na SB01 (Rio Jundiaí – montante), posicionado na calha do próprio Rio Jundiaí, com volume de aproximadamente 4,5 hm³ e vazão máxima liberada de 6,1 m³/s. O barramento possui altura estimada de 15,0 m e área necessária de alague de aproximadamente 62,9 hectares;
- Um reservatório de detenção (*off-line*) na SB03 (Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru), localizado em um dos afluentes do Rio Jundiaí pela margem esquerda, com volume de cerca de 0,31 hm³ e vazão máxima liberada de 6,4 m³/s;
- Um reservatório de retenção (*on-line*) na SB04 (Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista), posicionado na calha do próprio Rio Jundiaí, com volume de aproximadamente 0,14 hm³ e vazão máxima liberada de 3,3 m³/s. O barramento

possui altura estimada de 5,0 m e área necessária de alague de aproximadamente 6,35 hectares;

- Um reservatório de detenção (*off-line*) na SB05 (Córrego do Moinho), localizado em um dos afluentes do Rio Jundiaí pela margem esquerda, com volume de cerca de 0,26 hm³ e vazão máxima liberada de 5,8 m³/s.

10.1.2. *Resultados esperados*

Redução das vazões máximas na calha do Rio Jundiaí, no trecho logo a jusante da SB05 (Córrego do Moinho), de 130,7 m³/s para 36,3 m³/s, o que possibilita reduzir significativamente a necessidade de intervenções na calha, para aumento da capacidade de escoamento.

10.1.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- DAEE: apoio técnico-financeiro no desenvolvimento dos projetos dos reservatórios de amortecimento propostos;
- Agência PCJ: apoio financeiro no desenvolvimento dos estudos e nas etapas de licenciamento das obras propostas;
- Prefeitura municipal de Campo Limpo Paulista: recurso financeiro para a execução das obras;
- SABESP: possível recurso financeiro para a execução do barramento proposto na SB01 (no caso da adoção usos múltiplos para o reservatório, como por exemplo, abastecimento público).

10.1.4. *Custos e fontes de financiamento*

Os custos para este programa foram estimados na ordem de R$ 393 milhões. Tais custos estão distribuídos, por obra e tipo de intervenção, conforme Tabela 10.1 a seguir:

Tabela 10.1. Custos (totais e por obra) estimados para a execução de desapropriações e obras do programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias.

Reservatórios	Custo com desapropriação (R$)	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)	Custo total (R$)
SB01	28.440.000,00	322.061.870,01	350.501.870,01
SB03	3.600.000,00	14.325.709,71	17.925.709,71
SB04	2.916.000,00	6.155.117,36	9.071.117,36

Reservatórios	Custo com desapropriação (R$)	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)	Custo total (R$)
SB05	3.600.000,00	11.883.332,56	15.483.332,56
Total	**38.556.000,00**	**354.426.029,64**	**392.982.029,64**

As despesas referentes a projetos e licenciamento podem ser suportadas numa parceria entre DAEE e Agência PCJ. Já as obras, propriamente ditas, são de responsabilidades dos municípios envolvidos.

Especificamente para o caso do reservatório de amortecimento da SB01 (Rio Jundiaí – montante), pode-se retomar a iniciativa de SABESP de implantar um reservatório no referido trecho. O mesmo poderia ser projetado para usos múltiplos de modo a atender o abastecimento e o amortecimento de cheias (entre outros), de modo que os custos podem ser partilhados entre os atores. Reitera-se, no caso de utilização para múltiplos fins, que o reservatório deve sempre possuir um volume de espera para contenção de cheias, estimado em 4,5 hm³, conforme previamente citado.

10.1.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Considerando que este é um programa com ações de longo prazo, recomenda-se a revisão dos estudos hidrológicos (do projeto), contemplando a atualização das séries de monitoramento, de modo a verificar o dimensionamento hidráulico das estruturas. De modo semelhante, pode-se fazer necessário a atualização dos orçamentos previamente ao início das obras.

10.1.6. *Cronograma de implementação*

Para determinar a ordem de implementação dessas estruturas, foi adotado o critério financeiro, iniciando-se pelas obras de menor custo, ou seja, os reservatórios localizados nas sub-bacias SB04 e SB05. O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.1.

Quadro 10.1. Cronograma físico-financeiro proposto para o programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ.

Reservatórios	Etapa	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
SB01	Projeto	9.661.856,10				
	Licenciamento		6.441.237,40			

Reservatórios	Etapa	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
	Desapropriação			28.440.000,00		
	Obras			305.958.776,51		
SB03	Projeto	429.771,29				
	Licenciamento	286.514,19				
	Desapropriação		3.600.000,00			
	Obras			13.609.424,22		
SB04	Projeto	184.653,52				
	Licenciamento		123.102,35			
	Desapropriação		2.916.000,00			
	Obras		5.847.361,49			
SB05	Projeto	356.499,98				
	Licenciamento	237.666,65				
	Desapropriação		3.600.000,00			
	Obras		11.289.165,93			

10.2. Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí

Este programa visa orientar as ações de medidas estruturais para controle de cheias na região da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, cujo objetivo é aumentar a capacidade de condução do Rio Jundiaí. Neste contexto foram indicadas obras de canalização, alteamento de bermas laterais ao canal principal, e intervenções em travessias existentes ao longo da calha do Rio Jundiaí.

10.2.1. *Ações a serem desenvolvidas*

O escopo deste Programa abrange a implantação de canalizações em concreto e bermas, e a adequação de travessias, todas propostas a serem executadas ao longo da calha do Rio Jundiaí. Assim, visando o aumento da capacidade de condução de escoamento do referido curso d'água, serão necessárias as seguintes ações:

- Canalizações em concreto: será necessária a canalização de 15,31 km do Rio Jundiaí para compor o sistema de controle do cheias, dividida ao longo da calha

que passa por três municípios: Campo Limpo Paulista (1,19 km), Várzea Paulista (3,86 km) e Jundiaí (10,26 km);

- Bermas: será necessária a construção de bermas em 10,75 km do Rio Jundiaí para também compor o sistema de controle do cheias, dividida ao longo da calha que passa por três municípios: Campo Limpo Paulista (0,17 km), Várzea Paulista (0,32 km) e Jundiaí (10,26 km);
- Adequação de travessias: essa ação se constitui no alteamento de 16 travessias, juntamente ao alargamento da seção hidráulica sob a travessia em 8 dessas, localizadas em cinco municípios: Várzea Paulista (1), Jundiaí (9), Itupeva (3), Indaiatuba (1) e Salto (2).

A localização dessas ações e maiores detalhes podem ser encontrados na seção 9.3.1 deste Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana.

10.2.2. *Resultados esperados*

A implementação dessas ações visa compor o sistema de controle de cheias, garantindo um aumento na capacidade de condução do escoamento nos trechos de intervenção, que permitam o confinamento do fluxo inteiramente na calha do Rio Jundiaí, para um evento de 10 anos de período de recorrência. A partir do aumento direto da capacidade de condução através das obras de canalização, associadas à construção de bermas, e da adequação das travessias que causam remanso, espera-se evitar o extravasamento da calha do Rio Jundiaí para cheias de 10 anos de período de retorno, bem como dirimir uma parcela dos impactos de cheias de maior tempo de recorrência.

10.2.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- DAEE: apoio técnico-financeiro no desenvolvimento dos projetos das intervenções propostas;
- Agência PCJ: apoio financeiro no desenvolvimento dos estudos, e nas etapas de licenciamento das obras propostas;
- Prefeituras dos municípios onde ocorrerão intervenções (Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto): recurso financeiro para a execução das obras.

10.2.4. *Custos e fontes de financiamento*

O custo total para implementação das ações do programa proposto é da ordem de aproximadamente R$ 833 milhões, sendo destes: R$ 752 milhões destinados para obras de modificação do canal – canalização (89% do total) e bermas (1% do total) – e R$ 81 milhões (10% do total) para a adequação de travessias, conforme Tabela 10.2 a seguir.

Tabela 10.2. Custos (totais por tipo de intervenção) por município estimados para a execução das obras do programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí.

Município	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)			
	Canalização	Bermas	Travessias	Total
Campo Limpo Paulista	34.394.754,72	59.069,83	-	34.453.824,55
Várzea Paulista	118.884.664,87	228.809,54	1.320.181,36	120.433.655,77
Jundiaí	588.511.690,99	9.963.822,65	62.662.057,30	661.137.570,94
Itupeva	-	-	8.398.649,70	8.398.649,70
Indaiatuba	-	-	552.573,30	552.573,30
Salto	-	-	8.544.000,78	8.544.000,78
Total	**741.791.110,58**	**10.251.702,02**	**81.477.462,44**	**833.520.275,04**

As despesas referentes a projetos e licenciamento podem ser suportadas numa parceria entre DAEE e Agência PCJ. Já as obras, propriamente ditas, são de responsabilidades dos municípios envolvidos. Em relação à adequação de travessias, no caso de estruturas que sejam rodovias ou ferrovias – e de responsabilidade de concessionárias, esta pode vir a ser um apoio financeiro para a execução das adequações propostas.

10.2.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Considerando que este é um programa com ações de longo prazo, recomenda-se a revisão dos estudos hidrológicos (do projeto), contemplando a atualização das séries de monitoramento, de modo a verificar o dimensionamento hidráulico das estruturas. De modo semelhante, pode-se fazer necessário a atualização dos orçamentos, previamente ao início das obras.

10.2.6. *Cronograma de implementação*

Para determinar a ordem de implementação dessas modificações ao longo da calha, foi adotado o critério de início das obras de montante para jusante, priorizando as ações de canalizações em concreto (que são de mais efetivo aumento da capacidade de escoamento do

canal), paralelas à execução das bermas. O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.2.

Quadro 10.2. Cronograma físico-financeiro proposto para o programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí, na BHJ.

Modificações no canal	Etapa	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Canalizações em concreto	Projeto	22.253.733,32				
	Licenciamento	14.835.822,21				
	Obras (Jundiaí)		279.543.053,22	279.543.053,22		
	Obras (Várzea Paulista)			112.940.431,63		
	Obras (Campo Limpo Paulista)			32.675.016,98		
Bermas	Projeto	307.551,06				
	Licenciamento	205.034,04				
	Obras (Jundiaí)		4.732.815,76	4.732.815,76		
	Obras (Várzea Paulista)			217.369,06		
	Obras (Campo Limpo Paulista)			56.116,34		
Adequação de travessias	Projeto		2.444.323,87			
	Licenciamento		1.629.549,25			
	Obras			77.403.589,32		

No cronograma proposto acima não foram discretizadas as adequações de travessias por município, devido aos períodos de concessão de rodovias e/ou ferrovias variarem de acordo com a municipalidade. Além disso, nos municípios onde há simultaneamente a canalização de concreto e a adequação das travessias, as próprias obras no canal podem acarretar adiantamento na modificação da estrutura da travessia, até antes do prazo previsto no cronograma.

10.3. Programa de manejo de drenagem sustentável

Este programa visa orientar outras ações de medidas estruturais que podem ser adotadas em áreas urbanas e rurais na região da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, de forma complementar para controle do escoamento superficial, além das proposições apresentadas no presente relatório, e indicadas nos programas anteriores (itens 10.1 e 10.2). Tais medidas, bem

como outras soluções de alcance mais local, são recomendadas de ser incorporadas nos planos diretores de drenagem (PDDr) dos municípios da BHJ, através dos cadernos de encargos.

10.3.1. *Ações a serem desenvolvidas*

As ações do Programa de manejo de drenagem sustentável englobam a implementação de técnicas de manejo sustentável, que abrangem medidas de microdrenagem no meio urbano, além de técnicas que fornecem menores impactos no meio rural sobre o controle do escoamento. Dessa forma, neste programa são sugeridas como ações a implementação das seguintes técnicas na BHJ:

Meio Urbano:

- Valas de infiltração: dispositivos de drenagem lateral, normalmente utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros. Constituem-se por simples depressões escavadas no solo, cujo objetivo é concentrar o fluxo das áreas próximas, recolhendo as águas pluviais e efetuando seu armazenamento temporário, além de favorecer a infiltração ao longo do seu comprimento;
- Trincheiras de infiltração: estruturas longitudinais preenchidas com material granular, que permitam a percolação da água e são construídas para captar as águas pluviais provenientes do escoamento superficial, facilitando sua infiltração;
- Banhados construídos ou *wetlands*: estruturas que realizam a atenuação do pico de vazão das enchentes, ao mesmo tempo que servem para melhorar a qualidade da água proveniente do escoamento pluvial. Essas regiões se caracterizam por serem áreas de transição entre sistemas terrestre e aquático, com ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundadas durante o ano. Esses sistemas utilizam o solo, plantas e microrganismos para remover poluentes da água;

Meio rural:

- Barraginhas e adequação de estradas rurais: as barraginhas são pequenas bacias escavadas no solo construídas de forma distribuída em propriedades rurais para captar a água de enxurradas e proporcionar seu aproveitamento para usos múltiplos. Dessa forma, essas bacias contribuem para a conservação das estradas, preservação do solo e o controle de erosões, além de proporcionar a recarga dos

lençóis freáticos, abastecendo nascentes, córregos e rios. No meio rural também é importante realizar a adequação de estradas rurais, ação que, além de beneficiar facilitando o transporte da produção agrícola, contribui para a redução de erosões nas lavouras, pastagens e outros danos ao meio ambiente, causados pela existência de estradas mal construídas e/ou mal conservadas. De forma geral, a construção das estradas deve respeitar os contornos das bacias hidrográficas, construção de pequenas bacias para captar água das chuvas e evitar que o escoamento superficial corra com velocidade no leito das estradas, com um bom sistema de drenagem;

- Terraceamento: construção de terraços, ou seja, pequenos montes de terra ao lado de canais, no sentido transversal à declividade do terreno das plantações. Sua construção envolve o deslocamento de terra, por meio de cortes e aterros;
- Plantio direto e em curvas de nível: o plantio direto é uma técnica de cultivo em que o plantio é efetuado em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nela, é necessário manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais, de forma a protege-lo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. O plantio em curvas de nível é recomendado para terrenos íngremes, sempre respeitando os declives da região. Acompanhando as curvas de nível, cada linha do plantio funciona como uma espécie empecilho à água, diminuindo a velocidade do escoamento superficial; no caso de ela se formar sobre a superfície do terreno, possibilita mais tempo para água se infiltrar no solo;
- Cordões de vegetação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs): os cordões vegetais são faixas estreitas de vegetação, em contorno, intercaladas à cultura principal em espaços regulares, e mantidas com plantas que desenvolvem crescimento denso. Esse tipo de prática é utilizado visando reduzir a velocidade de escoamento superficial da água da chuva sobre o solo e diminuir o efeito da enxurrada; com a diminuição do volume de água deslocado, reduz assim a quantidade de terra arrastada por ela. Essas e outras técnicas podem ser aplicadas, por exemplo, na recuperação de APPs, que são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, e que desempenham um papel ambiental

importante de manutenção do meio ambiente. Estão localizadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; nas nascentes; no topo de morros, montes, montanhas e serras; nas encostas ou partes destas; entre outros;

- Consorciamento de culturas: técnica de plantio simultâneo de mais de uma cultura em uma mesma área. Essa prática é empregada para aumentar a produtividade, controlar pragas e doenças, melhorar a qualidade do solo, dentre outros aspectos. A técnica também proporciona um aumento da taxa de recarga hídrica e maior cobertura do solo, evitando a erosão causada pelo escoamento superficial e perda do solo, semelhante aos cordões de vegetação.

A indicação da implementação das intervenções aqui recomendadas será objeto dos Planos Diretores de Drenagem (PDDr) municipais, principalmente das áreas urbanas, devido a seu caráter e efeito predominantemente local. Já as ações recomendadas para as áreas rurais, integram o escopo de iniciativas de conservação de solo e água, mas também podem ser detalhadas nos planos municipais. Assim, para o segundo conjunto de ações recomenda-se a elaboração de um estudo de seleção de áreas prioritárias para receber este tipo de solução, e que possa quantificar seus benefícios em larga escala, recomendando ainda a aplicação em projetos demonstrativos.

10.3.2. *Resultados esperados*

Com a adoção dessas técnicas, espera-se complementar as ações estruturais de controle do escoamento na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, fornecendo um menor impacto no sistema nas áreas rurais e urbanas da bacia hidrográfica. Visa, principalmente, atuar de forma mais local em regiões onde sejam identificadas a necessidade, ao longo do tempo, das ações supracitadas. Além disso, fornece outros benefícios locais, como: a conservação do solo, o controle da erosão, a melhoria da qualidade da água e o aumento na disponibilidade hídrica.

10.3.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- Agência PCJ e DAEE: apoio técnico na elaboração dos projetos;
- Prefeituras Municipais: definir diretrizes de dimensionamento e acompanhamento da instalação e manutenção das estruturas;

- Iniciativa privada, como proprietários de terras e outros agentes: projeto e execução das obras;
- Órgãos de fomento à extensão rural: apoio financeiro para execução das obras.

10.3.4. *Custos e fontes de financiamento*

Uma vez que não existem projetos específicos para as ações sugeridas no presente programa, no âmbito do PDM-BHJ, sendo as mesmas adotadas conforme a necessidade observada na região, os custos referentes a este programa são unitários, de acordo com o tipo de implementação a ser a realizada. A execução, por sua vez, poderá ser financiada, por exemplo, por fontes privadas, cooperativas e órgãos de fomento à extensão rural, entre outros.

O estudo aqui recomendado, para identificação de áreas prioritárias e quantificação dos benefícios com a recomendação de projetos demonstrativos, foi planejado para um período de 24 meses, com uma equipe multidisciplinar que envolve profissionais das áreas de hidrologia e agronomia, com recursos para levantamentos topográficos.

Foi previsto ainda a instalação de 20 projetos demonstrativos com orçamento unitário estimado de R$ 50.000,00 cada. Assim, o custo global desta ação foi orçado em R$ 2.800.000,00. Detalhes acerca deste valor estão apresentados no TOMO VII deste relatório, no item iii) do ANEXO XI.

Cabe ressaltar que o Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035 já prevê algumas das ações citadas neste programa, abordadas em detalhe no Caderno de Conservação e Uso da Água no Meio Rural e Recuperação Florestal (PROFILL/RHAMA, 2019a) e no Caderno de Enquadramento de Corpos d'Água (PROFILL/RHAMA, 2019b), de modo que as iniciativas já previstas no Plano podem subsidiar o financiamento das ações aqui propostas, para a área rural.

A Tabela 10.3 indica as ações que já estão previstas com os prazos e investimentos planejados.

Tabela 10.3. Ações envolvendo manejo de drenagem sustentável indicadas no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035.

Caderno do Plano PCJ	Ação	Prazo previsto no Plano	Investimento previsto no Plano (R$)
Conservação e Uso da Água no Meio Rural e Recuperação Florestal	Desenvolvimento e Monitoramento da implementação dos PIPs, visando adequação ambiental de propriedades em áreas de manancial	25 anos	13.500.000,00
	Promoção da Conservação e Recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga, através da adequação ambiental de locais específicos	25 anos	54.800.000,00
	Estabilização de voçorocas nas propriedades que receberão projetos de recomposição florestas (ação do PDRF)	8 anos	800.000,00
	Aplicação de técnicas de Conservação do Solo propriedades que receberão projetos de recomposição florestas (ação do PDRF)	8 anos	3.999.994,67
	Implementação de Projetos de PSA	25 anos	2.800.000,00
	Execução de intervenções de Conservação do Solo	25 anos	5.879.250,00
Enquadramento de Corpos d' Água	Elaboração de Projetos Demonstrativos para Contenção de Cargas Difusas de origem rural e urbana	2 anos	2.417.050,25
	Implantação de medidas de Contenção de Cargas Difusas em locais prioritários	10 anos	263.261.969,62

10.3.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Uma vez que as ações propostas neste Programa impactam mais diretamente a microdrenagem e cursos d'água de menor área de contribuição, essas medidas podem ser incorporadas aos Planos de Drenagem dos municípios, através dos cadernos de encargos, à medida em que seja verificada a necessidade de tais ações.

Além disso, após a implantação das ações, reitera-se a importância do monitoramento, de forma a se verificar o desempenho das técnicas empregadas, e consequentemente a necessidade de manutenção – ou revisão – das propostas.

10.3.6. *Cronograma de implementação*

A implementação das ações deste programa ocorrerá de forma individual, a partir da necessidade identificada, conforme mencionado; assim não havendo um prazo – ou ordem – específica de implementação das ações de manejo de drenagem sustentável indicadas anteriormente.

As ações previstas neste programa são de caráter contínuo, e, portanto, devem ser implementadas de forma permanente ao longo de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme apresentado no Quadro 10.3.

Quadro 10.3. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de manejo de drenagem sustentável na BHJ.

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Estudo de seleção de áreas e quantificação dos benefícios, com projetos demonstrativos		2.800.000,00				
Área urbana	Valas de infiltração					
	Trincheiras de infiltração					
	Banhados construídos ou *wetlands*					
Área rural	Barraginhas					
	Terraceamento					
	Plantio em curvas de nível					
	Cordões de vegetação					
	Consorciamento de culturas					

10.4. Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta

Este programa estabelece as diretrizes e ações de Monitoramento Hidráulico-Hidrológico (MHH) na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. O MHH é uma ferramenta de base para o planejamento dos recursos hídricos e gestão de águas urbanas, provendo a informação primária sobre o status do sistema hídrico e, no longo termo, as séries históricas de variáveis hidrológicas.

No entanto, o monitoramento hidrológico é utilizado não apenas para fins de planejamento, mas também para operacionalização de sistemas de alerta contra cheias. Assim, no contexto do PDM-BHJ, as ações de implementação e manutenção de rede de monitoramento de vazões, níveis d'água e precipitação pluviométrica têm dois objetivos: planejamento e operação de sistema de previsão, alerta e resposta, conforme detalhado a seguir.

Quanto ao enquadramento do MHH na gestão de recursos hídricos das Bacias PCJ, a componente se insere no Programa de Duração Continuada (PDC 1), que contempla as Bases Técnicas em Recursos Hídricos (BRH). Há também uma componente específica no PDC 7, de Eventos Hidrológicos Extremos (EHE), que trata de "*Monitoramento de eventos extremos e sistemas de suporte a decisão*", que pode também ser incorporada nas ações de MHH. As ações de MHH podem ter interface ainda com aquelas ações de monitoramento previstas no PDC 5, que tratam de telemetria no sistema de abastecimento de água de alguns municípios.

Na revisão do Plano das Bacias PCJ, está prevista a manutenção das redes de monitoramento hidrometeorológico e hidrológico das Bacias PCJ, e ainda uma ação de implantação de modelo de previsão de vazões com base em dados de precipitação (observadas e previstas).

10.4.1. *Ações a serem desenvolvidas*

10.4.1.1. Obter dados hidrológicos para planejamento

Para fins de planejamento, como na elaboração e revisão do Plano Diretor de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, entende-se que a rede de postos fluviométricos e pluviométricos seja suficiente.

Os postos que compõe a rede pluviométrica para a bacia, apresentados no Quadro 10.4, têm boa distribuição espacial e permitiram elaborar um modelo chuva-vazão semi-distribuído confiável com uma divisão de 32 sub-bacias. Para a finalidade de comparação de cenários de ocupação do solo da BHJ e obtenção de estatísticas de diferentes tempos de retorno, tais informações foram suficientes, e a manutenção da rede atual deverá ser adequada para futuras aplicações.

Quadro 10.4. Informações gerais dos postos pluviométricos selecionados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Código ANA	Código DAEE	Nome	Município	Responsável	Altitude (m)	Porcentagem de dados (%)
02346013	E3-025	Jundiaí (CPEF)	Jundiaí	DAEE-SP	710,00	93,80
02346014	E3-053	Ermida	Jundiaí	DAEE-SP	730,00	75,10
02346015	E3-230R	Rio Acima	Atibaia	DAEE-SP	800,00	99,60
02346097	-	Jundiaí	Jundiaí	ANA	700,00	93,50
02347007	E4-015	Indaiatuba	Indaiatuba	DAEE-SP	630,00	98,10
02347011	E4-124	Fazenda Santa Rita	Indaiatuba	DAEE-SP	700,00	99,80
02347020	E4-030R	Fazenda Pinhal	Cabreúva	DAEE-SP	750,00	99,70
02347055	-	Itaici	Indaiatuba	ANA	570,00	96,60
02347057	-	Itupeva	Itupeva	ANA	659,00	96,00
02347145	E4-127	Salto	Salto	DAEE-SP	500,00	90,60

A rede de postos fluviométricos, apesar de ter sido útil na validação do modelo chuva-vazão, pode ser complementada, de modo a reduzir incertezas, principalmente nos tributários ao Rio Jundiaí, como no Rio Jundiaí-Mirim.

As atividades específicas desta ação são:

- Constituição de um Grupo Técnico de Acompanhamento (GT) no âmbito das Câmaras Técnicas do Comitê de Bacias PCJ;
- Aquisição e instalação de estação de monitoramento fluviométrico, com telemetria, no Rio Jundiaí-Mirim.

10.4.1.2. Obter dados hidrológicos para previsão e alerta

Para fins de operação de um sistema de monitoramento, previsão e alerta, a previsão de vazão de cheia do Rio Jundiaí para a cidade de Campo Limpo Paulista, com base em chuva observada, permite uma antecedência de 8 horas, o que demanda o monitoramento pluviográfico em tempo real, via telemetria.

De acordo com o Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), há na região da BHJ quatro postos telemétricos de monitoramento de vazão e precipitação, pertencentes à Rede Telemétrica Piracicaba, operados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) no Rio Jundiaí (Quadro 10.5). Os dados de chuva, cota e vazão nas estações do Rio Jundiaí são

disponibilizados a cada 10 minutos. Tal discretização temporal é suficiente, tanto para o ajuste de um modelo chuva-vazão quanto para a operacionalização do alerta. Ainda, o SAISP disponibiliza informação de chuva de radar, que poderia ser utilizada para ajustar a distribuição espacial da chuva dos pluviógrafos em toda a bacia, a exemplo da pesquisa de Collischonn (2006).

Quadro 10.5. Postos telemétricos operados pelo DAEE no Rio Jundiaí.

Posto	Latitude	Longitude
604 - Rio Jundiaí em Salto	-47,268596	-23,195369
745 - Rio Jundiaí em Campo Limpo Paulista	-46,760284	-23,208778
502 - Rio Jundiaí em Itaici | Indaiatuba (4E-017)	-47,180311	-23,107920
Rio Jundiaí em Planalto Paulista	-	-

Verifica-se, portanto, que na bacia já existe implantado um sistema de monitoramento e alerta, com número de postos e distribuição razoável, dispondo das informações necessárias (cota, vazão e chuva) para ajuste dos modelos e operacionalização em base horária, ou inferior. Não há recomendação de complementação da rede de monitoramento para esta ação no curto prazo. Assim, sugere-se que o modelo hidrológico seja implantado e ajustado com base nos dados das estações já em operação (Quadro 10.5).

No entanto, como comentado no item anterior, o Rio Jundiaí-Mirim não tem monitoramento de vazões e, por se tratar de um importante afluente do Rio Jundiaí, é possível que a ausência de dados observados impacte no ajuste do modelo hidrológico, ocasionando incertezas nas previsões. A operação do sistema de previsão em um período de dois a quatro anos pode servir como período de teste e, caso se comprove tal deficiência nas previsões hidrológicas em função do comportamento não monitorado do Rio Jundiaí-Mirim, principalmente em eventos de chuvas torrenciais localizadas, deverá ser implantada estação fluviométrica (com telemetria) próxima ao seu deságue no Rio Jundiaí, e atualizado o ajuste do modelo.

No entanto, os alertas emitidos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí são apenas de chuva observada. Não há implantado na bacia um modelo de previsão de níveis com base em precipitação (observada ou prevista), o que é necessário para a complementação do sistema de monitoramento, alerta e resposta.

Dessa forma, previamente à consolidação de um sistema de alerta que abranja todas as informações existentes (chuva, vazão e níveis), é necessária a implementação de um modelo de

previsão de vazões e níveis d'água. Uma atividade específica desta ação é a discussão, no âmbito do GT proposto anteriormente, do arranjo institucional de um sistema de monitoramento, previsão, alerta e resposta de eventos de cheia fluvial no Rio Jundiaí.

10.4.1.3. Implantação de sistema de previsão de vazões e níveis d'água e alerta

Para a implantação do sistema, deve ser realizado:

- Montagem e ajuste de um modelo chuva-vazão que gere alertas de níveis para o Rio Jundiaí;
- Definição dos níveis de alerta a serem consideradas pelos municípios da BHJ;
- Estabelecimento de um centro de controle.

O modelo deve ser baseado inicialmente em chuva observada, podendo ser incorporada a previsão de chuva no futuro. A precipitação deve ser prevista com base nos pluviógrafos, e espacializada na bacia com base em informações de radar. O modelo chuva-vazão deve ser distribuído de modo a captar as diferentes respostas da precipitação distribuída, e as variações do tipo e cobertura do solo na bacia.

Com a incorporação da previsão meteorológica, de modo a aumentar a antecedência do alerta e do modelo chuva-vazão, o sistema poderá ter um nível com protocolos de atenção (com base na previsão meteorológica) sem alerta público, para preparação de ações por parte dos órgãos de Defesa Civil, e outro com protocolos de alerta das comunidades em risco e de evacuação (com base na chuva observada).

Quanto ao centro de controle, podem ser estudadas opções de incorporar as funções à Sala de Situação da Agência PCJ ou a outros órgãos, como o DAEE ou CPRM, que operam a rede de monitoramento hidrológico. O centro de controle será o responsável pela operação e manutenção do sistema de previsão de vazões e níveis e emissão de alertas.

Apesar do mecanismo de alerta estar estritamente vinculado ao sistema de previsão, sendo a sua operação intrinsecamente vinculada a sala de controle, recomenda-se que a contratação do sistema de alerta seja realizada em conjunto com a elaboração de Planos de Contingência e não com o sistema de previsão. Dada a natureza dos serviços e a característica das empresas prestadoras de serviço no mercado, sugere-se uma contratação para sistema de previsão (com viés de simulação hidrológica e integração de banco de dados), e outra para sistema de alerta e

Planos de Contingência (com componentes de integração de banco de dados, serviços de campo, fornecimento e instalação de equipamentos e gestão institucional).

As atividades específicas desta ação são:

- Elaboração de Termos de Referência (TDR1) para contratação de serviço especializado de implementação de sistema de previsão de vazões e níveis para o Rio Jundiaí;
- Elaboração de Termos de Referência (TDR2) para contratação de serviço especializado de implementação de sistema de alerta e resposta para o Rio Jundiaí;
- Contratação de empresa para execução dos TDR1, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos;
- Contratação de empresa para execução dos TDR2, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos;
- Elaboração de Termos de Referência (TDR3) para contratação de serviço especializado de previsão de chuvas na bacia do Rio Jundiaí;
- Contratação de empresa para execução dos TDR3, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos;
- Revisão do sistema de previsão de vazões e níveis incorporando nova estação fluviométrica e a previsão de chuvas.

10.4.1.4. Elaborar Planos de Contingência

Os planos de contingência (PLACON) – que definem os procedimentos, ações e decisões de resposta ao sistema de previsão e alerta – devem ser adequados ao tempo de resposta de cada sistema e devem considerar os seguintes aspectos, conforme a LF n º 12.983/2014:

- Indicação das responsabilidades de cada órgão na gestão de desastres, especialmente quanto às ações de preparação, resposta e recuperação;
- Definição dos sistemas de alerta a desastres, em articulação com o sistema de monitoramento;
- Organização de exercícios simulados, a serem realizados com a participação da população;

- Organização do sistema de atendimento emergencial à população, incluindo-se a localização das rotas de deslocamento e dos pontos seguros no momento do desastre, bem como dos pontos de abrigo após a ocorrência de desastre;
- Definição das ações de atendimento médico-hospitalar e psicológico aos atingidos por desastre;
- Cadastramento das equipes técnicas e de voluntários para atuarem em circunstância de desastres;
- Localização dos centros de recebimento e organização da estratégia de distribuição de doações e suprimentos.

Além disso, são recomendados uma série de elementos que devem ser considerados na elaboração de um PLACON, independentemente do modelo de construção adotado (BRASIL, 2017):

- Estudos de cenários de risco;
- Sistemas de monitoramento;
- Sistemas de alerta;
- Sistemas de alarme;
- Fuga (evacuação);
- Ações de socorro;
- Ações de assistência às vítimas;
- Ações de restabelecimento de serviços essenciais.

De qualquer forma, o principal passo precedente à elaboração de Planos de Contingência é a percepção do risco (e elaboração de mapas de perigo), que deve ser tratada com prioridade nas cidades ao longo do curso do Rio Jundiaí. De acordo com Brasil (2017), as etapas para elaboração de um Plano de Contingência são: (I) percepção de risco: a decisão de construir um plano de contingência; (II) constituição de um grupo de trabalho; (III) análise do cenário de risco e cadastro de recursos; (IV) definição de ações e procedimentos; (V) aprovação do documento final; (VI) divulgação do plano de contingência; (VII) operacionalização; e (VIII) revisão.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) atribui aos municípios, com base no artigo 8º da LF nº 12.608/2012, a responsabilidade pela execução do PLACON e o cumprimento de competências relacionadas, tais como manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos e seus respectivos protocolos, realizar regularmente exercícios simulados, realizar a avaliação de danos e prejuízos em áreas atingidas, entre outras. Os Estados e a União apoiam os municípios na execução local dos Planos de Contingência, a exemplo da criação de um módulo específico de registro destes planos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). A utilização do S2ID permite que os municípios mantenham seus Planos de Contingência atualizados, facilitando o diálogo e a obtenção de recursos com a União na ocorrência de desastres.

10.4.2. *Resultados esperados*

Com a implementação e execução do "Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta", espera-se que a partir da efetividade do MHH na região da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, sejam adquiridas as informações necessárias e estabelecidas as ferramentas preventivas e mitigadoras, visando a minimização de danos e efeitos causados por eventos de cheia.

Para tanto, devem ser estabelecidos protocolos de previsão, alerta e de resposta à ocorrência de inundações na BHJ, auxiliados pela criação de um sistema de alerta e previsão, bem como de Planos de Contingência. Identificando-se, portanto, as atividades e infraestruturas de caráter preventivo e corretivos que permitam a manutenção e integridade física e moral da população, bem como patrimônios públicos e privados.

10.4.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- ANA: proprietária da estação fluviométrica Itupeva;
- DAEE: proprietário da estação fluviométrica Campo Limpo e da Rede Telemétrica Piracicaba;
- INMET: responsável pelo monitoramento e previsão pluviométrica;
- Agência PCJ: sede da sala de controle, com atribuição de monitoramento, previsão e alerta;

- CT-MH: atribuições de acompanhamento e fiscalização da implementação e operação do sistema de monitoramento, previsão e alerta;
- Coordenadorias municipais e estadual de Defesa Civil: acompanhamento da implementação dos Planos de Contingência e manutenção do sistema de alerta e resposta.

