



**PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

Relatório Síntese

O presente documento consiste no **Relatório Síntese**, elaborado pela PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., no âmbito do PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI, objeto do Contrato 043/2021, 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.

Fevereiro de 2024

EXPEDIENTE

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – COMITÊS PCJ

CBH-PCJ Mandato 2023-2025

Luciano Santos Tavares de Almeida - Presidente (Prefeito Municipal de Piracicaba/SP)

Marco Antônio dos Santos - Vice-presidente (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento - ASSEMAE)

Denis Herisson da Silva - Secretário Executivo (Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA)

Caroline Túbero Bacchin - Secretária Executiva Adjunta (Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - SEMIL)

PCJ FEDERAL Mandato 2023-2025

Luciano Santos Tavares de Almeida - Presidente (Prefeito Municipal de Piracicaba/SP)

Sidney José da Rosa - 1ª Vice-presidente (Associação de Agricultura Orgânica e Biodinâmica Serras de Santana - BLOSS)

Marco Antônio dos Santos - 2ª Vice-presidente (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento - ASSEMAE)

Rachel Landgraf de Siqueira - 3ª Vice-presidente (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima)

Denis Herisson da Silva - Secretário Executivo (Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA)

CBH-PJ1 Mandato 2023-2025

Mylena Nascimento Rodrigues de Oliveira - Presidente (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG)

Reginaldo Aparecido de Godoi - Vice-presidente (Prefeitura Municipal de Itapeva)

Adilson Ramos de Souza - Secretário Executivo (Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Purificação e Distribuição de Água e em Serviços de Esgoto do Estado de Minas Gerais - SINDÁGUA)

Maurício Djalles Costa - Secretário Executivo Adjunto (Conselho Regional de Biologia da 4ª Região - CRBIO-04)

COORDENAÇÃO DOS TRABALHOS

Diretoria Técnica da Agência das Bacias PCJ:

Patrícia Gobet de Aguiar Barufaldi - Diretora Técnica

Coordenação de Projetos da Agência das Bacias PCJ:

Diogo Bernardo Pedrozo - Coordenador de Projetos

Gerenciadora da Coordenação de Projetos: Novaes Engenharia e Construções LTDA.

Luciano Farias de Novaes - Coordenador

Daniilo Carlos Ferreira Costa - Analista Técnico

Karla Romão - Analista Técnico

Lívia Maria Ongaro Modolo - Analista Técnico

Mariane Rodrigues Amuy - Analista Técnico

Grupo Técnico de Acompanhamento:

Prefeitura Municipal de Campinas/ Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento - SANASA

Manuelito Pereira Magalhães Júnior

Gladis Meiry Matteo

Vitor Assunção

Rogério de Melo Menezes

Daniel Prenda de Oliveira Aguiar

Rafaela Bonfante Lançone

Carlos Barreiro

Renato Barros

Geraldo Ribeiro de Andrade Neto



Prefeitura Municipal de Capivari/ Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE Capivari

Júlio Capossoli Neto
Rafael Borgonovi Caravita
Guilherme Rego
Francisco Cristiano Alvers
Milton R. D. Simões
Diogo Tedeschi
Isabella Carvalho
Luís Felipe Rusignelli

Prefeitura Municipal de Elias Fausto

Murilo Benatti
Lourenço
Gisele Zatarin

Prefeitura Municipal de Hortolândia

Sandrelene Didone Fagnani
Glayton Flávio Berigo

Prefeitura Municipal de Indaiatuba

Wilson José Ribeiro Martins

Prefeitura Municipal de Itupeva

Jaqueline Salvador Leite

Prefeitura Municipal de Jundiá

Maria das Graças Martini
Martim de França Silveira Ribeiro

Prefeitura Municipal de Louveira

Leandro do Prado Ribeiro
Tatiana Fidelis Correia da Silva
Ricardo Pissulin
Sabrina Ribeiro Santos Arantes
Mateus Arantes

Prefeitura Municipal de Mombuca

Guilherme Mikhail Helal Dorelli

Prefeitura Municipal de Monte Mor

Maria Tereza Gomes Carneiro Candido
Claudinei Aparecido Rodrigues
Simone Boniatti

Prefeitura Municipal de Rafard

Ivan Alex da Silva
Wagner Antonio Bragalda

Prefeitura Municipal de Rio das Pedras

Rafael Civolani Bonassa
Emerson Ricardo Vieira

Prefeitura Municipal de Tietê

Álvaro Floriam Gebraiel Bellaz
Rodrigo de Andrade Modolo
Luis Gonzaga Carniel
Sandra Valéria de Almeida
Reinaldo Martim Camargo

Prefeitura Municipal de Valinhos

Rodrigo Basso
Marina Boralli Visentini

Prefeitura Municipal de Vinhedo

Fernanda D. Franceschini de Laurentis
Silney Fabiano Mendes Fiori
Lúvia Barreto
Adriana Correa Falivene
Maurício Roberto Barone
Francisco Paulo Oliva Barijan
Walter Travitzki
Armando Carlos Quinze

Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

Claudia Hornhardt Siqueira Fonseca

Arthur Pelegrin

Felipe Gobet de Aguiar

Consórcio das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

José Cezar Saad

Gabriele Fernanda Reis

Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá CBH-PCJ

André Navarro

Caroline Túbero Bacchin

Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente (GAEMA) - Ministério Público

Rodrigo Sanches Garcia

Câmara Técnica de Saneamento (CT-SA)

Luiz Henrique Batista Ramos

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

João José Assumpção de Abreu Demarchi

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 043/2021)

EXPEDIENTE

Consultora Contratada - PROFILL Engenharia e Ambiente

Coordenação Geral

Eng. Civil Mauro Jungblut

Coordenação Executiva

Eng. Civil Sidnei Gusmão Agra

Apoio à Coordenação

Eng^a. Hídrica Thawara Fonseca Guidolin

Equipe Técnica

Advogado Giuliano Deboni

Arquiteta e Urbanista Juliana Tonet

Arquiteto e Urbanista Klaus Jungblut

Eng. Agrônomo Lauro Paes

Eng^a. Ambiental Ana Helfer

Eng. Ambiental Filipe Franz Teske

Eng^a. Ambiental Tailana Bubolz Jeske

Eng. Cartógrafo Vinícius Melgarejo Montenegro

Eng. Civil André Tonin

Eng. Civil Carlos Bortoli

Eng. Civil Dante Gama Larentis

Eng. Civil Gustavo Boff Klaus

Eng^a. Civil Karina Escandiel Crespo

Eng. Agrônomo Lauro Paes

Eng. Civil Lucas Rangel Martins

Eng. Civil Luís Gustavo Moura Reis

Eng. Civil Nilson Teixeira

Eng^a. Civil Patrícia Cardoso

Eng^a. Hídrica Natália Pulcinelli

Estagiária Eng. Cartográfica Andrea Rodrigues Fortes

Estagiário Eng. Ambiental Renan Souza Vidal

Geógrafa Ananda Müller

Geógrafa Arielle Gazzana

Geógrafo Daniel Wiegand

Geógrafo Guilherme Joaquim

Geógrafo Guilherme Silva

Geógrafa Isabel Rekowsky

Relações Públicas Karina Galdino Agra

Téc. em Estradas Luís Felipe dos Santos

PREFÁCIO

Há tempos, os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari vêm sofrendo com frequentes eventos de cheias. 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 que contribuem para uma maior frequência e intensidade de cheias e inundações.

A elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (PDM-BHC), iniciada em 2021, teve como objetivos principais caracterizar as causas das inundações ocorridas na zona urbana dos municípios dessa região e apresentar propostas de implantação de ações estruturais e não estruturais, nas áreas urbana e rural dos municípios da Bacia do Rio Capivari, relacionadas ao controle de cheias, observando os horizontes de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo (20 anos) prazos.

Participaram do processo de elaboração do PDM-BHC representantes de todos os municípios com território na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, membros de Câmaras Técnicas dos Comitês PCJ e da 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 PDM-BHC 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.

Denis Herisson da Silva

Secretário-Executivo do CBH-PCJ e do PCJ FEDERAL

APRESENTAÇÃO

A presente publicação reúne informações acerca da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e todo o detalhamento do Plano Diretor de Macrodrenagem dessa Bacia, elaborado com recursos financeiros oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos em rios de domínio da União nas Bacias PCJ - Cobrança PCJ Federal, e previstos nas ações do Plano de Aplicação Plurianual para o período de 2021 a 2025 – PAP PCJ 2021-2025.

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 2021, com 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 Campinas, Capivari, Elias Fausto, Hortolândia, Indaiatuba, Itupeva, Jundiaí, Louveira, Mombuca, Monte Mor, Rafard, Rio Das Pedras, Tietê, Valinhos e Vinhedo, com área na Bacia do Rio Capivari. Dada a importância dessa Bacia dentro do contexto das Bacias PCJ, este plano é de fundamental relevância, não somente para os municípios diretamente 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 Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Rio Capivari 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 planeje as ações municipais de acordo com as diretrizes macro da Bacia do Rio Capivari.

Fica evidente a importância dos municípios se unirem em torno de um desafio que é de todos. Desta forma, este 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 sem transferir problemas para o município que está logo abaixo.

Sergio Razera

Diretor-Presidente da Fundação Agência das Bacias PCJ

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17		
2.	OBJETIVOS.....	21		
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25		
4.	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	33		
4.1.	Visitas aos municípios	33		
4.2.	Levantamentos de campo.....	33		
5.	ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO.....	37		
5.1.	Dados pluviométricos.....	37		
5.2.	Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas	38		
5.3.	Eventos extremos históricos.....	39		
5.4.	Dados fluviométricos e regime hidrológico.....	41		
6.	DIAGNÓSTICO	46		
6.1.	Simulação hidrológica	46		
6.1.1.	Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.....	46		
6.1.2.	Resultados da simulação hidrológica	54		
6.3.	Simulação hidrodinâmica.....	56		
6.3.1.	Modelo Numérico de Terreno	56		
6.3.2.	Ajuste do modelo.....	58		
6.3.3.	Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação.....	58		
6.4.	Análise do funcionamento das travessias do Rio Capivari	60		
7.	PROGNÓSTICO	64		
7.1.	Simulação hidrológica	64		
7.1.1.	Cenário futuro de ocupação: estimativa do parâmetro Curve Number (CN)	64		
7.2.	Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação ..	64		
8.	PLANO DE AÇÕES.....	70		
8.1.	Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Capivari	72		
8.2.	Programa de contenção das cheias por medidas pontuais.....	72		
8.3.	Programa de manejo de drenagem sustentável	75		
8.4.	Programa de medidas de fiscalização e controle	77		
8.5.	Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta.....	77		
8.6.	Programa de educação ambiental e comunicação.....	78		
8.7.	Programa de estruturação do setor de drenagem urbana	79		

8.8. Programa de elaboração de Planos Municipais de Drenagem	80	9.3. Conjunto de Ações III	87
9. DETALHAMENTO DAS AÇÕES ESTRUTURAIS	87	10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
9.1. Conjunto de Ações I	87	11. REFERÊNCIAS	99
9.2. Conjunto de Ações II	87		

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BHC – Bacia Hidrográfica do Rio Capivari

BRH – Bases Técnicas em Recursos Hídricos

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CN – *Curve Number*

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

CT-RN – Câmara Técnica de Conservação e Proteção de Recursos Naturais

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

CT-SA – Câmara Técnica de Saneamento

DAEE-SP – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EHE – Evento Hidrológico Extremo

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A

GTA – Grupo Técnico de Acompanhamento

GT-Drenagem – Grupo de Trabalho de Drenagem da CT-SA

HEC – *Hydrologic Engineering Center*

HMS – *Hydrologic Modeling System*

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

MDS – Modelo Digital de Superfície

MHH – Monitoramento Hidráulico-Hidrológico

MNT – Modelo Numérico do Terreno

PAP – Plano de Aplicação Plurianual

PCJ – Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

PDC – Programa de Duração Continuada

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDM – Plano Diretor de Macrodrenagem

PDM-BHC – Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari

PMD – Planos Municipais de Drenagem

PMSB – Planos Municipais de Saneamento Básico

RAS – *River Analysis System*

RT – Relatório Técnico

SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

TDR – Termo de Referência

TR – Tempo de Retorno

UGHRI-5 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. - Extensão de ruas e estradas vicinais potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Capivari, agrupadas por cenário e tempo de retorno simulado. 29

Tabela 5.1. Resumo de informações das estações pluviométricas selecionadas. 38

Tabela 5.2. Parâmetros das oito equações IDF elaboradas para uso no estudo de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. 39

Tabela 5.3. Postos fluviométricos localizados no Rio Capivari. 42

Tabela 5.4. Resumo de informações referentes às séries de vazão do Rio Capivari. 42

Tabela 5.5. Vazões e cotas máximas para diferentes tempos de retorno no posto 62420000 (Monte Mor). 43