Ressalta-se a diferença de atribuições da Agência das Bacias PCJ e das Coordenadorias de Defesa Civil quanto à componente de alerta. No caso da Agência PCJ, através da sala de controle, o alerta se refere a informações de níveis d'água previstos no sistema. Tal alerta pode ser informado, de acordo com o nível de severidade, por *website*, mensagem SMS ou mesmo comunicação via rádio ou telefone para autoridade de Defesa Civil. Com base na informação/comunicação da sala de controle, o alerta à população é de responsabilidade do sistema de Defesa Civil, neste caso, de acordo com os Planos de Contingência, seja via comunicado em rádio e televisão, acionamento de sistemas de sirenes, carro com autofalantes, entre outros.

10.4.4. *Custos e fontes de financiamento*

A Tabela 10.4 a seguir apresenta os custos estimados na execução das ações deste programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Tabela 10.4. Custos (totais e por ação) estimados para a execução do programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta.

Ações	Atividade específica	Custo da atividade (R$)	Custo total (R$)
Obter dados hidrológicos para planejamento e para previsão e alerta	Previsão de chuvas (Desenvolvimento)	755.238,88	3.486.755,68
	Previsão de chuvas (Acompanhamento)	1.852.916,80	
	Aquisição e instalação de estação de monitoramento fluviométrico, com telemetria, no Rio Jundiaí-Mirim	878.600,00	
Implantação de sistema de previsão de vazões e níveis d'água	Sistema de previsão de níveis e vazões (Desenvolvimento)	794.540,48	5.289.605,92
	Sistema de previsão de níveis e vazões (Acompanhamento)	1.350.606,40	
	Sistema de alerta e resposta (Desenvolvimento)	1.519.857,12	

Ações	Atividade específica	Custo da atividade (R$)	Custo total (R$)
	Sistema de alerta e resposta (Acompanhamento)	1.624.601,92	
	Total		**8.776.361,60**

As fontes de financiamento para as ações acima propostas podem vir dos recursos da Cobrança nas Bacias PCJ, do DAEE, da ANA e demais órgãos estaduais de mesma atuação, assim como do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Além disso, os próprios municípios podem contribuir no apoio financeiro de algumas ações, principalmente aquelas destinadas à previsão e alerta em seus territórios.

Cabe ressaltar que o Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035 (PROFILL/RHAMA, 2018d) já prevê recursos disponíveis para ações de monitoramento, alerta, resposta e monitoramento fluviométrico. O Quadro 10.6 a seguir ilustra os valores totais previstos no Plano PCJ. Assim, verifica-se que uma parcela do custo das ações propostas na Tabela 10.4 pode ser subsidiada com recursos previstos no próprio Plano das Bacias PCJ.

Quadro 10.6. Ações envolvendo monitoramento, previsão, alerta e resposta, e seus custos, indicados no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035.

Ações previstas no Plano das Bacias PCJ	Custo total da ação prevista no Plano (R$)
Criação e operação de sistema de previsão de vazões e níveis para o Rio Jundiaí	500.480,00
Criação de modelo chuva-vazão, operação e manutenção de sistema de alerta e resposta para o Rio Jundiaí	6.000.000,00
Aquisição e instalação de estação de monitoramento fluviométrico com telemetria no Rio Jundiaí-Mirim	45.026.869,86
Total	**51.500.480,00**

10.4.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Está prevista a revisão do sistema de previsão de vazões e níveis d'água ao 5º ano de vigência do Plano (2 a 4 anos de operação do sistema). Tal revisão visa incorporar, caso se julgue necessário ao final do período de teste do sistema, a previsão de chuva e o monitoramento de vazões complementar no Rio Jundiaí-Mirim.

Quanto ao modelo chuva-vazão, sugere-se que a periodicidade de revisão esteja atrelada às revisões dos Planos de Bacia municipais, caso sejam identificadas mudanças no mapeamento do uso e ocupação do solo destes. Caso não ocorra, a revisão do chuva-vazão deve ocorrer em um horizonte máximo de 10 anos, a contar do início da utilização do modelo.

Pode-se aproveitar a ocasião de revisão do ajuste do modelo hidrológico para incorporação de alterações no uso do solo ocorridas no período de teste do sistema. Novas revisões do ajuste, em função da evolução da ocupação da bacia, devem ocorrer a cada 8 ou 10 anos, aproveitando este momento para atualizações tecnológicas do sistema.

10.4.6. *Cronograma de implementação*

O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.7.

Quadro 10.7. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta na BHJ.

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Obter dados hidrológicos para planejamento	Constituição de GT					
	Aquisição e instalação de estação de monitoramento fluviométrico com telemetria no Rio Jundiaí-Mirim		292.866,67	292.866,67	292.866,67	
Obter dados hidrológicos para previsão e alerta	Discussão do arranjo institucional					
Implantação de sistema de previsão de vazões e níveis d'água e alerta	Elaboração de Termos de Referência (TDR1) - sistema de previsão de vazões e níveis para o Rio Jundiaí					
	Elaboração de Termos de Referência (TDR2) - sistema de alerta e resposta para o Rio Jundiaí					
	Contratação de empresa para execução dos TDR1, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos	2.145.146,88				

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
	Contratação de empresa para execução dos TDR2, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos	3.144.459,04				
	Elaboração de Termos de Referência (TDR3) para contratação de serviço especializado de previsão de chuvas na bacia do Rio Jundiaí					
	Contratação de empresa para execução dos TDR3, com período de acompanhamento (assistência) de 2 anos		2.608.155,68			
	Revisão do sistema de previsão de vazões e níveis incorporando nova estação fluviométrica e a previsão de chuvas					

10.5. Programa de educação ambiental

O Programa de educação ambiental trata de temáticas estratégicas para a gestão de risco de inundações urbanas com vistas à redução de impactos ambientais e considera, além dos aspectos técnicos e de capacitação e informação à população, os aspectos sociais e econômicos envolvidos.

Um dos aspectos mais importante a ser considerado é a questão da urbanização; esta tem como característica a alteração da cobertura natural do solo, onde a mata ou campo é substituída pelo sistema viário (ruas e calçadas) e habitações (telhados, jardins, estacionamentos), levando à impermeabilização do terreno. Com a expansão da cidade, em determinado estágio de crescimento e porte da localidade, o efeito de impermeabilização é tanto que a água de chuvas moderadas, que anteriormente poderiam ser absorvidas pelo solo, passa a escoar pela superfície, causando alagamentos. Nesse sentido, são indicados programas de educação ambiental, que tenham por objetivo enfatizar a importância de medidas compensatórias e mitigadoras para reduzir o impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem urbana, e destes sobre a população. As ações devem favorecer a criação e manutenção de canais de comunicação para disponibilizar informações e promover o diálogo a respeito da importância da

preservação de áreas não-edificáveis, da implementação de técnicas que privilegiem a infiltração e o armazenamento de águas pluviais, entre outras.

Outro aspecto importante a ser desenvolvido no âmbito de programas de educação ambiental diz respeito à preservação e à conservação da rede de drenagem existente. Este ponto é regulado essencialmente na esfera de ação municipal, prevenindo a ocorrência de falhas no sistema de coleta de lixo, promovendo a readequação do ordenamento territorial de modo a vedar ocupações irregulares, e implementar programas de inspeção e manutenção do sistema de drenagem. De maneira complementar, ainda podem ser previstas ações que fomentem campanhas educativas e informativas sobre descarte adequado e reciclagem de lixo e, principalmente, sobre o efeito da disposição irregular de resíduos no contexto de inundações urbanas, tais como obstrução e mau funcionamento de dispositivos hidráulicos.

A convivência harmoniosa da população com os cursos d'água é uma temática central de programas de educação ambiental. A atuação sinérgica de diferentes medidas de controle contribui para a configuração de uma solução mais sustentável e eficiente para a gestão de riscos. Estas soluções impactam em maior ou menor grau o seu entorno e a população local.

A temática de educação ambiental envolve também o fortalecimento de um setor de drenagem urbana municipal, no que tange à capacitação técnica da equipe da prefeitura. A existência ou desenvolvimento de instrumentos legais de regulação dos serviços de drenagem urbana, como a regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos, requer a capacitação da equipe que atuará no âmbito de fiscalização e controle destas regulações.

Neste contexto, quanto a gestão de águas urbanas, a educação ambiental pode ser desenvolvida nas seguintes ações:

- Informação sobre horários de coleta de resíduos nos municípios;
- Informação sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios;
- Informação sobre bacias hidrográficas e cursos d'água, mesmo aqueles que se encontram fechados em galerias sob as vias de circulação;
- Capacitação de técnicos municipais do setor de saneamento;
- Capacitação de profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo.

10.5.1. *Ações a serem desenvolvidas*

10.5.1.1. Informar sobre horários de coleta de resíduos nos municípios

O resíduo sólido descartado de forma incorreta na cidade, ao se acumular no sistema de drenagem pluvial, obstrui a passagem da água da chuva e ocasiona um agravamento dos eventos de alagamento. O resíduo que acaba na rede de drenagem, no entanto, tem várias fontes, como restos de poda, galhos e folhas caídas, sedimentos carreados de obras, praças e lotes, resíduos de grande porte e entulhos de obra dispostos de forma irregular (aterros clandestinos), além de lixo doméstico levado pela chuva entre coletas.

Observa-se que, das principais fontes de resíduos na drenagem urbana, apenas uma parte se deve ao lixo doméstico, onde são passíveis ações de educação ambiental. Uma ação de instrução à população de como dispor o lixo doméstico em residências e comércio pode ter algum efeito sobre o montante de resíduos carreados para o sistema de drenagem pluvial. O público-alvo seria a população em geral (no caso de residências e comércios), e empresas de administração de condomínios e de prestação de serviços de síndico.

A ação visa instruir o público-alvo sobre a forma de acondicionamento e disposição do resíduo domiciliar no passeio público, no intuito de reduzir o transporte de lixo para o sistema de drenagem pluvial em eventos de chuva.

10.5.1.2. Informar sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios

Em conjunto, deverá ser implementada ação de informação sobre a coleta seletiva nos municípios. Esta ação tem o objetivo de tornar mais eficiente a coleta seletiva, e desta forma otimizar o sistema de disposição de rejeitos em aterro sanitário. A separação de resíduos em “seco” e “orgânico” não é clara e direta para o usuário final do sistema, que são os cidadãos residentes no município. Para fins de reciclagem, importa que o usuário saiba exatamente o que deve ser acondicionado e disposto em separado para tal finalidade.

O que está sendo reciclado no município, por sua vez, depende da demanda pelo resíduo, que por sua vez depende do valor de mercado do resíduo e do custo de oportunidade da cadeia recicladora local. Em suma, apenas o que será de fato reciclado deverá ser separado e disposto como “lixo seco”, independentemente da composição do material e de quanto tempo o mesmo leva para se decompor no aterro sanitário. Caso contrário, o lixo supostamente reciclável viaja até uma central de triagem junto com o resíduo de fato reciclável, não passa na triagem e só então é encaminhado para o aterro, onerando o sistema de transporte e triagem. Quando o

cidadão não está informado sobre o que será reciclado, ele tende a separar de forma incorreta o resíduo.

Desta forma, deverá ser empreendida uma ação por parte do poder público, informando através da conta de água, ou outro informe que chegue ao cidadão, periodicamente, quais são os tipos de resíduos ordinariamente gerados nas residências e comércios que devem ser encaminhados para reciclagem. Esta ação, além do efeito benéfico de aumento de reciclagem e redução de trabalho de reciclagem e transporte desnecessários, visa reduzir o montante de resíduos recicláveis extraviados que aportam aos cursos d'água e sistemas de drenagem urbana.

10.5.1.3. Informar sobre bacias hidrográficas e cursos d'água

Um dos maiores obstáculos na conscientização da população sobre impactos ambientais em rios e córregos decorre da dificuldade da população em entender o sistema de drenagem em que está inserido, o que implica no próprio conceito de bacia hidrográfica.

Ou seja, sem entender a relação de causa e efeito dos impactos na bacia sobre o rio, há uma resistência adicional em evitar ações que impactem na drenagem. A maioria da população desconhece a bacia hidrográfica em que está inserida sua residência, seu local de trabalho e seus principais destinos cotidianos. Com esta vinculação de território – curso d'água – espera-se que os cuidados de cada habitante da bacia sejam maiores, por conseguir identificar onde suas ações terão impacto.

Além dos cursos d'água naturais, como rios e córregos, ou das canalizações a céu aberto, que compõem a rede de drenagem da bacia hidrográfica, no meio urbano há a existência de estruturas de canalização de contorno fechado, as chamadas galerias. Essas estruturas, embora não sejam visíveis nas ruas, exercem um papel importante na drenagem urbana para o combate a inundações, além da adequação urbanística, no controle de erosão, construção de sistemas viários, dentre outros. Dessa forma, destaca-se também a importância de a população conhecer e dispor de informações quanto à existência de tais estruturas dentro do sistema de drenagem.

Assim, a ação visa aumentar o conhecimento e a identificação da população com os cursos d'água, e explicar quais os impactos das ações empreendidas ao longo de toda a bacia hidrográfica sobre os rios. O produto de ações de informação à população deste tipo deverá ser a redução de poluição difusa e de impermeabilização do solo.

Esta ação é de grande abrangência e pode ter diversas componentes elaboradas para sua realização:

- Palestras e eventos para população em geral e em escolas;
- Exposições sobre os cursos d'água e sua relação com a cidade;
- Incentivo à produção de textos e materiais temáticos;
- Sinalização informativa de curso d'água em pontos turísticos, como orlas e portos;
- Sinalização rodoviária de limites de bacia hidrográfica.

10.5.1.4. Capacitar técnicos municipais do setor de saneamento

A temática de educação ambiental envolve também o fortalecimento de um setor de drenagem urbana municipal, no que tange à capacitação técnica das equipes das prefeituras municipais. A capacitação de técnicos municipais do setor de saneamento básico e drenagem urbana é essencial para a prestação adequada do serviço de drenagem e manejo de águas pluviais, em especial aqueles referentes a aprovação de novos projetos de urbanização.

A capacitação depende da elaboração e disponibilização das ferramentas objeto de treinamento, como Zoneamento de Planície de Inundação (ZPI), Manual de Drenagem Urbana (ou Caderno de Encargos) e regulação de escoamento superficial em novos empreendimentos, ações abordadas em mais detalhe nos Programas expostos nos itens 10.6 e 10.8.

Os eventos de capacitação devem ser realizados preferencialmente nas dependências da prefeitura municipal, no ambiente de trabalho dos técnicos, permitindo atividades de aplicação (*hands-on*) que simulem o trabalho cotidiano. Tal estratégia permitirá identificar limitações na estrutura do setor.

Além das capacitações para as ferramentas mencionadas, os municípios, uma vez instituído e formalizado o serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais, devem elaborar seus planos de capacitação continuada dos técnicos da operação e manutenção da rede.

As ações de capacitação de base devem abordar os seguintes aspectos:

- Cadastramento dos sistemas de drenagem em banco de dados georreferenciados;

- Gestão integrada dos sistemas de drenagem com base em sistema de informações geográficas (SIG);
- Utilização de ferramentas de gestão de desastres como o S2ID, que permite a inserção e atualização do Plano de Contingência (PLACON) do município;
- Compatibilização dos planos de informação dos diferentes estudos e projetos em bancos de dados georreferenciados (levantamentos planialtimétricos, topobatimétricos, Plano Diretor Municipal, entre outros).

10.5.1.5. Capacitar profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo

Ações de drenagem urbana sustentável ainda não são de uso corrente em projetos de engenharia no Brasil, em parte por falta de regulação do setor (neste relatório, abordadas e propostas nos itens 10.3 e 10.6), e em parte por falta de conhecimento dos próprios profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo que projetam e executam edificações e loteamentos. Para sua maior aplicação, é necessário que os técnicos responsáveis por projetos possam orientar seus clientes e propor medidas de baixo impacto na drenagem, demonstrando seus custos e benefícios.

As técnicas de drenagem urbana sustentável ou de baixo impacto são de pleno conhecimento no meio acadêmico, mas não tem ampla aplicação na prática da engenharia. Esta ação visa a capacitação de tais técnicos através da realização de *workshops* e eventos junto a associações e órgão de classe, como o CREA e CAU, e a universidades, facilitando a transferência de conhecimento da academia para a prática.

10.5.2. *Resultados esperados*

Espera-se que com a adoção do “Programa de Educação Ambiental” no contexto do controle de inundações urbanas na BHJ, sejam promovidas ações que proporcionem: (i) uma maior conscientização social dos impactos da urbanização; (ii) a preservação e conservação da rede de drenagem existente; (iii) uma convivência harmoniosa da população com os cursos d’água; (iv) maior capacitação técnica; e (v) o fortalecimento do setor de drenagem urbana nos municípios.

É importante salientar que a educação ambiental se caracteriza por ser um processo contínuo, no qual os resultados aparecem ao longo do tempo, muitas vezes, a médio ou longo prazo. Nesse processo deve-se buscar atingir a população da forma mais ampla possível,

incluindo as diferentes faixas etárias, os diferentes níveis socioeconômicos, as áreas urbanas e rurais, entre outros.

10.5.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- Prefeituras Municipais: apoio financeiro nas ações com impacto em âmbito local. Participam deste programa os 11 municípios integrantes da BHJ;
- Agência PCJ: apoio técnico-financeiro nas capacitações, com impacto em nível regional, envolvendo o assunto.

10.5.4. *Custos e fontes de financiamento*

Para as ações propostas neste programa de caráter e abrangência regional, como a capacitação de técnicos e profissionais, se propõe o apoio da Agência PCJ. Já para as ações de caráter local, com impacto direto nos municípios, propõe-se que estas tenham financiamento oriundo das municipalidades.

Assim, a fonte de financiamento prevista para as ações de capacitação apresentadas nos itens 10.5.1.4 e 10.5.1.5 são aquelas apresentadas no Caderno Temático de Educação Ambiental (PROFILL/RHAMA, 2018c). Já para as ações locais (10.5.1.1, 10.5.1.2 e 10.5.1.3), o financiamento deve-se dar por parte dos municípios nos quais as ações propostas forem executadas.

A Tabela 10.5 apresenta os custos estimados na execução das ações deste programa de educação ambiental.

Tabela 10.5. Custos (totais e por atividade) estimados para a execução do programa de educação ambiental.

Ações	Atividade específica	Custo estimado (R$)
Informar à população sobre coleta de resíduos, reciclagem e drenagem	Realização de campanhas educativas	1.300.000,00
	Elaboração de materiais educativos	249.412,49
	Divulgação e distribuição dos materiais educativos	65.226,49
Capacitar técnicos municipais e profissionais atuantes em drenagem	Treinamento e capacitação de técnicos, operadores e profissionais municipais	150.522,66
	Total	**1.765.161,64**

10.5.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Indica-se que sejam realizadas, no mínimo, uma capacitação dos técnicos municipais por ano, e reuniões internas destes para planejamento e organização mensais. Já para as ações de informação, campanhas educativas realizadas continuamente, elaboração de um *workshop* por ano nos três primeiros anos, no mínimo, e distribuição de material educativo conforme necessidade.

10.5.6. *Cronograma de implementação*

O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.8.

Quadro 10.8. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de educação ambiental na BHJ.

Ações	Atividade	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Informar à população sobre coleta de resíduos, reciclagem e drenagem	Realização de campanhas educativas	433.333,33	433.333,33	433.333,33		
	Elaboração de materiais educativos	83.137,50	83.137,50	83.137,50		
	Divulgação e distribuição dos materiais educativos	21.742,16	21.742,16	21.742,16		
Capacitar técnicos municipais e profissionais atuantes em drenagem	Treinamento e capacitação de técnicos, operadores e profissionais municipais	37.630,67	37.630,67	37.630,67	37.630,67	

10.6. Programa de medidas de fiscalização e controle

As medidas de controle dizem respeito aos procedimentos de licenciamento e autorização de obras de drenagem pluvial e de ocupação do solo. As medidas de fiscalização se referem à verificação, por parte do poder público, de se tais atividades estão sendo desenvolvidas no município de forma legal, de posse e respeitando as devidas licenças e autorizações.

As ações de fiscalização e controle a serem desenvolvidas na gestão de águas pluviais e inundações urbanas são:

- Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos;
- Proposição de Zoneamento da Planície de Inundação;

- Indicação de reservação de áreas ribeirinhas para detenção de cheias;
- Criação de áreas de conservação e restrição de uso.

10.6.1. *Ações a serem desenvolvidas*

10.6.1.1. Regular o escoamento superficial de novos empreendimentos

A regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos é uma medida de controle da vazão produzida pelos lotes urbanos em eventos de chuva. É uma medida que não resolve problemas existentes de drenagem urbana, mas evita que se agravem no futuro.

O princípio norteador é de que novos empreendimentos não devem aumentar a geração de escoamento superficial com relação ao cenário atual. Na prática, o procedimento é realizado através da inclusão, no projeto de drenagem pluvial, de dispositivos de detenção e/ou infiltração de água da chuva. Independente da norma que regulamenta o procedimento técnico de controle do escoamento (lei, decreto ou simples procedimento interno), o dimensionamento e projeto dos dispositivos de detenção deve ser aprovado e fiscalizado, assim como o restante do projeto de drenagem pluvial.

Os procedimentos de dimensionamento devem ser claros, principalmente com relação a qual o volume necessário para detenção hidráulica, e qual a vazão máxima permitida para deságue da rede do empreendimento. Sugere-se que o dispositivo desenvolvido para normatizar o controle do escoamento apresente uma fórmula simples de dimensionamento de volume de armazenamento para detenção hidráulica, dependendo apenas da área impermeabilizada e da área total do empreendimento. Para tal, o estudo hidrológico que embasa a norma deve:

- Definir o tempo de retorno da chuva de projeto;
- Definir o limite de área até o qual se aplica a metodologia;
- Definir os coeficientes de escoamento superficial nas bacias do município, considerando o cenário de glebas sem desenvolvimento;
- Calcular a vazão específica de pré-desenvolvimento;
- Definir coeficientes de minoração do volume de detenção em função do emprego de dispositivos de infiltração;

- Gerar a equação de abatimento de vazão de saída do empreendimento em função de um volume de armazenamento.

Assim, na aplicação da norma para aprovação do projeto de drenagem pluvial será necessária a avaliação dos projetos urbanístico e de pavimentação, uma vez que o volume de detenção depende da porcentagem de área impermeabilizada do projeto.

A fiscalização deverá observar se os parâmetros definidos em projeto foram respeitados na obra. Neste programa, as ações específicas são:

- Elaboração de Termos de Referência (TDR) para estudo de chuvas intensas e definição de procedimento de regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos;
- Contratação de consultoria especializada para execução dos TDR;
- Ações de capacitação do corpo técnico da prefeitura municipal;
- Ações de divulgação dos procedimentos junto a técnicos e empreendedores do ramo imobiliário.

10.6.1.2. Propor o Zoneamento da Planície de Inundação

O Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI) em áreas urbanas é uma medida de ordenamento do uso do solo que deve ser incorporada ao Plano Diretores Municipais. É uma medida não estrutural (de regulação) que acarreta medidas estruturais de proteção (na zona de risco de inundação) e de reassentamento e regularização fundiária (na zona de passagem da cheia). A peça técnica é um estudo hidrológico e hidráulico de áreas de risco de inundação, interpretado do ponto de ordenamento do uso do solo, segundo o zoneamento do município.

O programa deve incluir a elaboração da peça técnica de ZPI, a discussão pública para sua incorporação no Plano Diretor Municipal de cada município, a efetivação do ZPI e sua fiscalização. Para os estudos de ZPI, foram consideradas as seguintes premissas para aplicação da ferramenta:

- Trechos de áreas urbanas: não é sugerido o ZPI em áreas rurais, entendendo que a ferramenta será incorporada no zoneamento urbano do Plano Diretor Municipal;

- Trecho com características de rio natural de planície: não é aplicado o ZPI em trechos de rio com característica de córrego urbano, com fluxo rápido, calha encaixada ou em que a calha do rio já está canalizada;
- Trechos urbanos, mas ainda não densamente urbanizados: ou seja, não é proposto o ZPI em áreas densamente urbanizadas, entendendo que a ferramenta é uma solução principalmente para que o problema de inundação não se agrave no futuro, e que não é viável em áreas urbanas de alto valor de mercado, e com alto impacto social de realocação;
- Segmentação em trechos do rio que sejam independentes do ponto de vista hidráulico, ou seja, sem que um impacte o outro com efeitos de remanso.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, um trecho com as características acima foi identificado, entre os municípios de Indaiatuba e Salto (Figura 10.1). Neste caso, os estudos de ZPI devem ser elaborados de forma única para todo o trecho. O restante das atividades seria realizado por município de forma independente. A revisão do Plano Diretor depende da dinâmica de cada município, envolvendo as discussões públicas no âmbito do planejamento urbano, elaboração do novo mapa e tabela de zoneamento, e promulgação da lei com a revisão. O procedimento recomendado para a elaboração dos zoneamentos deve compreender os seguintes passos (adaptado de Larentis et. al., 2020):

- Levantamento planialtimétrico na escala 1:2.000 da área urbana na planície de inundação;
- Estudo hidrológico para a obtenção da vazão de projeto;
- Ajuste de modelo hidrodinâmico ao trecho a ser zoneado;
- Definição da área de risco de inundação;
- Definição de critérios de segmentação do trecho em estudo;
- Definição da máxima sobre-elevação admissível da linha d'água, e cálculo das larguras da zona de passagem da cheia (ZPC), em cada segmento;
- Elaboração dos mapas de ZPI;
- Avaliação urbanística.

É imprescindível que haja o apoio dos Comitês PCJ e o envolvimento das prefeituras municipais, no sentido de que as peças técnicas de zoneamento de planície de inundação sejam efetivamente incorporadas aos Planos Diretores Municipais. Apenas quando os zoneamentos estiverem concluídos será possível adotar medidas de ordem prática, como:

- Recomendações de desocupação de áreas situadas em locais de risco de inundação;
- Proposição de medidas para áreas de várzea desapropriadas;
- Recomendações de proteção, desocupação e reserva de áreas.

A efetivação diz respeito a forma como serão conduzidas as ações de proteção na zona de risco de inundação, e de realocação na zona de passagem da cheia. Nesta etapa devem ser estabelecidos os mecanismos de regularização fundiária e reassentamento, e também os procedimentos de aprovação e fiscalização de novos projetos na área de risco de inundação, respeitando a cota segura de cheia e o distanciamento da calha do rio – definido nos estudos e no zoneamento.

O mapeamento de áreas de risco de inundação dos municípios é um produto a ser desenvolvido no âmbito de um estudo de Zoneamento da Planície de Inundação. As legislações vigentes, LF nº 12.340/2010 e LF nº 12.608/2012, conferem mecanismos eficientes para orientar as práticas de gestão de risco de desastres, envolvendo os Municípios, os Estados e a União, num compartilhamento de atribuições e responsabilidades, a fim de minimizar a ocorrência e o impacto de desastres a nível nacional. É neste contexto que estão as diretrizes legais para realocação de população em áreas de risco, desapropriação de áreas de várzea e reserva de áreas.

A efetivação diz respeito a forma como serão conduzidas as ações de proteção na zona de risco de inundação, e de realocação na zona de passagem da cheia. Nesta etapa devem ser estabelecidos os mecanismos de regularização fundiária e reassentamento, e também os procedimentos de aprovação e fiscalização de novos projetos na área de risco de inundação, respeitando a cota segura de cheia e o distanciamento da calha do rio – definido nos estudos e no zoneamento.

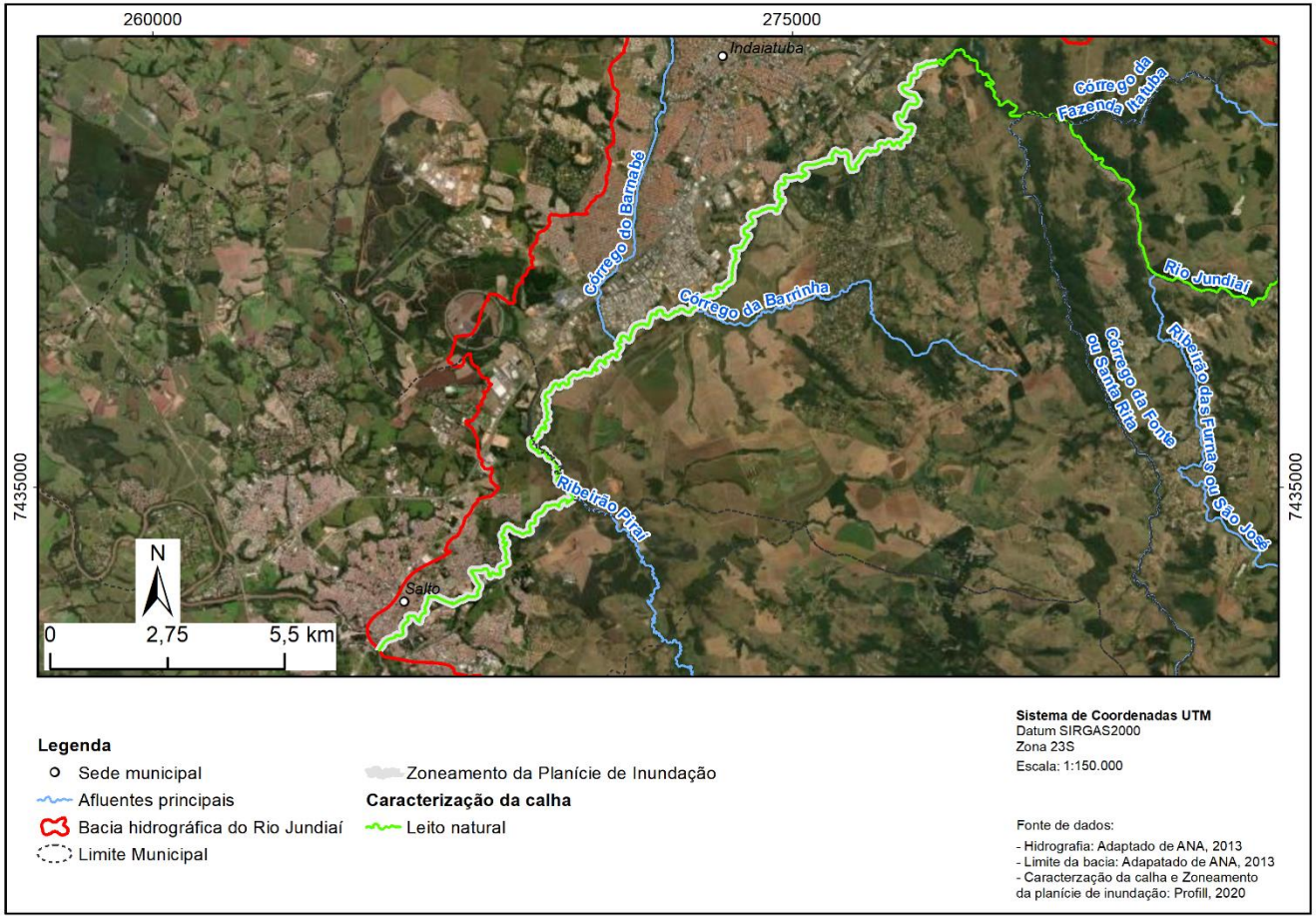


Figura 10.1. Trecho do Rio Jundiaí onde é sugerida aplicação de Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI).

O mapeamento de áreas de risco de inundação dos municípios é um produto a ser desenvolvido no âmbito de um estudo de Zoneamento da Planície de Inundação. As legislações vigentes, LF nº 12.340/2010 e LF nº 12.608/2012, conferem mecanismos eficientes para orientar as práticas de gestão de risco de desastres, envolvendo os Municípios, os Estados e a União, num compartilhamento de atribuições e responsabilidades, a fim de minimizar a ocorrência e o impacto de desastres a nível nacional. É neste contexto que estão as diretrizes legais para realocação de população em áreas de risco, desapropriação de áreas de várzea e reserva de áreas.

O planejamento municipal, conforme Cartilha sobre Áreas de Risco (MPSP/CAO, 2017), desenvolvida pelo Ministério Público do Estado de São Paulo e pelo Centro de Apoio Operacional de Meio Ambiente e Urbanismo, deverá ter dois vetores de atuação:

- Atuação preventiva, conforme art. 4º, III, da LF nº 12.608/12;
- Atuação para mitigação, remediação e resposta, conforme a LF nº 12.608/12, art. 5º, XI.

A atuação preventiva trata da identificação das áreas em que não se recomenda a urbanização, ou onde esta fica condicionada à realização de obras específicas. Nesta frente de atuação cabe ao município tomar as medidas necessárias de fiscalização, para que áreas de risco não sejam ocupadas. A exemplo disso, temos as disposições da LF n° 12.608/2012, que definem o papel do município para atendimento ao que estabelece a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (LF n° 6.766/1979), de que não será permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas.

A LF n° 10.257/2001, em seu art. 42, dispõe sobre a obrigatoriedade da elaboração do Plano Diretor Municipal para os municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. Os municípios que não tiverem Plano Diretor Municipal devem incorporar em sua legislação medidas para promover a redução de risco de desastres.

A LF n° 12.608/2012, no seu art. 8°, explicita as seguintes obrigações aos municípios para atuação preventiva:

- Incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;
- Identificar e mapear áreas de risco de desastres;
- Promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas.

A atuação responsiva, por outro lado, trata de medidas para áreas de risco ocupadas. Assim, a primeira atividade desta frente de atuação diz respeito à identificação dos locais com ocupação consolidada expostos a situações de riscos de desastres. A cartilha sobre Áreas de Risco (MPSP/CAO, 2017) ressalta que não se deve pressupor a necessidade geral e irrestrita de medidas de realocação, e recomenda a realização de estudos técnicos para verificação de alternativas. Obras de engenharia para mitigação ou resolução dos impactos podem, mediante análise custo-benefício, representar medidas de atuação responsiva mais adequadas. Por exemplo, em um cenário político e econômico de enfraquecimento de programas habitacionais municipais, medidas de proteção podem conduzir à garantia de segurança necessária ao processo de regularização fundiária.

A LF n° 12.340/2010 apresenta diretrizes para atuação municipal, uma vez que seja identificada a ocupação consolidada em área de risco, e estabelece como responsabilidade dos municípios a tomada de providências para redução de risco, dentre as quais, a execução de Plano de Contingência e de obras de segurança e, quando necessário, a remoção de edificações e o reassentamento dos ocupantes em local seguro.