Tabela 6.1. Descrição de cada trecho em que foi subdividido o Rio Capivari. 46

Tabela 6.2. Classes de uso do solo equivalentes para a BHC e respectivos valores de CN associados. 49

Tabela 6.3. Valores de CN ponderado pela área nas sub-bacias da BHC... 51

Tabela 6.4. Características físicas dos trechos de rio e sub-bacias em valores acumulados. 53

Tabela 6.5. Valores característicos para as vazões de pico no exutório de cada sub-bacia do Rio Capivari. 55

Tabela 8.1. Resumo dos Programas e Ações propostos para implementação no PDM-BHC. 82

Tabela 9.1. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações I na BHC. 88

Tabela 9.2. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações II, na BHC. 91

Tabela 9.3. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações III, na BHC. 92

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Resumo Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, indicando seus municípios, sedes e áreas urbanas.	26
Figura 6.1. Trechos considerados para subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.	48
Figura 6.2. Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.	50
Figura 6.3. Curve Number (CN) da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.	52
Figura 6.4. Modelo Numérico de Terreno (MNT) elaborado para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.	57
Figura 6.5. Mancha de inundação para todos os Tempos de Retorno - 10, 25 e 100 anos (Diagnóstico).	59
Figura 7.1. Parâmetro Curve Number (CN) referente ao Prognóstico para o ano de 2045.	65
Figura 7.2. Incremento do pico de vazão gerada no cenário de Diagnóstico e de Prognóstico, em comparação por sub-bacia.	66
Figura 7.3. Mancha de inundação para todos os Tempos de Retorno - 10, 25 e 100 anos (Prognóstico).	67
Figura 8.1. Estrutura do Plano de Ações do PDM-BHC.	70
Figura 8.2. Quadro-síntese das ações propostas no conjunto de programas do Plano de Ações.	71
Figura 8.3. Intervenções estruturais propostas para a calha do Rio Capivari.	74
Figura 8.4. Ações de drenagem sustentável no meio urbano.	75
Figura 8.5. Ações de drenagem sustentável no meio rural.	76

1

Introdução

1. INTRODUÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A apresenta o **Relatório Síntese**, que integra o Produto 10, parte da décima atividade dos estudos para “*Elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – PDM-BHC*”.

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 2021-2025, em específico para o exercício 2021.

O relatório foi avaliado pela Agência das Bacias PCJ e pelo Grupo Técnico de Acompanhamento - GTA, formado por técnicos das Prefeituras dos municípios da BHC, das Câmaras Técnicas de Saneamento (CT-SA) - mais especificamente do GT-Drenagem - de Conservação e Proteção de Recursos Naturais (CT-RN), e de Uso e Conservação da Água no Meio Rural (CT-Rural), além de representantes do DAEE e CETESB. O desenvolvimento do processo de condução dos estudos contou com o acompanhamento permanente das entidades envolvidas e supracitadas, através da atuação do GTA e da realização dos Seminários.

As informações com maior detalhamento estão disponíveis para consulta no Relatório Final (RT 10), disponibilizado em 3 TOMOS.



Foto: Município de Mombuca, Fuorie o Velho, Flickr.

A photograph of a yellow and white domed pavilion with arches and a staircase, surrounded by lush greenery. The pavilion has a white dome and yellow walls with white arches. A white staircase with a decorative metal railing leads up to the entrance. The scene is set in a park-like environment with many trees and plants.

2

Objetivos

2. OBJETIVOS

O Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (PDM-BHC) tem como objetivo geral:

- Caracterizar as causas das inundações ocorridas nas zonas urbanas dos municípios localizados na região de abrangência do Plano; e
- 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.

Complementarmente, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os levantamentos de dados e informações necessários a caracterização dos problemas pelas cheias do Rio Capivari;
- 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;
- Propor ações nas áreas rurais da BHC, quando identificada sua necessidade pelos estudos de diagnóstico ou prognóstico; e
- Orientar, futuramente, a elaboração (ou revisão) de Planos Municipais de Macrodrenagem, adequados à realidade de cada município da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

3

Caracterização da área de estudo



3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

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 Capivari (BHC), com aproximadamente 1.569 km², e seus municípios.

Ao todo, 15 municípios integram a BHC, total ou parcialmente, sendo eles: Campinas, Capivari, Elias Fausto, Hortolândia, Indaiatuba, Itupeva, Jundiaí, Louveira, Mombuca, Monte Mor, Rafard, Rio das Pedras, Tietê, Valinhos e Vinhedo. Conforme indicação dos TDR, a área de estudo compreende as porções municipais que afluem para o Rio Capivari, ou seja, o território da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

Na Figura 3.1 a seguir apresenta-se a disposição destes municípios na bacia hidrográfica de estudo. O mapa também apresenta a localização das sedes urbanas e a extensão das manchas urbanas na BHC, conforme dados do mapa de Uso do Solo do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 (PROFILL & RHAMA, 2020). A análise do mapa de uso do solo aponta que aproximadamente 20% da Bacia do Rio Capivari corresponde a áreas

urbanizadas, 42% de áreas agrícolas e os 38% restantes são distribuídos entre áreas de característica naturais, como mata nativa e corpos d'água.

O Rio Capivari tem, aproximadamente, 200 km de extensão, sendo um afluente da margem direita do Rio Tietê. Seus principais afluentes são os ribeirões Sapezal, Piçarrão, Areia Branca, Água Choca, e o Rio Capivari-Mirim. As nascentes do Rio Capivari estão localizadas a 750 m de altitude na Serra do Jardim, no município de Jundiaí. O Rio Capivari segue seu curso, paralelamente ao Rio Jundiaí, até desaguar no Rio Tietê, no município de Tietê. O curso do Rio Capivari é cortado pela rodovia dos Bandeirantes (município de Campinas) e pela rodovia Anhanguera (município de Vinhedo).

Do ponto de vista de seu regime de vazões, na região do município de Campinas, o Rio Capivari recebe uma transposição da Bacia do Rio Piracicaba, por meio do lançamento de um dos sistemas de tratamento de efluentes do município, no Córrego Piçarrão.

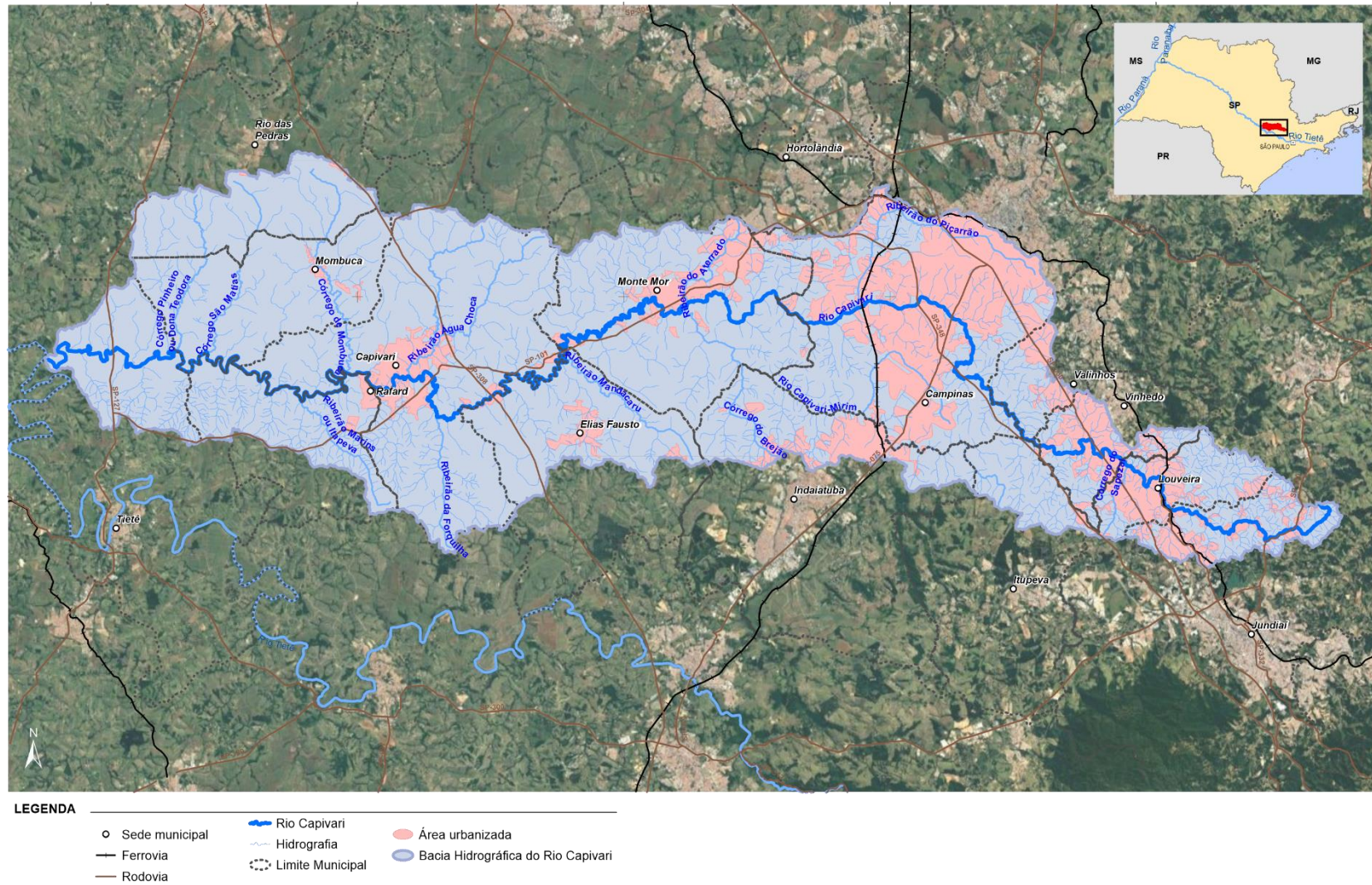


Figura 3.1. Resumo Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, indicando seus municípios, sedes e áreas urbanas.

Uma informação importante para a elaboração do PDM-BHC é caracterizar a ocorrência das cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e seu impacto nos municípios da bacia. Observa-se que alguns municípios da BHC possuem uma pequena área urbana na bacia, correspondendo a distritos isolados da sede urbana; são eles, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba, Tietê, Rio das Pedras, Vinhedo, Hortolândia e Valinhos. Por outro lado, municípios como Louveira, Campinas, Monte Mor, Capivari, Elias Fausto, Rafard e Mombuca tem suas sedes municipais dentro dos limites da BHC, bem como áreas urbanas posicionadas ao longo da calha do Rio Capivari.

Como será detalhado adiante no presente relatório, a partir de dados obtidos no Diagnóstico da BHC, a Tabela 3.1 apresenta a extensão de vias que podem ser atingidas, quando considerada as manchas de inundação de três diferentes tempos de retorno (10, 25 e 100 anos).

Nota-se que eventos de chuvas com tempo de retorno maiores do que 10 anos, os municípios da BHC, de modo geral, têm parte de sua malha viária urbana afetada. Ao se comparar os cenários de Diagnóstico e de Prognóstico, na maior parte dos municípios o acréscimo de vias comprometidas não foi significativo. O aumento da abrangência da inundação, gerado pelo cenário de Prognóstico e consequente aumento da extensão de ruas e estradas vicinais atingidas, foi de aproximadamente 13%.

Também foi realizada uma 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.

No total, no cenário de prognóstico, para mancha de inundação mais abrangente (100 anos), foram identificadas 3.102 unidades em áreas em risco de inundação, sendo que a maior parte delas (1.115) está localizada no município de Monte Mor. Já na mancha modelada para um tempo de retorno mais recorrente (10 anos), também no cenário de prognóstico, estão localizadas 1.615 unidades em áreas potencialmente inundáveis.

Os municípios menos atingidos em ambos os cenários (Diagnóstico e Prognóstico) foram: Elias Fausto, Itupeva, Mombuca, Rafard, Tietê e Valinhos. Municípios como Elias Fausto, Itupeva, Mombuca, Tietê e Valinhos têm seus centros urbanos consolidados em região distante ao desenvolvimento do Rio Capivari; portanto, possivelmente, os danos gerados pelo impacto identificado pela presente análise serão inferiores aos danos causados pelas inundações em cidades que se desenvolvem em áreas ribeirinhas.

Tabela 3.1. - Extensão de ruas e estradas vicinais potencialmente atingidas por inundação para os municípios posicionados ao longo da calha do Rio Capivari, agrupadas por cenário e tempo de retorno simulado.