Quando a medida da realocação é avaliada como a mais adequada, o artigo 14 da LF n° 12.608/2012 trata justamente da priorização da realocação de comunidades atingidas e de moradores em áreas de risco em programas habitacionais da União, dos Estados e dos Municípios. A efetivação da remoção, conforme o artigo 3º-B da LF n° 12.340/2010, somente ocorrerá mediante a observância prévia das seguintes providências:

- Realização de vistoria no local e elaboração de laudo técnico que demonstre os riscos da ocupação para a integridade física dos ocupantes, ou de terceiros;
- Notificação da remoção aos ocupantes acompanhada de cópia do laudo técnico e, quando for o caso, de informações sobre as alternativas oferecidas pelo poder público para assegurar seu direito à moradia.

Ademais, o mesmo artigo 3º-B prevê que, na hipótese de remoção de edificações, deverão ser adotadas medidas que impeçam a reocupação da área. Aqueles que tiverem suas moradias removidas deverão ser abrigados, quando necessário, e cadastrados pelo município para garantia de atendimento habitacional em caráter definitivo, de acordo com os critérios dos programas públicos de habitação de interesse social.

Para remoção efetiva, deve-se ainda prover abrigamento provisório. Esta etapa é fundamental para o planejamento municipal de reassentamento, de modo que o abrigamento provisório esteja disponível àqueles em situação de vulnerabilidade socioeconômica. Para os casos em que outras alternativas de proteção foram adotadas, ressalta-se a importância da conscientização da população em área de risco, orientando-a acerca das ações a serem tomadas em eventos extremos. Além disso, enfatiza-se a importância da elaboração, atualização e operacionalização dos Plano de Contingência (PLACON) municipais. O PLACON já foi abordado em maior profundidade no item 10.4.1.4.

As ações específicas são:

- Elaboração do Termos de Referência (TDR) para o estudo de ZPI do trecho entre Indaiatuba e Salto;
- Contratação de consultoria especializada para execução do TDR;
- Revisão do Plano Diretor de Indaiatuba para incorporação do ZPI;
- Revisão do Plano Diretor de Salto para incorporação do ZPI;
- Efetivação do ZPI em Indaiatuba;
- Efetivação do ZPI em Salto.

10.6.1.3. Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias

As áreas lindeiras aos cursos d'água (ribeirinhas) são de extrema importância para os recursos hídricos e cumprem diversas funções sociais e ecológicas. Em períodos de cheia, nestas áreas ocorre o extravasamento natural dos cursos d'água, que saem de seu leito normal e ocupam a planície de inundação. Dessa forma, destaca-se que a preservação e manutenção destas áreas como regiões naturais de detenção de cheias é de suma importância.

Nesse sentido, como uma ação do Programa de medidas de fiscalização e controle, aqui são indicadas algumas áreas ribeirinhas da BHJ a serem preservadas, com o objetivo de

funcionarem como detenções naturais de cheias. Tal reserva seria efetivada por meio da criação de parques lineares e Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável. Para a pré-seleção destes locais foram consideradas as seguintes informações:

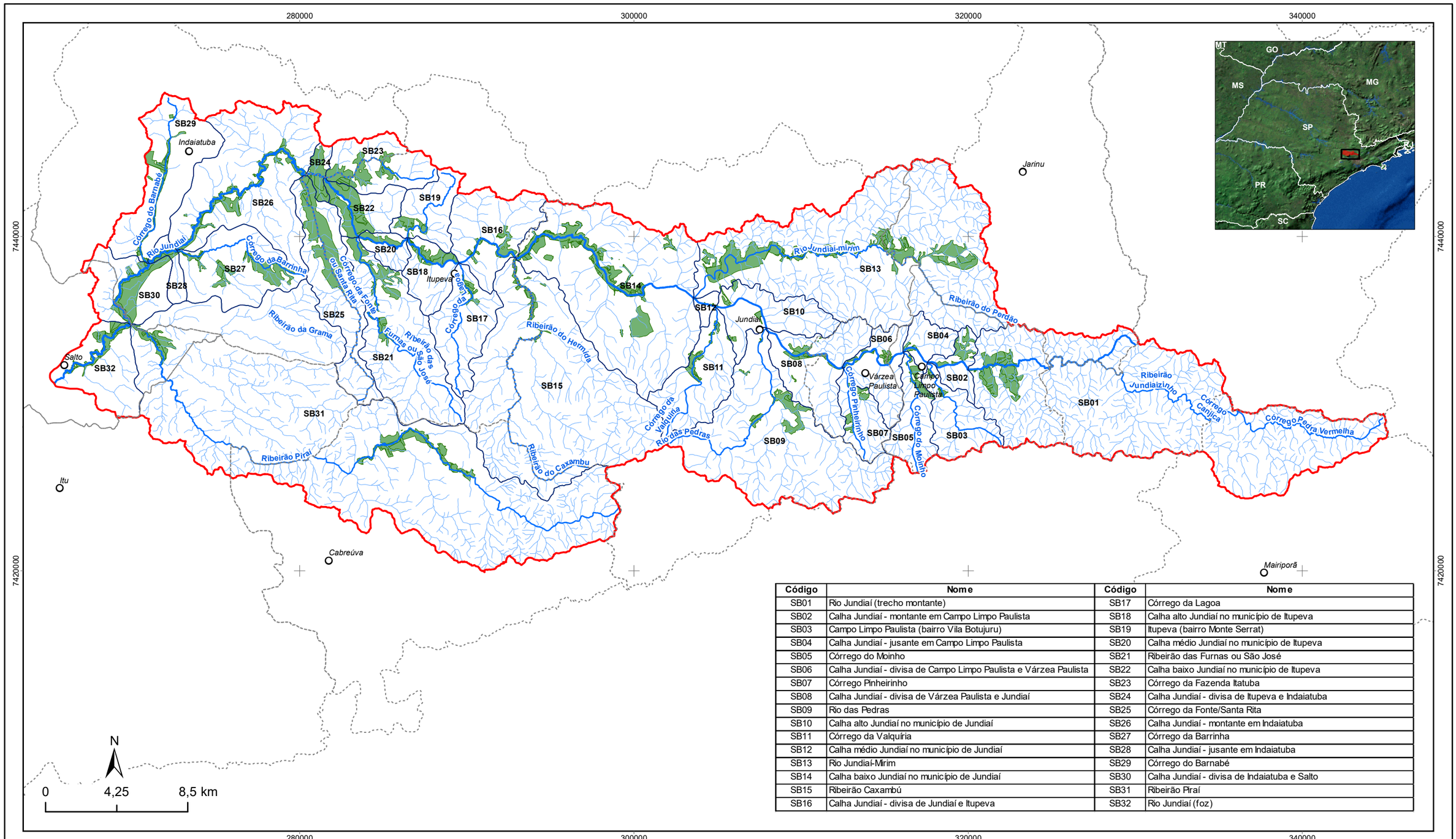
- Os Planos Diretores dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí;
- O Zoneamento proposto em alguns dos municípios da bacia, quando nele elencadas áreas de preservação ambiental;
- O uso do solo da BHJ (PROFILL/RHAMA, 2018a), onde se considerou as seguintes classes como *área ribeirinha*: a) campo; b) campo úmido; c) cana de açúcar; d) lavoura temporária; e) mata nativa; f) silvicultura; e g) solo exposto.

A Tabela 10.6 a seguir apresenta as áreas ribeirinhas indicadas para atuarem como detenção natural de cheias, quantificadas por município da BHJ, e o Mapa 10.1 ilustra sua espacialização.

Já a Tabela 10.7 apresenta uma redistribuição das referidas áreas, divididas em zonas lindeiras ao Rio Jundiaí e zonas lindeiras aos seus afluentes. Reitera-se que, em ambas as áreas, é sugerida a criação de parques lineares ou Unidades de Conservação, em fase de avaliação posterior à pré-seleção de áreas apresentadas nesta ação.

Tabela 10.6. Áreas a serem preservadas para detenção de cheias na BHJ, por município.

Município	Área a ser preservada para detenção (ha)	Porcentagem em relação à área total
Cabreúva	364,3	4,2%
Campo Limpo Paulista	700,7	8,1%
Indaiatuba	2.070,5	24,0%
Itupeva	2.261,3	26,2%
Jarinu	422,1	4,9%
Jundiaí	2.194,4	25,4%
Salto	448,9	5,2%
Várzea Paulista	163,5	1,9%
Total	**8.625,7**	**100,0%**



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Sub-bacias
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Áreas a serem preservadas para detenção de cheias

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 8.1. Áreas a serem preservadas para detenção de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Áreas a serem preservadas: Profill, 2020

Ressalta-se que estas regiões seriam alagadas somente em eventos de precipitação intensa, quando os cursos d'água em questão tendem a extravasar de sua calha principal e ocupar as regiões lindeiras.

Tabela 10.7. Quantitativo, para o Rio Jundiaí e seus afluentes, das áreas para detenção de cheias na BHJ.

Município	Área a ser reservada (ha)		Porcentagem em relação à área total	
	Rio Jundiaí	Afluentes	Rio Jundiaí	Afluentes
Cabreúva	-	364,3	0,0%	100,0%
Campo Limpo Paulista	154,9	545,8	22,1%	77,9%
Indaiatuba	1.071,7	998,9	51,8%	48,2%
Itupeva	1.033,4	1.227,9	45,7%	54,3%
Jarinu	-	422,1	0,0%	100,0%
Jundiaí	1.005,7	1.188,7	45,8%	54,2%
Salto	284,6	164,3	63,4%	36,6%
Várzea Paulista	71,2	92,3	43,5%	56,5%
Total	**3.621,5**	**5.004,2**	**42,0%**	**58,0%**

A análise aqui apresentada tem como objetivo a pré-seleção de áreas ribeirinhas disponíveis para funcionar como detenção de cheias. Em uma fase posterior à essa etapa, indicam-se estudos mais detalhados em relação à desapropriação e ocupação destas áreas. Tendo em vista que o objetivo da preservação destas locais é que se mantenham em condições naturais de ocupação do solo, sugere-se como alternativa para a manutenção e recuperação destes espaços, a criação de Unidades de Conservação e parques lineares. Desta forma, estas áreas podem ser utilizadas como parques e abertas à visitação ao público, respeitando as restrições legais, ficando inviabilizadas para uso quando em períodos de cheia, onde funcionarão como áreas para detenção hidráulica natural.

Os parques lineares – utilização sugerida para as áreas que serão selecionadas a partir desta pré-análise – são intervenções em áreas urbanas que criam, ou recuperam, áreas verdes no entorno da rede de drenagem. Objetivam funcionar para programas ambientais, gestão de áreas degradadas e também zonas de amortecimento de cheias em períodos de intensa pluviosidade, como é o caso das áreas apresentadas neste relatório. A implementação destes parques lineares busca conciliar aspectos do ambiente urbano, aliados à preservação ambiental, dentro da legislação vigente e, principalmente, da realidade existente em cada município.

Além disso, para a transformação de algumas destas regiões ribeirinhas em áreas de detenção de cheias, em certos locais que serão detalhados nos estudos de seleção, podem ser recomendadas pequenas intervenções junto aos cursos d'água, que permitirão que o excesso do escoamento que não é capaz de ser transportado pela calha principal do manancial extravase para as regiões supracitadas. Assim, também se recomenda que estes locais de preservação sejam demarcados – e até mesmo cercados – o que auxiliaria na sua manutenção e proteção contra ocupações irregulares.

Reitera-se que, no caso específico proposto aqui para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, o objetivo principal dos parques lineares será de promover a detenção natural de cheias, além de evitar que se realize a ocupação irregular das áreas de várzea. Porém, sugere-se agregar funções a estas áreas, que também poderão funcionar como zonas voltadas à preservação e conservação dos recursos naturais, além de outras funções de uso comum da população, como: áreas de lazer, prática de esportes ao ar livre, promoção da cultura e da educação ambiental, além de incentivar a locomoção não motorizada (através de caminhos de pedestres, trilhas e ciclovias).

Apesar de todos os benefícios supracitados, a implantação de parques lineares enfrenta alguns desafios. Se há necessidade de desapropriações ou realocações de famílias vivendo no espaço planejado para o parque, por mais que este não seja uma área urbana consolidada, isto encarece o custo de criação da unidade. Além disso, por se tratar de um bem público destinado primordialmente ao lazer, a unidade requer serviços de manutenção e gestão periódicos – assim como qualquer outro parque –, visando a garantia de segurança dos frequentadores e um funcionamento adequado. Aspectos como acessibilidade, iluminação e segurança devem ser considerados no projeto do local.

Em relação à criação de Unidades de Conservação (UC) nas áreas selecionadas, destinadas à detenção de cheias da BHJ, sugere-se que estas sejam enquadradas no grupo correspondente às Unidades de Uso Sustentável, categoria que visa conciliar a conservação da natureza com o uso correto e sustentável dos recursos naturais. As UCs consideradas de uso sustentável, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), são:

- Áreas de Proteção Ambiental (APA);
- Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE);
- Floresta Municipal;

- Reserva Extrativista (RESEX);
- Reserva de Fauna (REFAU);
- Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS);
- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Visto as informações supracitadas, sugere-se a criação de UCs do grupo de Uso Sustentável para as áreas destinadas à detenção natural de cheias, tendo em vista que estas apresentam objetivos mais próximos aos esperados para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, além de limites mais brandos quanto à posse, uso e visitação. A seguir são listados alguns procedimentos e orientações, destinados aos municípios da BHJ, para a criação de Unidades de Conservação em seus respectivos territórios:

- Abrir processo administrativo para registro das informações acerca da área de interesse de criação da UC;
- Avaliar a demanda de criação da UC, considerando o potencial da área e verificado suas características relevantes;
- Realizar estudos técnicos que caracterizem o meio biótico, físico e socioeconômico da região de interesse. É de extrema importância obter informações acerca da questão fundiária e descritivos sobre o uso da terra do local;
- Definir a categoria da Unidade de Conservação, através dos estudos técnicos que trarão os subsídios para tal;
- Consultar a população, onde devem ser aprovadas em consenso a localização definitiva da área, dimensões, limites, além de abordar as implicações da criação de uma UC no município;
- Definir os limites da UC, elaborar mapa e memorial descritivo final de sua localização, após a consulta pública à população;
- Criar a UC, através de Ato de Criação, onde nele deve constar os dispositivos obrigatórios para atender à legislação vigente. Após o Ato, incluir a unidade no CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.

As ações específicas propostas neste programa são:

- Contratação de serviço de topografia para cadastro das áreas elegíveis;
- Estudo de viabilidade técnica e ambiental de cada uma das áreas para fins de conservação e detenção hidráulica.

Futuramente, em etapa posterior à seleção das áreas a serem reservadas pelos municípios para detenção natural de cheias, algumas das ações específicas que devem ser executadas para a formalização destes locais como parques lineares ou Unidades de Conservação são:

- Procedimentos de gravame e registro das áreas viáveis pelo poder público;
- Execução de estudos e projetos de engenharia em cada área legalizada;
- Implantação dos projetos de parques e unidades de conservação.

10.6.1.4. Criar áreas de conservação e restrição de uso

Nesta ação do programa de medidas de fiscalização e controle é proposta a criação de áreas para conservação e restrição de uso na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, tendo como foco abordar áreas vegetadas ao longo de toda a BHJ. Também são apresentadas propostas de utilização das áreas de várzea, a serem preservadas com o objetivo de detenção de cheias, abordadas anteriormente no item 10.6.1.3.

Em relação às áreas vegetadas existentes, foram utilizados dados provenientes da conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga, do Caderno de Conservação e Uso da Água no Meio Rural e Recuperação Florestal, oriundo do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiai 2020-2035 (PROFILL/RHAMA, 2019a).

No Caderno Temático supracitado, para a obtenção de áreas prioritárias para conservação, utilizaram-se os seguintes descritores: i) situação das nascentes; ii) déficit de mata ciliar; iii) áreas de recarga de águas subterrâneas; iv) demanda florestal; v) unidades de conservação (UCs); e vi) áreas de preservação permanente (APP) dos cursos d'água. Considerando os descritores apontados, cada área de análise considerada no âmbito do Plano das Bacias PCJ recebeu uma classificação, que variou de 1 (menor nível de criticidade) a 5 (maior nível de criticidade).

Para a criação desta ação na BHJ, foram selecionados os níveis de criticidade 3, 4 e 5 supracitados, e realizado um cruzamento com os seguintes usos do solo na bacia

(PROFILL/RHAMA, 2018a): campo e campo úmido, cana de açúcar, lavoura permanente e temporária, mata nativa e silvicultura.

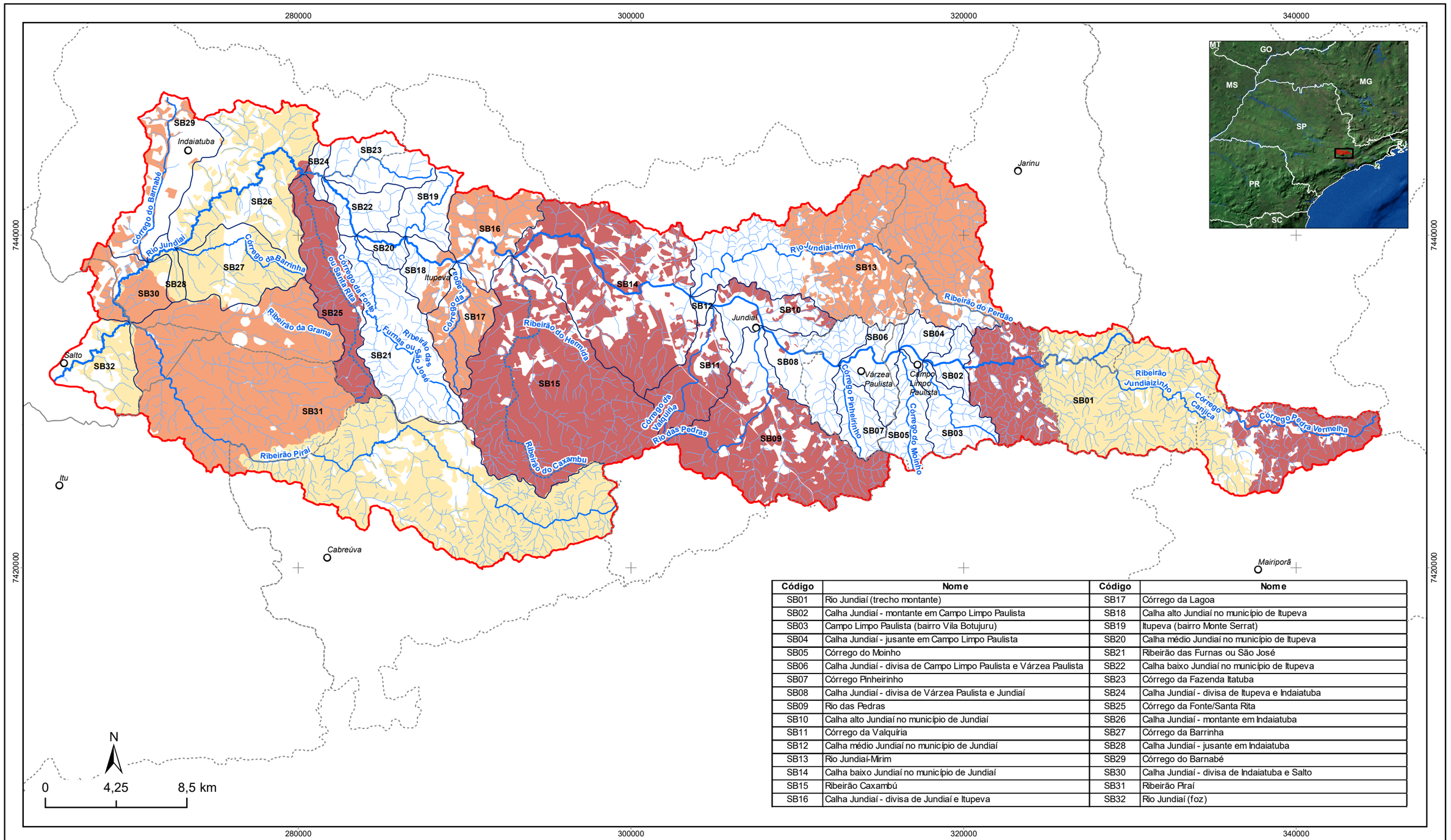
Partindo da metodologia acima exposta, às áreas com classe de criticidade 5 adotou-se um grau de restrição à ocupação urbana Muito Alta – priorizando assim a permanência total destas áreas como vegetadas. Às áreas de classe 4 conferiu-se restrição à ocupação Alta, bem como às áreas classe 3 enquadrou-se na categoria Média.

A Tabela 10.8 a seguir apresenta o quantitativo total de áreas consideradas de Muito Alta, Alta e Média restrição à ocupação urbana, por município, para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. No Mapa 10.2 é apresentada a espacialização das áreas supracitadas, para as três classes consideradas.

Tabela 10.8. Áreas de Muito Alta, Alta e Média restrição à ocupação urbana identificadas na BHJ, por município.

Município	Áreas com restrição à ocupação, por classe (km²)		
	Muito Alta	Alta	Média
Atibaia	0,2	-	52,0
Cabreúva	11,1	1,5	91,2
Campo Limpo Paulista	24,5	4,5	0,3
Indaiatuba	17,8	41,9	55,5
Itu	0,1	64,3	3,9
Itupeva	27,7	31,1	0,1
Jarinu	0,03	37,3	8,1
Jundiaí	170,2	36,1	0,1
Mairiporã	22,1	-	8,3
Salto	-	13,9	10,0
Várzea Paulista	0,1	0,01	-
Total	**273,8**	**230,6**	**229,6**

Tucci (2005) aponta que o processo de controle de inundações é permanente, onde não apenas é necessário estabelecer regulamentos, como também é preciso controlar a expansão da ocupação do solo em áreas de risco, de forma que não ocorram violações na legislação vigente. Dessa forma, é recomendado que nenhum espaço em zona de risco de inundação, ou áreas lindeiras aos cursos d'água, seja desocupado/desapropriado enquanto não houver uma imediata ocupação pública prevista para o local, evitando assim que este seja alvo de invasão.



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Sub-bacias
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Restrição à ocupação urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

- Restrição Média
- Restrição Alta
- Restrição Muito Alta

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 8.2. Áreas de Muito Alta, Alta e Média restrição à ocupação urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Áreas de restrição: Profill, 2020

10.6.2. *Resultados esperados*

Com as ações deste Programa, espera-se fortalecer os mecanismos de fiscalização e controle da ocupação do território urbano quanto a alagamentos e inundações. O Programa estabelece um conjunto de ferramentas de gestão que atualmente não estão presentes nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí e que são indispensáveis para que as ações humanas de ocupação do território não agravem os problemas de inundação existentes no futuro.

10.6.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- Agência PCJ: promotor e coordenador das ações de implantação das medidas de controle e fiscalização;
- ARSESP: ente que pode atuar na regulação dos serviços públicos de drenagem urbana, dotando os municípios de padrões mínimos a serem atingidos;
- Municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: operadores dos mecanismos de controle e fiscalização implantados, através de suas secretarias de planejamento, obras, habitação e meio ambiente.

10.6.4. *Custos e fontes de financiamento*

A Tabela 10.9 a seguir apresenta os custos estimados na execução das ações deste programa de medidas de fiscalização e controle para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Tabela 10.9. Custos (totais e por ação) estimados para a execução do programa de medidas de fiscalização e controle.

Ações	Atividade específica	Custo estimado (R$)
Propor o Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI)	Elaboração de TDR para o estudo de ZPI do trecho entre Indaiatuba e Salto	866.247,12
	Contratação de consultoria especializada para execução do TDR	
Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias	Contratação de serviço de topografia para cadastro das áreas elegíveis;	1.711.909,20
	Estudo de viabilidade técnica e ambiental de cada uma das áreas para fins de conservação e detenção hidráulica	495.621,91
	Total	**3.073.778,23**

As atividades propostas na ação de regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos nos municípios integrantes da BHJ já serão contempladas nos custos do Programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal, apresentado no item 10.8 deste relatório.

Em relação aos custos da ação de indicação de áreas ribeirinhas para detenção de cheias, o montante previsto na Tabela 10.9 engloba os itens de escolha e seleção das áreas, a partir dos locais disponíveis para este fim, apresentados no item 10.6.1.3. Os custos com etapas posteriores à seleção das áreas, como execução de obras, desapropriação, criação de parque ou Unidade de Conservação e registro nas prefeituras não foi detalhado, porém foi estimado como sendo da ordem de R$ 6,5 milhões, considerando a criação de uma estrutura (parque ou UC) de 1.000 hectares.

A ação prevista no item 10.6.1.4 – criação de áreas de conservação e restrição de uso – não possui custos, visto que objetiva a manutenção das áreas já vegetadas, indicando que permaneçam na mesma classe de uso e ocupação do solo na qual se encontram.

Quanto ao financiamento dos projetos de prevenção de riscos e das ações de resposta e recuperação frente à ocorrência de desastres, são estabelecidos mecanismos para a obtenção de auxílios da União, através do Sistema Nacional de Defesa Civil. O Fundo Nacional de Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil (Funcap) tem como finalidade custear, no todo ou em parte, ações de prevenção em áreas de risco de desastre e ações de recuperação de áreas atingidas por desastres em entes federados. O requerimento de recursos referente a ações de resposta e recuperação deverá ser feito pelo município ou pelo Estado, e o recebimento de recursos é viabilizado mediante o reconhecimento de situação de emergência, ou de calamidade pública, pelo Poder Executivo Federal.

Para ações de recuperação, o beneficiário tem o prazo de até 90 dias após a ocorrência do desastre para apresentar o projeto. Para ações de resposta, quando compreendem exclusivamente socorro e assistência às vítimas, ou quando a gravidade do desastre tenha tornado inoperante e impossível a realização de atos formais da Administração, o Governo Federal poderá prestar apoio prévio ao reconhecimento federal da situação de emergência ou estado de calamidade pública.

Os municípios com projetos apresentados e aprovados junto à União terão acesso ao repasse de recursos e fiscalizarão o cumprimento de metas e ações propostas. Os municípios

com população inferior a 50.000 habitantes podem contar com o apoio dos Estados na elaboração de termos de referência, planos de trabalho e projetos, cotação de preços, fiscalização e acompanhamento, bem como a prestação de contas. Na LF n° 12.340/2010 constam as responsabilidades do beneficiário e da União.

Além disso, existem ações específicas que permitem acesso aos recursos do Orçamento Geral da União (OGU), constantes na Lei Orçamentária Anual (LOA). A Ação 10SG – *Drenagem Urbana Sustentável e Manejo De Águas Pluviais*, do programa 2218 – *Gestão de Riscos e Desastres*, tem por objetivo apoiar a redução do risco de desastres naturais em municípios críticos.

Isto se dá a partir do planejamento e da execução de obras, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, com foco na gestão sustentável da drenagem urbana, por meio de ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por alagamentos, enchentes e inundações (urbanas e ribeirinhas).

São elegíveis para atendimento pela Ação 10SG os municípios que possuam mapeamento de setorização de risco realizados ou reconhecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) ou que tenham processo hidrológico crítico (inundação, enxurrada, enchente ou alagamento) como dominante, conforme o “Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais” (MDR, 2020).

O Manual elaborado apresenta orientações técnicas para acesso aos recursos da Ação 10SG e para contratação dos serviços. Na lista de municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos da Ação 10SG estão os seguintes municípios da BHJ: Atibaia, Cabreúva, Itu, Itupeva, Jundiaí, Mairiporã e Várzea Paulista.

10.6.5. *Manutenção (ou Revisão)*

As ações deste Programa são de curto prazo de implantação (horizonte de 4 a 5 anos). A manutenção diz respeito a fiscalização do cumprimento dos procedimentos estabelecidos nos municípios para controle de escoamento em novos empreendimentos, e na ocupação do território em áreas de risco de inundação, conforme estabelecido nos estudos de ZPI.

Caso se observe no futuro localidades específicas apresentando problemas de inundações ribeirinha não identificados neste Plano, o Programa deverá ser revisado, principalmente com relação às ações de ZPI.

10.6.6. *Cronograma de implementação*

O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado a seguir, no Quadro 10.9.

Quadro 10.9. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de medidas de fiscalização e controle na BHJ.

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Regular o escoamento superficial de novos empreendimentos	Elaboração TDR - estudo de chuvas intensas e definição de procedimento de regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos					
	Contratação de consultoria especializada para execução dos TDR					
	Ações de capacitação do corpo técnico da prefeitura municipal					
	Ações de divulgação dos procedimentos junto a técnicos e empreendedores do ramo imobiliário					
Propor o Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI)	Elaboração TDR - estudo de ZPI do trecho entre Indaiatuba e Salto					
	Contratação de consultoria especializada para execução do TDR	866.247,12				
	Revisão do Plano Diretor de Indaiatuba para incorporação do ZPI					
	Revisão do Plano Diretor de Salto para incorporação do ZPI					
	Efetivação do ZPI em Indaiatuba					
	Efetivação do ZPI em Salto					
Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias	Contratação de serviço de topografia para cadastro das áreas elegíveis	1.711.909,20				
	Estudo de viabilidade técnica e ambiental de cada uma das áreas para fins de conservação e detenção hidráulica	495.621,91				

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
	Procedimentos de gravame e registro das áreas viáveis pelo poder público					
	Execução de estudos e projetos de engenharia em cada área legalizada					
	Implantação dos projetos de parques e unidades de conservação					

10.7. Programa de estruturação do setor de drenagem urbana

Este programa tem o caráter de fomento aos municípios para estruturação e fortalecimento do setor de drenagem urbana, ou seja, não se limita a elaboração dos Planos Diretores de Drenagem.

Conforme discutido no item 8 do presente Plano Diretor de Macrodrenagem, um plano de estruturação do setor de drenagem urbana é recomendado em todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Mesmo os municípios que já possuem um PDDU necessitam de uma estruturação institucional e de sustentabilidade econômica para a prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais. O programa tem as seguintes componentes:

- Definição de arranjo institucional;
- Garantia de sustentabilidade financeira;
- Proposição de obras;
- Execução de manutenção de estruturas;
- Definição de parâmetros e critérios.

10.7.1. *Ações a serem desenvolvidas*

10.7.1.1. Definir o arranjo institucional do órgão de drenagem

O arranjo institucional contempla a estrutura administrativa do órgão prestador do serviço de drenagem urbana e sua relação com os demais órgãos do sistema, nas diferentes esferas de gestão. Os municípios devem realizar um diagnóstico de sua estrutura de gestão de drenagem urbana e saneamento básico, e mapear as possibilidades de gestão associada com municípios

vizinhos, conforme disposto no parágrafo 1º do Art. 8º da Lei Federal 11.445/2007. A gestão associada pode ser realizada através de consórcio público intermunicipal e, objeto de estudo específico, pode trazer ganhos de escala na gestão do sistema de drenagem pluvial.

Um estudo a ser conduzido nos municípios deve ajudar a definir o melhor arranjo, avaliando as possibilidades de gestão associada, gestão independente por meio de Departamento de Águas Pluviais, centrado em uma secretaria municipal ou mais de uma (planejamento e operação separados), possibilidade de terceirização de serviços de operação e manutenção e forma de regulação e fiscalização.

O arranjo deve prever ainda a interface e possibilidades de integração do sistema de gestão de drenagem e manejo de águas pluviais com o sistema de defesa civil na proteção de inundações ribeirinhas, seja na implantação, operação de manutenção de medidas estruturais, na aplicação de medidas de gestão ou implantação de sistemas de monitoramento, alerta e resposta. O estudo deverá concluir com uma proposta de organização da estrutura administrativa abordando todos os aspectos administrativos, técnicos e legais necessários para implantação imediata.

10.7.1.2. Garantir a sustentabilidade financeira do sistema

A sustentabilidade econômica diz respeito às fontes de financiamento para implantação de melhorias previstas no PDDU e de recuperação de custos da prestação do serviço, ou seja, operação e manutenção do sistema. Vinculando este tema ao tópico anterior, da questão institucional, está a modelagem de um sistema de cobrança pelo serviço público de drenagem (taxa de drenagem) e sua gestão através de fundos municipais específicos.

Para os municípios que não tem o PDDU, o plano estratégico deve desenvolver as peças técnicas necessárias para sua contratação e/ou elaboração. Assim, um planejamento estratégico em drenagem urbana contempla as ações que precedem o PDDU, e a execução de obras de drenagem, que permitem a sustentabilidade técnica e econômica do sistema.

Em conjunto com o estudo de arranjo institucional, os municípios deverão realizar estudo de implementação de cobrança pelo serviço de drenagem urbana, previsto no Art. 36 da Lei Federal 11.445/07. O estudo deverá fornecer todos os elementos de avaliação de custos e arrecadação, aspectos legais e administrativos, para a implantação imediata da cobrança de taxa de drenagem pluvial.

Os estudos de arranjo institucional e sustentabilidade financeira podem ser contratados por município ou para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Tal estratégia deve ser avaliada pela Agência das Bacias PCJ junto com as administrações municipais.

As ações específicas para os dois primeiros itens do Programa são:

- Elaboração dos Termos de Referência (TDR) para os estudos de estruturação do setor de saneamento dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí;
- Contratação de consultoria especializada para execução dos TDR;
- Implementação do arranjo institucional e da taxa de drenagem em cada município, ou grupo de municípios em gestão associada (bloco de referência).

10.7.1.3. Propor obras de drenagem e manejo de águas pluviais

Tanto em obras públicas como em obras privadas, todos os projetos de drenagem e manejo de águas pluviais são objeto de autorização da prefeitura municipal. As obras públicas são aquelas previstas no Plano Diretor de Drenagem, e as privadas são em novos desenvolvimentos urbanos e sítios de indústria e mineração.

Caso os projetos estejam normatizados no Caderno de Encargos ou Manual de Drenagem Pluvial do município, o controle e fiscalização estarão baseados em tais normas. Caso contrário, os esforços de avaliação de projetos e fiscalização devem ser maiores, assim como a insegurança para os empreendedores. Desta forma, deverá ser preparada e conduzida contratação de consultoria especializada para elaboração do Caderno de Encargos ou Manual de Drenagem Pluvial. Quanto aos procedimentos de estudo hidrológico, no mínimo devem ser pré-estabelecidos os tempos de retorno de cada tipo de obra hidráulica e a curva de chuvas intensas a ser utilizada no município.

Quanto aos critérios de projeto de engenharia, deveriam estar definidos previamente limites de dimensionamento hidráulico, como declividades e velocidade mínimas e máximas em redes, distância máxima entre bocas-de-lobo e caixas de inspeção, entre outros, tratados de forma extensiva em manuais de drenagem. Também é recomendável a padronização de dispositivos de drenagem no município, como bocas-de-lobo e caixas de inspeção, o que deverá melhorar o aspecto urbanístico e facilitar a manutenção periódica.

As ações específicas do Programa para os onze municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí são:

- Elaboração de Termos de Referência (TDR) para os serviços de elaboração do Caderno de Encargos ou Manual de Drenagem Pluvial;
- Contratação de consultoria especializada para execução dos TDR;
- Capacitação de técnicos municipais;
- Divulgação do material *on-line*.