Município	Extensão de ruas e estradas vicinais atingidas (m)					
	Diagnóstico			Prognóstico		
	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos
Campinas	1.712	2.530	3.882	2.259	2.974	4.384
Capivari	3.154	4.480	8.495	4.163	5.674	9.650
Elias Fausto	52	52	150	52	52	211
Itupeva	288	320	482	315	341	556
Jundiaí	1.996	2.492	3.386	2.486	2.949	3.927
Louveira	3.931	5.525	7.017	5.346	6.448	7.856
Mombuca	7	14	24	12	18	28
Monte Mor	12.992	14.906	18.184	14.794	16.722	18.916
Rafard	70	94	356	88	113	581
Tietê	100	125	158	121	140	173
Valinhos	178	239	388	224	292	572
Vinhedo	4.401	5.502	5.860	5.106	5.672	6.371
Total	28.881	36.279	48.384	34.966	41.395	53.227

Fonte: simulação hidrodinâmica dos cenários de Diagnóstico e Prognóstico para a BHC.



4

Levantamento de informações

4. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

4.1. Visitas aos municípios

A atividade de levantamento de informações juntamente aos municípios teve início com uma solicitação de visita da equipe da PROFILL através de comunicação eletrônica (via e-mail) aos 15 municípios integrantes da bacia.

Foram realizadas duas coletas de dados em cada um dos municípios (uma via *web* e outra presencial), onde foram coletados dados e percorridos alguns pontos notáveis da macrodrenagem de cada um dos municípios da BHC, respectivamente. Todas as informações foram inseridas no capítulo de Levantamento de Dados e Informações nos Municípios do Relatório Final (RT 10).

Adicionalmente, também foram consultados os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos 15 municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, assim como os Planos Diretores de Drenagem Urbana (quando disponíveis), instrumentos jurídicos e institucionais vinculados à drenagem urbana, além de outros estudos disponíveis para a BHC.

4.2. Levantamentos de campo

Este capítulo apresenta a metodologia aplicada durante os levantamentos de campo realizados na BHC, bem como os resultados totais destes levantamentos, separados em três categorias:

- Perfil topobatimétrico das seções de controle:
 - 514 seções de controle levantadas ao longo do Rio Capivari, além de 112 seções adicionais necessárias para caracterização do curso d'água.
- Cadastramento das travessias da calha do Rio Capivari:
 - 93 estruturas levantadas ao longo do Rio Capivari.
- Desenho das confluências identificadas afluentes à calha do Rio Capivari:
 - 117 confluências levantadas ao longo do Rio Capivari.

A metodologia adotada na execução dos levantamentos e os resultados completos destes estão apresentados de forma detalhada no capítulo de Levantamentos de Campo do Relatório Final (RT 10).



5

Análise de dados de monitoramento hidrológico

5. ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

5.1. Dados pluviométricos

Além da coleta, compilação e processamento dos dados, são apresentados alguns dados gerais e a localização dos postos selecionados para o estudo (Tabela 5.1), com análise do seu contexto na bacia e os ajustes de oito equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF), realizados para algumas estações pluviométricas na BHC.

A caracterização do regime pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari foi realizada com base na análise de séries históricas de precipitação de 21 postos pluviométricos, obtidas no portal *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Foram realizadas análises de consistência, preenchimento de falhas e representatividade das estações, de modo a se obter o maior período concomitante de dados de chuvas médias e máximas anuais para a elaboração de isoietas na BHC.

De forma geral, pode-se afirmar que as chuvas são bem distribuídas na totalidade da bacia, e que a precipitação média anual é de 1.300 mm, a precipitação anual média máxima é de aproximadamente 1.500 mm/ano na região do posto próximo ao município de Itupeva, enquanto o valor mínimo é de 1.250 mm/ano nas estações próximas aos municípios de Capivari e Monte Mor. Trata-se, portanto, de uma diferença de apenas 250 mm entre os valores extremos de precipitações médias encontrados na bacia.

Considerando a distribuição espacial das chuvas na BHC, tanto para os valores de precipitação médios e máximos anuais, como para os máximos diários obtidos, é possível afirmar que a região da cabeceira é aquela que apresenta um regime hidrológico de maior pluviosidade, com valores máximos anuais da ordem de 2.500 mm/ano, e acumulados diários máximos da ordem de 200 mm/dia. A análise de isoietas de acumulados máximos orienta a prospecção de locais para implantação de projetos de retenção hidráulica, permitindo estimar, de forma rápida, locais mais efetivos sob o ponto de vista do controle de contribuições ao curso principal do Rio Capivari.

Tabela 5.1. Resumo de informações das estações pluviométricas selecionadas.

Código	Nome	Operador	Nº anos sem falha	Início	Final	Precipitação média anual (mm/ano)
02247044	RIO DAS PEDRAS	DAEE-SP	59	1946	2020	1.297
02247045	CAMPINAS (INMET)	DAEE-SP	50	1915	1970	1.364
02247046	CAMPINAS - IA	DAEE-SP	69	1941	2020	1.386
02247048	CAMPINAS (CPEF)	DAEE-SP	36	1936	1972	1.267
02247050	BAIRRO PAVIOLI	DAEE-SP	45	1951	2020	1.331
02247051	MONTE MOR (ETA)	DAEE-SP	36	1946	1985	1.193
02247052	USINA BOM RETIRO	DAEE-SP	42	1953	2004	1.273
02247058	MONTE MOR	CONSTRUFAM	47	1953	2021	1.264
02247059	CAPIVARI	CONSTRUFAM	63	1943	2021	1.243
02247110	CAPIVARI	DAEE-SP	61	1946	2020	1.279
02247130	FAZENDA SETE QUEDAS	DAEE-SP	23	1954	2018	1.366
02346003	VINHEDO	DAEE-SP	48	1936	1995	1.337
02346008	CORRUPIRA (CPEF)	DAEE-SP	17	1936	1961	1.220
02346097	JUNDIAÍ	CONSTRUFAM	68	1938	2021	1.487
02347002	FAZENDA VISTA REDONDA	DAEE-SP	54	1939	2001	1.210
02347003	VIRACOPOS	DAEE-SP	23	1970	1996	1.339
02347004	ELIAS FAUSTO	DAEE-SP	43	1939	2000	1.228
02347007	INDAIATUBA	DAEE-SP	56	1937	2019	1.292
02347008	SAMAMBAIA	DAEE-SP	30	1970	2000	1.298
02347010	TIETÊ - IA	DAEE-SP	29	1936	1970	1.133
02347136	FAZENDA BURITI	DAEE-SP	29	1963	2002	1.516

5.2. Equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) utilizadas

O estudo de chuvas intensas deve fornecer a relação entre intensidade, duração e frequência das precipitações que ocorrem na região do projeto, expressas por meio de equações (IDFs). No presente estudo foram pesquisadas e avaliadas as IDFs existentes na BHC e arredores, além de determinadas novas IDFs.

Para a construção de novas equações IDF, é necessário obter as máximas precipitações diárias de cada uma das estações pluviométricas selecionadas para o ajuste. Foram selecionadas as estações com 48 ou mais anos de dados. A seleção teve como critérios a qualidade e quantidade da informação de chuva, e a distribuição espacial dos postos. As equações IDF foram ajustadas de forma a incluir os dados de precipitações diárias máximas anuais de até três dias de duração, sendo validadas inclusive para eventos de durações superiores.

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 a seguir (Equações 5.1, 5.2 e 5.3):

$$\mu = \text{Média } (P_{m\acute{a}x} \text{ 1 dia}) - 0,451 \quad 5.1$$

$$\alpha = 0,7797 \cdot \text{Desvio Padr\~{a}o } (P_{m\acute{a}x} \text{ 1 dia}) \quad 5.2$$

$$P_{m\acute{a}x} \text{ 1 dia} = \mu - \alpha \cdot \left\{ \ln \left[-\ln \left(1 - \left(\frac{1}{TR} \right) \right) \right] \right\} \quad 5.3$$

O formato mais comumente utilizado é o apresentado a seguir, na Equação 5.4:

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t + c)^d} \quad 5.4$$

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.

Os parâmetros das equações IDF ajustadas são apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Parâmetros das oito equações IDF elaboradas para uso no estudo de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

Estação	Valor do coeficiente			
	a	b	c	d
Rio das Pedras (02247044)	1220,735	0,128	14,233	0,795
Campinas – IA ¹ (02247046)	1242,294	0,145	12,445	0,788
Monte Mor – ETA ² (02247051)	1333,943	0,147	14,073	0,795
Capivari ³ (02247059)	1101,102	0,144	11,652	0,784
Vinhedo (02346003)	1246,241	0,165	11,302	0,783
Jundiá (02346097)	1280,333	0,166	11,251	0,783
Élias Fausto (02347004)	1109,274	0,142	12,197	0,787
Indaiatuba (02347007)	1488,445	0,161	18,824	0,816

¹Série estendida com o posto Campinas – INMET (02247045). ²Série estendida com o posto Monte Mor (02247058). ³Série estendida com o posto Capivari – DAEE/SP (02247110).

5.3. Eventos extremos históricos

Neste item são avaliados alguns eventos extremos de chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, com base no histórico de observações da rede pluviométrica e em notícias que ilustram o efeito sobre o sistema de macrodrenagem, com destaque para precipitações de duração com potencial para causar inundação ribeirinha (maior que um dia).

Evento de fevereiro de 1970

Em fevereiro de 1970 foram relatadas fortes chuvas em municípios do interior paulista, dentre os quais Capivari. O histórico dos postos pluviométricos da região mostra que choveu um acumulado de 97 mm em 1 dia no posto pluviométrico de Campinas, correspondendo a um tempo de retorno de cerca de 5 anos. Por essa razão, não há relatos de inundação histórica nas cabeceiras da bacia. No entanto, a chuva acumulada em 3 dias foi de 230 mm, correspondendo a um tempo de retorno de cerca de 50 anos, indicando a severidade do evento para as áreas maiores de contribuição do Rio Capivari. As chuvas observadas no município de Monte Mor também tiveram grandes acumulados em 3 dias (218 mm).

Eventos de 1983

O ano de 1983 é famoso por terem ocorrido inundações em todo o sul e sudeste do país. Na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, o histórico de observações mostra acumulados diários de 135 mm em Elias Fausto e Rio das Pedras, equivalendo a um tempo de retorno aproximado de 60 anos. O ano de 1983 foi bastante úmido e responsável por recordes de chuvas máximas anuais observadas nos postos de praticamente toda a Bacia do Rio Capivari.

Evento de janeiro de 2011

Segundo noticiários, Louveira enfrentou no dia 13 de janeiro de 2011 “sua maior enchente desde 1983, segundo a prefeitura”. Na ocasião, o Rio Capivari transbordou inundando as casas de 400 famílias. Municípios do entorno da BHC, como Santa Bárbara d’Oeste (norte) e Atibaia (leste) também foram muito afetados. O histórico dos postos mostra que a distribuição espacial da chuva causou efeitos extremos no entorno da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (como em Rio das Pedras) e na macrodrenagem na cabeceira, em Louveira. A chuva acumulada no posto de Jundiá é de 204 mm em 3 dias, e indica um tempo de retorno de 10 a 15 anos.

Evento de janeiro de 2019

Em janeiro de 2019 ocorreram inundações na parte baixa do Rio Capivari, especialmente no município de Monte Mor. Os noticiários destacam a ocorrência de 120 mm de chuva em 48h no município, informando também a distribuição da chuva nos municípios vizinhos (acumulados em 72 horas): Campinas (241,9 mm), Capivari (97,1 mm), Louveira (186,0 mm), Monte Mor (151,0 mm), Valinhos (158,0 mm) e Vinhedo (190,7 mm). O total acumulado de Campinas corresponde a um tempo de retorno de 70 anos; no entanto, considerando a distribuição espacial do evento, o tempo de retorno dos postos do entorno é de cerca de 10 anos.

Evento de fevereiro de 2020

Noticiários relatam problemas em Capivari a partir das chuvas de fevereiro de 2020. Os totais observados acumulados em 1 e 3 dias em Capivari (65 mm e 100 mm), Monte Mor (106 mm e 129 mm) e Jundiá (72 mm e 95 mm) indicam uma recorrência de cerca de 2 a 5 anos para os eventos. Ainda assim, a chuva continuada por um período de 72 horas causou transtornos e alagamentos em pelo menos 10 locais na cidade.

Evento de janeiro de 2022

O evento de 2022 é de especial importância por estar ainda presente na lembrança dos moradores das cidades atingidas e bastante documentado. Pelos relatos, os maiores problemas de inundação na bacia ocorreram em Capivari e Monte Mor. A prefeitura municipal de Capivari considerou o maior evento de “enchente” da história do município. Segundo a prefeitura municipal de Capivari, ainda no dia 27 de janeiro, a Defesa Civil municipal solicitou a abertura das comportas da Barragem Leopoldina, visando reduzir o remanso do Capivari na cidade.