10.7.1.4. Executar a manutenção das estruturas de drenagem urbana

Nesta ação do Programa de estruturação do setor de drenagem urbana, são identificados pontos problemáticos que necessitam de intervenção nos sistemas de drenagem dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. Um dos principais problemas na bacia é o assoreamento, que é caracterizado pelo acúmulo de sedimentos na calha dos cursos d'água, ocasionando a diminuição da capacidade de escoamento, podendo vir a agravar e tornar mais recorrente inundações nestes locais. Um problema recorrente na BHJ também é a erosão – o desgaste da superfície do solo e/ou das próprias margens dos cursos d'água.

Os pontos mais críticos de assoreamento e erosão urbana identificados na BHJ são ilustrados no Mapa 10.3, e a Tabela 10.10 apresenta um quantitativo destas informações por município da bacia.

Tabela 10.10. Quantitativo das regiões com problemas de assoreamento, por município, na BHJ.

Município	Código da sub-bacia	Nome da sub-bacia	Processo identificado	Nº locais
Cabreúva	SB31	Ribeirão Piraí	Erosão urbana	3
Campo Limpo Paulista	SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	Erosão urbana	1
	SB05	Córrego do Moinho	Erosão urbana	1
Indaiatuba	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba	Assoreamento	2
			Erosão urbana	3
	SB27	Córrego da Barrinha	Erosão urbana	1
	SB29	Córrego do Barnabé	Assoreamento	3
Itupeva	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva	Assoreamento	2
			Erosão urbana	2
Jundiaí	SB11	Córrego da Valquíria	Erosão urbana	1
	SB13	Rio Jundiaí-Mirim	Assoreamento	1
	SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	Assoreamento	1
			Erosão urbana	2

Município	Código da sub-bacia	Nome da sub-bacia	Processo identificado	Nº locais
Mairiporã	SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	Assoreamento	1
Salto	SB32	Rio Jundiaí (foz)	Assoreamento	1
Várzea Paulista	SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea	Erosão urbana	2
Total				11

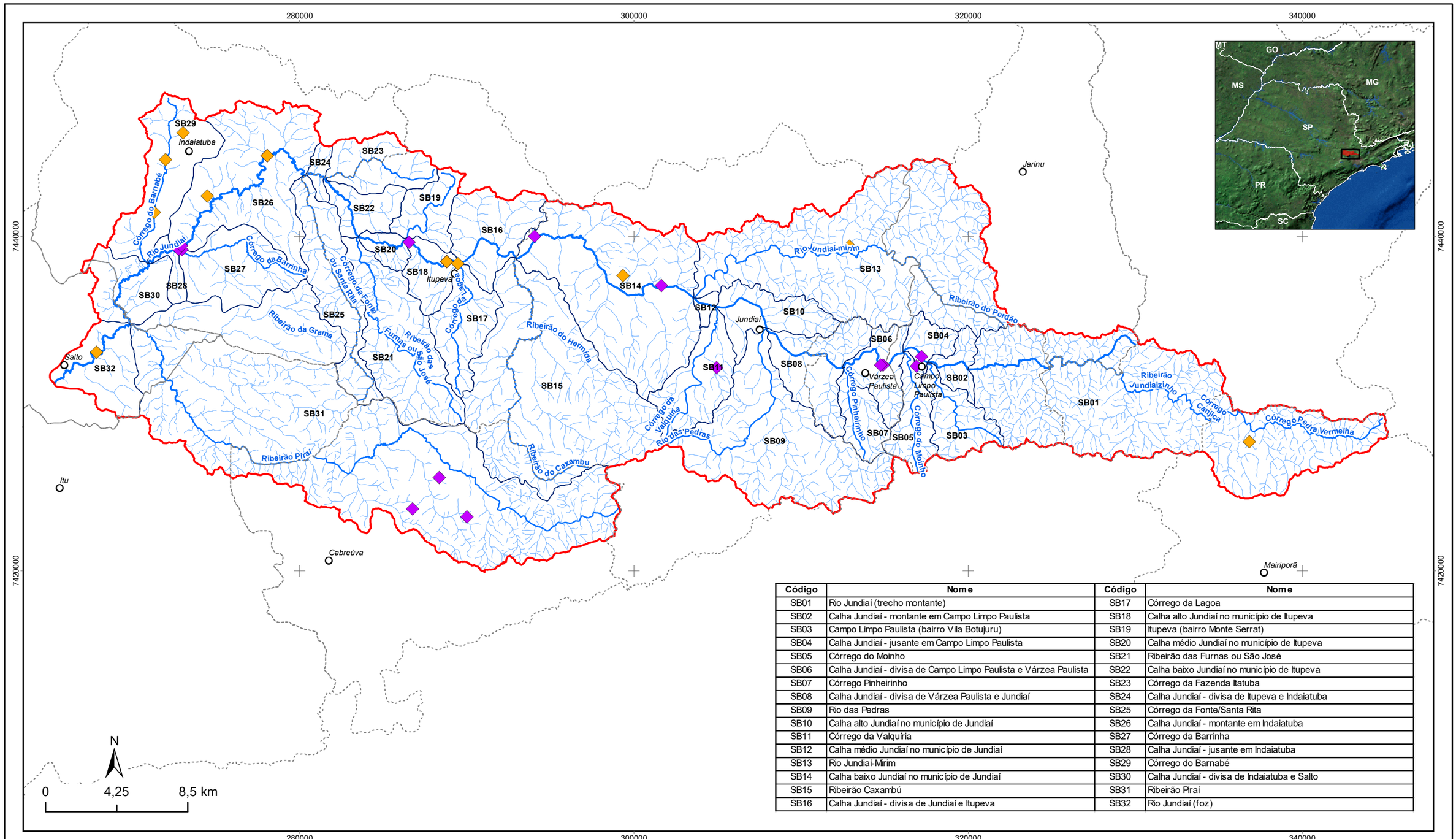
Indica-se que as regiões assoreadas supracitadas sejam prioritárias na execução de ações de desassoreamento de cursos d'água, como por exemplo através de dragagens. Ressalta-se que para a execução deste tipo de atividade, é necessária a elaboração de estudos específicos – de caráter local – visando garantir a viabilidade ambiental e econômica e a segurança da execução da dragagem, tendo em vista que o processo envolve uso de maquinário pesado, modificação na seção transversal de escoamento, além de posteriormente resultar na deposição do material dragado, que deve ser feita de forma correta, em local apropriado para este fim.

Já nos locais com registro de processos erosivos, deve-se realizar prioritariamente o controle da erosão. O primeiro passo para que isto seja executado é a caracterização dos fatores e mecanismos relacionados às causas do agravamento dos processos erosivos, assim sendo possível propor as melhores opções para a resolução do problema.

A erosão – que é um processo natural – é acelerada quando o solo permanece desnudo e exposto à ação abrasiva da água, e se agrava com o tempo. Em zonas urbanas, é comum este tipo de situação em obras, como cortes e aterros, que tornam o solo ainda mais suscetível aos processos erosivos. Além disso, a remoção da mata ciliar ao longo dos cursos d'água, depósitos irregulares de lixo e também a alta taxa de impermeabilização das bacias hidrográficas urbanas, também contribuem para o agravamento deste problema.

Entende-se que evitar a exposição do solo durante a execução de atividades de construção é muito difícil. Entretanto, torna-se essencial para o controle dos processos erosivos de ambientes urbanos a minimização da área exposta, bem como a redução do tempo de exposição do solo. Assim, é proposto de ser aplicado na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí algumas ações de controle da erosão em solos urbanos, tais como:

- Agendar trabalhos e obras, mesmo os que envolvam pouca exposição da superfície do solo, em épocas não chuvosas;



Código	Nome	Código	Nome
SB01	Rio Jundiaí (trecho montante)	SB17	Córrego da Lagoa
SB02	Calha Jundiaí - montante em Campo Limpo Paulista	SB18	Calha alto Jundiaí no município de Itupeva
SB03	Campo Limpo Paulista (bairro Vila Botujuru)	SB19	Itupeva (bairro Monte Serrat)
SB04	Calha Jundiaí - jusante em Campo Limpo Paulista	SB20	Calha médio Jundiaí no município de Itupeva
SB05	Córrego do Moinho	SB21	Ribeirão das Furnas ou São José
SB06	Calha Jundiaí - divisa de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista	SB22	Calha baixo Jundiaí no município de Itupeva
SB07	Córrego Pinheirinho	SB23	Córrego da Fazenda Itatuba
SB08	Calha Jundiaí - divisa de Várzea Paulista e Jundiaí	SB24	Calha Jundiaí - divisa de Itupeva e Indaiatuba
SB09	Rio das Pedras	SB25	Córrego da Fonte/Santa Rita
SB10	Calha alto Jundiaí no município de Jundiaí	SB26	Calha Jundiaí - montante em Indaiatuba
SB11	Córrego da Valquíria	SB27	Córrego da Barrinha
SB12	Calha médio Jundiaí no município de Jundiaí	SB28	Calha Jundiaí - jusante em Indaiatuba
SB13	Rio Jundiaí-Mirim	SB29	Córrego do Barnabé
SB14	Calha baixo Jundiaí no município de Jundiaí	SB30	Calha Jundiaí - divisa de Indaiatuba e Salto
SB15	Ribeirão Caxambú	SB31	Ribeirão Piraí
SB16	Calha Jundiaí - divisa de Jundiaí e Itupeva	SB32	Rio Jundiaí (foz)

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Sub-bacias
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Assoreamento
- Erosão urbana

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

Agência das Bacias PCJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:225.000
Data: 15/04/2022

Mapa 8.3. Áreas com problemas de assoreamento e erosão urbana identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Assoreamento e erosão: Profill, 2020

- Reduzir o tempo de duração de obras de corte e aterros, visando minimizar a exposição do solo;
- Propor a obrigatoriedade de manutenção de uma parcela da cobertura do solo urbano, além do fluxo de água, em terrenos em obras.

Outra ação a ser desenvolvida neste Programa de estruturação do setor de drenagem urbana da BHJ são os serviços de manutenção e inspeção das obras hidráulicas, que são indispensáveis para o gerenciamento do sistema de drenagem dos municípios. São quatro as atividades essenciais à execução dos serviços de manutenção da rede de drenagem urbana: inspeção, manutenção preventiva, manutenção corretiva e operação.

A inspeção trata do acompanhamento e verificação das condições dos dispositivos do sistema de drenagem, de modo a possibilitar sua manutenção, ajustes e reparos preventivos. A manutenção pode ocorrer de forma preventiva - após a constatação da necessidade de reparos de pequenas irregularidades detectadas na inspeção - ou de forma corretiva, para restabelecer o padrão operacional do sistema de drenagem afetado por falhas identificadas pela atividade de inspeção ou pela própria população. A operação consiste nas atividades específicas de funcionamento, monitoramento, acompanhamento, leitura de dados e em pequenos ajustes e atividades de conservação dos dispositivos do sistema (SP, 2012).

Os serviços de conservação e manutenção tratam das atividades de inspeção, limpeza e reparos dos componentes do sistema de drenagem que devem ser submetidos a procedimentos periódicos, que garantam um funcionamento adequado dos serviços de drenagem prestados pelos municípios. Conforme o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (2012), o escopo de ações de manutenção e inspeção nas estruturas de drenagem urbana deve englobar os seguintes dispositivos:

- Sarjetas;
- Bocas de lobo, bueiros e galerias;
- Canais abertos e fechados;
- Reservatórios de armazenamento;
- Equipamentos eletrônicos: bombas, painéis eletrônicos, tubulações, comportas, etc.

A Figura 10.2, Figura 10.3 e Figura 10.4 apresentam referências de rotina e frequência mínima de serviços de inspeção a serem realizados nos dispositivos de drenagem urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

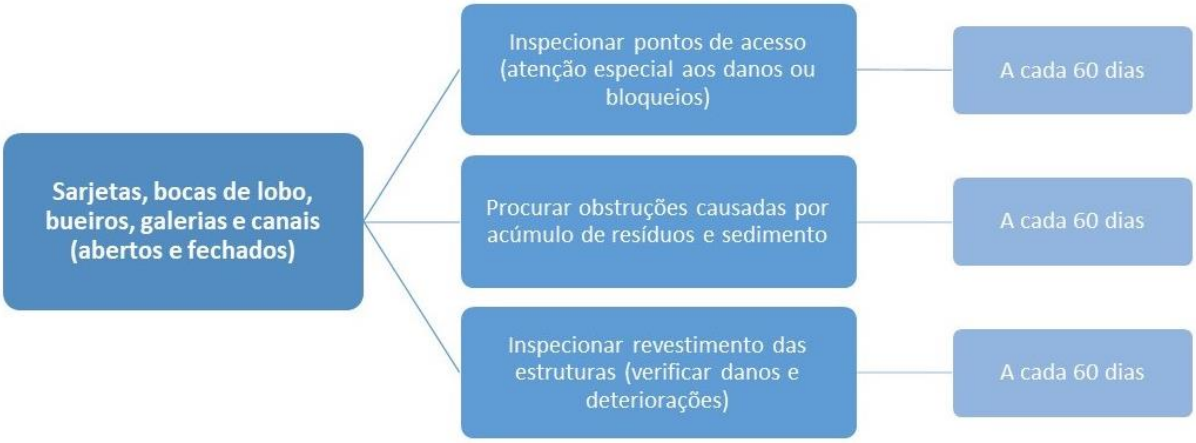


Figura 10.2. Rotina e frequência de inspeção em sarjetas, bocas de lobo, bueiros, galerias e canais recomendada para a BHJ.

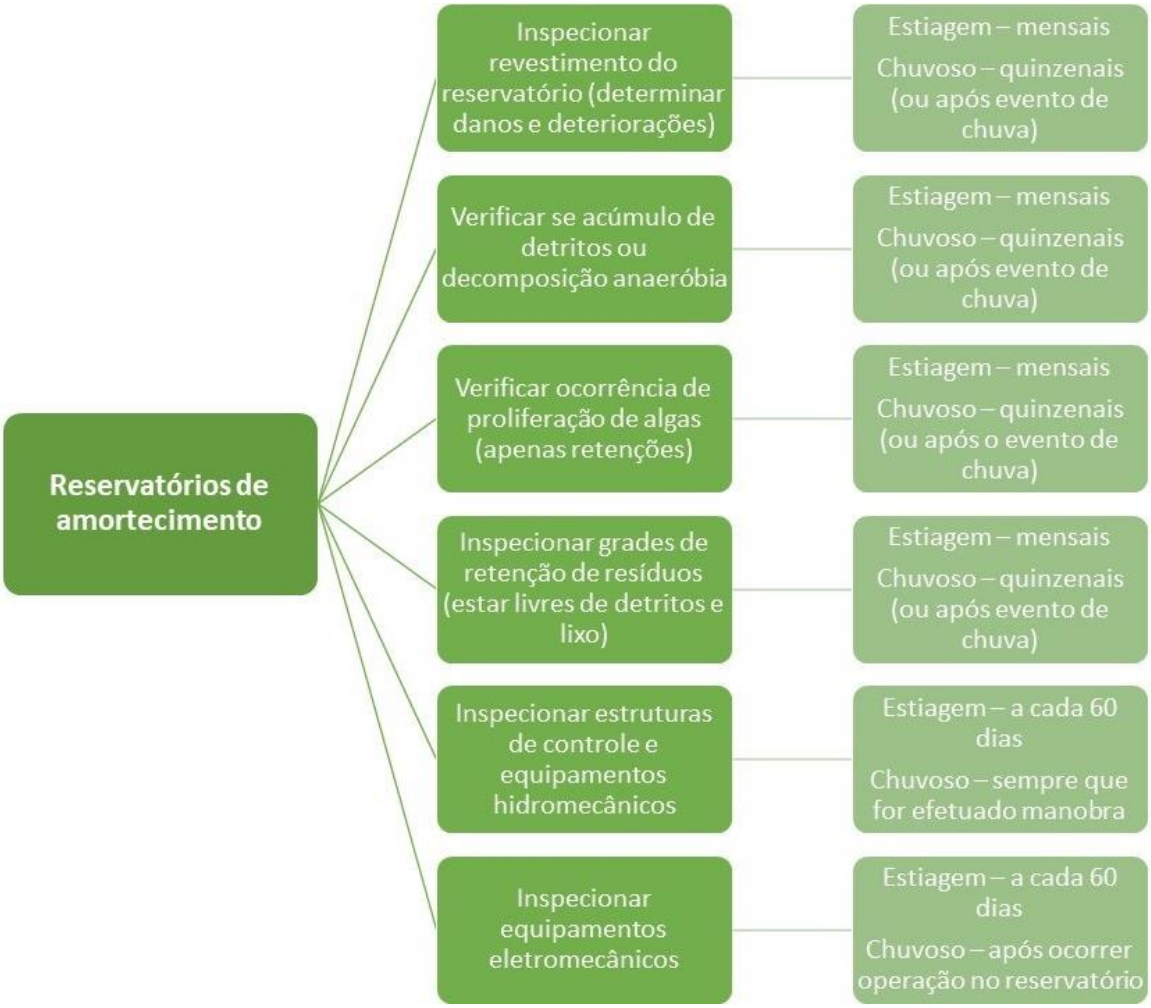


Figura 10.3. Rotina e frequência de inspeção em reservatórios de amortecimento recomendada para a BHJ.



Figura 10.4. Rotina e frequência de inspeção em equipamentos eletromecânicos recomendada para a BHJ.

A Figura 10.5 é uma referência proposta para a execução de serviços de limpeza a serem realizados nos sistemas públicos de drenagem urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, onde estão indicadas as frequências mínimas de manutenção e inspeção, conforme os tipos de estruturas e dispositivos existentes na bacia.

Em relação a manutenção dos aspectos construtivos dos dispositivos, tanto para sarjetas, bocas de lobo, bueiros, galerias, canais (abertos e fechados) e reservatórios de amortecimento, é indicado que seja feito o reparo ou a substituição de elementos danificados/vandalizados sempre que seja verificada a necessidade, durante a inspeção da estrutura. O mesmo vale para a verificação da necessidade de se refazer o revestimento do dispositivo. Em relação aos equipamentos eletromecânicos, também vale a mesma recomendação de reparar ou substituir os elementos danificados/vandalizados dos dispositivos, sempre que se verificar a necessidade durante a inspeção (SP, 2012).

Serviços como os propostos acima podem resolver problemas de drenagem com maior ou menor recorrência nos municípios da BHJ, de maneira preventiva ou corretiva. Assim, cabe aos municípios e seus prestadores de serviço determinar suas prioridades e fontes de recursos disponíveis para que os serviços de inspeção, manutenção e operação sejam executados com a frequência adequada. Neste contexto, os municípios devem impulsionar a criação de fundos específicos para gestão de recursos dos serviços de drenagem urbana prestados em seus domínios, baseado na cobrança de uma tributação específica: a taxa de drenagem urbana.

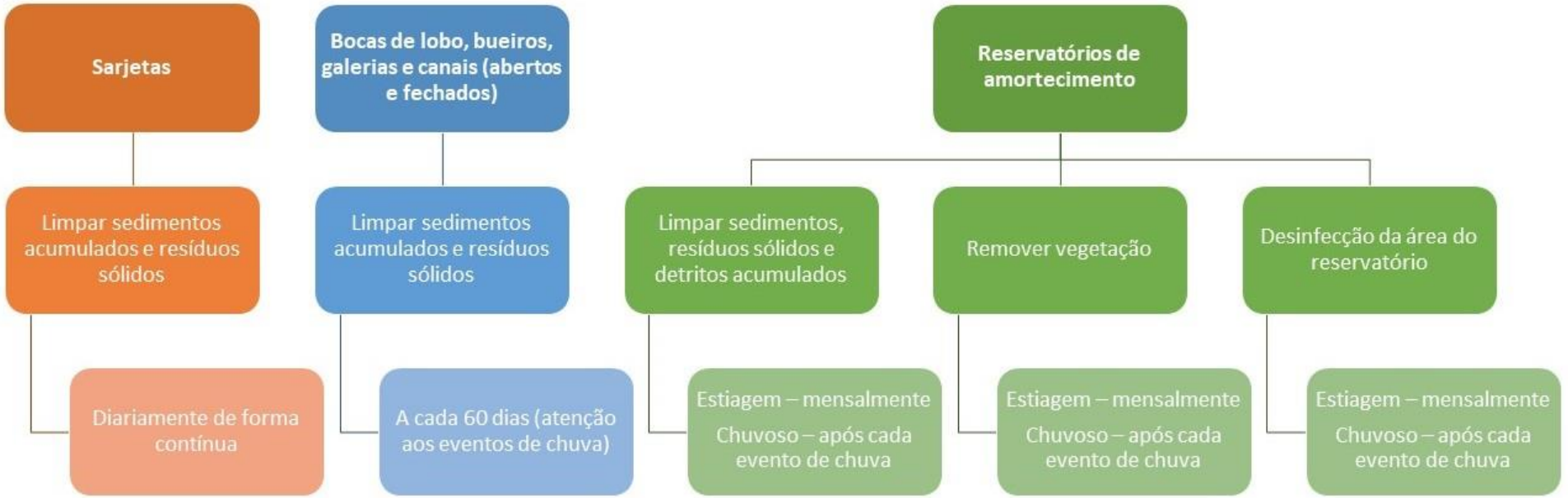


Figura 10.5. Indicação de frequência de limpeza de sistemas públicos de drenagem, por município, para a BHJ.

10.7.1.5. Definir parâmetros e critérios para Planos e Projetos em Drenagem Urbana

Esta ação do programa de Estruturação do Setor de Drenagem Urbana tem por objetivo propor alguns padrões e critérios de projetos que devem ser utilizados em planos e projetos envolvendo o tema, a serem executados na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Bordos livres e condições de canalização de macrodrenos

O propósito da adoção de uma borda livre (*freeboard*) é o de prevenir o extravasamento da água da estrutura, seja ela um canal, galeria ou barramento. Este extravasamento pode ocorrer devido a ondas geradas pelo vento, tanto em canais quanto em barramentos, oscilações por ressalto hidráulico, além de sobrelevação da linha d'água em curvas, ao longo das estruturas, que pode ocorrer em canais e galerias.

Uma estimativa aproximada já preconizada e muito utilizada para a determinação de bordas livres para grande parte dos tipos de canais, é a sugerida pelo *U.S. Bureau of Reclamation* (CHAUDHRY, 2008), conforme Equação 10.1 a seguir:

$$F_b = \sqrt{ky} \qquad 10.1$$

Onde: F_b é a borda livre (m); y é a profundidade do escoamento (m); e k é um coeficiente, que varia de 0,8 para canais com capacidade de escoamento de cerca de 0,5 m³/s até 1,4 para canais com capacidade de escoamento que excede os 85 m³/s.

Em canais fechados de maiores dimensões, como galerias (retangulares ou circulares), também se recomenda a utilização de bordas livres. Esta indicação visa evitar a propagação de ondas ao longo do dispositivo, bem como diminuir a probabilidade de ocorrer perturbações na linha d'água e auxiliar na incorporação de ar no dispositivo, para que não ocorra afogamento do conduto (TUCCI et al., 1995). Para canais fechados em regime de escoamento supercrítico, a borda livre recomendada pelo *U.S. Bureau of Reclamation* é dada pela seguinte expressão (Equação 10.2):

$$F_b = 0{,}608 + 0{,}037 \cdot V \cdot \sqrt[3]{y} \qquad 10.2$$

Onde: F_b é a borda livre (m); y é a profundidade do escoamento (m); e V é a velocidade do escoamento (m/s).

Já para pequenos barramentos, a borda livre junto à crista do barramento pode ser estimada de acordo com o apresentado nas Diretrizes para Estudos e Projetos da ELETROBRÁS, apresentados na Tabela 10.11.

Tabela 10.11. Altura da borda livre para barragens com alturas iguais ou inferiores a 10 m, indicadas para aplicação nos dispositivos propostos na BHJ (Fonte: ELETROBRÁS, 2000).

Profundidade da água junto à barragem (m)	**Extensão do espelho d'água do reservatório* (km)**						
	0,20	**0,50**	**1,00**	**2,00**	**3,00**	**4,00**	**5,00**
P ≤ 6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,25
6 < P ≤ 10	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,25	1,35

* Na cota do nível d'água (NA) máximo.

Quanto às condições de canalização de macrodrenos municipais, devem ser avaliados caso a caso, levando em consideração as necessidades de aumento da capacidade de escoamento observadas nas sub-bacia. Além disso, modificações desta magnitude no leito de cursos d'água devem ter sua viabilidade avaliada junto ao órgão ambiental competente do(s) respectivo(s) município(s) envolvido(s).

Em termos de hidrodinâmica, a condição de canalização de um macrodreno reflete no coeficiente de rugosidade do canal, representado na modelagem através do chamado *n* de Manning (Equação 10.3). Ao se avaliar esta relação, percebe-se que a rugosidade do canal é inversamente proporcional à vazão; desta forma, quanto menor a rugosidade, maior a capacidade de escoamento do canal, e por isso a técnica de canalização de alguns cursos d'água é tão utilizada.

$$Q = \left(\frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}\right) \cdot A \qquad 10.3$$

Onde: Q é a vazão (m³/s); n é o coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional); R_H é o raio hidráulico da seção, obtido através da razão da área molhada pelo perímetro molhado (m); A é a área molhada da seção (m²); e I é a declividade do fundo do canal (m/m).

A Tabela 10.12 a seguir apresenta a comparação entre a ordem de grandeza de alguns coeficientes de Manning usualmente utilizados, para diferentes condições de revestimento de canais geralmente aplicados, quando da proposta de canalização de macrodrenos.

Tabela 10.12. Típicos valores do coeficiente de rugosidade 'n' de Manning*, sugeridos para aplicação nos dispositivos propostos na BHJ.

Material	*n*
Metálico	
Aço	0,012
Ferro fundido	0,013
Metal corrugado	0,025
Não-metálico	
Vidro	0,010
Cimento	0,011
Concreto	0,013
Madeira	0,012
Argila	0,013
Alvenaria	0,013
Rocha	0,035
Canais naturais	
Limpo e em linha reta	0,030
Base de cascalho, pedregulhos e rocha	0,040
Base de pedregulhos e grandes rochas	0,050

*Adaptado de Chaudhry, 2008.

Recomendações para dimensionamento ou readequação de travessias

Para subsidiar a tomada de decisões em relação as modificações propostas nas travessias posicionadas ao longo da calha do Rio Jundiaí, abordadas anteriormente no item 9.3.1 do presente relatório, aqui são abordadas algumas considerações em relação a readequação destas estruturas.

A partir das 16 travessias indicadas que devem sofrer alteamento e/ou alargamento da seção hidráulica sob a estrutura, deve-se adotar um tempo de retorno para o qual a obra será dimensionada e/ou readequada, com base na adoção de um risco aceitável de falha associado à estrutura. Para obras de drenagem, podem ser adotados os seguintes tempos de retorno em sua readequação e/ou dimensionamento, de acordo com a região e os prejuízos esperados, no caso de ocorrência de uma inundação associada a um tempo de recorrência superior ao adotado para o projeto (SÃO PAULO, 2012):

- Obras de microdrenagem: TR de 02 a 10 anos;
- Obras de macrodrenagem: TR de 25 a 50 anos;
- Obras de drenagem em regiões onde são previstos prejuízos de grande magnitude, como corredores de tráfego: TR de 100 anos.

Considerando a premissa aqui adotada, de que não haja extravasamento da calha do Rio Jundiaí em zonas urbanizadas para eventos de tempo de recorrência de 10 anos, sugere-se a adoção de um TR, no mínimo, igual ou superior ao supracitado, para a adequação das travessias indicadas. A Tabela 10.13 também apresenta alguns tempos de retorno usualmente adotados para o dimensionamento e/ou modificações, não apenas em travessias, bem como para diferentes tipos de estrutura de drenagem pluvial.

Tabela 10.13. Tempos de recorrência de cheias adotados para alguns tipos de estruturas de drenagem* e sugeridos para os dispositivos propostos na BHJ.

Estrutura	TR (anos)
Bueiros de estradas pouco movimentadas	5 a 10
Bueiros de estradas muito movimentadas	50 a 100
Pontes	50 a 100
Diques de proteção de cidades	50 a 200
Pequenas barragens	100

*Adaptado de Collischonn & Dornelles, 2013.

Conforme citado anteriormente, a escolha do tempo de recorrência para o qual as travessias serão dimensionadas e/ou adequadas, depende do risco que se admite. Em hidrologia, considera-se o risco como a probabilidade de ocorrência de um evento (definida pelo inverso do tempo de recorrência adotado) multiplicada pelas consequências geradas pela falha do dispositivo, possivelmente, os prejuízos causados por um evento de maior magnitude do que o esperado.

10.7.2. *Resultados esperados*

Conforme o próprio nome do programa indica, a implementação das ações aqui propostas possibilitará que cada município tenha o setor de drenagem estruturado, de acordo com a realidade e as possibilidades locais, com procedimentos definidos, incluindo a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem.

10.7.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- Poder público municipal: responsáveis pela elaboração dos estudos e implementação das recomendações que foram apresentadas;
- DAEE/AP: poderá suportar tecnicamente este processo, acompanhando os municípios que desejarem a estruturação do setor de drenagem.

10.7.4. *Custos e fontes de financiamento*

Os estudos relativos à definição do arranjo institucional e proposição dos mecanismos de sustentabilidade financeira do sistema de drenagem, considerando a contratação de consultoria especializada para este fim, foram orçados em aproximadamente R$ 340.000,00 por município, demandando 4 meses. Caso possa ocorrer agrupamentos para contratações conjuntas, pode haver ganhos sinérgicos nesta estratégia. Mas considerando 11 contratações individuais, o custo total está estimado em cerca de R$ 3.736.000,00, conforme indicado na Tabela 10.14 a seguir.

Tabela 10.14. Custos (total e por município) estimados para a execução do programa de estruturação do setor de drenagem urbana.

Município	Município localizado ao longo da calha do Rio Jundiaí	Custo (R$)
Atibaia	Não	339.673,65
Cabreúva	Não	339.673,65
Campo Limpo Paulista	Sim	339.673,65
Indaiatuba	Sim	339.673,65
Itu	Não	339.673,65
Itupeva	Sim	339.673,65
Jarinu	Não	339.673,65
Jundiaí	Sim	339.673,65
Mairiporã	Não	339.673,65
Salto	Sim	339.673,65
Várzea Paulista	Sim	339.673,65
	Total	**3.736.410,15**

As ações voltadas para a proposição de obras e rotinas de manutenção, estarão previstas nos Planos Diretores de Drenagem municipais, que serão objeto do próximo programa (item 10.8), não constando como custo neste conjunto de iniciativas.

A definição dos parâmetros e critérios de projeto já parte da proposta aqui apresentada, e não necessita novos estudos, cabendo a cada município a sua regulamentação, para a qual não estão previstos custos adicionais. Estudos complementares, de caráter local, poderão ser desenvolvidos no âmbito dos Planos Diretores Municipais de Drenagem (próximo programa).

10.7.5. *Manutenção (ou Revisão)*

As proposições quanto ao arranjo institucional e a sustentabilidade financeira, bem como as questões relativas aos critérios de projeto, proposição de obras e rotinas de manutenção, serão revistas a cada revisão dos Planos Diretores Municipais de Drenagem.

10.7.6. *Cronograma de implementação*

O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.10.

Quadro 10.10. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de Estruturação do Setor de Drenagem Urbana na BHJ.

Ações	Atividade específica	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Definir o arranjo institucional do órgão de drenagem	Elaboração do TDR e Contratação de Consultoria (11 municípios)	1.868.205,08	1.868.205,08			
Garantir a sustentabilidade financeira do sistema						
Propor obras de drenagem e manejo de águas pluviais	(Ação continuada)					
Executar a manutenção das estruturas de drenagem urbana	(Ação continuada)					
Definir parâmetros e critérios para Planos e Projetos em Drenagem Urbana	-					

10.8. Programa de elaboração de Planos de Drenagem Municipal

Cumpridas as medidas não estruturais descritas anteriormente, o Plano Diretor de Drenagem (PDDr) do município assume o caráter de um plano de obras. Conforme apontado no item 4.1.2, quatro dos onze municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí apresentam Planos Diretores de Drenagem: Atibaia, Itupeva, Jundiaí e Várzea Paulista. Assim, o PDDr é recomendado para os 7 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí que ainda não tem tal instrumento: Mairiporã, Jarinu, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva.

Para a contratação ou elaboração do PDDr, no entanto, há algumas etapas a serem cumpridas preliminarmente:

- Definição de equipe de acompanhamento e fiscalização;
- Delimitação de bacias hidrográficas do município;
- Identificação de áreas prioritárias e quantificação dos levantamentos topográficos;
- Elaboração dos termos de referência dos levantamentos topográficos e estudos do Plano.

Tais etapas fazem parte do plano de estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios, foco do programa já apresentado no item 10.7.

O plano de drenagem deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Cadastro;
- Diagnóstico;
- Alternativas;
- Plano de ações.

É conveniente que nesta ação, com base na execução do cadastro e conhecimento do sistema de drenagem pluvial do município, sejam elaborados os programas de inspeção e manutenção de obras hidráulicas.

Pode ainda ser incluído na contratação do PDDr o Caderno de Encargos (ou Manual de Drenagem) do município, que guiará a aprovação do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais de novos empreendimentos que, neste caso, foi incorporado ao “Plano de medidas de fiscalização e controle”.

As ações específicas são:

- Delimitação, quantificação de levantamentos e definição de bacias hidrográficas prioritárias para o Plano Diretor de Drenagem dos municípios de: Mairiporã, Jarinu, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva;
- Elaboração dos Termos de Referência (TDR) para o Plano Diretor de Drenagem dos municípios de: Mairiporã, Jarinu, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva;
- Contratação de empresa especializada para execução dos TDR.

10.8.1. *Ações a serem desenvolvidas*

10.8.1.1. Delimitar e obter informações de bacias hidrográficas para PDDr municipais

Para a elaboração do termo de referência que irá subsidiar o PDDr, primeiramente é necessária a quantificação dos levantamentos necessários para a execução do Plano. Assim, deve-se realizar a delimitação das bacias hidrográficas compreendidas nos limites municipais, bem como um levantamento de dados acerca da rede de drenagem (aberta e fechada) do município.

As informações supracitadas irão influenciar nos custos envolvendo levantamento e coleta de dados em campo, necessários para a execução dos Planos Diretores de Drenagem nos municípios. A delimitação e obtenção de informações acerca das bacias hidrográficas dos 11 municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí é apresentada no item 11 do presente Plano Diretor de Macrodrenagem.

10.8.1.2. Elaborar termos de referência para PDDr municipais

Os Termos de Referência (TDR) objetivam fornecer orientações necessárias ao processo de revisão, contratação e elaboração dos Planos Diretores de Drenagem dos municípios. Assim, uma vez que estejam delimitadas, quantificadas e definidas as bacias hidrográficas e cursos d'água prioritários para abordagem no município, conforme exposto anteriormente na ação 10.8.1.1, as principais atividades que devem constar em um TDR a serem desenvolvidas durante a elaboração do PDDr estão apresentadas no Quadro 10.11.