Os registros dos pluviógrafos da rede do CEMADEN na bacia, assim como o evento de 1970, entre outros, indicam um padrão de severidade de acumulados maiores que 1 dia. Os acumulados de 1 dia na bacia tiveram tempo de retorno máximo de cerca de 8 anos. No entanto, os acumulados

de 3 dias, que correspondem a duração crítica na parte baixa do Rio Capivari, apresentam tempo de retorno de até 100 anos (em Jundiá).

A análise dos pluviógrafos também permite observar o padrão de distribuição espacial do evento de precipitação de 2022, concentrado na cabeceira da BHC (Vinhedo, Jundiá e Louveira). Da mesma forma, permite constatar como um evento de chuva pode apresentar grande variação espacial em um mesmo município: a chuva de 3 dias no Jardim das Bandeiras, em Campinas, foi de 184 mm (40 anos de tempo de retorno); ao passo que, na zona norte da cidade (na porção da Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia, no Córrego Serafim), a precipitação foi de recorrência normal (inferior a 1 ano de tempo de recorrência).

5.4. Dados fluviométricos e regime hidrológico

A análise de vazões também foi realizada para os postos fluviométricos obtidos através do portal *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, e no Sistema de Alerta à Inundações do Estado de São Paulo (SAISP), conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Postos fluviométricos localizados no Rio Capivari.

Código	Nome	Operador	Área (km ²)	Lat.	Long.	Período de observação
603	REFORMA AGRÁRIA	SAISP	227	-23,01	-47,08	2011 – atual
609	MONTE MOR	SAISP	725	-22,95	-47,32	2011 – atual
62420000	MONTE MOR	ANA	697	-22,96	-47,30	1952 – atual
62428000	FAZENDA ITAPEVA	DAEE-SP	1310	-23,02	-47,58	1980 – 1996

As estações integrantes do SAISP possuem série histórica curta (10 anos) para fins de caracterização do regime hidrológico da bacia, mas por se tratar de estações com telemetria, seus registros foram utilizados para verificação dos modelos hidrológico e hidráulico. As informações das duas estações do sistema *Hidroweb* com dados no Rio Capivari estão apresentadas, a seguir, Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Resumo de informações referentes às séries de vazão do Rio Capivari.

Estação	Área (km ²)	Período com dados (anos)	Vazão média anual (m ³ /s)	Vazão específica (L/s/km ²)	Vazão média anual máxima (m ³ /s)	Vazão máxima observada (m ³ /s)
62420000	697	66 (1954 a 2019)	6,14	8,81	15,50 (1983)	67,7* (05/01/2019)
62428000	1310	15 (1982 a 1996)	16,00	12,21	40,36 (1983)	276,44 (03/06/1983)

*A vazão do evento de 2022 foi superior (cerca de 80 m³/s), no entanto, ainda não está disponível no banco de dados do portal *Hidroweb*.

Destaca-se o ano de 1983 como o mais úmido da série em ambos os postos, ressaltando que a estação de Monte Mor possui série extensa. Nesta estação, é possível verificar que o evento de maior vazão da série histórica

disponível (desde 1954) ocorreu na cheia de janeiro de 2019. Ressalta-se que, para a estação supracitada, ainda não estão disponíveis no portal *Hidroweb* os dados de 2020 até o presente momento.

Observa-se na Tabela 5.4 que as vazões específicas são baixas (em torno de 10 L/s.km²). Neste sentido, pondera-se ainda que, uma vez que a série da estação de Rafard (62428000) é curta e compreende o evento de máxima ocorrida em 1983, o cálculo de sua vazão média é tendencioso, devendo ser menor quando analisado um período mais extenso.

Utilizando a estação 62420000 (Monte Mor), foi elaborada curva de permanência do Rio Capivari, conforme apresentado na Tabela 5.4. A relação entre as vazões com 95% de permanência (Q₉₅) e média de longo período (Q_{mlp}) é de apenas 19,5%.

Os valores de vazão específica da bacia, bem como a relação Q₉₅/Q_{mlp} indicam uma baixa capacidade de regularização de vazões no trecho, o que deve se configurar como um ponto de atenção em estudos de balanço e disponibilidade hídrica, conforme destacado no Plano das Bacias PCJ 2020-2035. As vazões máximas desse posto, associadas a tempos de retorno, foram calculadas ajustando a distribuição de Gumbel aos dados de vazões máximas anuais, de 1954 a 2022 (69 anos de dados). A Tabela 5.5 apresenta as vazões e cotas do nível d'água para diferentes tempos de retorno do posto 62420000, localizado em Monte Mor.

Tabela 5.5. Vazões e cotas máximas para diferentes tempos de retorno no posto 62420000 (Monte Mor).

Tempo de retorno (anos)	Vazão máxima (m³/s)	Cota (m)
2	37,86	432,12
5	48,56	503,32
10	55,65	550,46
25	64,61	610,03
50	71,26	654,21
100	77,85	698,08

Observa-se que o evento de altas precipitações, ocorrido no ano de 2019, teve recorrência pouco superior a 25 anos. Utilizando as vazões máximas do posto 609 (por regionalização) obteve-se que o evento de 2020, cuja vazão foi de aproximadamente 60 m³/s, teria como tempo de retorno o intervalo de 10 a 25 anos, e o evento de 2022, de 80 m³/s, teria tempo de retorno superior a 100 anos. Ressalta-se, além da severidade do evento de 2022, a ocorrência de eventos com tempo de retorno acima de 10 anos em 3 de 4 anos consecutivos.

Cabe aqui destacar que as vazões de cheia do posto da ANA, assim como do posto vizinho do DAEE (código 609), estão na faixa de extrapolação da curva-chave, e as análises realizadas no decorrer do estudo indicam uma grande subestimativa por parte das equações dos postos. Tal constatação terá efeito no ajuste de extremos e, portanto, os tempos de retorno das vazões supramencionadas devem ser considerados com cautela, sendo mais seguro o dado de cota (nível d'água).



A scenic view of a park with tall trees and a body of water reflecting the surroundings. The image is split horizontally. The top half shows a clear view of tall, thin trees and a bright sky. The bottom half shows the same scene reflected in a calm body of water. A large white number '6' is overlaid on the left side of the top half. A horizontal bar with a white section on the left and blue sections on the right is overlaid across the middle. The word 'Diagnóstico' is written in green on the white section of the bar.

6

Diagnóstico

6. DIAGNÓSTICO

6.1. Simulação hidrológica

6.1.1. Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari

Discretização da bacia

O Rio Capivari foi subdividido em trechos, tendo assim sido delimitadas as suas respectivas áreas de contribuição para uso neste PDM. O critério de divisão foi de, partindo de montante, iniciar um novo trecho a cada acréscimo significativo de área de contribuição, definido pela afluência de córregos com área de drenagem acima de 5 km². A discretização ocorre desde a cabeceira, onde foram levantadas seções topobatimétricas para a simulação hidráulica, até o deságue no Rio Tietê.

Desta forma, obtiveram-se 30 trechos em que as vazões foram consideradas constantes para fins de verificação hidráulica e proposição de obras de melhoria na macrodrenagem, conforme apresentado na Figura 6.1. A Tabela 6.1 descreve cada trecho do Rio Capivari correspondente à subdivisão de bacias, relacionando-as às principais características do trecho.

Tabela 6.1. Descrição de cada trecho em que foi subdividido o Rio Capivari.

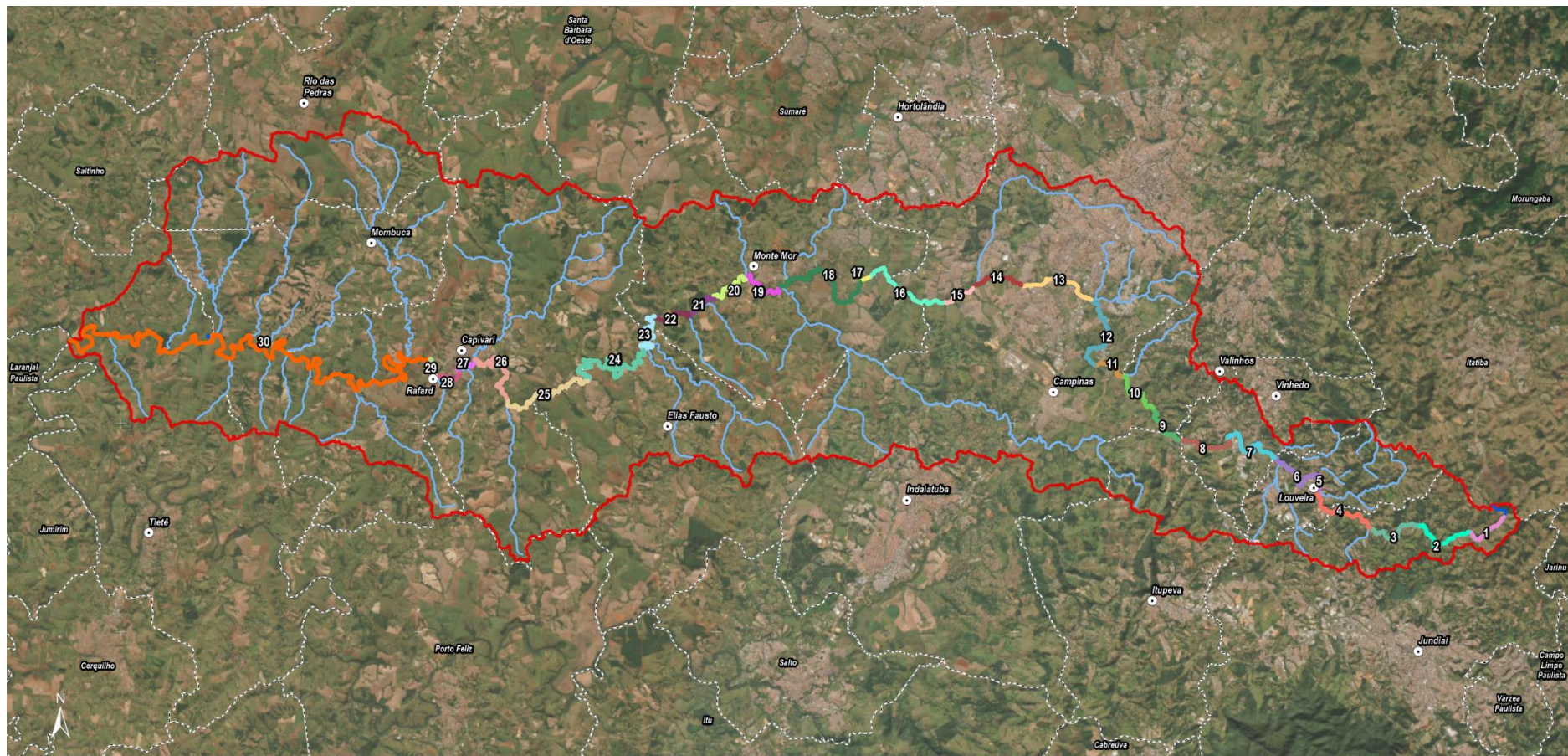
Trecho	Municípios	Descrição	Extensão (km)
1	Jundiaí	Nascente até jusante da travessia da SP-360 e afluência de córrego sem denominação pela margem direita, no bairro Fazenda Conceição, zona rural.	5,05
2	Jundiaí	Majoritariamente zona rural do município de Jundiaí, no bairro Rio Acima, a jusante de córrego sem denominação pela margem direita.	5,33
3	Jundiaí	Majoritariamente zona rural do município de Jundiaí, a jusante de córrego sem denominação pela margem direita no bairro Champirra.	5,43
4	Jundiaí, Louveira	Majoritariamente zona rural do município de Jundiaí (bairro Currupira), a jusante do córrego Corrupira pela margem esquerda, e área urbana do município de Louveira, bairro Leitão.	6,33
5	Louveira	Área urbana do município de Louveira, bairro Centro, a jusante do córrego Fetá, pela margem direita.	1,40
6	Louveira	Área urbana do município de Louveira até o limite de Vinhedo, a jusante do córrego da Rainha (ou Sapezal) na margem esquerda.	5,26
7	Vinhedo	Área urbana do município de Vinhedo, a jusante do córrego do Sapezal, nos bairros São Joaquim, Marambaia e Capela na divisa com Industrial.	6,53
8	Vinhedo	Área urbana do município de Vinhedo a jusante do córrego Capela pela margem direita, nos bairros Capela e Santa Candida, divisa com Industrial.	5,69
9	Valinhos, Itupeva, Campinas	Área predominantemente rural, a jusante do ribeirão do Moinho na margem esquerda, na divisa dos municípios de Valinhos e Itupeva e Valinhos e Campinas.	4,66
10	Valinhos, Campinas	Área predominantemente rural na divisa dos municípios de Valinhos e Campinas, a jusante de córrego sem denominação pela margem direita.	5,08
11	Campinas	Área predominantemente rural do município de Campinas, a jusante do córrego da Fazenda São Pedro, pela margem direita.	2,82
12	Campinas	Área predominantemente rural do município de Campinas, a jusante de córrego sem denominação pela margem esquerda.	8,02
13	Campinas	Área urbana do município de Campinas, a jusante do córrego Taubaté (Sete Quedas) pela margem direita.	6,19

Trecho	Municípios	Descrição	Extensão (km)
14	Campinas	Área urbana do município de Campinas, a jusante de córrego sem denominação pela margem esquerda.	3,99
15	Campinas	No limite da área urbana do município de Campinas, a jusante do Ribeirão do Piçarrão, pela margem direita.	2,62
16	Campinas, Monte Mor	No limite dos municípios de Campinas e Monte Mor, a jusante de dois córregos sem denominação pela margem esquerda.	7,01
17	Monte Mor	Área predominantemente rural do município de Monte Mor, a jusante de dois córregos sem denominação, pela margem direita.	0,71
18	Monte Mor	Área urbana e rural do município de Monte Mor, a jusante de córrego sem denominação pela margem direita.	11,23
19	Monte Mor	Área urbana do município de Monte Mor, a jusante do rio Capivari-Mirim e ribeirão do Aterrado.	4,80
20	Monte Mor	Área urbana pouco urbanizada do município de Monte Mor, a jusante do córrego Água Choca pela margem direita.	6,70
21	Monte Mor	Área urbana pouco urbanizada do município de Monte Mor, a jusante de córrego sem denominação pela margem direita.	4,13
22	Monte Mor	Área predominantemente rural do município de Monte Mor, a jusante do Córrego Azul, pela margem esquerda.	5,21
23	Monte Mor, Capivari, Elias Fausto	Área urbana dos municípios de Monte Mor, Capivari e Elias Fausto, a jusante do ribeirão Santa Cruz pela margem direita.	7,08
24	Capivari, Elias Fausto	Área predominantemente rural dos municípios de Capivari e Elias Fausto, a jusante do Ribeirão Mandacaru pela margem esquerda.	14,26
25	Capivari, Elias Fausto	Área urbana dos municípios de Capivari e Elias Fausto, a jusante do córrego Tibúrcio pela margem esquerda.	8,82
26	Capivari	Área urbana do município de Capivari, a jusante do ribeirão da Forquilha, pela margem esquerda.	9,30
27	Capivari	Área urbana do município de Capivari, a jusante do Ribeirão Água Choca, pela margem direita.	2,13
28	Capivari	Área urbana do município de Capivari, a jusante do ribeirão Palmeiras pela margem esquerda.	3,03
29	Rafard, Capivari	Final área urbana dos municípios, a jusante da afluição do córrego São Francisco pela margem esquerda,	1,47

Trecho	Municípios	Descrição	Extensão (km)
		montante da ponte da BR-478 e montante da represa Leopoldina.	
30	Rafard, Mombuca, Rio das Pedras e Tietê	Área predominantemente rural da bacia hidrográfica do rio Capivari. Sua cabeceira situa-se próxima da BR-478 e como condição de jusante da presente bacia tem-se o rio Tietê.	55,64



Foto: Município de Rafard. Profill Engenharia e Ambiente.



LEGENDA

- Sede municipal
 - ~ Hidrografia
 - Bacia do Rio Capivari
 - ⋮ Limite municipal
- | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Trechos do Rio Capivari | Trecho 1 | Trecho 6 | Trecho 11 | Trecho 16 | Trecho 21 | Trecho 26 |
| | Trecho 2 | Trecho 7 | Trecho 12 | Trecho 17 | Trecho 22 | Trecho 27 |
| | Trecho 3 | Trecho 8 | Trecho 13 | Trecho 18 | Trecho 23 | Trecho 28 |
| | Trecho 4 | Trecho 9 | Trecho 14 | Trecho 19 | Trecho 24 | Trecho 29 |
| | Trecho 5 | Trecho 10 | Trecho 15 | Trecho 20 | Trecho 25 | Trecho 30 |

Figura 6.1. Trechos considerados para subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

Uso do solo

Para a avaliação e adequação dos dados referente ao uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, foram determinadas classes de uso equivalentes, propostas por Tucci (1993), para cada um dos usos do solo observados na bacia e apresentados na Figura 6.2. O uso do solo apresentado é oriundo do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035 (PROFILL/RHAMA, 2018a), com atualização das áreas urbanizadas utilizando imagens de satélite mais recentes.

A Tabela 6.2 apresenta a reclassificação adotada, bem como os valores do parâmetro *Curve Number* (CN) considerados para cada um dos Grupos Hidrológicos.

Tabela 6.2. Classes de uso do solo equivalentes para a BHC e respectivos valores de CN associados.

Classe de uso do solo original	Classe equivalente adotada*	Grupo hidrológico associado			
		A	B	C	D
Área urbanizada	Lotes < 500 m ² , 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 em linha reta com resíduo de colheita	64	75	82	85
Água	Água	100	100	100	100
Lavoura permanente	Plantações regulares em curva de nível	67	77	83	87
Lavoura temporária	Plantações em linha reta com resíduo de colheita	64	75	82	85
Mata nativa	Florestas normais	36	60	70	76
Mineração	Lotes < 500 m ² , 65% impermeável	77	85	90	92
Outros usos	Estacionamento, telhados, viadutos	98	98	98	98
Pivôs	Plantações em linha reta com resíduo de colheita	64	75	82	85
Silvicultura	Solo lavrado com sulcos retilíneos	77	86	91	94

*Segundo Tucci (1993).

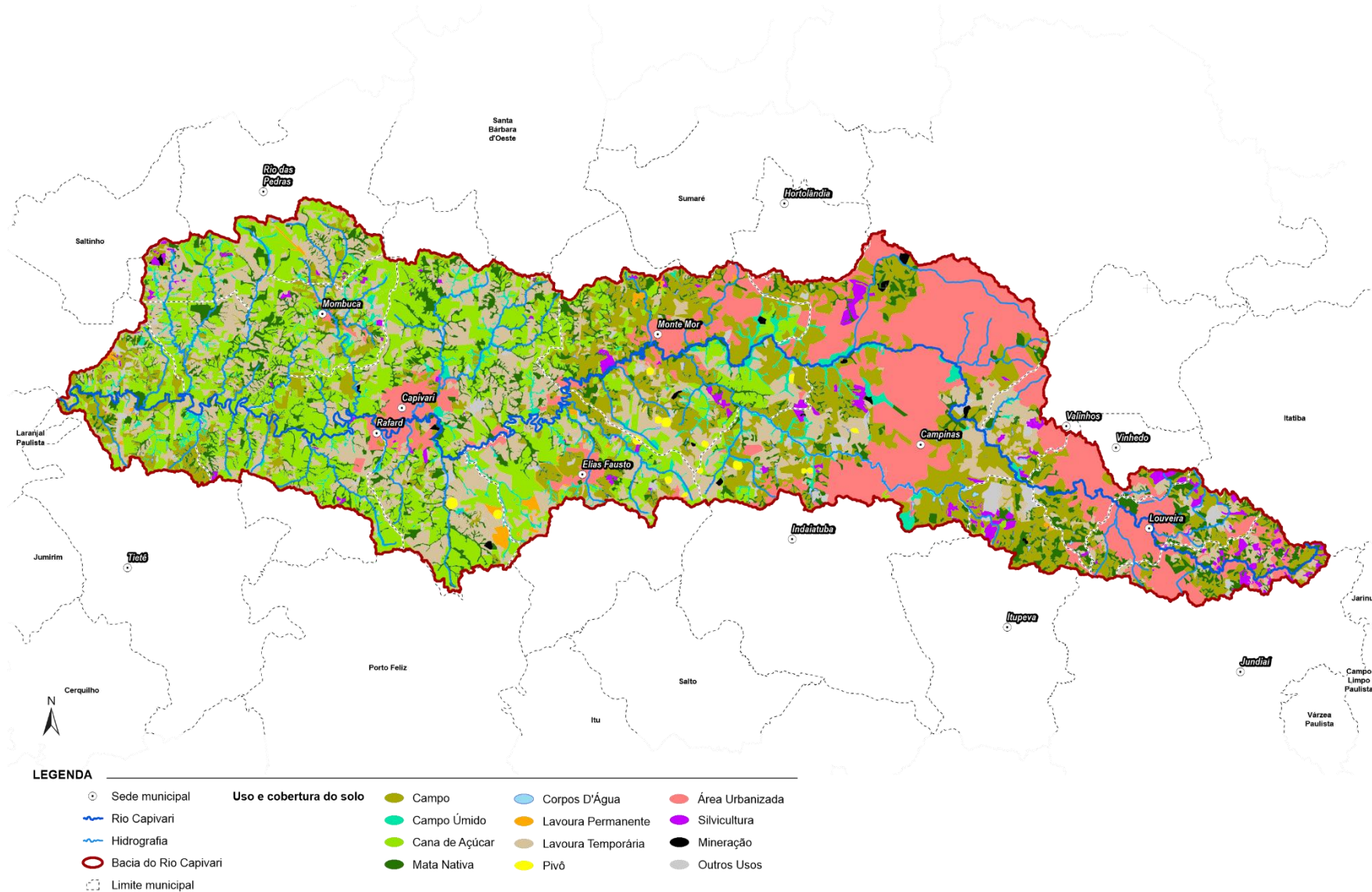


Figura 6.2. Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

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 Capivari, conforme ilustrado a seguir (Tabela 6.3 e Figura 6.3).

A Tabela 6.3 apresenta os valores de CN médio ponderado pela área e cada sub-bacia de contribuição incremental e acumulada da BHC. Os valores supracitados referem-se a uma condição de umidade média, em que o solo se encontra em um nível médio de saturação de água. Neste caso, as chuvas dos últimos 5 dias ao evento simulado devem ultrapassar uma lâmina de pelo menos 15 mm.

Tabela 6.3. Valores de CN ponderado pela área nas sub-bacias da BHC.

Sub-bacia	Área (km ²)		CN ponderado	
	Incremental	Acumulado	Incremental	Acumulado
1	8,16	8,16	74,22	74,22
2	16,54	24,70	77,58	76,48
3	15,72	40,42	77,49	76,88
4	40,16	80,58	78,79	77,83
5	15,78	96,36	81,41	78,42
6	23,27	119,63	82,58	79,23
7	21,7	141,33	87,95	80,57
8	35,21	176,54	74,30	79,32
9	26,13	202,67	79,32	79,32
10	23,08	225,75	81,30	79,52
11	10,17	235,92	70,39	79,12
12	46,22	282,14	84,85	80,06
13	31,52	313,66	91,55	81,22
14	79,97	393,63	83,91	81,77
15	16,58	410,21	78,61	81,64

Sub-bacia	Área (km ²)		CN ponderado	
	Incremental	Acumulado	Incremental	Acumulado
16	37,53	447,74	77,75	81,31
17	14,55	462,29	79,50	81,26
18	233,67	695,96	78,04	80,18
19	21,18	717,14	78,91	80,14
20	19,61	736,75	78,18	80,09
21	29,13	765,88	75,66	79,92
22	24,07	789,95	74,09	79,74
23	44,76	834,71	69,29	79,18
24	54,4	889,11	79,03	79,17
25	91,42	980,53	67,15	78,06
26	135,05	1.115,58	74,76	77,66
27	21,59	1.137,17	78,18	77,67
28	7,97	1.145,14	83,18	77,71
29	12,86	1.158,00	77,99	77,72
30	414,26	1.572,26	77,53	77,67