Quadro 10.11. Etapas e atividades mínimas a serem desenvolvidas na elaboração dos PDDr nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Etapa	Atividade
Estudos prévios	Apresentação de um Plano de Trabalho.
	Caracterização básica das bacias hidrográficas contempladas no Plano.
	Levantamentos, análises e cadastro de informações básicas do sistema de drenagem existente.
Cadastro topográfico	Levantamento de campo para elaboração/complementação dos cadastros.
	Elaboração da cartografia das bacias a serem estudadas.
Definição de cenários e de verificação do sistema	Elaboração de cenários hidrológicos e de impermeabilização do solo.
	Estudos de chuvas intensas e cálculo de vazões de projeto.
	Montagem e ajuste de modelo de simulação hidrodinâmica.
	Simulação do sistema e identificação de áreas de risco de inundação e locais de extravasamento nos cenários de projeto.
Proposição e avaliação de alternativas de projeto	Concepção e proposição de medidas estruturais de melhoramento do sistema.
	Análises multicritério das alternativas estruturais propostas.
	Consolidação de medidas de gestão e estruturação do setor de drenagem urbana.
	Participação pública.
Anteprojetos de engenharia	Elaboração dos anteprojetos de engenharia das alternativas escolhidas.
	Proposição de metodologias de análise ambiental dos anteprojetos.
Plano de ações	Ficha técnica das medidas, contemplando a descrição, responsáveis (arranjo institucional), orçamento de implantação e origem do recurso e previsão financeira para operação e manutenção.
	Cronograma físico-financeiro de implantação do sistema.

Conforme abordado anteriormente, o presente Plano Diretor de Macrodrenagem aborda, no item 13, minutas de Termo de Referência para cada um dos municípios inseridos na BHJ. Nestes TDRs serão incluídas as informações obtidas com a ação 10.8.1.1, e então os Termos de Referência foram elaborados de forma mais detalhada, considerando as especificações de cada um dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

10.8.1.3. Contratar empresa especializada para Elaboração dos PDDr

A contratação de empresa especializada para elaboração dos Planos Diretores de Drenagem (PDDr), executados a partir dos Termos de Referência (TDR) do item 13, fica à cargo das prefeituras municipais da BHJ. A execução de todas as atividades previstas no Quadro 10.11 é de responsabilidade da empresa contratada, assim como a articulação e condução do processo de participação pública, durante a elaboração do PDDr. Deverão ser executadas todas as atividades apresentadas no Plano de Trabalho pela empresa, considerando os prazos e recursos financeiros estabelecidos com a contratante – neste caso, as prefeituras dos municípios.

10.8.2. *Resultados esperados*

A implementação deste programa possibilitará que todos os municípios da bacia tenham seus Planos Diretores de Drenagem, conforme as diretrizes deste PDM (de âmbito regional), mas observando as especificidades da realidade local de cada município.

10.8.3. *Atores envolvidos e atribuições*

- Prefeituras Municipais: apoio financeiro no desenvolvimento dos PDDr em seus respectivos municípios;
- DAEE: apoio técnico durante o desenvolvimento dos estudos nos municípios.

10.8.4. *Custos e fontes de financiamento*

As minutas dos Termos de Referência para o Planos Diretores de Drenagem municipais foram elaboradas e se encontram apresentadas no TOMO VII deste relatório, do ANEXO XVI ao ANEXO XXVI. Ressalta-se que as estimativas de custos para execução dos Planos são preliminares, obtidas com base em dados secundários, de modo que os orçamentos podem sofrer alteração. Estima-se prever uma verba entre R$ 88 mil e R$ 1,3 milhão, de acordo com o porte populacional, conforme Tabela 10.15 a seguir.

Tabela 10.15. Custos (totais e por município) estimados para a execução do programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal.

Município	Área inserida na BHJ (km²)	População inserida na BHJ (hab.)	Custo estimado para a elaboração do PDDr (R$)
Atibaia	55,60	1.870	150.282,00
Cabreúva	120,33	40.542	370.858,00

Município	Área inserida na BHJ (km²)	População inserida na BHJ (hab.)	Custo estimado para a elaboração do PDDr (R$)
Campo Limpo Paulista	78,93	82.909	617.675,00
Indaiatuba	181,44	217.326	795.948,00
Itu	68,91	1.208	88.162,00
Itupeva	161,58	59.370	534.817,00
Jarinu	49,02	3.135	195.609,00
Jundiaí	326,83	393.289	1.373.401,00
Mairiporã	40,58	21.438	212.609,00
Salto	35,59	36.748	254.442,00
Várzea Paulista	34,93	121.506	703.249,00
Total	**1.153,71**	**979.341**	**5.297.052,00**

A fonte de financiamento para tais ações devem ser os orçamentos municipais, eventualmente com algum apoio da Agência PCJ, através do recurso da cobrança.

10.8.5. *Manutenção (ou Revisão)*

Os Planos Diretores de Drenagem (PDDr) devem ser revistos, no âmbito de seu programa de investimentos e plano de ações como um todo, a cada 5 anos. Já uma revisão geral dos PDDr, que inclui o diagnóstico do plano e as medidas apresentadas, deve ser realizada a cada 10 anos.

10.8.6. *Cronograma de implementação*

O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução proposto neste Programa está apresentado no Quadro 10.12 a seguir.

Quadro 10.12. Cronograma físico-financeiro proposto para o Programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal na BHJ.

Plano Municipal	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Itu	88.162,00				
Jarinu	195.609,00				
Mairiporã	212.609,00				
Salto	254.442,00				
Cabreúva		370.858,00			

Plano Municipal	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Itupeva		534.817,00			
Indaiatuba		795.948,00			
Jundiaí			1.373.401,00		
Várzea Paulista			703.249,00		
Campo Limpo Paulista				617.675,00	
Atibaia				150.282,00	

10.9. Resumo dos Programas propostos para implementação do PDM-BHJ

Este item apresenta resumo dos programas e ações propostos no Plano de Ações da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, escopo da execução do Plano Diretor de Macrodrenagem da BHJ.

Ao todo, foram propostos 8 Programas, contendo 36 ações, subdivididos em:

Medidas estruturais (3 programas – 15 ações)

- Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias: 4 ações
- Programa de aumento da capacidade de condução da calha do Rio Jundiaí: 3 ações
- Programa de manejo de drenagem sustentável: 8 ações

Medidas não estruturais (5 programas – 21 ações)

- Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta: 4 ações
- Programa de educação ambiental: 5 ações
- Programa de medidas de fiscalização e controle: 4 ações
- Programa de Estruturação do Setor de Drenagem Urbana: 5 ações

- Programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal: 3 ações

O custo total estimado de todos os oito programas é da ordem de R$ 1,25 bilhões.

Os três programas de medidas estruturais propostos representam 98% do montante estimado para a execução de todo o Plano de Ações – cerca de R$ 1.229.191.000,00.

Os cinco programas de medidas não estruturais propostos representam apenas 2% do montante total, com investimentos da ordem de R$ 22.649.000,00.

O programa de “Aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí” é o que apresenta maior porcentagem de custos em relação ao total, sendo responsável por 66,6% do investimento previsto para o Plano de Ações. Em seguida, o programa de “Construção de reservatórios de amortecimento de cheias” é o que apresenta a segunda maior porcentagem de aplicação, com 31,4% de todo o montante estimado no Plano de Ações.

O programa de “Educação Ambiental” é o que apresenta a menor porcentagem de investimentos em relação ao montante previsto, representando apenas 0,1% dos custos totais estimados. O segundo menor investimento é o do programa de “Medidas de Fiscalização e Controle”, com 0,2% do investimento total do Plano de Ações.

Segundo o cronograma previsto, o horizonte de execução das 36 ações é de até 20 anos.

O

Quadro 10.13 a seguir apresenta um resumo dos custos, porcentagem de investimento e cronograma de todas as 36 ações propostas no Plano de Ações da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, distribuídas em 8 Programas.

Quadro 10.13. Resumo dos Programas e Ações propostos para implementação no PDM-BHJ.

Programa	Ações	Custo por ação (R$)	Custo total do programa (R$)	Custo da ação em relação ao valor total do Programa (%)	Custo do programa em relação ao valor total do Plano de Ações (%)	Cronograma de implementação				
						1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Construção de reservatórios de amortecimento de cheias	Reservatório na SB01 (Rio Jundiaí – montante)	350.501.870,01	392.982.029,64	89%	31,4%					
	Reservatório na SB03 (Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru)	17.925.709,71		5%						
	Reservatório na SB04 (Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista)	9.071.117,36		2%						
	Reservatório na SB05 (Córrego do Moinho)	15.483.332,56		4%						
Aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí	Canalizações em concreto	741.791.110,58	833.520.275,04	89%	66,6%					
	Bermas	10.251.702,02		1%						
	Adequação de travessias	81.477.462,44		10%						
Manejo de drenagem sustentável	Estudo de seleção de áreas e quantificação de benefícios	2.688.015,64	2.688.015,64	100%	0,2%					
	Meio urbano – Valas de infiltração	-[1]	-[1]	-[1]						
	Meio urbano – Trincheiras de infiltração	-[1]		-[1]						
	Meio urbano – Banhados construídos ou *wetlands*	-[1]		-[1]						
	Meio rural – Barraginhas e adequação de estradas rurais	-[1]		-[1]						
	Meio rural – Terraceamento	-[1]		-[1]						
	Meio rural – Plantio direto e em curvas de nível	-[1]		-[1]						
	Meio rural – Cordões de vegetação e recuperação de APPs	-[1]		-[1]						
	Meio rural – Consorciamento de culturas	-[1]		-[1]						
Monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta	Obter dados hidrológicos para planejamento	3.486.755,68	8.776.361,60	40%	0,7%					
	Obter dados hidrológicos para previsão e alerta									
	Implantação de sistema de previsão de vazões e níveis d'água e alerta	5.289.605,92		60%						
	Elaborar Planos de Contingência									
Educação ambiental	Informar sobre horários de coleta de resíduos nos municípios	1.614.638,98	1.765.161,64	91%	0,1%					
	Informar sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios									
	Informar sobre bacias hidrográficas e cursos d'água									
	Capacitar técnicos municipais do setor de saneamento	150.522,66		9%						
	Capacitar profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo									

Programa	Ações	Custo por ação (R$)	Custo total do programa (R$)	Custo da ação em relação ao valor total do Programa (%)	Custo do programa em relação ao valor total do Plano de Ações (%)	Cronograma de implementação				
						1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Medidas de fiscalização e controle	Regular o escoamento superficial de novos empreendimentos	-[2]	3.073.778,23	-	0,2%					
	Propor o Zoneamento da Planície de Inundação	866.247,12		28%						
	Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias	2.207.531,11		72%						
	Criar áreas de conservação e restrição de uso	-[3]		-						
Estruturação do Setor de Drenagem Urbana	Definir o arranjo institucional do órgão de drenagem	339.673,65[4]	3.736.410,15	100%	0,3%					
	Garantir a sustentabilidade financeira do sistema									
	Propor obras de drenagem e manejo de águas pluviais	-[5]		-						
	Executar a manutenção das estruturas de drenagem urbana	-[5]		-						
	Definir parâmetros e critérios para Planos e Projetos em Drenagem Urbana	-[5]		-						
Elaboração de Planos de Drenagem Municipal	Delimitar e obter informações de bacias hidrográficas para PDDr municipais	-[6]	5.297.052,00	-	0,4%					
	Elaborar termos de referência para PDDr municipais	-[6]		-						
	Contratar empresa especializada para elaboração dos PDDr	5.297.052,00		100%						
8 Programas	**36 ações**	**1.251.839.083,94**		**-**	**100,0%**	**20 anos de horizonte de execução**				

-[1] Custos não considerados no âmbito do PDM-BHJ, visto que as ações devem ser financiadas pela iniciativa privadas/órgãos de fomento à extensão rural, com recursos já previstos no Caderno de Conservação e Uso da Água no Meio Rural e Recuperação Florestal (PROFILL/RHAMA, 2019a);
-[2] Custos da ação estão englobados no Programa de Elaboração de Planos de Drenagem Municipal;
-[3] Ação que objetiva apenas a manutenção das áreas na classe atual de uso e ocupação do solo, portanto não possui custos previstos;
[4] O custo apresentado é unitário, estimado para a aplicação das ações em um município. O valor total do Programa decorre da multiplicação do custo unitário para os 11 municípios integrantes da BHJ;
-[5] Estas ações do Programa de Estruturação do Setor de Drenagem Urbana não possuem custo estimado, pois são de execução do respectivo setor responsável pela drenagem urbana dos municípios;
-[6] Estas ações já foram executadas no presente Plano Diretor de Macrodrenagem, portanto não possuem custos de execução.



Indicação em planta das ações estruturais propostas



11. INDICAÇÃO EM PLANTA DAS AÇÕES ESTRUTURAIS PROPOSTAS

Este capítulo apresenta o conjunto de ações estruturais propostas para execução na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí. O Conjunto de Ações I, apresentado no item 11.1, versa sobre os reservatórios de amortecimento recomendados na BHJ. Já o Conjunto de Ações II, ilustrado no item 11.2, dispõe sobre as intervenções propostas na calha do Rio Jundiaí, sendo elas canalizações em concreto e a execução de bermas laterais. Por fim, o Conjunto de Ações III, apresentado no item 11.3, versa sobre as adequações em travessias propostas de serem executada, para algumas destas estruturas posicionadas sobre a calha principal do Rio Jundiaí, na BHJ.

11.1. Conjunto de Ações I

Este item apresenta o detalhamento da concepção dos quatro reservatórios de amortecimento de cheias recomendados para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, conforme Tabela 11.1 a seguir. O Mapa 11.1 ilustra a espacialização deste Conjunto de Ações I ao longo da BHJ.

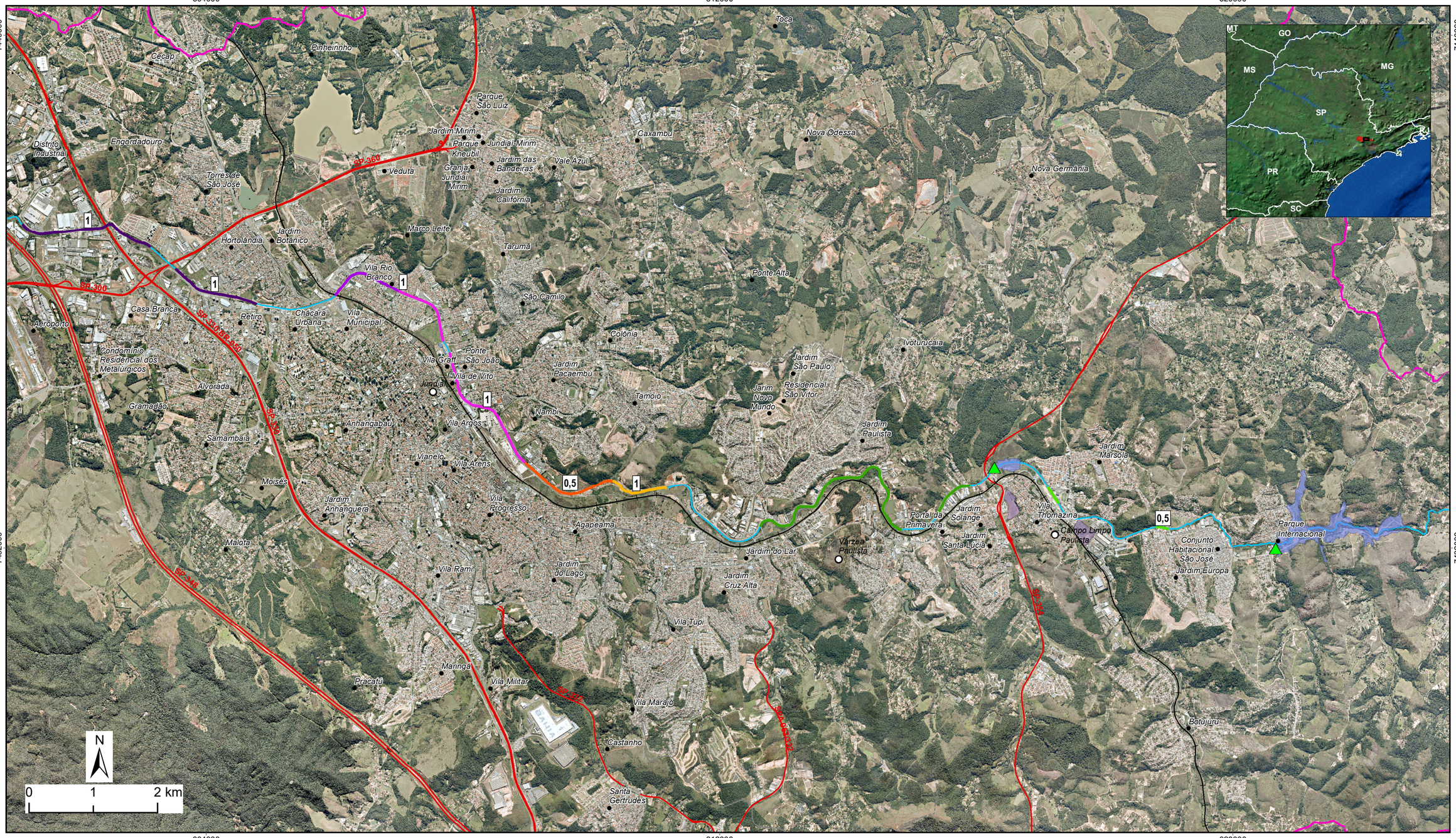
Tabela 11.1. Características e quantitativos dos reservatórios simulados na BHJ, para a composição da alternativa de medidas estruturais recomendada.

Sub-bacia com reservatório	Volume de amortecimento (hm^3)	Área necessária (ha)	Vazão máx. liberada pela estrutura – TR 10 anos (m^3/s)	Altura da estrutura (m)	Tipo de reservatório
SB01	4,50	62,90	6,1	15,0	*On-line*
SB04	0,14	6,35	3,3	5,0	*On-line*
SB03	0,31	5,00	6,4	6,0	*Off-line*
SB05	0,26	5,00	5,8	5,0	*Off-line*
Total	**5,21**	**79,25**	-	-	-

A indicação em planta destas quatro medidas estruturais foi agrupada neste primeiro conjunto de ações propostas, e encontra-se detalhada dos itens 11.1.1 a 11.1.4, para cada um dos reservatórios apresentado anteriormente na Tabela 11.1.

304000 312000 320000

7440000 7432000



LEGENDA

- Sede municipal
- Ponto de Referência
- Ferrovia
- Rodovia
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Ponto dos barramentos SB01 e SB04

Área a ser ocupada pelos reservatórios

- On-line (SB01 e SB04)
- Off-line (SB03 e SB05)

Canalizações em concreto

- B: 11.0 m x H: 2,5 m
- B: 12.0 m x H: 2.5 m
- B: 15.0 m x H: 3.0 m
- B: 17.0 m x H: 3.0 m
- B: 20.0 m x H: 3.0 m
- B: 22.0 m x H: 3.5 m
- B: 24.0 m x H: 3.5 m
- Calha atual
- [1] Berma (valor representa a altura da Berma)

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM	**Mapa 9.1. Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: reservatórios, canalizações em concreto e bermas**	Fonte de dados:
Datum SIRGAS2000 Zona 23S Escala: 1:60.000 Data: 15/04/2022		- Sede municipal: IGC, 2010 - Limite municipal: IGC, 2015 - Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013 - Medidas propostas: Profill, 2021

11.1.1. *Reservatório de retenção na SB01*

Este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para alocação na SB01 (Rio Jundiaí – trecho montante). O projeto básico foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8. Para esta sub-bacia, as especificações são:

- Área necessária de 62,8 ha;
- Altura estimada em 15,0 m;
- Tipo de estrutura: *on-line*.

A partir dos estudos topográficos, das características locais, e da posição em relação ao Rio Jundiaí, o projeto foi concebido a partir da morfologia local, considerando o aproveitamento da topografia natural da área. Para a formação da área de acumulação do reservatório, deverá ser executada terraplanagem com escavação em cortes, com inclinação de 45° com diferentes cotas de fundo, em função da dimensão da bacia de retenção.

As cristas dos taludes de corte estão projetadas na cota (altitude) de 768,00 m, e a barragem de contenção com a linha superior na cota (altitude) de 766,827 m.

A barragem está concebida para duas funções, sendo uma delas a contenção das águas em épocas de cheia do Rio Jundiaí, e também a proteção e separação com a área urbanizada contígua à estrutura projetada.

Ou indicação, ou sugestão, é de que os taludes poderão ser revestidos com estrutura de gabião caixa nos pontos que se apresentarem mais vulneráveis, e, em caso de cortes em solo estabilizado ou com capacidade de suportar taludes a 45° sem revestimentos, poderão ter apenas proteção com vegetação.

Assim, a indicação da utilização de gabião caixa nas pranchas a serem apresentadas é meramente sugestiva, haja vista que a escolha de qualquer sistema executivo de proteção e estabilidade dos taludes necessitará de estudos do solo e projetos específicos.

No caso da possibilidade de se manter os taludes apenas com proteção por vegetação, o escalonamento por bancadas também pode aumentar a estabilidade do local.

Visando melhores condições de operação, manutenção e limpeza, foram considerados:

I. Cortes dos taludes inclinados a 45°;

II. Fundo natural, sem revestimentos, fundamentado na posição a montante das ocupações com edificações, e sem aprováveis contribuições oriundas da microdrenagem;

III. Barragem destinada a contenção de água das cheias;

IV. Galeria dupla com dimensões de 3 x 3 m, para passagem do fluxo do Rio Jundiaí, com capacidade de descarga média de 6,50 m³/s;

V. Vertedouro com dimensões de 6 x 1 m, para eventual escoamento de excesso de vazão, com capacidade de descarga de 10,26 m³/s.

No TOMO V deste relatório está apresentado o detalhamento do projeto da bacia de retenção na SB01, através dos Apêndices - Desenho 282 aos Apêndices - Desenho 291. O primeiro desenho apresenta a planta baixa de locação da bacia, e o segundo desenho sua localização; já o terceiro, quarto e quinto desenho apresentam os perfis horizontais da bacia proposta. Por sua vez, o sexto, sétimo, oitavo e nono desenho apresentam os perfis verticais da bacia supracitada. Por fim, o último desenho ilustra alguns detalhes do projeto, como por exemplo o traçado e o perfil do barramento proposto.

Além disso, no TOMO VII – ANEXO XII – é apresentado um detalhamento de todos os elementos de locação utilizados no projeto básico da bacia de retenção (*on-line*) aqui proposta, a ser executada na sub-bacia SB01 (Rio Jundiaí – trecho montante), na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

11.1.2. *Reservatório de detenção na SB03*

Este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para alocação na SB03 (Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru). O projeto básico foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8. Para esta sub-bacia, as especificações são:

- Volume de 300.000 m³;
- Área necessária de 5 ha;
- Altura estimada de 6 m;
- Tipo de estrutura: *off-line*.

A partir dos estudos topográficos, das características locais, da posição da bacia em relação ao Rio Jundiaí e da cota de descarga no rio, o projeto foi concebido em estrutura de concreto enterrada, com o fundo na cota mais alta de 745,00 m, e a cota de superfície mais alta de 750,00 m. Visando melhores condições de operação, manutenção e limpeza, foram consideradas:

I. Paredes laterais com curvas e inclinadas em 45°;

II. Fundo com inclinações de 0,30%, direcionadas primeiramente das laterais para um eixo principal;

III. O eixo principal com declividade longitudinal também de 0,30%;

IV. As águas escoadas no fundo serão conduzidas a uma saída na direção do Rio Jundiaí, passando por uma caixa de passagem e visita, para posteriormente serem encaminhadas ao rio;

V. Sob o fundo em concreto está previsto um colchão em pedra (rachão) sob manta geotêxtil, para fazer a drenagem de fundo e aliviar as subpressões ocasionadas pela elevação do lençol freático;

VI. A caixa de inspeção e passagem será em concreto armado, com a função de passagem das águas do interior da bacia de detenção e também da drenagem de fundo;

VII. As paredes da bacia estão previstas inicialmente com espessura de 30 cm em concreto armado, com taxa de armadura na ordem de 100 kg/m³, como estimativa preliminar. As dimensões definitivas, assim como a resistência e características do concreto, deverão ser especificadas no cálculo estrutural.

Além das características supracitadas, outras especificações adotadas foram:

- **Caixa de inspeção e passagem**

Prevista em concreto armado com taxa de armadura na proporção de 80 kg/m³ e espessura de 20 cm, deverá ser executada sobre lastro de brita (rachão) para aliviar as tensões exercidas pela elevação do lençol freático. A entrada para visita poderá ser executada com tampa de concreto ou de ferro galvanizado, típica de poços de visita (PVs).

- **Drenagem de fundo**

O fundo em concreto da bacia de detenção deverá ser executado sobre colchão de brita (rachão) com dupla finalidade, primeiramente de drenagem do fundo, para aliviar as tensões porventura exercidas pela elevação do lençol freático. Este colchão deverá ser executado de forma distribuída, por toda a área de ocupação da estrutura, com espessura da camada prevista de 40 cm.

Para facilitar a drenagem de fundo e transportar até a caixa de inspeção e tubulação de descarga, deverá ser executado sob a camada de colchão drenante um dreno de fundo com vala, nas dimensões de 60 cm de largura e 80 cm altura, e um tudo perfurado em PEAD com diâmetro de 150 mm.

Todo o colchão de drenagem deverá ser executado sobre manta geotêxtil, com a finalidade de evitar a colmatação do leito de rachão.

- **Tubulação de descarga**

A tubulação de descarga está dimensionada com diâmetro de 150 cm em concreto CA-2, executada sobre uma camada de 30 cm de rachão, para regularização, e sobre esta uma camada de concreto em 20 cm, para estabilização das estruturas tubulares.

Poderá ser executada em tubos de PEAD com diâmetro de 1200 mm, assentados sobre uma camada de 20 cm de brita, sem a necessidade de berço de concreto.

Em ambas as condições, a declividade de fundo deverá ser de, no mínimo, 0,50%.

- **Válvula de retenção**

Devido a pequena diferença de nível entre a bacia de detenção e o nível médio do Rio Jundiaí, é necessário um estudo adicional para verificação da frequência do retorno das águas do rio para a estrutura de amortecimento, e desta forma verificar a necessidade de instalação de válvulas tipo retenção.

No TOMO V deste relatório está apresentado o detalhamento do projeto da bacia de detenção na SB03, através dos Apêndices - Desenho 292 aos Apêndices - Desenho 300.

O primeiro desenho apresenta a planta baixa de locação da bacia; já o segundo, terceiro, quarto e quinto desenho apresentam perfis longitudinais e transversais para a bacia proposta. O sexto desenho ilustra a situação atual do local e do entorno onde a bacia de detenção está alocada, e o sétimo e oitavo desenho apresentam uma perspectiva em 3D do reservatório. Por

fim, o último desenho ilustra alguns detalhes do projeto, como por exemplo a caixa de passagem proposta.

Além disso, no TOMO VII – ANEXO XIII – é apresentado um detalhamento de todos os elementos de locação utilizados no projeto básico da bacia de detenção (*off-line*) aqui proposta, a ser executada na sub-bacia SB03 (Campo Limpo Paulista – bairro Vila Botujuru), na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

11.1.3. *Reservatório de retenção na SB04*

Este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para alocação na SB04 (Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista). O projeto básico foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8. Para esta sub-bacia, as especificações são:

- Volume de 317.000 m³;
- Área necessária de 5,0 ha;
- Altura estimada em 6,0 m;
- Tipo de estrutura: *on-line*.

A partir dos estudos topográficos, das características locais, e da posição em relação ao Rio Jundiaí, o projeto foi concebido em estrutura de concreto enterrada, com fundo na cota média de 729,00 m, e a cota de superfície mais alta, na borda da estrutura, em 735,00 m.

O Rio Jundiaí está mantido em seu leito atual, com estrutura de canalização de modo a regularizar as descargas; desta forma, a reestruturação aqui proposta para a execução da bacia prevê paredes laterais em concreto armado, com inclinação de 90° e altura variada, e fundo de concreto armado com largura de 10 m.

A diferença de altura da parede no sentido longitudinal, entre o início e o fim da estrutura, tem a finalidade de fazer com que as águas excedentes de descargas mais altas que a capacidade de saída possa ultrapassar estas paredes, e serem reservadas na bacia nas partes laterais, tanto direita quanto esquerda do rio.

Ao lado da saída do rio, de dentro da bacia, está previsto um tubo com diâmetro de um metro em cada lado. Este foi pensado com a função de regularizar a descarga da bacia,

retardando a passagem do fluxo para o rio, cumprindo desta forma sua função de retardo e alívio para o Rio Jundiaí.

Visando melhores condições de operação, manutenção e limpeza, foram considerados:

I. Paredes laterais com curvas, e inclinadas a 45°;

II. Fundo com inclinações de 0,30%, direcionadas primeiramente das laterais para dentro, em direção às paredes do rio, e desta para a saída em um tubo, com diâmetro de 1,0 m;

III. A declividade longitudinal, também de 0,30%, facilitando o encaminhamento das águas para as saídas, configuradas por tubulação de concreto de diâmetro de 1,0 m;

IV. As paredes da bacia estão previstas inicialmente com espessura de 30 cm, em concreto armado, com taxa de armadura na ordem de 100 kg/m³, apenas como estimativas. As dimensões definitivas, assim como a resistência e demais características do concreto, deverão ser especificadas no cálculo estrutural.

No TOMO V deste relatório está apresentado o detalhamento do projeto da bacia de retenção na SB04, através dos Apêndices - Desenho 301 aos Apêndices - Desenho 311.

O primeiro desenho apresenta a planta baixa de locação da bacia. Já o segundo desenho apresenta os perfis longitudinais do contorno externo da intervenção proposta, e o terceiro desenho os perfis longitudinais das paredes do rio. O quarto desenho apresenta perfis longitudinais e transversais da bacia, e o quinto, sexto e sétimo desenho apresentam exclusivamente alguns perfis transversais. Já o oitavo desenho ilustra a situação atual do local e do entorno onde a bacia de retenção está alocada, e o nono desenho apresenta uma perspectiva em 3D do reservatório. Já o décimo desenho ilustra um detalhamento dos perfis 14 e 21, e por fim último desenho apresenta um perfil de detalhe geral da bacia proposta.

Além disso, no TOMO VII – ANEXO XIV – é apresentado um detalhamento de todos os elementos de locação utilizados no projeto básico da bacia de retenção (*on-line*) aqui proposta, a ser executada na sub-bacia SB04 (Calha Jundiaí – jusante em Campo Limpo Paulista), na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

11.1.4. *Reservatório de detenção na SB05*

Este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para alocação na SB05 (Córrego do Moinho). O projeto básico foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8. Para esta sub-bacia, as especificações são:

- Volume de 250.000 m³;
- Área necessária de 5 ha;
- Altura estimada de 5 m;
- Tipo de estrutura: *off-line*.

A partir dos estudos topográficos, das características locais, da posição da bacia em relação ao Rio Jundiaí e da cota de descarga no rio, o projeto foi concebido em estrutura de concreto enterrada, com o fundo na cota mais alta de 740,00 m, e a cota de superfície mais alta de 745,00 m. Visando melhores condições de operação, manutenção e limpeza, foram consideradas:

I. Paredes laterais com curvas e inclinadas em 45°;

II. Fundo com inclinações de 0,297%, direcionadas primeiramente das laterais para um eixo principal;

III. O eixo principal com declividade longitudinal também de 0,297%;

IV. As águas escoadas no fundo serão conduzidas a uma saída na direção do Rio Jundiaí, passando por uma caixa de passagem e visita, para posteriormente serem encaminhadas ao rio;

V. Sob o fundo em concreto está previsto um colchão em pedra (rachão) sob manta geotêxtil, para fazer a drenagem de fundo e aliviar as subpressões ocasionadas pela elevação do lençol freático;

VI. A caixa de inspeção e passagem será em concreto armado, com a função de passagem das águas do interior da bacia de detenção e também da drenagem de fundo;

VII. As paredes da bacia estão previstas inicialmente com espessura de 30 cm em concreto armado, com taxa de armadura na ordem de 100 kg/m³, como estimativa

preliminar. As dimensões definitivas, assim como a resistência e características do concreto, deverão ser especificadas no cálculo estrutural.

Além das características supracitadas, outras especificações adotadas foram:

- **Caixa de inspeção e passagem**

Prevista em concreto armado com taxa de armadura na proporção de 80 kg/m³ e espessura de 20 cm, deverá ser executada sobre lastro de brita (rachão) para aliviar as tensões exercidas pela elevação do lençol freático. A entrada para visita poderá ser executada com tampa de concreto ou de ferro galvanizado, típica de poços de visita (PVs).

- **Drenagem de fundo**

O fundo em concreto da bacia de detenção deverá ser executado sobre colchão de brita (rachão) com dupla finalidade, primeiramente de drenagem do fundo, para aliviar as tensões porventura exercidas pela elevação do lençol freático. Este colchão deverá ser executado de forma distribuída, por toda a área de ocupação da estrutura, com espessura da camada prevista de 40 cm.

Para facilitar a drenagem de fundo e transportar até a caixa de inspeção e tubulação de descarga, deverá ser executado sob a camada de colchão drenante um dreno de fundo com vala, nas dimensões de 60 cm de largura e 80 cm altura, e um tudo perfurado em PEAD com diâmetro de 150 mm.

Todo o colchão de drenagem deverá ser executado sobre manta geotêxtil, com a finalidade de evitar a colmatação do leito de rachão.

- **Tubulação de descarga**

A tubulação de descarga está dimensionada com diâmetro de 150 cm em concreto CA-2, executada sobre uma camada de 30 cm de rachão, para regularização, e sobre esta uma camada de concreto em 20 cm, para estabilização das estruturas tubulares.

Poderá ser executada em tubos de PEAD com diâmetro de 1200 mm, assentados sobre uma camada de 20 cm de brita, sem a necessidade de berço de concreto.

Em ambas as condições, a declividade de fundo deverá ser de, no mínimo, 0,50%.

- **Válvula de retenção**

Devido a pequena diferença de nível entre a bacia de detenção e o nível médio do Rio Jundiaí, é necessário um estudo adicional para verificação da frequência do retorno das águas do rio para a estrutura de amortecimento, e desta forma verificar a necessidade de instalação de válvulas tipo retenção.

No TOMO V deste relatório está apresentado o detalhamento do projeto da bacia de detenção na SB05, através dos Apêndices - Desenho 312 aos Apêndices - Desenho 319

O primeiro desenho apresenta a pla nta baixa de locação da bacia; já o segundo, terceiro e quarto desenho apresentam perfis longitudinais e transversais para a bacia proposta. O quinto desenho ilustra a situação atual do local e do entorno onde a bacia de detenção está alocada, e o sexto e sétimo desenho apresentam uma perspectiva em 3D do reservatório. Por fim, o último desenho ilustra alguns detalhes do projeto, como por exemplo a caixa de passagem proposta.