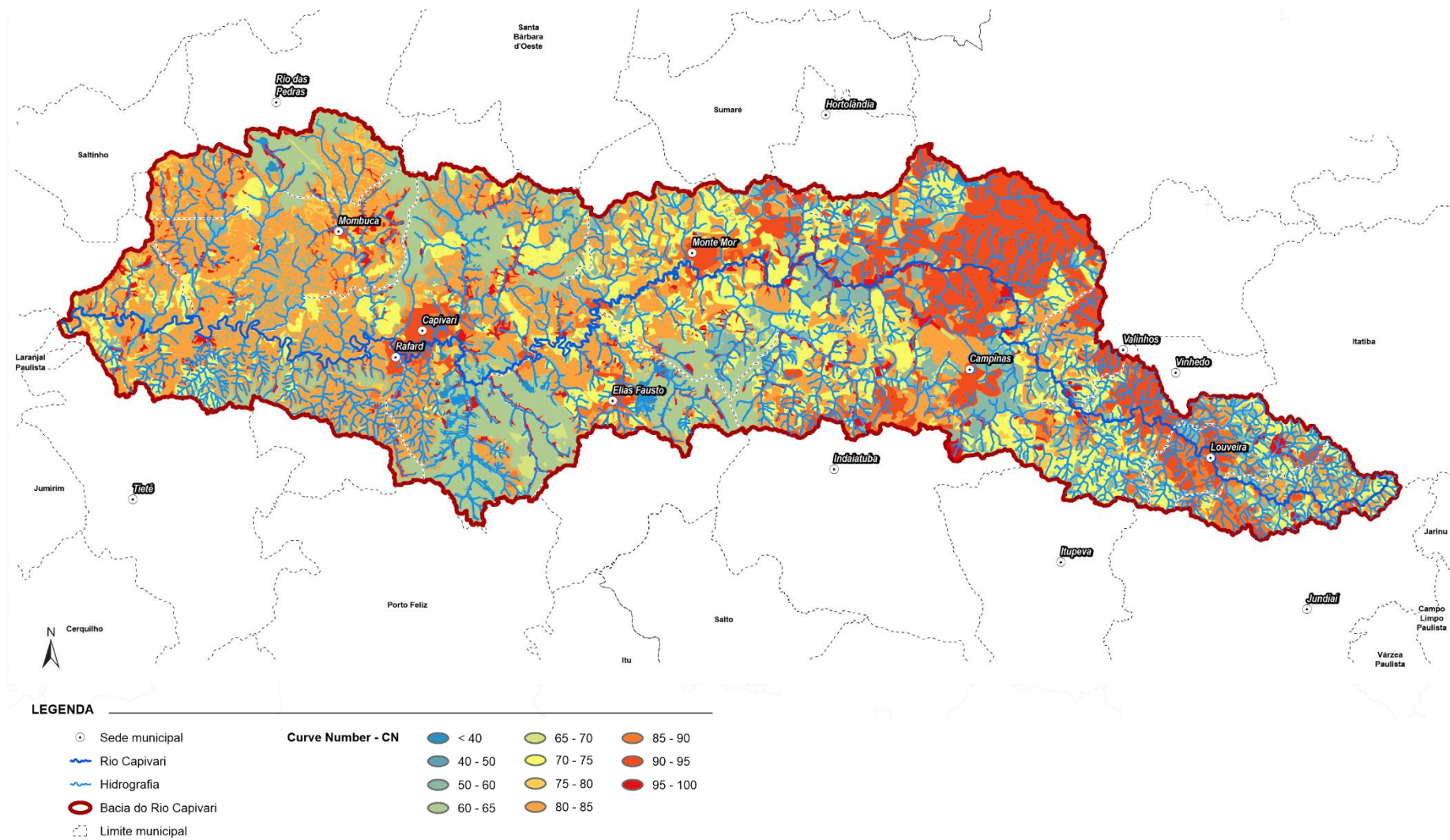


Figura 6.3. Curve Number (CN) da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

Tempos de concentração

Para todas as sub-bacias contribuintes do Rio Capivari foi utilizada a fórmula de Kirpich (Equação 6.1) para o cálculo do tempo de concentração (TUCCI, 1993; COLLISCHONN & DORNELLES, 2013), detalhado a seguir:

$$\text{Kirpich} \quad t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad 6.1$$

Onde:

t_c é o tempo de concentração (min); L é o comprimento do curso d'água principal (km); e Δh é a diferença de altitude (m) ao longo do curso hídrico principal.

A Tabela 6.4 apresenta o tempo de concentração estimado para todas as 30 sub-bacias delimitadas para a BHC.

Tabela 6.4. Características físicas dos trechos de rio e sub-bacias em valores acumulados.

Sub-bacia	Área de drenagem (km ²)	Tempo de concentração (h)
1	8,16	0,92
2	24,70	2,55
3	40,42	4,65
4	80,58	7,45
5	96,37	8,17
6	119,62	10,97
7	141,32	14,50
8	176,52	17,78
9	202,64	20,75
10	225,71	24,15
11	235,87	26,07
12	282,09	31,10
13	313,61	35,47
14	393,58	38,43
15	410,16	40,48
16	447,69	46,02
17	462,23	46,63
18	695,91	55,87
19	717,08	59,82
20	736,68	66,18
21	765,81	70,12
22	789,88	75,12
23	834,63	82,30
24	889,03	96,10
25	980,44	104,08
26	1.115,49	114,53
27	1.137,08	116,93
28	1.145,06	120,33
29	1.157,92	122,05
30	1.572,26	159,07

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).

6.1.2. Resultados da simulação hidrológica

Este item apresenta os principais resultados da simulação hidrológica obtidos com a aplicação do modelo HEC-HMS para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. Com base no modelo hidrológico montado e com as chuvas de projeto efetivas, foram calculados os hidrogramas para cada sub-bacia, em cada tempo de retorno considerado.

A Tabela 6.5 apresenta as vazões de pico obtidas, que serão utilizadas como condição de contorno no modelo hidráulico, a ser apresentado na sequência.

De modo que o abatimento da chuva aumenta com a área da sub-bacia considerada, bem como o tempo de concentração é dependente da declividade e extensão do trecho, é passível a ocorrência de uma vazão de pico de jusante inferior a uma vazão de montante. Para estes casos, em que a vazão de pico subsequente é inferior à anterior, adotou-se a mesma vazão do trecho de montante.

Tabela 6.5. Valores característicos para as vazões de pico no exutório de cada sub-bacia do Rio Capivari.

Sub-bacia	Vazão (m³/s) por Tempo de Retorno (anos)		
	TR 10	TR 25	TR 100
1	26	36	58
2	53	71	106
3	72	94	136
4	102	132	190
5	129	165	233
6	134	169	237
7	135	169	237
8	147	184	253
9	150	187	257
10	150	187	257
11	150	187	257
12	156	193	262
13	161	198	267
14	183	225	301
15	183	225	301

Sub-bacia	Vazão (m³/s) por Tempo de Retorno (anos)		
	TR 10	TR 25	TR 100
16	183	225	301
17	183	225	301
18	204	251	336
19	204	251	336
20	204	251	336
21	204	251	336
22	204	251	336
23	204	251	336
24	204	251	336
25	204	251	336
26	204	251	336
27	204	251	336
28	204	251	336
29	204	251	336
30	204	251	336

6.3. Simulação hidrodinâmica

O presente item expõe a criação do modelo hidrodinâmico da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. Nele são abordados a elaboração do MNT (Modelo Numérico do Terreno) e uma breve descrição do *software* HEC-RAS.

Modelo River Analysis System (HEC-RAS)

O modelo HEC-RAS, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers* é um dos modelos de simulação hidráulica mais utilizados em estudos hidráulicos e projetos de drenagem no mundo. O equacionamento do modelo utilizado representa o fluxo unidimensional no sentido longitudinal do canal (ou bidimensional horizontal) e permite, entre outros aspectos, a consideração dos efeitos de remanso causados por controles de jusante, como o nível de uma massa d'água sobre o fluxo de um rio em sua foz.

O método de cálculo utilizado pelo HEC-RAS consiste na resolução da equação de energia de uma seção para outra, através de um método iterativo – o *Standard Step Method*. A equação da energia é conhecida como teorema de Bernoulli. A perda de carga é composta pelas perdas localizadas

e pelas perdas distribuídas, e a declividade média da linha de energia é calculada pela fórmula de Manning entre duas seções.

6.3.1. Modelo Numérico de Terreno

A construção do MNT para o trecho simulado do Rio Capivari foi realizada utilizando dados oriundos do levantamento de campo, bases cartográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) do Estado de São Paulo, Modelo Digital de Superfície do Estado de São Paulo (EMPLASA) e de Modelo Digital de Superfície (MDS, ALOS Palsar). Os dados provenientes do levantamento de campo deram origem a representação numérica e computacional da calha do Rio Capivari e de suas margens; já os demais dados vetoriais citados serviram de informação para a representação da planície de inundação da simulação hidráulica, compilados em um mesmo produto, o MNT.

A Figura 6.4 ilustra o Modelo Numérico de Terreno (MNT) elaborado para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

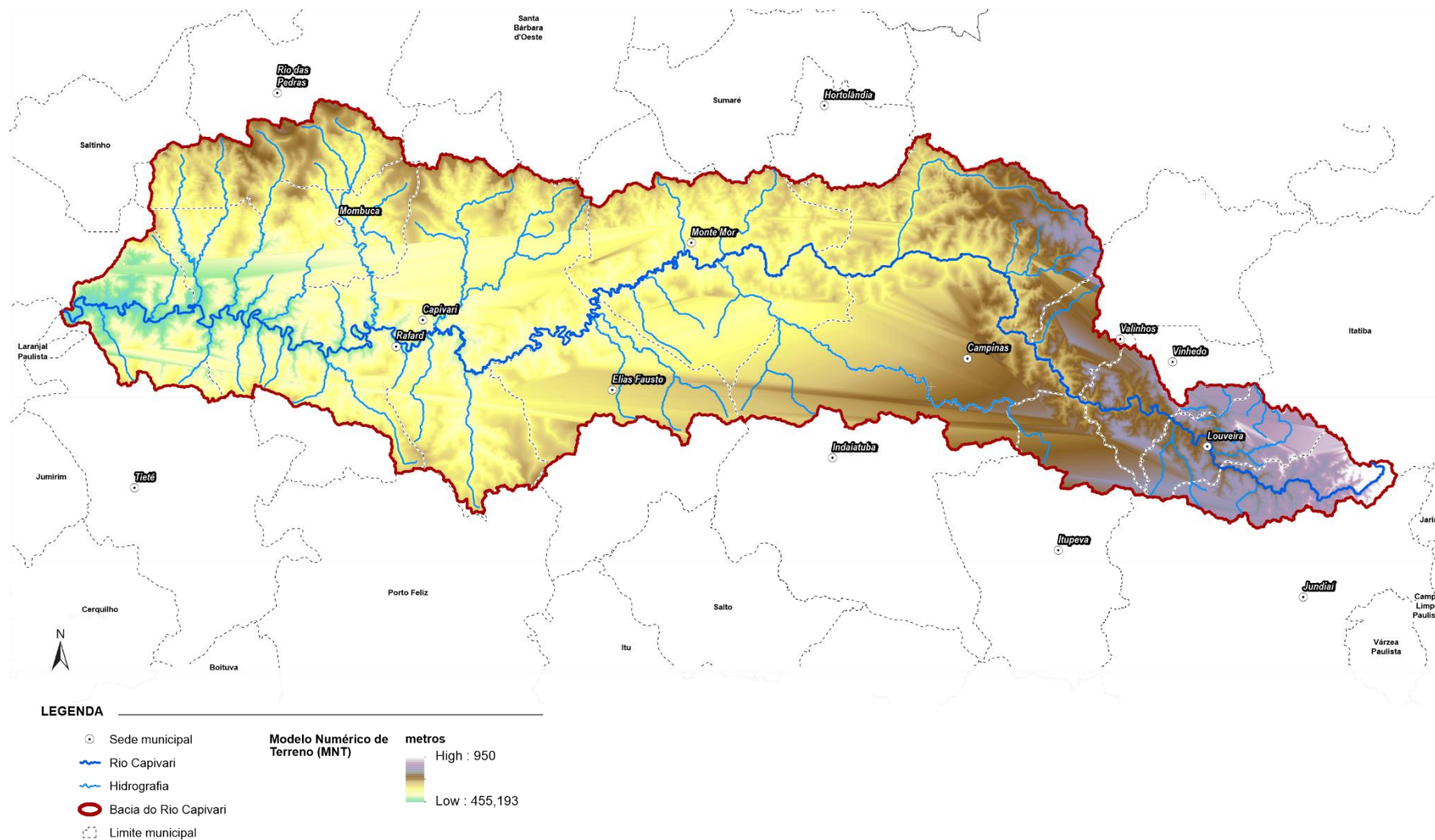


Figura 6.4. Modelo Numérico de Terreno (MNT) elaborado para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

6.3.2. Ajuste do modelo

O ajuste do modelo foi realizado de forma integrada com o hidrológico, inclusive adotando a forma de simulação hidrológica que se julgou mais adequada para que se obtivesse os níveis de inundação nos postos fluviométricos, e os limites de área inundável similares as mais severas cheias observadas na bacia em locais conhecidos, como em Monte Mor e Capivari. Nestes locais ainda foram realizados alguns ajustes pontuais de rugosidade na calha e nas margens do Rio Capivari, extrapolados para os demais trechos.

6.3.3. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação

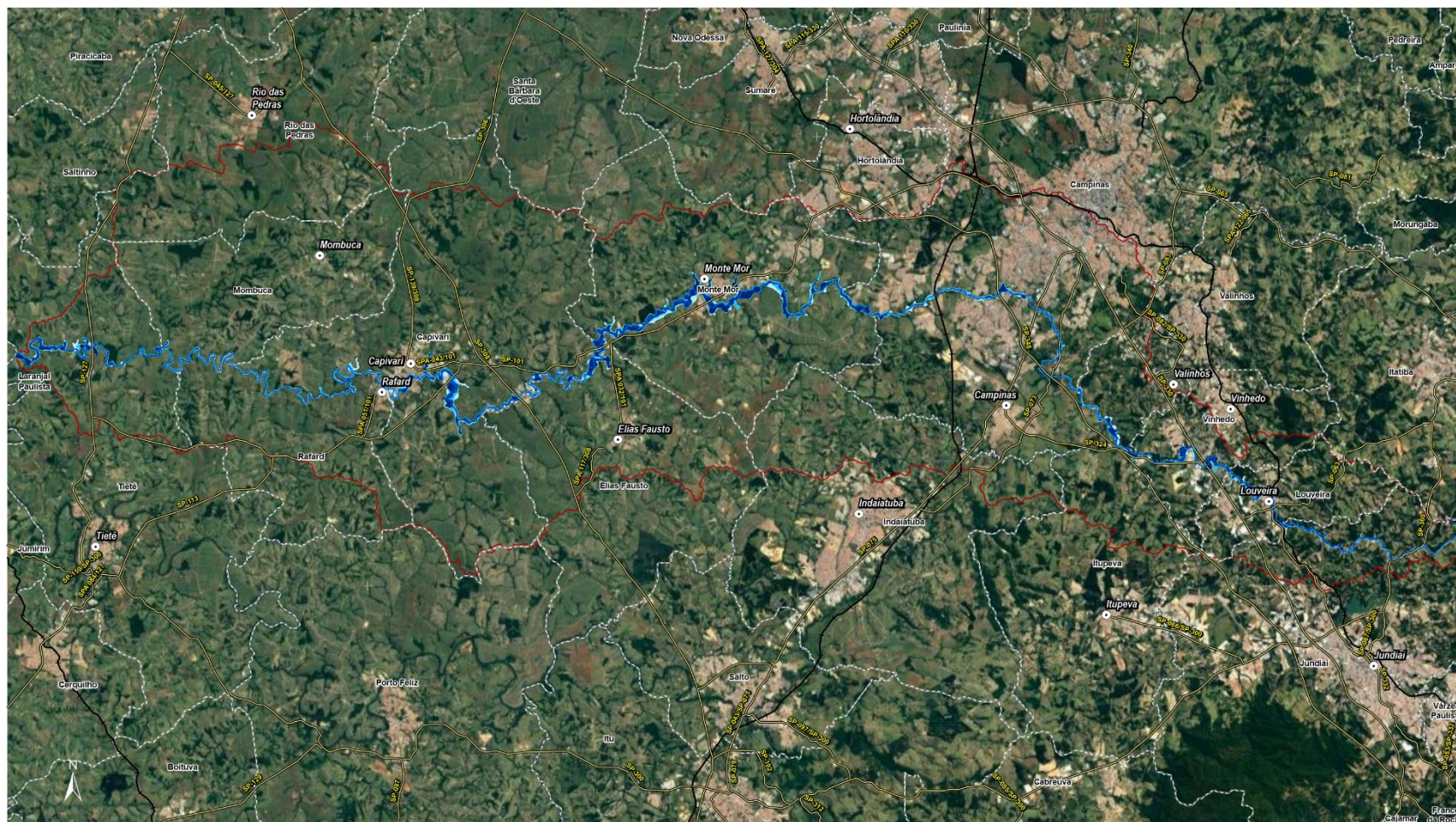
Este item apresenta o resultado da simulação hidrodinâmica realizada com o *software* HEC-RAS para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. O

produto desta atividade são as manchas de inundação para a calha do Rio Capivari, que foram agrupadas por tempo de retorno de simulação.

A representação das manchas de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, com sobreposição de todos os períodos de retorno simulados (10, 25 e 100 anos), é apresentada na Figura 6.5. No Relatório Final (RT 10), este encontra-se apresentado em maior detalhe, subdivido em 12 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.



Foto: Município de Vinhedo, Osvaldo Natal Forcelli. Flickr.



LEGENDA

- Sede municipal
- Ferrovias
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 10 anos)
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 25 anos)
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 100 anos)
- Rio Capivari
- Limite municipal
- Rodovias
- Bacia do Rio Capivari

Figura 6.5. Mancha de inundação para todos os Tempos de Retorno - 10, 25 e 100 anos (Diagnóstico).

6.4. Análise do funcionamento das travessias do Rio Capivari

No Diagnóstico foi realizada uma análise comparativa dos níveis de cheia e as cotas das travessias ao longo do Rio Capivari para verificar em quais estruturas o nível da cheia está acima da cota do topo da travessia (falhas), considerando os tempos de retorno (TR) estudados de 10, 25 e 100 anos.

Para as pontes e pontilhões, adotou-se como critério uma distância mínima recomendada em projetos de rodovia do DNIT entre a cota da linha de água e a cota da geratriz inferior de cada estrutura (tirante de ar), sendo ela de 1 metro. Quando o tirante de ar é maior ou igual a 1 metro considerou-se a estrutura como “Adequada”; quando o tirante de ar é inferior a 1 metro, sinalizou-se como “Atenção”, e na ausência de folga (ponte atingida ou galgada pela água), sinalizou-se a estrutura como “Crítica”. Obteve-se, para pontes e pontilhões ao longo do Rio Capivari, que:

- 21 travessias apresentam tirante de ar maior ou igual a 1 metro, para os três TRs simulados;
- 6 travessias apresentam tirante de ar maior ou igual a 1 metro, apenas para os eventos com TR de 10 e 25 anos;

- 28 travessias apresentam tirante de ar inferior a 1 metro (sem nenhuma folga – condição vermelha segundo legenda da Tabela 9.2), para os três TRs de projeto;
- 7 travessias não apresentam nenhum tirante de ar, somente para o evento com tempo de retorno de 100 anos.

Para os bueiros dispostos ao longo do Rio Capivari, considerou-se a cota da geratriz superior das estruturas para, em comparativo com as cotas referentes a cada cheia, determinar se o dispositivo está afogado ou, do contrário, opera de forma satisfatória. Obteve-se que, já no cenário de Diagnóstico, todos os dezenove dispositivos do tipo bueiro encontram-se afogados, para os três eventos de precipitação simulados (TR 10, 25 e 100 anos).

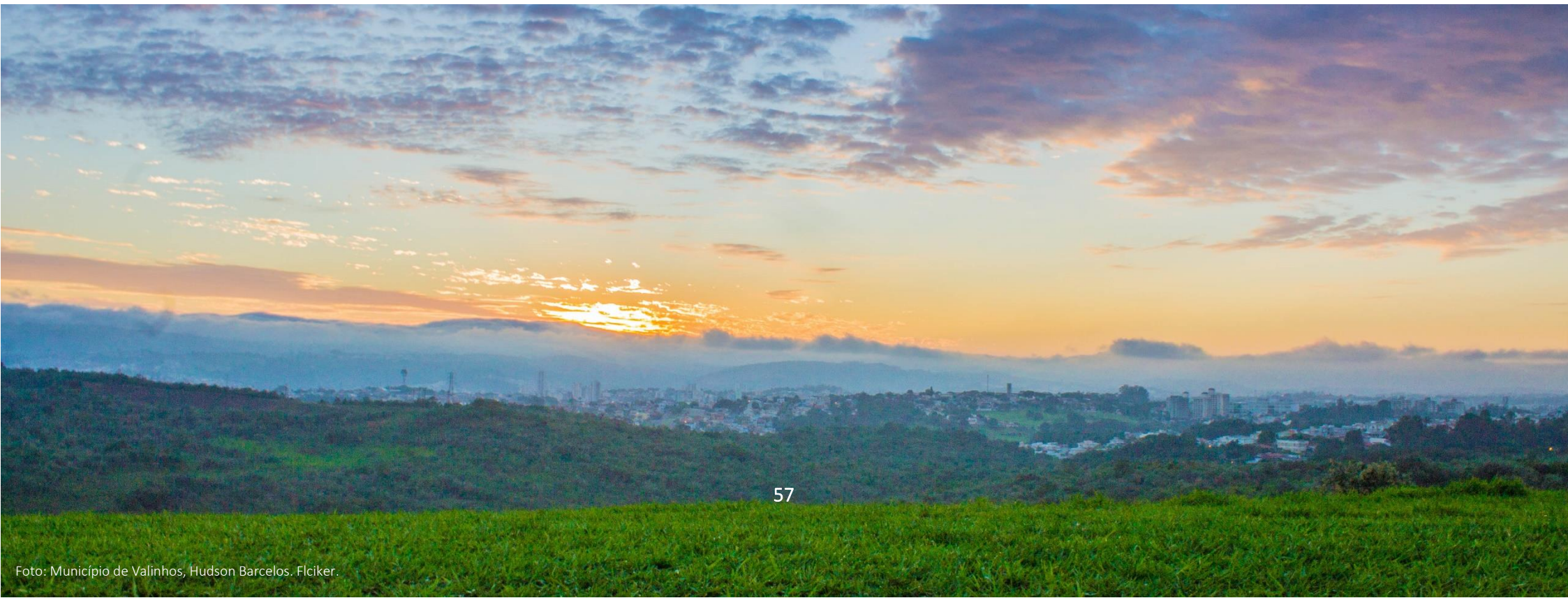
Análise do remanso da Barragem Leopoldina

Ainda, uma análise referente a Barragem Leopoldina foi elaborada. Com o objetivo de verificar a influência da estrutura, bem como da operação de sua comporta em relação as inundações ocorrentes no município de Capivari em eventos de cheia, realizaram-se duas simulações hidráulicas para avaliação da linha d'água: 1) barragem operando com a comporta aberta; e 2) barragem operando com a comporta fechada.

Para avaliar a diferença entre os níveis d'água do Rio Capivari em relação a cada cenário simulado, foram definidos três pontos de análise ao longo do rio, os quais são: a) imediatamente a montante da barragem; b) nas imediações do Bairro Moreto, no município de Capivari; e c) próximo à travessia da SP-101.

Os resultados das simulações indicaram que a diferença entre operar a barragem com a comporta aberta e com a comporta fechada, frente a cheia com tempo de retorno de 10 anos, é de cerca de 43 cm logo a

montante da barragem, e 11 cm no Bairro Moreto. Já para o tempo de retorno de 100 anos, a diferença entre os níveis gerados a partir das duas simulações são um pouco menores, quando comparados ao tempo de retorno de 10 anos, sendo elas de 42 cm logo a montante da barragem, e 5 cm no Bairro Moreto. Na ponte da SP-101 não se observam variações no nível de água; ou seja, não foi observado efeito de remanso da barragem neste ponto de controle, para as simulações realizadas.



7

Prognóstico

7. PROGNÓSTICO

O Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari apresenta o cenário futuro de ocupação da bacia, realizado a partir das projeções populacionais estimadas para o ano de 2045; a partir dele, foi revisada a simulação hidrológica das 30 sub-bacias constituintes da BHC.

Além disso, uma nova simulação hidrodinâmica foi realizada ao longo da calha do Rio Capivari, 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.

7.1. Simulação hidrológica

7.1.1. *Cenário futuro de ocupação: estimativa do parâmetro Curve Number (CN)*

Finalizada a etapa de estimativa do incremento populacional para o ano de 2045 – e consequente expansão da área urbana conduzindo a um aumento da impermeabilização do solo, sendo realizada a reclassificação do uso do solo de toda a BHC, 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 2045), foi possível obter valores atualizados do parâmetro *Curve Number* (CN) para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, conforme ilustrado na Figura 7.1.

A Figura 7.2 apresenta uma comparação entre os picos de vazão de cada uma das 30 sub-bacias da BHC, para os cenários de Diagnóstico e Prognóstico.

7.2. Resultados da simulação hidrodinâmica: manchas de inundação

A representação da mancha de inundação para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari no cenário de Prognóstico, para todos os tempos de retorno simulados (10, 25 e 100 anos) está apresentada na Figura 7.3.

No Relatório Final (RT 10), este encontra-se apresentado em maior detalhe, subdivido em 12 páginas (ou *frames*), elaboradas visando o atendimento da escala de apresentação definida nos Termos de Referência do presente estudo.