Além disso, no TOMO VII – ANEXO XV – é apresentado um detalhamento de todos os elementos de locação utilizados no projeto básico da bacia de detenção (*off-line*) aqui proposta, a ser executada na sub-bacia SB05 (Córrego do Moinho), na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

11.2. Conjunto de Ações II

Este item apresenta o detalhamento da concepção das intervenções estruturais recomendadas ao longo da calha do Rio Jundiaí, classificadas a partir de sete seções-tipo, conforme Tabela 11.2 a seguir. Ainda, a Tabela 11.3 ilustra quais das seções-tipo são propostas de serem alocadas ao longo dos três municípios onde estas medidas estão indicadas. O Mapa 11.1, apresentado anteriormente, ilustra a espacialização deste Conjunto de Ações II ao longo da BHJ.

Tabela 11.2. Quantitativos das seções-tipo do canal e de bermas previamente definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ.

Canal em concreto				Berma	
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área (m²)**	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
11,0	2,5	27,50	445,81	0,50	172,26
12,0	2,5	30,00	4.277,91	-	-
15,0	3,0	45,00	898,62	1,00	898,62
17,0	3,0	51,00	1.582,32	0,50	1.582,32
20,0	3,0	60,00	3.354,48	1,00	3.354,48
22,0	3,5	77,00	1.208,57	1,00	1.208,57
24,0	3,5	84,00	3.541,65	1,00	3.541,65
Total		**-**	15.309,36	-	10.757,90

Tabela 11.3. Quantitativo das seções-tipo do canal e bermas, por município, previamente definidos para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ.

Município	**Canal em concreto**		**Berma**	
	Seção	**Extensão (m)**	**Altura (m)**	**Extensão (m)**
Campo Limpo Paulista	11 x 2,5	445,81	0,5	172,26
	12 x 2,5	741,07	-	-
Várzea Paulista	12 x 2,5	3.536,84	-	-
	15 x 3,0	239,35	1,0	239,35
	17 x 3,0	84,21	0,5	84,21
Jundiaí	15 x 3,0	659,27	1,0	659,27
	17 x 3,0	1.498,10	0,5	1.498,10
	20 x 3,0	3.354,48	1,0	3.354,48
	22 x 3,5	1.208,57	1,0	1.208,57
	24 x 3,5	3.541,65	1,0	3.541,65

O projeto básico destas intervenções foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8. Assim, este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para as modificações na calha do Rio Jundiaí, elencadas anteriormente na Tabela 11.2.

A partir de estudos topográficos, levantamento de características locais, posição em relação ao Rio Jundiaí, largura, declividade longitudinal e capacidade de descarga do rio, foi concebido o projeto de aumento da seção transversal, considerando geometria trapezoidal, conforme Tabela 11.4 a seguir, seguindo a disposição já apresentada na Tabela 11.2.

A proposição da geometria trapezoidal, conforme estudos das seções transversais sugerem, dá maior segurança aos taludes com inclinação de 45°, sem necessidade de elementos estruturais em concreto, gabião ou pedra; no entanto, ainda depende da avaliação geológica e geotécnica do solo que compõem os taludes, a ser realizada em etapas de projeto posteriores a essa. Um segundo fator preponderante na escolha de seções deste tipo é a questão da facilidade de manutenção e limpeza, visto que as paredes não possuem ângulo reto com o fundo.

No contexto desta solução, observa-se que pode tratar-se de um trabalho de desassoreamento com eficácia assegurada, haja vista que a linha de fundo do Rio Jundiaí será preservada, e o aumento da capacidade de escoamento se dará com o aumento da seção transversal, alcançada com a remoção de sedimentos e limpeza.

No trabalho de locação, faz-se necessário a checagem *in loco* de medidas e coordenadas, de modo a proceder aos ajustes necessários para evitar sobreposição ou excesso de aproximação com estradas, pontes e/ou outras edificações.

Ressalta-se ainda que as dimensões das seções trapezoidais aqui propostas possuem áreas maiores que as retangulares, visando a aumentar a capacidade de condução de vazão sem a necessidade de algum tipo de elevação das margens.

No TOMO V deste relatório encontra-se detalhada a indicação em planta destas sete seções-tipo, que foram agrupadas neste segundo conjunto de ações propostas, e estão apresentadas dos Apêndices - Desenho 320 aos Apêndices - Desenho 377.

Tabela 11.4. Informações das seções trapezoidais para os trechos com modificações estruturais propostas na calha do Rio Jundiaí.

Canal retangular				Canal trapezoidal equivalente à seção retangular				
Largura (m)	**Profundidade (m)**	**Área da seção transversal (m²)**	**Raio hidráulico (m)**	**Base maior (m)**	**Base menor (m)**	**Profundidade (m)**	**Área da seção transversal (m²)**	**Raio hidráulico (m)**
11,00	2,50	27,50	1,72	14,45	9,45	2,50	29,88	1,81
12,00	2,50	30,00	1,76	15,50	10,50	2,50	32,50	1,85
15,00	3,00	45,00	2,14	13,40	18,40	3,00	49,20	2,25
17,00	3,00	51,00	2,22	15,40	21,40	3,00	55,20	2,31
20,00	3,00	60,00	2,31	18,60	24,60	3,00	64,80	2,39
22,00	3,50	77,00	2,66	27,40	20,40	3,50	83,65	2,76
24,00	3,50	84,00	2,71	29,50	22,50	3,50	91,00	2,81

11.3. Conjunto de Ações III

Este item apresenta o detalhamento da concepção das adequações recomendadas para 16 travessias dispostas ao longo da calha do Rio Jundiaí. Estas encontram-se subdivididas em dois tipos de intervenção – *Alargamento da seção hidráulica* e *Alteamento* –, conforme detalhado na Tabela 11.5 a seguir. O Mapa 11.2 ilustra a espacialização deste Conjunto de Ações III ao longo da BHJ.

Tabela 11.5. Travessias com intervenções necessárias, para a alternativa de medidas estruturais proposta na BHJ.

Travessia	Município	Tipo de estrutura	Localização da travessia	Intervenção	
				Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV15	Várzea Paulista	Ponte (concreto)	Avenida Marginal do Rio Jundiaí (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV21	Jundiaí	Passarela	Passarela (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Marginal do Rio Jundiaí)	x	x
TV24	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV25	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Antônio Frederico Ozanan (ligação entre as vias das margens esquerda e direita)	x	x
TV27	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida São João Batista (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV29	Jundiaí	Ponte (concreto)	Rua Castro Alves (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV37	Jundiaí	Ponte (concreto)	Rua Tiradentes (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x
TV39	Jundiaí	Linha férrea	Linha férrea (ligação entre as vias das margens esquerda e direita da Avenida Antônio Frederico Ozanan)	x	x

Travessia	Município	Tipo de estrutura	Localização da travessia	Intervenção	
				Alargamento da seção hidráulica sob a travessia	Alteamento da travessia
TV44	Jundiaí	Ponte (concreto)	Ligação entre a Avenida Antônio Frederico Ozanan e a Rua João Castiglioni de Oliveira		x
TV55	Jundiaí	Ponte (concreto)	Avenida Daniel Pelizzari (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV56	Itupeva	Ponte (concreto)	Rodovia Akzo Nobel (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV59	Itupeva	Ponte (concreto)	Estrada Municipal IVA 185 (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV60	Itupeva	Ponte (concreto)	Travessia no Rio Jundiaí, próximo à Via Pascoal Vicentini (margem esquerda do Rio)		x
TV61	Indaiatuba	Ponte (concreto)	Estrada da Ecologia (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV67	Salto	Ponte (concreto)	Avenida Marechal Rondon (travessia no Rio Jundiaí)		x
TV68	Salto	Ponte (concreto)	Avenida Vicente Schivitaro (travessia no Rio Jundiaí, próximo a foz)		x
			Total	**8**	**16**

Este item apresenta um memorial descritivo referente ao projeto básico da alternativa estrutural recomendada para as travessias elencadas na Tabela 11.5. O projeto básico foi elaborado visando atender as condições mínimas especificadas nos estudos hidrológicos desenvolvidos anteriormente, no item 8.

A partir dos estudos hidrológicos com determinação de descargas em diferentes cenários, relativos à diferentes períodos de retorno, e a levantamentos topográficos com determinação de declividade longitudinal, aspectos físicos da seção transversal, características locais – como a posição das vias em relação ao Rio Jundiaí –, pôde-se determinar uma proposta para a solução dos problemas.

A concepção proposta para as travessias considera alguns pontos importantes:

- A estrutura existente de cada travessia;

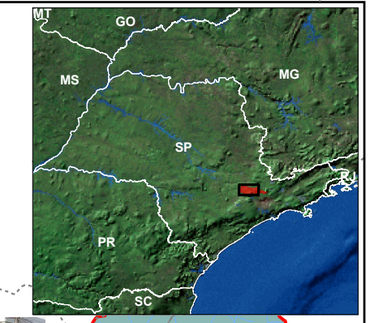
280000 300000 320000

7440000

7420000





Indaiatuba

TV61 TV60 TV59 TV56 TV55





Itupeva




TV44 TV39 TV37 TV29 TV27 TV24 TV25 TV21 TV15

Jundiaí

Salto

TV67 TV68

Várzea Paulista

Campo Limpo Paulista








Cabreúva

N

0 2,75 5,5 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Adequação de Travessias
- Hidrografia
- Rios Principais
- Limite Municipal
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí

Sub-bacias

- Sub-bacia 01
- Sub-bacia 02
- Sub-bacia 03
- Sub-bacia 04
- Sub-bacia 05
- Sub-bacia 06
- Sub-bacia 07
- Sub-bacia 08
- Sub-bacia 09
- Sub-bacia 10
- Sub-bacia 11
- Sub-bacia 12
- Sub-bacia 13
- Sub-bacia 14
- Sub-bacia 15
- Sub-bacia 16
- Sub-bacia 17
- Sub-bacia 18
- Sub-bacia 19
- Sub-bacia 20
- Sub-bacia 21
- Sub-bacia 22
- Sub-bacia 23
- Sub-bacia 24
- Sub-bacia 25
- Sub-bacia 26
- Sub-bacia 27
- Sub-bacia 28
- Sub-bacia 29
- Sub-bacia 30
- Sub-bacia 31
- Sub-bacia 32

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:150.000
Data: 15/04/2022

Mapa 9.2. Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: adequação de travessias

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Proposta de intervenção: Profill, 2020

- As melhores condições para alargamento, observando a direção do melhor espaço para aumento no sentido horizontal;
- As melhores condições para alteamento da estrutura, observando com cuidado para utilizar a cota mais baixa possível de fundo do Rio Jundiaí, considerando este o ponto mais baixo para o desassoreamento;
- As necessidades de novos ajustes nas vias, para nova configuração das concordâncias verticais e horizontais, considerando as novas dimensões – tanto no sentido da largura quanto na altura;
- As altitudes indicadas nos desenhos sob a linha inferior das vigas são as posições mínimas de cada travessia, visando fornecer o menor vão, e atender as cotas máximas de cheias sem estrangulamento, para o cenário estabelecido de 10 anos de período de retorno;
- As cotas superiores das vigas, ou mesmo do novo greide das pontes, não estão estabelecidos; estes estarão atrelados ao dimensionamento estrutural, a ser definido no projeto executivo em cada caso.

A Tabela 11.6 apresenta o resumo do dimensionamento de cada travessia, para o qual foi utilizada a equação de Manning, conforme indicada a seguir (Equação 11.1):

$$Q = \frac{A}{n} \cdot {R_H}^{2/3} \cdot \sqrt{I} \qquad 11.1$$

Onde:

Q é a capacidade de descarga (m³/s);

n é o coeficiente de descarga. Para paredes ou cortinas de concreto, n = 0,018; já para fundo de rio regularizado, n = 0,028. Na equação foi utilizada a média ponderada;

A é a área da seção transversal (m²);

RH é o raio hidráulico (m);

I é a declividade do trecho (m/m).

Tabela 11.6. Resumo do dimensionamento das travessias para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Travessias	Declividade média (m/m)	Rugosidade de Manning	Seção transversal do canal							Vazão recalculada (m³/s)	Vazão por período de retorno (m³/s)					
			Dimensões existentes			Dimensões recalculadas										
		Média ponderada	Largura (m)	Altura (m)	Área (m²)	Largura (m)	Altura (m)	Área mínima (m²)	Raio hidráulico (m)		2 anos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
TV 15	0,000615	0,0232	7,10	2,87	21,31	8,60	4,00	34,40	2,072	59,819	36,71	47,86	58,86	75,54	92,12	132,68
TV 21	0,000544	0,0243	18,10	4,60	73,54	20,00	5,80	116,00	3,671	264,634	158,00	211,29	261,04	338,55	411,01	521,46
TV 24	0,000884	0,0243	16,85	4,00	47,07	19,00	5,50	104,50	3,483	293,407	175,01	234,14	289,25	375,13	455,23	575,11
TV 25	0,000883	0,0254	17,00	3,52	41,47	25,70	4,50	115,65	3,333	301,806	182,07	243,63	300,96	390,32	473,59	597,38
TV 27	0,000686	0,0248	32,00	5,72	104,17	24,40	5,72	139,57	3,894	364,727	187,71	251,11	310,16	402,16	487,91	614,23
TV 29	0,0010815	0,0244	20,00	4,79	77,62	19,41	5,50	106,76	3,511	332,583	200,72	268,17	331,01	428,84	520,17	651,06
TV 37	0,000441	0,0253	28,27	4,99	93,58	30,50	5,65	172,33	4,123	367,806	222,28	296,43	365,56	473,04	573,61	712,08
TV 39	0,001334	0,0229	20,70	10,80	196,14	20,70	10,80	196,14	4,637	870,122	227,79	303,65	374,39	484,34	587,27	727,67
TV 44	0,000466	0,0254	28,94	3,68	101,53	31,70	5,50	174,35	4,083	378,183	229,04	305,27	375,80	485,58	589,17	727,00
TV 55	0,0002465	0,0253	29,50	5,20	220,11	37,00	7,00	259,00	5,078	475,717	290,93	386,57	474,39	611,07	741,62	911,88
TV 56	0,0006335	0,0280	50,00	6,79	404,91	31,00	6,79	338,94	7,603	1.178,040	311,99	416,19	511,39	659,67	799,73	980,36
TV 59	0,000955	0,0245	27,94	9,44	235,05	26,54	7,10	188,43	4,625	659,422	400,13	532,38	652,06	840,74	1.014,34	1.230,88
TV 60	0,00115	0,0227	18,30	14,84	213,97	17,34	9,70	168,20	4,578	692,186	419,47	560,97	690,80	893,27	1.080,77	1.312,87
TV 61	0,000228	0,0256	13,60	6,35	159,15	48,00	7,70	369,60	5,830	706,937	420,67	562,78	693,14	896,92	1.085,44	1.318,56
TV 67	0,003162	0,0243	28,56	5,60	159,94	22,50	6,50	146,25	4,120	868,367	486,92	644,37	788,53	1.016,35	1.227,20	1.480,12
TV 68	0,000488	0,0242	29,74	8,57	225,51	29,83	9,20	274,44	5,690	798,954	487,00	644,50	788,70	1.016,60	1.227,50	1.480,50

A seguir, apresentam-se considerações acerca do dimensionamento de cada uma das travessias analisadas.

I. TV15

Para a travessia 15, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 8,60 m x 4,00 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 791,95 m, e também do nível inferior da viga, de 725,95 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

II. TV21

Para a travessia 21, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 20,00 m x 5,80 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 704,11 m, e também do nível inferior da viga, de 709,91 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

III. TV24

Para a travessia 24, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 19,00 m x 5,50 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 700,67 m, e também do nível inferior da viga, de 706,17 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

IV. TV25

Para a travessia 25, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 25,67 m x 4,45 m, e cabeceiras em concreto armado; neste caso em específico, em função da maior limitação na altura, foi necessário aumentar a largura.

As altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 701,81 m, e também a do nível inferior da viga, de 706,31 m, estão dispostas a atender às dimensões mínimas da seção necessária. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

V. TV27

Para a travessia 27, utilizou-se solução semelhante à travessia 25, quanto ao acréscimo da largura; no entanto, a altura foi mantida a existente, sendo adotado somente alargamento da seção, com geometria retangular de 25,54 m x 5,72 m, e cabeceiras em concreto armado.

As altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 700,74 m, e também a do nível inferior da viga, de 706,76 m, estão dispostas a atender às dimensões mínimas da seção necessária. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

VI. TV29

Para a travessia 29, a largura da seção permanece a existente, podendo até mesmo apresentar uma pequena redução. Esta demonstração pretende indicar, para caso de necessidade de melhoria na estrutura, que não há grandes limitações quanto ao alargamento da seção. O alteamento foi necessário, no entanto de pequena monta, quando pôde-se aproveitar as condições de fundo do Rio Jundiaí. A seção adotada possui geometria retangular de 19,41 m x 5,50 m, e cabeceiras em concreto armado.

As altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 695,24 m, e também a do nível inferior da viga, de 703,95 m, estão dispostas a atender às dimensões mínimas da seção necessária. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

VII. TV37

Para solução da travessia 37, as alterações de alargamento e alteamento são pequenas e com poucas influencias nas questões de concordâncias com as vias urbanas. A seção adotada possui geometria retangular de 30,50 m x 5,65 m, e cabeceiras em concreto armado.

As altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 694,70 m, e também a do nível inferior da viga, de 700,35 m, estão dispostas a atender às dimensões mínimas da seção necessária. Para qualquer alteração de cota deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

VIII. TV39

Para a travessia 39 não há proposição de intervenções, haja vista que as dimensões e condições existentes atendem uma descarga para até 100 anos de período de retorno, seguindo os estudos hidrológicos realizados.

IX. TV44

Para a travessia 44, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 31,70 m x 5,50 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 691,46 m, e também do nível inferior da viga, de 796,96 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

X. TV55

Para a travessia 55, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com geometria retangular de 31,00 m x 7,00 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 674,86 m, e também do nível inferior da viga, de 681,86 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XI. TV56

Para travessia 56, a solução foi adotada diferiu das demais, visando o aproveitamento das condições atuais favoráveis da seção; desta forma, a seção transversal será mista, com o canal principal em forma trapezoidal, onde sofrerá intervenção. Acima desta, mesmo sendo utilizada para descarga de parte da vazão, não há necessidade de intervenção. A geometria trapezoidal mede 36,89 m de base maior, 23,14 m de base menor, e 3,96 m de altura, com paredes revestidas de concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 668,45 m, e também do nível inferior da viga, de 675,23m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XII. TV59

Para a travessia 59, adotou-se apenas o alteamento da seção, com geometria aproximadamente retangular, e com a preservação do fundo do Rio Jundiaí sem qualquer intervenção. Ressalta-se a observação da altitude (cota) do nível inferior da viga, 647,536 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento há necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XIII. TV60

Para a travessia 60, adotou-se apenas o alteamento da seção e a regularização do fundo do Rio Jundiaí, com geometria retangular de 17,34 m x 9,70 m, e cabeceiras em concreto armado existentes preservadas, sem necessidade de intervenções. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 588,48 m, e também do nível inferior da viga, de 598,18 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XIV. TV61

Para a travessia 61, adotou-se o alargamento e alteamento da seção, com dimensões bem maiores que as atuais, com geometria retangular de 48,00 m x 7,70 m, e cabeceiras em concreto armado. Ressalta-se a observação das altitudes (cotas) do fundo do Rio Jundiaí, de 555,85 m, e também do nível inferior da viga, de 562,985 m. Para qualquer alteração de cota, deve ser mantida a diferença de nível.

Devido ao alteamento e ao alargamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XV. TV67

Para a travessia 67, adotou-se apenas o alteamento da seção em 97 cm, mantendo a geometria irregular atual e a cota da parte inferior da viga em 523,615 m. Devido ao alteamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

XVI. TV68

Para a travessia 68, adotou-se apenas o alteamento da seção, mantendo a largura atual com a regularização dos taludes e também do leito do Rio Jundiaí (desassoreamento). A geometria será retangular, com dimensões de 29,83 m de largura e altura de 9,20 m. A cota do fundo do Rio Jundiaí será de 517,61 m, e da parte inferior da viga de 526,81 m. Devido ao alteamento da seção sob a travessia, há a necessidade de revisão e readequação das concordâncias horizontais e verticais das vias com a ponte.

No TOMO V deste relatório encontra-se detalhada a indicação em planta das adequações nas travessias supracitadas, que foram agrupadas neste terceiro conjunto de ações propostas, e estão apresentadas dos Apêndices - Desenho 378 aos Apêndices - Desenho 392, para cada uma das intervenções apresentadas anteriormente neste item 11.3 e na Tabela 11.5.

11.4. Cronograma físico-financeiro do Conjunto de Ações propostas

Este item apresenta os custos e os cronogramas físico-financeiros, estimados para a execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ, bem como as modificações na calha do Rio Jundiaí. Ambas as medidas estruturais supracitadas foram inseridas no Plano de Ações da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, apresentado anteriormente no item 9, através do "*Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias*" e do "*Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí*".

Os custos estimados para a execução do "*Programa para construção de reservatórios de amortecimento de cheias*" foram estimados na ordem de R$ 393 milhões. Tais custos estão distribuídos, por obra e tipo de intervenção, conforme Tabela 11.7 a seguir:

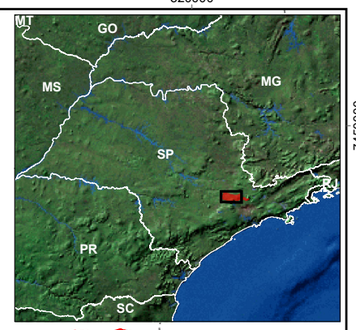
Tabela 11.7. Custos (totais e por obra) estimados para a execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ.

Reservatórios	Custo com desapropriação (R$)	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)	Custo total (R$)
SB01	28.440.000,00	322.061.870,01	350.501.870,01
SB03	3.600.000,00	14.325.709,71	17.925.709,71
SB04	2.916.000,00	6.155.117,36	9.071.117,36
SB05	3.600.000,00	11.883.332,56	15.483.332,56
Total	**38.556.000,00**	**354.426.029,64**	**392.982.029,64**

Para determinar a ordem de implementação dessas estruturas, foi adotado o critério financeiro, iniciando-se pelas obras de menor custo, ou seja, os reservatórios localizados nas sub-bacias SB04 e SB05. O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ está apresentado no Quadro 11.1, e o Mapa 11.3 a seguir ilustra esta informação, para todas as intervenções estruturais propostas na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

266000 284000 302000 320000

7450000 7437500 7425000



Indaiatuba
Salto
Jundiaí
Itupeva
Cabreúva
Campo Limpo Paulista
Várzea Paulista

TV61 TV60 TV59 TV56 TV55 TV68 TV67 TV39 TV37 TV44 TV27 TV24 TV25 TV21 TV15

SB01 SB02 SB03 SB04 SB05 SB06 SB07 SB08 SB09 SB10 SB11 SB12 SB13 SB14 SB15 SB16 SB17 SB18 SB19 SB20 SB21 SB22 SB23 SB24 SB25 SB26 SB27 SB28 SB29 SB30 SB31 SB32

IVA-664 IVA-045 IVA-040 SPA 063/300 SPA 063/332 SP-564 SF-332

N

0 3 6 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rios Principais
- Rodovia
- Ferrovia
- Sub-bacias
- Bacia hidrográfica do Rio Jundiaí
- Limite Municipal
- Ponto dos barramentos SB01 e SB04

Faseamento de adequações nas travessias:

- Início: médio prazo/Fim: longo prazo

Faseamento de intervenções na calha do Rio Jundiaí:

- Início: curto prazo/Fim: longo prazo
- Sem modificações propostas (Leito já modificado)
- Sem modificações (Leito natural)

Faseamento de execução dos reservatórios:

- Início: curto prazo/Fim: longo prazo
- Início: curto prazo/Fim: médio prazo

Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ – PDM-BHJ

PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 23S
Escala: 1:160.000
Data: 15/04/2022

Mapa 9.3: Proposta de medidas estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí: etapas de execução das obras recomendadas

Fonte de dados:
- Sede municipal: IGC, 2010
- Limite municipal: IGC, 2015
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013
- Limite da bacia: Adapatado de ANA, 2013
- Proposta de intervenção: Profill, 2021

Quadro 11.1. Cronograma físico-financeiro proposto para a execução das obras de construção de reservatórios de amortecimento de cheias na BHJ.

Reservatórios	Etapa	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
SB01	Projeto	9.661.856,10				
	Licenciamento		6.441.237,40			
	Desapropriação			28.440.000,00		
	Obras			305.958.776,51		
SB03	Projeto	429.771,29				
	Licenciamento	286.514,19				
	Desapropriação		3.600.000,00			
	Obras			13.609.424,22		
SB04	Projeto	184.653,52				
	Licenciamento		123.102,35			
	Desapropriação		2.916.000,00			
	Obras		5.847.361,49			
SB05	Projeto	356.499,98				
	Licenciamento	237.666,65				
	Desapropriação		3.600.000,00			
	Obras		11.289.165,93			

Já os custos totais para implementação das ações do "*Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Jundiaí*" são da ordem de aproximadamente R$ 833 milhões, sendo destes: R$ 752 milhões destinados para obras de modificação do canal – canalização (89% do total) e bermas (1% do total) – e R$ 81 milhões (10% do total) para a adequação de travessias.

Tais custos estão distribuídos, por município e tipo de intervenção, conforme Tabela 11.8 a seguir:

Tabela 11.8. Custos (totais e por obra) estimados para a execução das obras de modificação da calha ao longo do Rio Jundiaí.

Município	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)			
	Canalização	Bermas	Travessias	Total
Campo Limpo Paulista	34.394.754,72	59.069,83	-	34.453.824,55
Várzea Paulista	118.884.664,87	228.809,54	1.320.181,36	120.433.655,77

Município	Custo em obras, incluindo projeto e licenciamento (R$)			
	Canalização	Bermas	Travessias	Total
Jundiaí	588.511.690,99	9.963.822,65	62.662.057,30	661.137.570,94
Itupeva	-	-	8.398.649,70	8.398.649,70
Indaiatuba	-	-	552.573,30	552.573,30
Salto	-	-	8.544.000,78	8.544.000,78
Total	**741.791.110,58**	**10.251.702,02**	**81.477.462,44**	**833.520.275,04**

Para determinar a ordem de implementação dessas modificações ao longo da calha, foi adotado o critério de início das obras de montante para jusante, priorizando as ações de canalizações em concreto (que são de mais efetivo aumento da capacidade de escoamento do canal), paralelas à execução das bermas. O detalhamento do cronograma físico-financeiro de execução das obras de modificação da calha ao longo do Rio Jundiaí está apresentado no Quadro 11.2.

Quadro 11.2. Cronograma físico-financeiro proposto para a execução das obras de modificação da calha ao longo do Rio Jundiaí.

Modificações no canal	Etapa	1 a 4 anos	5 a 8 anos	9 a 12 anos	13 a 16 anos	17 a 20 anos
Canalizações em concreto	Projeto	22.253.733,32				
	Licenciamento	14.835.822,21				
	Obras (Jundiaí)		279.543.053,22	279.543.053,22		
	Obras (Várzea Paulista)			112.940.431,63		
	Obras (Campo Limpo Paulista)			32.675.016,98		
Bermas	Projeto	307.551,06				
	Licenciamento	205.034,04				
	Obras (Jundiaí)		4.732.815,76	4.732.815,76		
	Obras (Várzea Paulista)			217.369,06		
	Obras (Campo Limpo Paulista)			56.116,34		
Adequação de travessias	Projeto		2.444.323,87			
	Licenciamento		1.629.549,25			
	Obras			77.403.589,32		

No cronograma proposto acima (Quadro 11.2) não foram discretizadas as adequações de travessias por município, devido aos períodos de concessão de rodovias e/ou ferrovias variarem de acordo com a municipalidade. Além disso, nos municípios onde há simultaneamente a canalização de concreto e a adequação das travessias, as próprias obras no canal podem acarretar adiantamento na modificação da estrutura da travessia, até antes do prazo previsto no cronograma.



Resultados das medidas estruturais recomendadas

12. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA COM A IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS RECOMENDADAS: MANCHAS DE INUNDAÇÃO

Este item apresenta as manchas de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a implantação de todas as obras detalhadas em planta no capítulo 11. Tais informações são resultado da simulação realizada com o *software* HEC-RAS na BHJ, considerando as vazões do cenário de Prognóstico apresentadas no item 8.

O produto dos esforços supracitados são as manchas de inundação para a calha do Rio Jundiaí, considerando o cenário de ocupação futura, que estão apresentadas agrupadas por tempo de retorno, do item 12.1 ao item 12.6. Uma comparação com as manchas de inundação sem a execução das obras (cenário atual) é apresentada no item 12.7.

12.1. Tempo de retorno de 2 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 02 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 15. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.2. Tempo de retorno de 5 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 05 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 16. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.3. Tempo de retorno de 10 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 10 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 17. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.4. Tempo de retorno de 25 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 25 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 18. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.5. Tempo de retorno de 50 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 50 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 19. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.6. Tempo de retorno de 100 anos

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando a execução de todas as medidas estruturais propostas, para um evento com tempo de retorno de 100 anos, é apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 20. Este encontra-se subdivido em 20 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência (TDR) do presente estudo, de 1:10.000.

12.7. Comparação entre o cenário de Diagnóstico e com as medidas estruturais recomendadas

Este item apresenta uma comparação das manchas de inundação obtidas com a simulação hidrodinâmica para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, considerando o cenário atual e o cenário proposto, com intervenções estruturais (detalhadas no capítulo 11). Esta comparação é apresentada por tempo de retorno, conforme exposto do item 12.7.1 ao item 12.7.6 a seguir.

12.7.1. *Comparação para o TR de 2 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 2 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 21. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.2. *Comparação para o TR de 5 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 5 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 22. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.3. *Comparação para o TR de 10 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 10 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 23. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.4. *Comparação para o TR de 25 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 25 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 24. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.5. *Comparação para o TR de 50 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 50 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 25. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.6. *Comparação para o TR de 100 anos*

A comparação entre as manchas de inundação para a condição atual e a condição que considera a execução de todas as medidas estruturais propostas na BHJ, para o tempo de retorno de 100 anos, está apresentada no TOMO VI deste relatório, nos Apêndices - Mapa 26. Este encontra-se subdivido em 3 páginas (ou *frames*), elaboradas a partir dos limites municipais ao longo da calha do Rio Jundiaí.

12.7.7. *Avaliação do efeito das medidas propostas considerando o uso e ocupação do solo da BHJ*

O conjunto de medidas estruturais e não-estruturais propostas para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí promove um efeito conjunto em toda a BHJ. Desta forma, visando complementar a análise comparativa entre o cenário atual e o cenário de intervenções indicado, cuja apresentação em formato de mapas já se encontra ilustrada no item 12.7, esta seção apresenta alguns quantitativos que visam mensurar os efeitos das ações propostas em toda a bacia.

Para esta análise, as classes de uso do solo presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí foram agrupadas em 4 categorias: urbano, agrícola, áreas naturais e outros usos. O Quadro 12.1 a seguir indica as classes que foram alocadas em cada uma das categorias supracitadas, bem como o percentual de área de cada uma delas, em relação à área total da BHJ.

Quadro 12.1. Categorização das classes de uso e ocupação do solo da BHJ.

Categoria	Classe de uso do solo*	Porcentagem da classe na BHJ
Urbano	Área urbanizada	22,02%
Agrícola	Campo	27,92%
	Cana de açúcar	1,71%
	Lavoura permanente	0,89%
	Lavoura temporária	8,21%
	Pivô	0,32%
	Silvicultura	7,60%
Áreas naturais	Água	0,73%
	Campo úmido	0,65%
	Mata nativa	28,86%
Outros usos	Afloramento rochoso	0,004%
	Mineração	0,14%
	Outros usos	0,03%
	Solo exposto	0,90%

*Fonte: Uso do solo oriundo da revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PROFILL/RHAMA, 2018a).

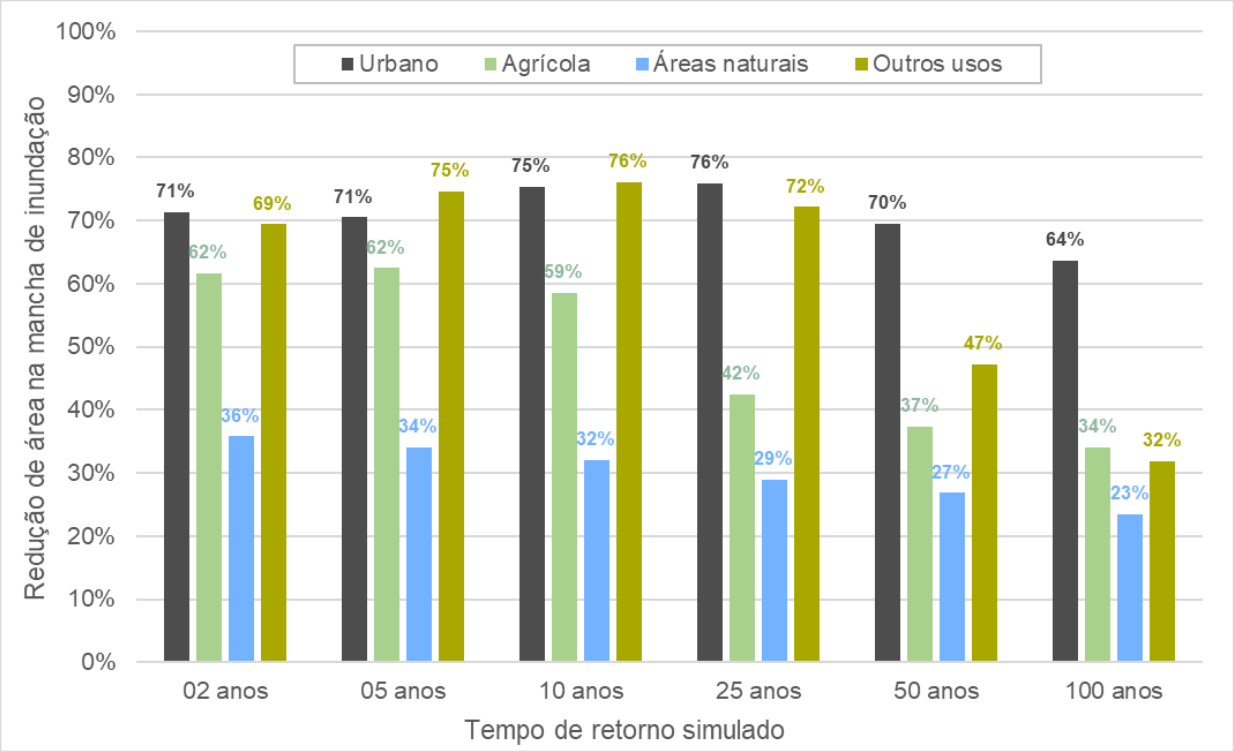
A Tabela 12.1 a seguir apresenta o quantitativo de áreas atingidas pela mancha de inundação para o cenário atual e o cenário considerando a execução das medidas estruturais propostas. Também ilustra a redução no percentual de áreas atingidas, quando comparados ambos os cenários.

Tabela 12.1. Relação entre as áreas na mancha de inundação para o cenário atual e o cenário com intervenções proposto neste PDM, e a comparação entre os cenários do percentual de redução de regiões atingidas.

Categoria de uso do solo	Área da categoria na mancha de inundação (km²)												Redução de área na mancha entre os cenários (%)					
	Cenário atual						Cenário com intervenções proposto											
	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Urbano	3,80	5,55	7,79	9,98	12,78	14,53	1,09	1,64	1,91	2,40	3,89	5,28	71%	71%	75%	76%	70%	64%
Agrícola	8,40	10,15	11,10	12,30	13,26	14,73	3,22	3,81	4,59	7,07	8,30	9,71	62%	62%	59%	42%	37%	34%
Áreas naturais	9,30	10,59	11,28	12,24	12,92	13,79	5,97	6,98	7,66	8,69	9,45	10,55	36%	34%	32%	29%	27%	23%
Outros usos	0,71	1,15	1,33	1,52	1,58	1,65	0,22	0,29	0,32	0,42	0,83	1,12	69%	75%	76%	72%	47%	32%
Total	*22,21*	*27,45*	*31,49*	*36,03*	*40,53*	*44,70*	*10,50*	*12,72*	*14,49*	*18,59*	*22,47*	*26,66*	*53%*	*54%*	*54%*	*48%*	*45%*	*40%*

Além dos valores apresentados na Tabela 12.1, a Figura 12.1 ilustra o percentual de redução de áreas atingidas para cada categoria agrupada de uso e ocupação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Figura 12.1. Redução de áreas na mancha de inundação, na comparação entre os cenários atual e proposto, agrupada por tempo de retorno e categoria de uso e ocupação do solo.



Através da análise da figura supracitada, percebe-se que, considerando o uso do solo em geral da BHJ, o tempo de recorrência que apresentou maior redução de áreas na mancha de inundação foi de 10 anos, passando de 31,49 km² de área potencialmente inundada no cenário atual para 14,49 km², considerando a execução de todas as medidas propostas. Analisando separadamente as categorias de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, percebe-se que a maior porcentagem de redução de áreas na mancha de inundação encontra-se nas classes *Urbano* e *Outros usos*, ambos com 76%.

Já a Tabela 12.2 seguir também apresenta o quantitativo de áreas atingidas pela mancha de inundação, para o cenário atual e o cenário proposto, mas considerando as categorias de uso observadas em cada município da calha do Rio Jundiaí. Ela também ilustra a redução no percentual de áreas atingidas, quando comparados ambos os cenários.

Tabela 12.2. Relação entre as áreas na mancha de inundação para o cenário atual e o cenário com intervenções proposto neste PDM, e a comparação entre os cenários do percentual de redução de regiões atingidas, para os municípios da calha do Rio Jundiaí na BHJ.

Categoria de uso do solo	Área da categoria na mancha de inundação (km²)												Redução de área na mancha entre os cenários (%)					
	Cenário atual						Cenário com intervenções proposto											
	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Campo Limpo Paulista																		
Urbano	0,260	0,363	0,419	0,491	0,568	0,680	0,046	0,049	0,052	0,057	0,079	0,140	82%	86%	87%	88%	86%	79%
Agrícola	0,129	0,169	0,184	0,200	0,218	0,247	0,011	0,027	0,032	0,033	0,043	0,061	91%	84%	83%	83%	80%	75%
Áreas naturais	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,010	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	78%	85%	88%	90%	92%	83%
Outros usos	0,005	0,006	0,007	0,007	0,008	0,012	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	50%	56%	59%	61%	64%	71%
Várzea Paulista																		
Urbano	0,305	0,420	0,539	0,735	0,809	0,895	0,038	0,040	0,041	0,049	0,060	0,164	88%	91%	92%	93%	93%	82%
Agrícola	0,263	0,346	0,391	0,426	0,443	0,476	0,031	0,033	0,035	0,066	0,083	0,220	88%	90%	91%	85%	81%	54%
Áreas naturais	0,122	0,135	0,149	0,155	0,159	0,166	0,011	0,011	0,011	0,012	0,014	0,086	91%	92%	93%	92%	91%	48%
Outros usos	0,071	0,076	0,081	0,086	0,091	0,096	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	100%	100%	100%	100%	100%	91%

Categoria de uso do solo	Área da categoria na mancha de inundação (km²)												Redução de área na mancha entre os cenários (%)					
	Cenário atual						Cenário com intervenções proposto											
	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Jundiaí																		
Urbano	1,500	2,429	4,092	5,038	7,278	8,121	0,424	0,585	0,631	0,724	1,685	2,415	72%	76%	85%	86%	77%	70%
Agrícola	2,577	3,405	3,791	4,067	4,346	4,631	1,457	1,718	1,834	2,130	2,670	3,356	43%	50%	52%	48%	39%	28%
Áreas naturais	1,597	1,958	2,120	2,178	2,374	2,561	0,963	1,093	1,150	1,366	1,514	1,837	40%	44%	46%	37%	36%	28%
Outros usos	0,222	0,556	0,681	0,810	0,822	0,855	0,034	0,040	0,044	0,109	0,377	0,585	85%	93%	94%	87%	54%	32%
Itupeva																		
Urbano	0,931	1,252	1,399	2,067	2,231	2,477	0,338	0,535	0,633	0,855	1,096	1,343	64%	57%	55%	59%	51%	46%
Agrícola	1,035	1,136	1,217	1,418	1,511	1,705	0,654	0,750	0,824	0,988	1,113	1,213	37%	34%	32%	30%	26%	29%
Áreas naturais	1,386	1,545	1,670	1,933	2,026	2,179	0,839	1,032	1,125	1,266	1,395	1,627	40%	33%	33%	34%	31%	25%
Outros usos	0,051	0,063	0,068	0,072	0,074	0,079	0,032	0,032	0,033	0,034	0,056	0,063	38%	49%	51%	52%	24%	19%

Categoria de uso do solo	Área da categoria na mancha de inundação (km²)												Redução de área na mancha entre os cenários (%)					
	Cenário atual						Cenário com intervenções proposto											
	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	02 anos	05 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Indaiatuba																		
Urbano	0,471	0,641	0,800	0,984	1,139	1,444	0,133	0,233	0,314	0,418	0,568	0,739	72%	64%	61%	58%	50%	49%
Agrícola	3,960	4,501	4,800	5,321	5,756	6,426	0,938	1,097	1,632	3,501	3,898	4,283	76%	76%	66%	34%	32%	33%
Áreas naturais	4,222	4,692	4,971	5,481	5,753	6,173	2,870	3,365	3,730	4,198	4,493	4,791	32%	28%	25%	23%	22%	22%
Outros usos	0,365	0,446	0,490	0,522	0,539	0,554	0,150	0,215	0,237	0,277	0,394	0,464	59%	52%	52%	47%	27%	16%
Salto																		
Urbano	0,330	0,447	0,540	0,660	0,751	0,914	0,109	0,193	0,241	0,298	0,399	0,477	67%	57%	55%	55%	47%	48%
Agrícola	0,431	0,596	0,716	0,867	0,984	1,243	0,128	0,182	0,237	0,355	0,492	0,574	70%	69%	67%	59%	50%	54%
Áreas naturais	1,969	2,261	2,367	2,489	2,604	2,701	1,286	1,482	1,646	1,850	2,032	2,211	35%	34%	30%	26%	22%	18%
Outros usos	-	-	-	0,023	0,042	0,057	-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	-	-	100%	100%	100%
Total	*22,21*	*27,45*	*31,49*	*36,03*	*40,53*	*44,70*	*10,50*	*12,72*	*14,49*	*18,59*	*22,47*	*26,66*	*53%*	*54%*	*54%*	*48%*	*45%*	*40%*

Através da análise das informações apresentadas na Tabela 12.2, é possível observar a redução das áreas na mancha de inundação entre os cenários, para os seis municípios posicionados ao longo da calha principal do Rio Jundiaí.

Para o município de **Campo Limpo Paulista**, posicionado mais a montante na BHJ, o maior percentual de redução de áreas atingidas encontra-se na categoria '*Áreas naturais'*, com uma diminuição total na comparação entre os cenários de 92%. Para a categoria '*Urbano'* em Campo Limpo Paulista, observa-se uma redução de 88% entre os cenários atual e proposto. Já no município de **Várzea Paulista**, posicionado logo a jusante de Campo Limpo Paulista, a categoria de uso do solo com maior diminuição na comparação entre os cenários foi '*Outros usos'*, com redução de 100% na área atingida, considerando cinco dos seis tempos de retorno simulados. Em Várzea Paulista, a categoria '*Urbano'* apresentou redução de 93%, considerando as áreas das manchas de inundação geradas para os cenários atual e proposto.

Para o município de **Jundiaí**, assim como em Várzea Paulista, o maior percentual de redução de áreas atingidas encontra-se também na categoria '*Outros usos'*, com uma diminuição total na comparação entre os cenários de 94%. Para a categoria '*Urbano'* em Jundiaí, observa-se uma redução de 86% na área das manchas de inundação, geradas para os cenários atual e proposto. Já para o município de **Itupeva**, entre as quatro categorias de uso e ocupação, a que apresentou maior diminuição na comparação entre os cenários foi a classe '*Urbano'*, com redução de 64% na área atingida no município. A segunda categoria de maior redução, considerando as áreas das manchas de inundação geradas para os cenários atual e proposto, foi '*Outros usos'*, com um percentual 52%.

Já no município de **Indaiatuba**, o maior percentual de redução de áreas atingidas encontra-se na categoria '*Agrícola'*, com uma diminuição total na comparação entre os cenários de 76%. Para a categoria '*Urbano'* no município, observa-se uma redução de 72% entre os cenários atual e proposto. Para o município de **Salto**, posicionado na foz do Rio Jundiaí, a categoria de uso do solo com maior diminuição na comparação entre os cenários foi '*Outros usos'*, com redução de 100% na área atingida, considerando todos os seis tempos de retorno simulados. Em Salto, a categoria '*Urbano'* apresentou redução de 67%, considerando as áreas das manchas de inundação geradas para os cenários atual e proposto.

Ressalta-se que, mesmo após a execução das intervenções estruturais recomendadas, algumas edificações ainda são observadas na mancha de inundação dos diferentes tempos de retorno simulados, conforme quantitativo apresentado na Tabela 12.3.

Tabela 12.3. Número de edificações em áreas de risco a inundações na BHJ.

Município	Edificações por tempo de retorno					
	TR 2 anos	TR 5 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Campo Limpo Paulista	-	-	-	-	11	59
Indaiatuba	53	91	124	169	195	235
Itupeva	61	134	213	322	647	935
Jundiaí	71	164	222	324	1470	2225
Salto	59	155	211	274	353	480
Várzea Paulista	-	-	-	-	1	13

A partir dos dados apresentados na Tabela 12.3, e da premissa de uma área média de terreno de aproximadamente 300 m², calculou-se a área afetada e os custos no caso de remoção total de qualquer tipo de uso destes locais – ou seja, a desapropriação total destas regiões. Tendo em vista a forma de quantificação das edificações – onde não foi possível avaliar a distinção de tipo de uso de cada uma delas – calculou-se o custo de desapropriação considerando o cenário sem infraestrutura (Tabela 12.4), onde o valor a ser pago resulta da desocupação do terreno bruto em área urbana, e também do cenário com infraestrutura (Tabela 12.5), onde o valor resultante considera não só a desocupação do terreno, bem como de todas as benfeitorias nele agregadas.

Tabela 12.4. Custos de desapropriação do terreno, para as áreas com edificações sujeitas à inundação do Rio Jundiaí, por tempo de retorno simulado.

Município	Valor (R$/m²)	Custo de desapropriação do terreno (R$)					
		TR 2 anos	TR 5 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Campo Limpo Paulista	72,0	0	0	0	0	237.600	1.274.400
Indaiatuba	108,0	1.717.200	2.948.400	4.017.600	5.475.600	6.318.000	7.614.000
Itupeva	54,0	988.200	2.170.800	3.450.600	5.216.400	10.481.400	15.147.000
Jundiaí	117,0	2.492.100	5.756.400	7.792.200	11.372.400	51.597.000	78.097.500
Salto	36,0	637.200	1.674.000	2.278.800	2.959.200	3.812.400	5.184.000
Várzea Paulista	72,0	0	0	0	0	21.600	280.800

Tabela 12.5. Custos de desapropriação do terreno e das benfeitoras nele presentes, para as áreas com edificações sujeitas à inundação do Rio Jundiaí, por tempo de retorno simulado.

Município	Valor (R$/m²)	Custo de desapropriação do terreno e benfeitorias (R$)					
		TR 2 anos	TR 5 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Campo Limpo Paulista	400,0	0	0	0	0	1.320.000	7.080.000
Indaiatuba	600,0	9.540.000	16.380.000	22.320.000	30.420.000	35.100.000	42.300.000
Itupeva	300,0	5.490.000	12.060.000	19.170.000	28.980.000	58.230.000	84.150.000
Jundiaí	650,0	13.845.000	31.980.000	43.290.000	63.180.000	286.650.000	433.875.000
Salto	200,0	3.540.000	9.300.000	12.660.000	16.440.000	21.180.000	28.800.000
Várzea Paulista	400,0	0	0	0	0	120.000	1.560.000

Através da análise das tabelas supracitadas, percebe-se que os municípios de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista não possuem edificações em áreas de risco de inundação para quatro dos seis tempos de retorno simulados, sendo impactados neste sentido apenas a partir do TR de 50 anos. Os demais municípios localizados na calha do Rio Jundiaí possuem um número de edificações crescente, conforme o aumento do tempo de recorrência dos eventos.

Ressalta-se que estas edificações em risco já se encontram amparadas nos demais programas propostos para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, como o “Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta”, principalmente em suas ações de *Implantar sistema de previsão de vazões, níveis d’água e alerta* e *Elaborar Planos de Contingência*, assim como no “Programa de medidas de fiscalização e controle”, principalmente em suas ações de *Propor o Zoneamento da Planície de Inundação* e *Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias*.

Desta forma, uma parcela dos custos apresentados na Tabela 12.4 e Tabela 12.5 já se encontram englobados no eixo dos Programas de Medidas Não-Estruturais citados anteriormente, propostos para a BHJ, e apresentados em maior detalhe no item 9.

Com isso, salienta-se a importância da execução associada das medidas estruturais e não-estruturais para a bacia, em áreas urbanas e principalmente em áreas rurais. Desta forma, as áreas rurais – que representam uma parcela expressiva de área na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí – auxiliam no controle do escoamento superficial em toda a BHJ, de forma a prevenir o aumento das vazões e, consequentemente, dos problemas de inundações na bacia.



Minutas de TDR de Planos de Drenagem para municípios da BHJ



13. MINUTAS PARA ELABORAÇÃO DE TERMOS DE REFERÊNCIA DE PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM NOS MUNICÍPIOS DA BHJ

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma minuta de Termo de Referência aos 11 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, com as orientações necessárias ao processo de revisão, contratação e elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU).

Desta forma, recomenda-se aos municípios de Atibaia, Itupeva, Jundiaí e Várzea Paulista, que possuem PDDU, que utilizem metodologias semelhantes às descritas ao longo deste item para complementação dos Planos existentes. Aos 7 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí que ainda não tem tal instrumento: Mairiporã, Jarinu, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva, recomenda-se a utilização deste item como referência para contratação e elaboração futura do PDDU.

Uma vez delimitadas, quantificadas e definidas as bacias hidrográficas como prioritárias no município, as principais atividades técnicas a serem desenvolvidas para elaboração do PDDU são apresentadas no Quadro 13.1 (baseado em PMSP, 2014):

Quadro 13.1. Etapas e atividades a serem desenvolvidas para o PDDU.

Etapa	Atividade
Estudos prévios	Apresentação de um Plano de Trabalho.
	Caracterização básica das bacias hidrográficas contempladas no Plano.
	Levantamentos, análises e cadastro de informações básicas do sistema de drenagem existente.
Cadastro topográfico	Levantamento de campo para elaboração/complementação dos cadastros.
	Elaboração da cartografia das bacias a serem estudadas.
Definição de cenários e de verificação do sistema	Elaboração de cenários hidrológicos e de impermeabilização do solo.
	Estudos de chuvas intensas e cálculo de vazões de projeto.
	Montagem e ajuste de modelo de simulação hidrodinâmica.
	Simulação do sistema e identificação de áreas de risco de inundação e locais de extravasamento nos cenários de projeto.
Proposição e avaliação de alternativas de projeto	Concepção e proposição de medidas estruturais de melhoramento do sistema.
	Análises multicritério das alternativas estruturais propostas.
	Consolidação de medidas de gestão e estruturação do setor de drenagem urbana.

Etapa	Atividade
	Participação pública.
Anteprojetos de engenharia	Elaboração dos anteprojetos de engenharia das alternativas escolhidas.
	Proposição de metodologias de análise ambiental dos anteprojetos.
Plano de ações	Ficha técnica das medidas, contemplando a descrição, responsáveis (arranjo institucional), orçamento de implantação e origem do recurso e previsão financeira para operação e manutenção.
	Cronograma físico-financeiro de implantação do sistema.

13.1. Estudos prévios

As atividades previstas nesta fase são: a caracterização básica das bacias hidrográficas contempladas no Plano, a apresentação de um Plano de Trabalho e a realização de levantamentos, análises e cadastro de informações básicas do sistema de drenagem existente. Estas atividades são detalhadas a seguir.

Caracterização das bacias hidrográficas contempladas no Plano

Esta atividade técnica diz respeito a uma breve caracterização das bacias a serem contempladas no âmbito do PDDU. Essa caracterização deve dispor de figuras e de informações sobre os itens que seguem:

- Rede hidrográfica básica das bacias;
- Sistema viário do município;
- Estações fluviométricas existentes;
- Estações pluviométricas existentes;
- Levantamento cadastral necessário.

Apresentação de um Plano de Trabalho

O Plano de Trabalho elaborado pela empresa contratada deverá contemplar as metodologias a serem empregadas nas diferentes fases de desenvolvimento do PDDU, como indicação dos produtos previstos com seus conteúdos, modelos a serem adotados, desenhos (escala utilizada, formato de entrega, entre outras características), memoriais e demais documentos técnicos necessários para apresentação adequada das principais atividades

técnicas a serem desenvolvidas no escopo de trabalho do PDDU. Este documento deve conter todas informações necessárias para realização do projeto (planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento). O Plano de trabalho deve conter:

- Estrutura Analítica do Projeto (EAP), de modo a explicitar a subdivisão de entregas e do trabalho a ser realizado durante o projeto em componentes menores e de fácil gerenciamento;
- Cronograma das atividades, ações e recursos previstos para cumprir as entregas propostas no item anterior;
- Relatórios estratégicos e operacionais para monitoramento e conformidade das entregas acordadas em termos de escopo, prazo, qualidade e outras diretrizes estabelecidas;
- Determinação das responsabilidades das equipes, com suas funções;
- Definição de um Plano de comunicação entre as partes interessadas no projeto.

Levantamentos, análises e cadastro de informações básicas do sistema de drenagem existente

A atividade de levantamentos, análises e cadastro de informações básicas do sistema de drenagem existente consiste na obtenção do conjunto de cartografias temáticas pertinentes às bacias hidrográficas a serem contempladas no desenvolvimento do PDDU. Assim, devem ser considerados e analisados estudos, levantamentos, projetos de ações mais antigos realizados para as bacias no contexto do controle de inundações. Estudos antigos podem fornecer informações importantes acerca de projetos existentes. Se na ocasião da elaboração do PDDU, já existir um caderno de encargos de drenagem urbana, deve-se verificar a conformidade dos projetos existentes com os critérios estabelecidos. Desta forma, se aplicável, estudos e projetos anteriores poderão ser modificados mediante justificativa técnica. Além disso deverão ser analisados estudos, planos e projetos realizados no contexto do controle de inundações em bacias hidrográficas relacionadas, vizinhas ou de que é afluente, de modo que haja integração com os demais atores interessados. O Quadro 13.2 apresenta o levantamento de estudos pertinentes (específicos ou correlatos) à temática de drenagem urbana, já apresentados anteriormente neste PDM, para os munícipios da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí.

Quadro 13.2. Levantamento de estudos disponíveis pertinentes à temática de drenagem urbana por município da BHJ.

Município	Estudos disponíveis	Bacias identificadas como prioritárias no PDDU desenvolvido
Atibaia	Plano Municipal de Saneamento Básico (2011)	Ribeirão da Folha Larga, Ribeirão do Taboão, Ribeirão Itapetinga e outros 4 córregos sem denominação
	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2014)	
	Plano Municipal de Drenagem Urbana de Águas Pluviais (2011)	
Cabreúva	Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (2011)	-
Campo Limpo Paulista	Plano Municipal de Saneamento Básico (2015)	-
Indaiatuba	Plano Municipal de Saneamento Básico (2014)	-
Itu	Plano Municipal de Saneamento Básico (2011)	-
Itupeva	Plano Municipal de Saneamento Básico (-)	Ribeirão Caxambú, Córrego Piracatú, Córrego da Lagoa, Córrego do Bonfim, Ribeirão das Furnas ou São José, Córrego da Fonte ou Santa Rita
	Plano Diretor de Macrodrenagem (2014)	
Jarinu	Plano Municipal de Saneamento Básico (2016)	-
Jundiaí	Plano Municipal de Saneamento Básico (2017)	Córrego Tanque Velho, Córrego Elekeirós, Córrego Progresso/Jardim de Lago, Córrego Vila Nambi, Córrego Guapeva, Córrego Colônia, Córrego Vila Joana, Córrego do Mato, Córrego Walkyria, Córrego Gramado, Rio Jundiaí-Mirim e Córrego Engordadouro
	Plano Municipal de Gestão Integrada da Drenagem Urbana (2014)	
Mairiporã	Plano Municipal de Saneamento Básico (2012)	-
Salto	Plano Municipal de Saneamento Básico (2012)	-
Várzea Paulista	Plano Municipal de Saneamento Básico (2014)	Córrego Bertioga, Córrego Promeca, Córrego Mursa, Córrego Pinqueri-Tanabi, Córrego Buriti e Córrego Ilha Bela
	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2014)	
	Plano Diretor de Macrodrenagem (-)	

Dentre as informações básicas disponíveis a serem levantadas para posterior utilização pela empresa contratada estão:

- Levantamento cadastral dos sistemas de drenagem existentes;
- Caracterização de uso e ocupação do solo atual;
- Geologia e geotecnia (mapa pedológico);

- Caracterização da cobertura vegetal ao longo do tempo;
- População atual e previsão de crescimento populacional do município;
- Dados pluviométricos e fluviométricos nas bacias;
- Dados climatológicos nas bacias;
- Dados de obras hidráulicas existentes (microdrenagem e macrodrenagem);
- Dados de curvas de descarga de obras hidráulicas existentes (*as built*);
- Estudos hidrológicos e hidráulicos de obras existentes e previstas;
- Identificação, georreferenciamento, caracterização (frequência e impacto) de pontos de alagamentos (sistema de microdrenagem) e inundações (sistema de macrodrenagem) observados;
- Projetos desenvolvidos recentemente nos âmbitos habitacional, viário, de transporte, de abastecimento d'água e esgotamento sanitário;
- Dados de monitoramento hidrológico, hidráulico e de qualidade d'água.

13.2. Cadastro topográfico

A etapa de cadastro e levantamento topográfico é composta pela realização de duas atividades principais: levantamento de campo para elaboração ou complementação dos cadastros obtidos na etapa de estudos prévios e elaboração da cartografia das bacias a serem estudadas no âmbito do PDDU. Estas atividades são detalhadas a seguir.

Levantamento de campo para complementação dos cadastros

A atividade técnica de levantamento de campo para elaboração ou complementação dos cadastros topográficos dos municípios diz respeito à proposição de serviços que possibilitem a obtenção dos dados e elementos necessários para realização das atividades pertinentes à etapa seguinte, de definição de cenários e verificação do sistema. É nesta etapa que ocorrerá a modelagem hidrológica e hidráulica do sistema de drenagem existente. A proposição dos serviços de elaboração e complementação dos cadastros deverá ser submetida ao contratante. De maneira geral, o levantamento final necessário às atividades técnicas subsequentes envolve:

- Levantamento planialtimétrico e cadastral da área objeto de estudo;

- Levantamento topobatimétrico da rede de drenagem objeto;
- Arquivos pertinentes ao Plano Diretor Municipal.

O levantamento planialtimétrico deve ser realizado para área urbanizada do território *in situ*, utilizando estação total e rastreios de GPS geodésico de dupla frequência, ou remotamente – utilizando pontos de apoio em campo e representações da topografia do terreno com imagens de satélite ou aerofotogrametria.

O levantamento planialtimétrico a ser realizado deve ter densidade de pontos cotados suficiente para representação do terreno em escala horizontal de 1:2.000, com curvas de nível de metro em metro. Este levantamento também deverá ser cadastral da hidrografia, vegetação, sistema viário, edificações e outras estruturas. As esquinas devem ter pontos cotados no meio-fio. Levantamentos anteriores podem ser utilizados, dispensando algumas das tarefas supracitadas, cabendo a empresa contratada a verificação e análise da existência de outros levantamentos planialtimétricos compatíveis com as demandas solicitadas para estruturação do planejamento dos serviços e da proposta comercial.

O levantamento topobatimétrico tem como ponto de partida as características dos cursos d'água identificados na atividade de caracterização das bacias a serem contempladas no PDDU, para que seja feita uma estimativa do número de seções topobatimétricas transversais necessárias para representação. A posição e extensão exata das seções transversais deverão ser definidas em campo. Ainda, onde houver rede de drenagem aberta – como valas, canais e córregos – o levantamento deverá ter uma distância de no máximo 100 m entre seções topobatimétricas.

Todas as seções deverão ter a área molhada e área acima de lâmina d'água bem caracterizadas. Para a área molhada, os levantamentos podem ser a vau ou por ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Nos levantamentos a vau, deverão ser previstos pelo menos 5 pontos cotados.

Para a área acima de lâmina d'água, deverá ser previsto um número de pontos suficiente para que seja atingida uma cota de 2 metros acima da margem do canal, indicativo de que o comprimento da seção é suficiente. A extensão da seção, considerando canal e margens, deverá ser de pelo menos 40 metros. Os números fornecidos são de ordem prática/orientativa e podem reavaliados em campo.

As seções transversais batimétricas deverão ser levantadas transversalmente às margens do rio, mais perpendicular ao fluxo do rio quanto possível, e deverão estender-se de modo que atinjam o terreno em ambas as margens. Preferencialmente, deverão ser evitadas seções que propiciem interrupções por obstáculos em seu levantamento, tais como habitações e demais estruturas.

Deverá ser realizado o cadastro de todas as obstruções ao fluxo do rio, como pontes, barreiras, muros e habitações em áreas ribeirinhas. Estas obstruções devem ser representadas na planialtimetria, assim como mudanças bruscas de declividade e/ou estreitamento de seções, curvas, estradas de afluentes, desemboques, etc. Ademais, todas as seções deverão estar referenciadas a RRNNs do IBGE com *datum* vertical em Imbituba e horizontal SIRGAS 2000, e coordenadas planas com origem na rede geodésica de alta precisão do IBGE.

O levantamento cadastral de dispositivos de macrodrenagem envolve ainda o cadastramento de estruturas de transposição de talvegue: pontes, pontilhões e bueiros. As pontes e pontilhões nos trechos em estudo devem ser cadastradas em planta e por meio de seções transversais. Devem ser levantadas, tanto na face de montante, quanto na face de jusante, as seguintes informações (Figura 13.1):

- Posição dos encontros da ponte e taludes, se houver;
- Cota da geratriz superior do tabuleiro da ponte nos encontros da margem esquerda e direita;
- Espessura da superestrutura (tabuleiro) da ponte (pavimento + laje + vigas);
- Altura do guarda corpo;
- Posição de todos os pilares na seção (distância do eixo desde a margem esquerda), largura dos pilares e forma (retangular ou arredondado);
- Posição e dimensões dos blocos de fundação, se acima do nível d'água;
- Batimetria (perfil do terreno) e nível d'água na seção da ponte/pontilhão;
- Seções topobatimétricas a 50 metros a jusante e a 50 e 100 metros a montante da ponte/pontilhão (total de 3 seções).

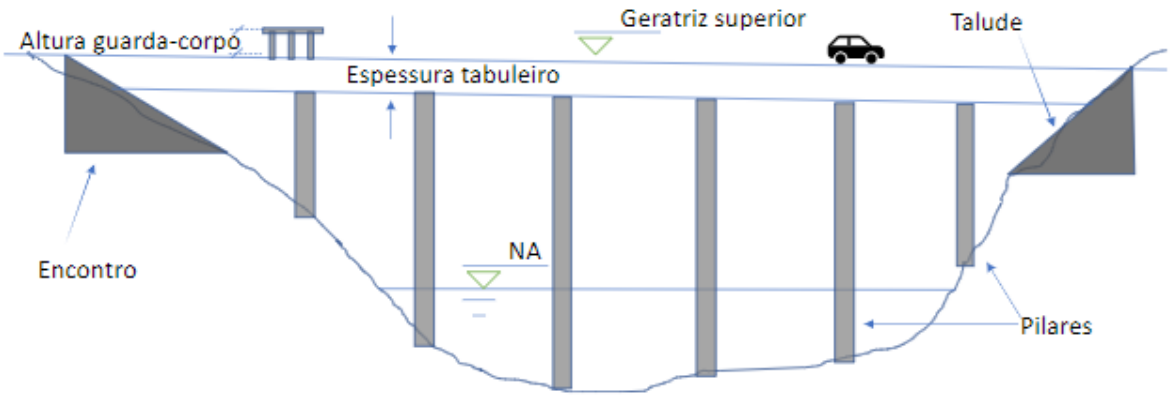


Figura 13.1 Seção transversal de ponte com estruturas para cadastro.

Para os bueiros ou galerias, com ou sem trechos em canal, que drenam as águas de arroios na travessia de rodovias, é necessário que o levantamento topográfico contemple:

- Planta da calha do córrego ao longo da faixa de domínio com a representação dos dispositivos de drenagem;
- Seções transversais de montante e jusante da faixa de domínio;
- Seção transversal de qualquer transição brusca na calha do canal, como estreitamento, alargamentos e mudança de declividade do fundo;
- Número e dimensões das células de galerias e bueiros, com sua posição de montante e jusante (esconsidade) apresentadas em planta;
- Representação de jusante e montante de galerias e bueiros, com a seção topobatimétrica da calha do córrego e desenho do dispositivo de drenagem, constando cota da geratriz inferior e superior, bem como a cota do greide da via, conforme Figura 13.2.

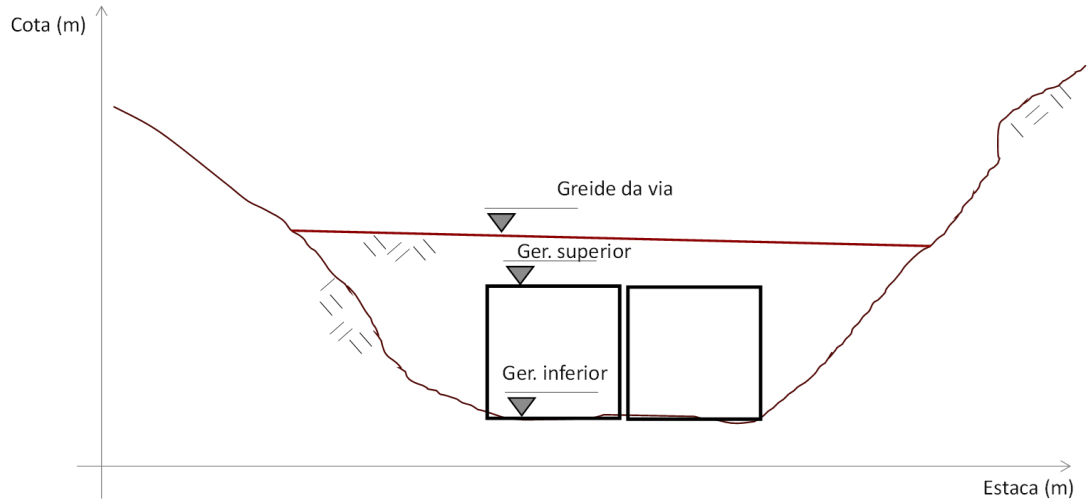


Figura 13.2. Seção transversal de galeria e calha de córrego.

O levantamento cadastral de dispositivos de macrodrenagem envolve também o mapeamento da rede de macrodrenagem enterrada, como galerias ou redes tubulares. Estes elementos deverão ser representados em planta, com as seguintes informações:

- Pontos cotados da superfície da tampa de caixas e poços de inspeção;
- Pontos cotados do fundo de caixas e poços de inspeção;
- Diâmetro da tubulação e ponto cotado da geratriz inferior da tubulação ou da galeria em cada caixa de inspeção;
- Registro individual das condições de limpeza das estruturas.

As informações acima devem ser registradas em forma tabular de modo que possam ser identificadas em planta, orientando os programas de inspeção e manutenção de obras hidráulicas.

Quando existirem reservatórios de amortecimento de cheias, lagos e represas que alterem o regime hidrológico-hidráulico do sistema de macrodrenagem, estes deverão ter sua topologia caracterizada e a planície de inundação delimitada. Deverão ser cadastrados e representados em planta também os trechos críticos dos sistemas de macrodrenagem que drenam áreas suscetíveis a inundações. A precisão dos cadastros realizados nesta atividade deverá ser compatível com os demais dados de entrada nos modelos de simulação.

Os produtos dos levantamentos devem ser:

- Desenhos das seções transversais e plantas separados por trecho (travessia) em formato *dwg*;
- Planilha com as seções transversais topobatimétricas em formato XY, separado por trecho (travessia). Cada seção deve ser identificada por um código único que deve constar na planta;
- Memorial descritivo do levantamento planialtimétrico e do rastreio dos marcos, constando o registro fotográfico realizado.

Em cada travessia, os trechos a montante e a jusante devem ter seções transversais levantadas. O número de seções pode variar em função das características de cada trecho, como, por exemplo, presença de obstruções ao fluxo e variações na forma da calha. Tais características podem impactar na linha d'água na faixa de domínio.

O número exato de seções transversais só será conhecido com a realização das visitas técnicas previstas nos locais de travessia. No entanto, pode-se realizar um levantamento preliminar de quantidade de travessias no trecho, com base em imagens de satélite, levantamentos topográficos dos municípios e revisão de documentos e estudos existentes.

Os arquivos pertinentes ao Plano Diretor Municipal serão utilizados para estimar o coeficiente de escoamento superficial para os cenários futuros. Com os limites da área urbana municipal, pode-se caracterizar o aumento da impermeabilização do solo em decorrência da expansão urbana futura. Este item é apresentado em detalhe na etapa de definição de cenários e verificação do sistema, na atividade de elaboração de cenários hidrológicos e de impermeabilização do solo.

Elaboração da cartografia das bacias a serem estudadas

Na atividade de elaboração das cartografias a serem estudadas serão preparados os produtos cartográficos temáticos obtidos nas etapas de estudo prévio e cadastro topográfico. Estes produtos são os planos de informação (*layers)* a serem entregues georreferenciados e em formato *shapefile*. Os dados e demais informações coletadas deverão utilizar como referência o *datum* vertical em Imbituba e o *datum* horizontal SIRGAS 2000.

Para os estudos de modelagem hidráulico-hidrológica do sistema de macrodrenagem serão utilizados os cadastramentos realizados e os levantamentos planialtimétrico e topobatimétrico com as características supracitadas nesta minuta. Os estudos hidrodinâmicos

deverão ser realizados em escala mais detalhada. Para os estudos de ocupação territorial, deverão ser utilizadas imagens mais recentes e com melhor resolução espacial disponíveis, a serem obtidas por sensoriamento remoto ou aerofotogrametria, ortorretificadas. Além disso, recomenda-se a utilização e consulta da base cartográfica desenvolvida pelo IGC-SP (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo).

13.3. Definição de cenários e verificação do sistema

Nesta etapa serão desenvolvidos os modelos hidrológico e hidráulico do sistema de drenagem existente para simulação de diferentes cenários (atual, tendencial e alternativos de planejamento). Esta etapa permite a verificação do desempenho do sistema existente e a identificação das áreas de risco de inundação e dos locais de extravasamento nos cenários alternativos de planejamento.

Elaboração de cenários hidrológicos e de impermeabilização do solo

Nesta atividade serão definidos os riscos em função de tempos de retorno de projeto (cenários hidrológicos) e a projeção de uso do solo para o horizonte de planejamento definido, tendo em vista a tendência de impermeabilização do solo nas bacias. Desta forma, é realizado o dimensionamento das intervenções associadas a cheias com diferentes tempos de tempo de retorno.

Para que as medidas de controle possam ser avaliadas em termos de sua eficiência deverão ser realizadas simulações hidrológicas para cheias com diferentes tempos de retorno. Sugere-se tempos de retorno de até 10 anos para microdrenagem e bueiros tubulares trabalhando como canal, 25 anos para bacias de detenção hidráulica, canais, galerias e bueiros celulares trabalhando como canal, 50 anos para pontilhões e reservatórios de detenção *on-line* e 100 anos para pontes.

As simulações devem contemplar os seguintes cenários:

- Cenário atual, em que é avaliado o impacto da urbanização atual sobre o sistema de macrodrenagem existente. Este cenário leva em conta as situações caracterizadas na etapa de diagnóstico;
- Cenário tendencial, em que é avaliado o impacto da urbanização futura (impermeabilização do solo) sobre o sistema de macrodrenagem existente. Este cenário leva em conta a não implantação de medidas de controle e fornece

elementos para os estudos de alternativas quando feita a avaliação dos custos evitados com a adoção de medidas de controle;

- Cenários alternativos de planejamento, em que serão avaliados os efeitos das diversas alternativas de controle propostas para as diferentes etapas de planejamento e graus de proteção estabelecidos junto à contratante. Estes cenários levam em conta o desenvolvimento de atividades posteriores relativas ao desenvolvimento de medidas de controle e à análise multicritério.

O uso do solo nas bacias de estudo deve ser classificado para fins de associação a coeficientes de escoamento. As classes definidas devem permitir a diferenciação de diferentes tipologias de ocupação urbana, com maior ou menor densidade de grau de impermeabilização do solo.

Recomenda-se que algumas regiões da cidade, em função do zoneamento do Plano Diretor, sejam utilizadas como amostra e, dentro de cada amostra, sejam quantificadas as áreas de lote residencial ou comercial, sistema viário e praças, visando criar uma métrica para extrapolação em todo o território urbano na bacia.

O cenário tendencial de ocupação do solo deve ser determinado com base no zoneamento do uso do solo constante no Plano Diretor Municipal. Ou seja, o cenário de ocupação futura das bacias, para fins de majoração dos coeficientes de escoamento superficial, parte da premissa de que a ocupação urbana será plenamente desenvolvida, de acordo com o limite da área urbana e com o zoneamento do uso do solo do município. Tal método não prevê projeções populacionais em um horizonte temporal, o que acarretaria incertezas inerentes a tais projeções e sua relação com a ocupação do território, entretanto, considera objetivamente a norma que disciplina o uso do solo na cidade. Caso alguma metodologia de estimativa de impermeabilização do solo em função de projeção populacional seja proposta, esta deverá ser descrita e justificada.

Desta forma, deverão ser determinadas as áreas urbanizadas, com ocupação consolidada, e as áreas urbanas segundo o Plano Diretor, a serem ocupadas no futuro, para cada sub-bacia. Áreas de várzea e encostas ocupadas de maneira ilegal deverão ser identificadas. Deverá ser realizada uma estimativa das tendências de expansão destas áreas em conjunto com o desenvolvimento regular previsto no Plano Diretor.

A projeção dos coeficientes de escoamento superficial futuros, para cada bacia hidrográfica em que será realizado o estudo hidrológico tipo chuva-vazão, deve ser realizada com os seguintes passos:

- Sobreposição dos mapas de zoneamento dos planos diretores e dos limites das bacias;
- Identificação das glebas não urbanizadas através da análise dos polígonos de áreas urbanas do Plano Diretor, do mapa de uso do solo e de imagens de satélite;
- Cálculo dos coeficientes de escoamento de cada gleba identificada no passo anterior para o cenário atual (imagem de satélite) e para o cenário futuro (Plano Diretor), utilizando-se as metodologias definidas nos estudos hidrológicos de acordo com o método chuva-vazão empregado. O coeficiente de escoamento do cenário futuro depende do zoneamento previsto para as glebas sem ocupação, que podem ser de uso industrial, misto, residencial, entre outros, e devem ser calculados com base em tipologias tabeladas na literatura;
- Os coeficientes de escoamento da bacia hidrográfica são corrigidos em função do cenário futuro de ocupação da seguinte forma: o valor do coeficiente futuro da bacia é obtido pela multiplicação do coeficiente atual por um fator dado por (Área glebas/Área bacia) x (Coeficiente médio glebas futuras / Coeficiente médio glebas atuais).

Os resultados dos estudos de ocupação do solo deverão ser entregues em planos de informação (*layers*) e compreendem os seguintes elementos:

- Limite da área urbanizada atual (mais recente disponível na ocasião do levantamento) com diferentes faixas de densidade demográfica;
- Limite de áreas urbanizadas futuras (área urbanizável + projeção de ocupações irregulares);
- Índice de impermeabilização do solo nos cenários atual e futuros, calculado com base na área total impermeabilizada e na área urbanizável (ou urbana);
- Estimativa de coeficientes de escoamento superficial nos cenários atual e futuros.

Estudos de chuvas intensas e cálculo de vazões de projeto

Nas bacias hidrográficas em estudo, quando não houver dados de monitoramento fluviométrico, deverá ser realizado estudo de chuvas intensas. Devem ser analisados os postos de precipitação no entorno da área de estudo e compiladas as informações sobre disponibilidade de dados de precipitação diária acumulada. É aconselhável que as séries de precipitação utilizadas tenham ao menos 30 anos de registros sem falhas. Devem ser conduzidas análises de consistência e representatividade de dados comparando valores acumulados de chuva das estações e consolidadas as séries históricas a serem utilizadas nos estudos de chuvas intensas.

Para o estudo de eventos extremos de precipitação faz-se o uso das relações ADF (Altura-Duração-Frequência) e IDF (Intensidade-Duração-Frequência). A partir das curvas ADF são obtidas alturas de lâmina d'água precipitadas relacionadas a uma determinada frequência e duração. A curva IDF pode ser considerada uma derivada da ADF, onde são obtidos valores de intensidade de precipitação. A equação geral de uma relação IDF é apresentada abaixo:

$$I = \frac{k \times T_R^a}{(\Delta t + b)^c}$$

Onde: I é intensidade de chuva (mm/h) = P/Δt; P é a precipitação (mm); Δt é o tempo de duração de chuva (h); TR é o tempo de recorrência (anos); a, b, c e k são coeficientes de ajuste da equação.

Devem ser avaliadas equações IDF existentes na região de estudo e justificada sua utilização, caso se aplique. Caso não sejam utilizadas equações IDF existentes, devem ser ajustadas equações dos postos de chuva selecionados.

Para tal deve ser realizado ajuste de valores máximos anuais extremos. O método estatístico para o ajuste deve ser justificado. Realizado o ajuste, as chuvas diárias para diferentes tempos de retorno são calculadas. Para o cálculo de chuvas intensas de diferentes durações deve ser utilizada a métrica de uma estação pluviográfica próxima da área de estudo. Caso não esteja disponível dados de estação pluviográfica representativa da área de estudo, devem ser utilizados coeficientes de desagregação de posto fluviométrico da região de estudo, que podem ser obtidos no estudo de "Chuvas Intensas no Brasil", de Otto Pfafstetter.

Para a estimativa de chuvas intensas nas bacias em estudo deve ser realizada interpolação dos postos selecionados pela média ponderada com o inverso do quadrado da distância. As

distâncias consideradas referem-se ao centroide de cada bacia em relação aos três postos considerados. A chuva intensa para cada bacia é obtida pela equação abaixo:

$$P_{Ponderado} = \frac{\sum_{N}^{i=1} P_i / D_i^2}{\sum_{N}^{i=1} 1 / D_i^2};$$

Onde: $P_{Ponderada}$ é a precipitação ponderada na bacia em estudo; P_i é a precipitação para cada posto; e D_i é a distância do centroide da bacia em relação a cada posto.

Com base nas equações de chuvas intensas, são calculadas as vazões e hidrogramas de projeto. O método chuva-vazão e o modelo computacional a serem utilizados devem ser descritos e justificados. Devem ser adotados modelos de simulação hidrológica de domínio público e bem documentados.

Caso não haja documentação completa da teoria e uso da interface disponível na internet, tais manuais devem ser fornecidos pela empresa contratada. Além disto, a empresa contratada deverá realizar um treinamento, visando munir o contratante do conhecimento necessário para operação e entendimento do modelo.

Montagem e ajuste de modelo simulação hidrodinâmica

A atividade de montagem e ajuste do modelo de simulação hidrodinâmica trata do desenvolvimento, calibração e validação de um modelo hidráulico para simulação hidrodinâmica do sistema de macrodrenagem existente. O modelo hidráulico deverá ter a capacidade de representação de efeito de remanso e simulação de galerias trabalhando com carga hidráulica.

O modelo deverá ser calibrado e validado com base em observações previamente solicitadas ou requeridas nesta fase. Isto pode se dar através de registros históricos do município, da Defesa Civil ou de moradores antigos da região. A validação deverá ser realizada para os níveis d'água obtidos para a simulação da cheia com 1,5 anos de tempo de retorno, representando a calha cheia de córregos, e aqueles observados em eventos de cheia históricos, seja através de mapas existentes ou de marcas de enchente.

Assim como os critérios hidrológicos precisam ser justificados e submetidos à contratante no Plano de Trabalho para aprovação, o mesmo deve ocorrer para os critérios hidráulicos. Novamente, de maneira análoga ao modelo hidrológico, o modelo hidrodinâmico, os dados de

entrada e de saída das simulações, assim como arquivos complementares deverão ser entregues ao contratante, conforme previsto no Plano de Trabalho.

A empresa contratada deverá realizar um treinamento visando munir o contratante do conhecimento necessário para operação e entendimento do modelo hidrodinâmico, além de apresentar um manual com instruções básicas e devida documentação para guiar o uso posterior à entrega. Caso não seja utilizado modelo de domínio público, a opção pelo modelo comercial deverá ser justificada e aprovada pela contratante.

Simulação do sistema, identificação de áreas de risco de inundação e locais de extravasamento nos cenários de projeto

Esta atividade prevê a identificação dos problemas no sistema de drenagem nas condições atual e futura para diferentes riscos hidrológicos e cenários de projeto.

As simulações do sistema existente devem ser conduzidas e cada trecho e dispositivo hidráulico da rede deverá ser verificado para o risco (tempo de retorno) aceitável. Devem ser observados todos os locais e trechos com falha no sistema. São consideradas falhas: extravasamentos, dispositivos com tirante de ar ou borda livre inferior ao recomendado, galerias trabalhando sob pressão, bueiros trabalhando como orifício. Cada caso deverá ser analisado e classificado conforme sua gravidade para o sistema.

Nos locais em que ocorre falha, deverá ser verificada a vazão de restrição, ou seja, a vazão limite para que não ocorra falha. A vazão de restrição deverá ser utilizada na próxima etapa para simulação de abatimento de volumes de cheia a montante.

As simulações deverão ser entregues pela contratada na forma de memorial descritivo com as premissas adotadas, memória de cálculo, dados de entrada e saída do modelo, perfis longitudinais com a linha d'água e geometria do sistema e seções transversais em locais de relevância para interpretação dos resultados. Ainda, deverão ser entregues de forma organizada por cenários, todos os arquivos do modelo de simulação, assim como entradas e saídas de dados.

13.4. Proposição e avaliação de alternativas de projeto

O Plano Diretor de Drenagem Urbana compreende inicialmente as atividades descritas anteriormente voltadas ao planejamento, à construção de cenários hidrológicos e à identificação de áreas de inundação. Com base nestas atividades é realizada a elaboração das possíveis

alternativas de intervenção, tendo em vista a resolução ou a mitigação dos problemas identificados. As atividades previstas nesta etapa são: concepção e proposição de medidas estruturais de melhoramento no sistema, análises multicritério das alternativas estruturais propostas, consolidação de medidas de gestão e estruturação do setor de drenagem urbana e participação pública. Embora a atividade de participação pública seja apresentada formalmente nesta etapa, deve-se entender que a participação pública deverá ocorrer durante todo o desenvolvimento do PDDU.

Concepção e proposição de medidas estruturais de melhoramento do sistema

Nesta atividade é feita a proposição de medidas estruturais para melhoramento no sistema de drenagem, a fim de reduzir o risco de inundações nas bacias.

Medidas que alterem significativamente aspectos ambientais, urbanos, sociais e econômicos do seu entorno, devem ser projetadas levando em consideração o conjunto de impactos gerados, visando minimizá-los ao máximo.

Deverão ser priorizadas medidas que propiciem a diminuição da velocidade do escoamento superficial, a redução de processos de erosão e assoreamento, o aumento da capacidade de retenção dos empreendimentos através de dispositivos de infiltração e armazenamento de águas pluviais e a preservação de áreas ribeirinhas e da vegetação das bacias hidrográficas.

Medidas tais como limpezas imediatas, desassoreamento de cursos d'água, desassoreamento de valas e de bueiros e implementação de obras como bacias de detenção hidráulica são de menor complexidade, fácil operacionalização e compatibilização com outros projetos, sendo indicadas para um horizonte de aplicação imediata.

Nesta fase, deverão ser identificadas em planta as áreas onde essas medidas poderão ser implantadas. Estas áreas contemplam trechos do sistema de drenagem e áreas públicas passíveis de utilização. Ademais, podem ser levantadas áreas privadas que possam ser desapropriadas em função de interesse público mediante indenização ou outro tipo de estímulo financeiro apropriado.

A proposição de melhoramentos no sistema de drenagem envolve, dentre outras, as seguintes alternativas:

- Aplicação de dispositivos e medidas compensatórias, tais como: pavimentos permeáveis, valas de infiltração, e trincheiras em áreas públicas ou privadas para redução das vazões liberadas para o sistema de drenagem, entre outros;
- Canalização de córregos e rios e melhoria da capacidade de escoamento pela retificação da seção e redução de rugosidade;
- Proposição de obras de proteção contra cheias, como bermas ou diques de proteção e aterros;
- Medidas para redução de processos de erosão e assoreamento, tais como a implantação de dissipadores de energia, bacias de contenção de sedimentos, entre outras;
- Criação de parques lineares ao longo de rios, córregos ou canais, a fim de atuar no controle de cheias. Esta alternativa retarda o escoamento e possibilita uma melhoria da qualidade das águas, promovendo também o seu uso como área de lazer e contemplação, impedindo a ocupação irregular de áreas de risco. Medidas desta natureza deverão considerar a necessidade de realocação de famílias vivendo nessa configuração;
- Implantação de banhados ou *wetlands,* reservatórios de retenção com pouca profundidade (lâmina d'água constante de aproximadamente 15 cm) que utilizam a vegetação para promover a remoção de poluentes e sedimentos e facilitar o processo de infiltração, em áreas de várzea;
- Criação de bacias de detenção hidráulica *on-line* e *off-line* para promover a atenuação da vazão liberada para a rede pública, através de processos de armazenamento.

Análises multicritério das alternativas estruturais propostas

Esta atividade tem por objetivo estabelecer a hierarquização das alternativas estruturais propostas. A análise conduzida deverá ser abrangente, incluindo critérios de diferentes áreas pertinentes. Os critérios selecionados e as respectivas influências no resultado final deverão ser fundamentados e justificados tecnicamente com base em uma análise cautelosa e conjunta com as áreas envolvidas. Deverão ser utilizados, dentre outros, os seguintes critérios:

- Custos de construção, de desapropriação, de realocação de famílias (incluindo período de transição), de transporte e destinação de materiais resultantes da obra e de operação e manutenção no horizonte de projeto;
- Intervenções na malha viária e em equipamentos públicos significativos (estações de tratamento de água e esgoto, subestações de energia elétrica, entre outros)
- Prejuízos evitados (com base nos cenários avaliados: atual, tendencial e alternativos de planejamento);
- Prevenção dos danos (nível de segurança contra cheias das medidas previstas);
- Impacto e conservação ambiental;
- Atendimento à comunidade;
- Atendimento geral dos objetivos.

Consolidação de medidas de gestão e estruturação do setor de drenagem urbana

Nesta atividade é prevista a consolidação de medidas de gestão que conduzam à criação ou ao fortalecimento do setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais do município, de modo que seja garantida a prestação de serviços de drenagem de qualidade. Dentre os principais produtos desta atividade destacam-se:

- Desenvolvimento de instrumentos regulatórios para o manejo de águas pluviais;
- Implantação de uma tributação específica para os serviços de drenagem urbana (taxa de drenagem);
- Criação de um fundo municipal de drenagem urbana para gestão dos recursos arrecadados pela cobrança de tributação específica;
- Readequação de uso e ocupação do solo a serem incorporados ao Plano Diretor Municipal;
- Desenvolvimento de programas de educação ambiental voltados para a capacitação técnica da equipe de profissionais envolvidos e para a conscientização social no contexto do controle de inundações urbanas.

Nesta atividade ainda podem ser previstas medidas que atuem de forma complementar às medidas estruturais de melhoramento no sistema de drenagem e às medidas de gestão,

contribuindo para a eficiência das demais medidas propostas nas bacias. Dentre as medidas complementares estão serviços como:

- Recuperação de mata ciliar em área urbana e ao longo dos trechos dos rios situados em zona rural;
- Renaturalização de trechos de cursos d'água caracterizados por processos erosivos e recuperação das matas ciliares;
- Desapropriação de áreas de várzea e realocação de população em área de risco (atuação para mitigação, remediação e resposta);
- Reserva de áreas (atuação preventiva).

Participação pública

O conjunto de alternativas selecionadas deverão ser discutidos e aprovados com participação ativa das entidades representativas das comunidades residentes nas bacias hidrográficas. Este processo de participação pública é normalmente intitulado de governança colaborativa.

A participação pública deverá ocorrer durante todo o desenvolvimento do projeto de modo a fomentar discussões com a sociedade, moradores locais, atores de todas as partes envolvidas. O objetivo desta prática é captar opiniões, experiências e anseios, validar e fornecer informações, buscar parcerias e dividir responsabilidades para garantir a implantação das medidas previstas.

A participação pública deverá ocorrer de forma articulada e sistematizada nas diversas etapas do projeto e deverá envolver órgão públicos municipais, especialmente subprefeituras inseridas nas bacias hidrográficas do projeto, órgãos estaduais e federais dedicados à temática de gestão de recursos hídricos, manejo de águas pluviais, saneamento básico e meio ambiente, órgãos colegiados e demais instâncias participativas, organizações não governamentais, lideranças locais, entidades empresariais atuantes na bacia, instituições de ensino e pesquisa localizadas ou atuantes nas bacias hidrográficas, entre outros.

A empresa contratada deverá criar canais de comunicação com as diversas partes interessadas de modo a promover o conhecimento claro e consistente do objeto do estudo através da divulgação de informações produzidas durante as diferentes etapas e atividades. Desta forma, contribuições, críticas e sugestões podem garantir que o projeto seja compatível com as necessidades dos atores envolvidos.

O conteúdo programático a ser desenvolvido pela contratada em suas oficinas e materiais didáticos deverá levar em conta as diretrizes e metas de outros planos setoriais, como Planos Municipais de Habitação, para que sejam previstas ações integradas. Deverão ser consideradas também questões centrais de legislação ambiental.

A articulação e condução do processo de participação pública são de responsabilidade da empresa contratada, que deverá executar as atividades apresentadas no Plano de Trabalho, considerando os prazos e recursos financeiros estabelecidos com a contratante.

Deverão ser especificadas a estratégia de mobilização do plano de comunicação, a metodologia a ser adotada para as oficinas e seminários, o cronograma das atividades propostas (oficinas, reuniões técnicas entre contratada e contratante e seminários) e a localização para realização das atividades. Ademais, a empresa contratada deverá preparar todos os recursos e materiais didáticos a serem distribuídos e apresentados nas atividades.

13.5. Anteprojetos de engenharia

Esta etapa trata das atividades de elaboração dos anteprojetos das alternativas escolhidas e da proposição de metodologias de análise ambiental dos anteprojetos. Ambas as atividades são detalhadas abaixo.

Elaboração dos anteprojetos de engenharia das alternativas escolhidas

O conjunto de alternativas com melhor desempenho na análise multicritério para as diferentes bacias hidrográficas deverá ser detalhado e documentado devidamente a nível de anteprojeto com, pelo menos, os seguintes elementos:

- Planta geral das bacias hidrográficas com a localização das obras propostas e representação das principais características;
- Plantas de implantação das obras em escala 1:500 (ou em escala que permita maior detalhamento);
- Cortes e detalhes em escala compatíveis com a precisão de um estudo de planejamento;
- Plantas e cortes dos projetos geométricos, de terraplanagem e de drenagem, com descrição de especificações e quantitativos;

- Memorial geológico e geotécnico, elaborado com base em levantamentos prévios e observações de campo, com a predefinição de obras geotécnicas (fundações, taludes, obras de contenção, entre outras);
- Especificações de métodos construtivos, materiais e serviços que possam ser decisivos na análise de viabilidade técnica e econômica entre alternativas;
- Estimativa de custos de implantação e operação das medidas de controle propostas;
- Análise de custo-benefício;
- Manual de operação e manutenção das intervenções.

Proposição de metodologias de análise ambiental dos anteprojetos

Além da realização da análise de custo-benefício das alternativas propostas, a empresa contratada deverá propor uma metodologia de análise ambiental que seja complementar à análise tradicional desenvolvida de custo-benefício. A metodologia proposta deverá considerar as áreas de influência direta e indireta das alternativas propostas, os impactos positivos e negativos nos meios físico, biótico e antrópico, propostas de programas ambientais em combinação com medidas compensatórias e/ou mitigadoras de gestão ou complementares. Ademais, deverá ser conduzida uma análise em profundidade dos aspectos de realocação populacional, do controle de resíduos sólidos e de outros efeitos nocivos ao meio ambiente.

13.6. Plano de Ações

A etapa final tem como foco a elaboração do plano de ações, documento que trata de definir no tempo a implantação das alternativas propostas, permitindo que sejam atingidas todas as metas e objetivos previstos no PDDU. Este documento consiste na execução de duas atividades principais: a elaboração das fichas técnicas das medidas propostas e a elaboração do cronograma físico-financeiro de implantação do sistema proposto.

Ficha técnica das medidas propostas

A ficha técnica das medidas propostas contempla, para cada uma das alternativas, os seguintes elementos:

- Descrição da alternativa;
- Indicação dos responsáveis (arranjo institucional);

- Orçamento de implantação e origem dos recursos;
- Previsão financeira para operação e manutenção;
- Metas e indicadores quantitativos e qualitativos para controle de implantação, operação e manutenção.

Cronograma físico-financeiro de implantação no sistema

Junto às fichas técnicas das medidas propostas, deverá ser entregue o cronograma físico-financeiro de implantação do sistema proposto no PDDU. Neste documento será feita a apresentação detalhada de priorização das medidas propostas, com a descrição dos prazos de execução das atividades e serviços previstos, assim como os custos associados.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, C.T. (2005). HEC-GeoRAS; GIS Tools for support of HEC-RAS using ArcGIS®. Redlands: ESRI, 204 pg.

ALLCOMP, 2019a. GNSS South Galaxy G1 RTK. Catálogo de produto. Allcomp Geotecologia e Agricultura. Porto Alegre, RS.

ALLCOMP, 2019b. Pentax Linertec LGN-100N RTK. Catálogo de produto. Allcomp Geotecologia e Agricultura. Porto Alegre, RS.

ANA. Atlas de Vulnerabilidade à Inundação. Brasília. Agência Nacional de Águas, 2014.15 p. il. ISBN: 978-85-8210-025-, 2014.

ANA. Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Agência Nacional de Águas, 30 de setembro de 2013. Disponível em: http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=179&currTab=simple. Acesso em 10/04/19.

ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) – *HidroWeb*. Agência Nacional de Águas, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf. Acesso em 26/04/19.

B&B, 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Várzea Paulista. B&B Engenharia Ltda. Várzea Paulista, SP. 2014.

B&B, 2016. Plano Municipal de Saneamento Básico e PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Jarinu. B&B Engenharia Ltda. Jarinu, SP. 2016.

CAMPANA, N. & TUCCI, C.E.M. Estimativa de área impermeável de macro bacias urbanas. Revista Brasileira de Engenharia: Caderno de Recursos Hídricos. V12, nº2. 1994.

CETESB, 2016. Licença Ambiental Prévia Nº2527. Processo impacto 141/2011. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). 25 de outubro de 2016.

CHAUDHRY, M. HANIF., 2008. Open -Channel Flow. 2nd ed. University of South Carolina, Department of Civil and Environmental Engineering. Columbia, US.

COBRAPE, s/d. Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Município de Várzea Paulista – Relatório Final. Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO. s/d.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Editora ABRH, 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) (2017). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. Apêndice C. Dados do saneamento básico dos municípios paulistas.

CPRM, 2013. Atlas Pluviométrico do Brasil – Equações Intensidade-Duração-Frequência. Estação Pluviográfica: Rio Acima. Serviço Geológico do Brasil. Belém, PA. 13 p.

DAEE, 2018. Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica/Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Maio de 2018. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=743%3Apluviografia&catid=43%3Ahidrometeorologia&Itemid=30.

DATAGEO, 2014. Mapa de Perigo de Inundação para o Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. Fonte do metadado: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_WMS/UBC_INUNDACAO/1507053364909/wms>. Acesso em: 10/09/19.

DINGMAN, S.L., 2002. Physical Hydrology (Volume 1). 2nd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, 646 p.

ELETROBRÁS, 2000. Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Ministérios de Minas e Energia. Janeiro de 2000.

EMBRAPA, 2011. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rio de Janeiro, RJ. Dezembro de 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920267/o-novo-mapa-de-solos-do-brasil-legenda-atualizada>.

ENGECORPS, 2011a. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Itu. Engecorps - Corpo de Engenheiros Consultores S.A. Itu, SP. Maio de 2011.

ENGECORPS, 2011b. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Município de Cabreúva. Engecorps - Corpo de Engenheiros Consultores S.A. Novembro de 2011.

ENGECORPS, 2013. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Salto. Engecorps - Corpo de Engenheiros Consultores S.A. Novembro de 2013.

ENGECORPS, 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Indaiatuba. Engecorps - Corpo de Engenheiros Consultores S.A. Indaiatuba, SP. Novembro de 2014.

GIANSANTE, 2012. Plano Municipal de Saneamento Básico de Atibaia – Drenagem Urbana de Águas Pluviais. Relatório Final – Revisão 3. Giansante Serviços de Engenharia S/S Ltda. São Paulo, novembro de 2012.

HIDROSTUDIO, 2014. Plano Municipal de Gestão Integrada da Drenagem do Município de Jundiaí. Hidrostudio Engenharia. Fevereiro de 2014.

HIDROSTUDIO, 2015. Plano de Macrodrenagem do Município de Itupeva – SP. Hidrostudio Engenharia. Janeiro de 2015.

IBGE, 2019. SGB- Sistema Geodésico Brasileiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Geociências. Informações disponíveis em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm?c=1>.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Agregado por Setores censitários dos resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br/censo2010. Acesso em 28/03/19.

IBGE. Resolução da Presidência nº 01/2015. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. 24 de fevereiro de 2015.

IGC, 2010a. Hidrografia preliminar na escala 1:25.000 das Regiões Leste do Estado de São Paulo. Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo. 31 de dezembro de 2010. Disponível em: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Arcgis_Server_IGC_Vetorial/__DATAGEO_13/1512672533929/wms.

IGC, 2010b. Sedes administrativas municipais que compõem o Estado de São Paulo. Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo. 04 de agosto de 2010. Disponível em: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/SedesMunicipais/1435155782010/wms. Acesso em 21/02/2019.

IGC, 2015. Limites Municipais do Estado de São Paulo. Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo. 22 de setembro de 2015. Disponível em: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteMunicipal/1435155782260/wms. Acesso em 21/02/2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) & DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo. São Paulo. ITP, 2012 (Relatório Técnico 131.057 – 205).

IRRIGART, 2017. Plano Diretor de Recomposição Florestal visando à conservação da água nas Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Relatório 1 – N° 988/17. Irrigart – Engenharia e Consultoria em Recursos Hídricos e Meio Ambiente Ltda. Piracicaba, SP.

MAPBIOMAS, 2019. Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil. Coleções MapBiomas – Coleção 3. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection>. Acesso em 10/06/2019 às 15h.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES. Disponível em: <http://www.dados.gov.br/dataset/cnes>

OLIVEIRA. et al.,1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas/Rio de Janeiro: Instituto Agronômico/Embrapa, 1999

OSM, 2018. *OpenStreetMap – South America*. GEOFABRIK *downloads*. Disponível em: http://download.geofabrik.de/south-america.html. Acesso em 29/11/2018.

PEPLAU, G.J.R.; NEVES, M.G.F.P. Análise de critérios para a determinação da vazão de restrição ao escoamento superficial urbano. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), Volume 19, n. 4. Out/Dez de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LIMPO PAULISTA, 2019. Lei Complementar n° 535, de 17 de maio de 2019. Disponível em: <http://www.campolimpopaulista.sp.gov.br/plano-diretor/perguntas-e-respostas-revisao-do-plano-diretor-campo-limpo-paulista.php>

PREFEITURA MUNICIPAL DE INDAIATUBA, 2010. Lei Complementar nº. 09, de 22 de outubro de 2010. Disponível em: <https://www.indaiatuba.sp.gov.br/engenharia/downloads/leis/>

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUPEVA, 2012. Lei Complementar nº. 313, de 10 de julho de 2012. Disponível em: < https://itupeva.sp.gov.br/site/a-prefeitura/plano-de-diretrizes-urbanisticas-pdu>

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ, 2017. Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí. Coordenação da Unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. Agosto de 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ, 2019. Lei nº 9.321, de 11 de novembro de 2019. Disponível em: < https://planodiretor.jundiai.sp.gov.br/>

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALTO, 2019. Lei nº 3.783, de 12 de setembro de 2019. Disponível em: < https://salto.sp.gov.br/lei-2771-2006-plano-diretor/>

PREFEITURA MUNICIPAL DE VÁRZEA PAULISTA, 2006. Lei Complementar n° 167, de 09 de outubro de 2006. Disponível em: <https://transparencia5.varzeapaulista.sp.gov.br/?pag=131&opt=4>

PROFILL/RHAMA, 2018a. Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020. Tomo I – Diagnóstico. Abril de 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1C9r3ZU-qLx1abKUrXZ3RQrvNc4DXsi1p/view.

PROFILL/RHAMA, 2018b. Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020. Tomo III– Prognóstico. Abril de 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/13pXyCsmoQiXDB5z5uqcaUFwsRKG7U4_A/view.

QUARTZOR Ambiental, 2015. Plano de Saneamento Básico do Município de Campo Limpo Paulista. Campo Limpo Paulista, SP. Dezembro de 2015.

ROSSI, M., 2017. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. Inclui Mapas.

SAAE Atibaia/ALENA, 2010. Plano Municipal de Saneamento – Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Prefeitura da Estância de Atibaia. Atibaia, SP. Dezembro de 2010.

SÃO PAULO, 2012. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos tecnológicos; Fundamentos. SMDU. 220p.

SARTORI, A.; NETO, F. L.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método de Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 10, n.4, 2005.

SCS, 1957. Engineering Handbook: section 4 (Hydrology). Soil Conservation Service. Washington, U.S. Dept. Agr. Supplement A.

SHS, 2012. Plano Municipal de Saneamento Básico de Mairiporã. SHS Engenharia Sustentável. Maio de 2012.

SHS, 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico de Itupeva – SP (Versão final). SHS Engenharia Sustentável. Junho de 2014.

TUCCI, C.E.M. (org.) 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. ABRH e Editora da Universidade. Porto Alegre.

TUCCI, Carlos EM; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, MT de. Drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

USACE-HEC, 2015. "Hydrologic Modeling System, HEC-HMS v 4.1 – User's Manual", US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Disponível em: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation.aspx>.

USACE-HEC, 2016. "River Analysis System, HEC-RAS v 5.0 – User's Manual", US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Disponível em: < https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx >.

WMO, 2008. World Meteorological Organization. Methods of observation. In: Guide to Hydrological Practices: hydrology from measurement to hydrological information. 6. Ed. Geneva, Switzerland, 2008. v. 1, cap. 2, p.24-27. (WMO – n.168).

Informações e Contatos

Fundação Agência das Bacias PCJ

(19) 3437-2100
opção 4 – área de projetos

elaine.campos@agencia.baciaspcj.org.br

agencia.baciaspcj.org.br

agenciapcj

Profill Engenharia e Ambiente S.A.

(51) 3211-3944

profill@profill.com.br

profill.com.br