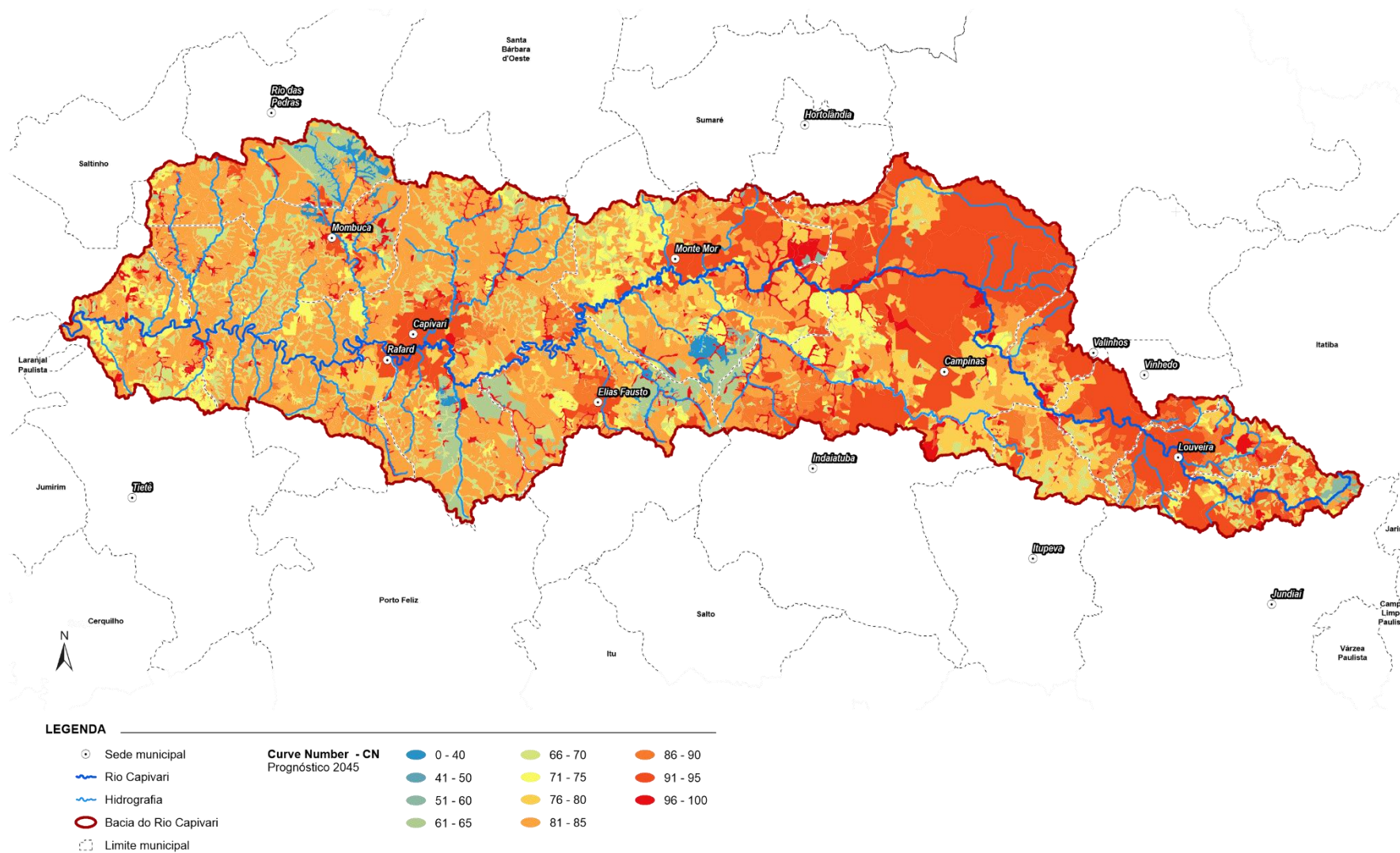


Figura 7.1. Parâmetro *Curve Number* (CN) referente ao Prognóstico para o ano de 2045.

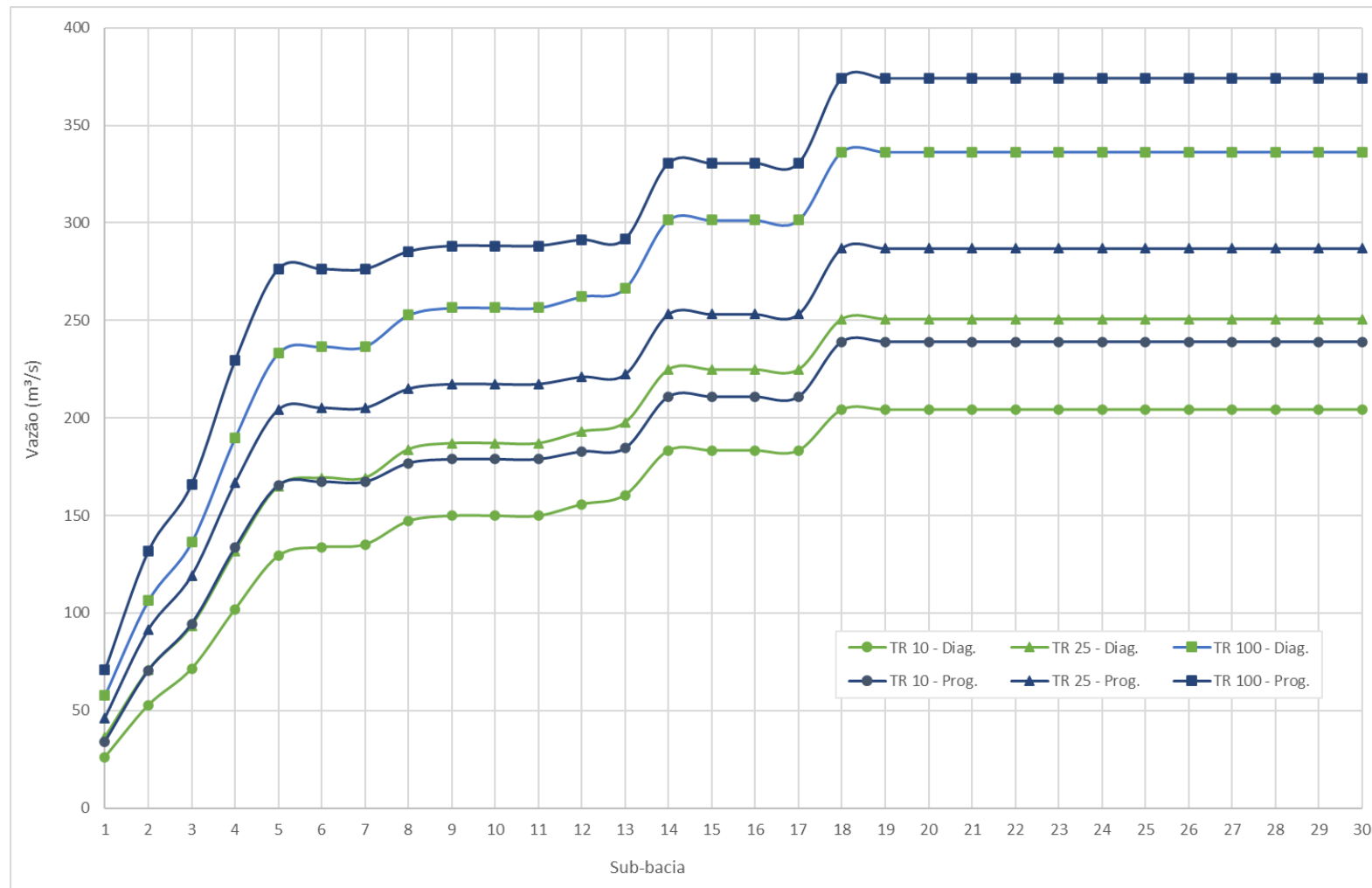
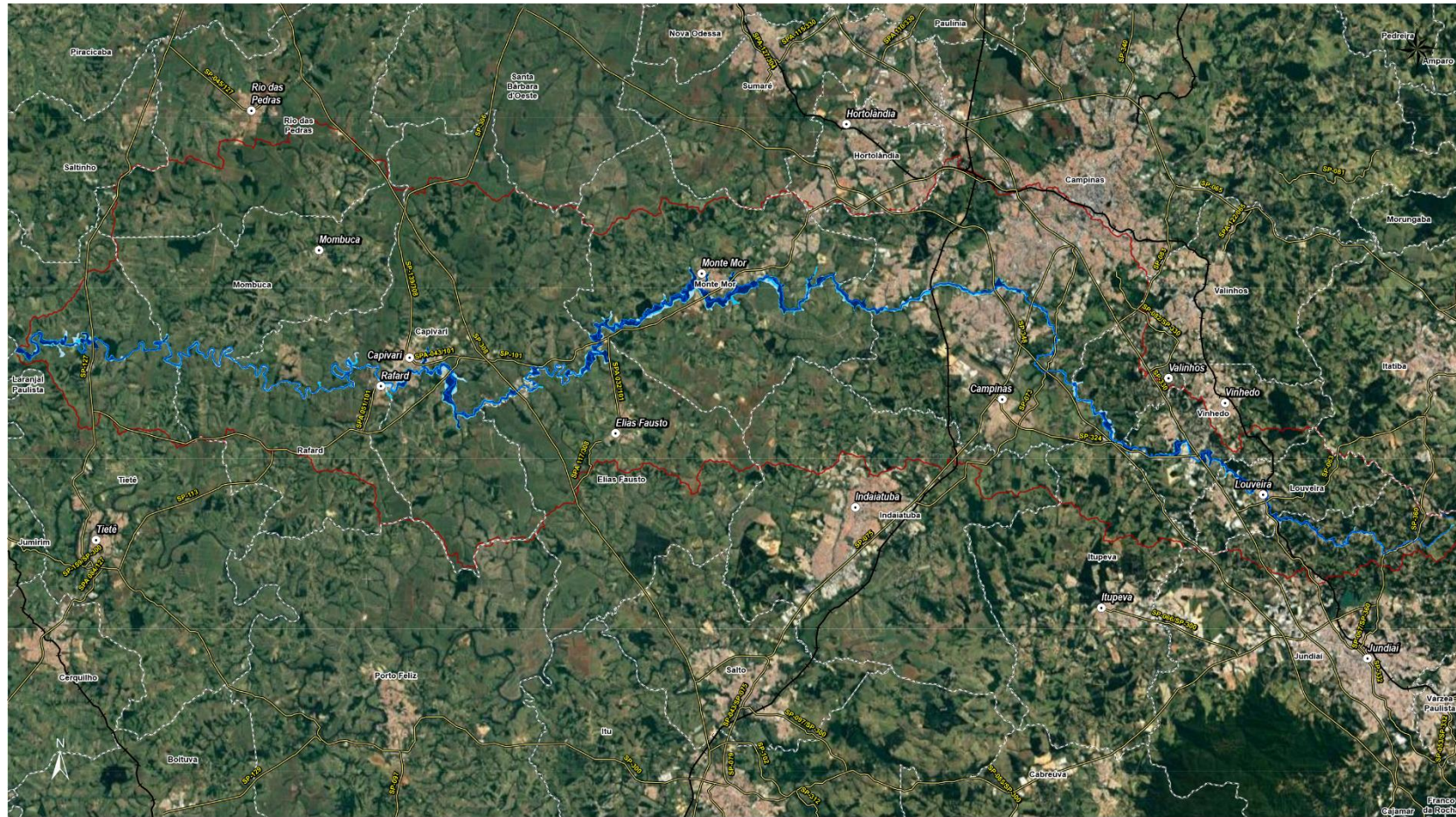


Figura 7.2. Incremento do pico de vazão gerada no cenário de Diagnóstico e de Prognóstico, em comparação por sub-bacia.



LEGENDA

- Sede municipal
- Rio Capivari
- Rodovias
- Ferrovias
- ⊞ Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 10 anos)
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 25 anos)
- Mancha de Inundação do Diagnóstico (TR 100 anos)

Figura 7.3. Mancha de inundação para todos os Tempos de Retorno - 10, 25 e 100 anos (Prognóstico).



8

Plano de ações



8. PLANO DE AÇÕES

Este item apresenta o Plano de Ações, com os programas a serem implementados na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, 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 BHC são (Figura 8.1 e Figura 8.2):

PDM BHC - Estrutura do Plano de Ações

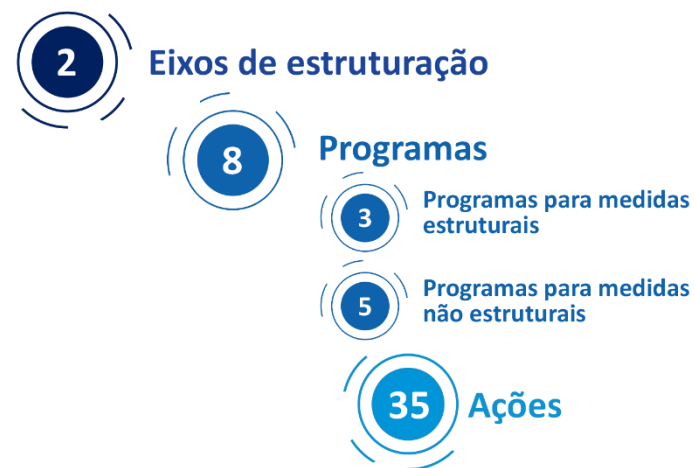


Figura 8.1. Estrutura do Plano de Ações do PDM-BHC.

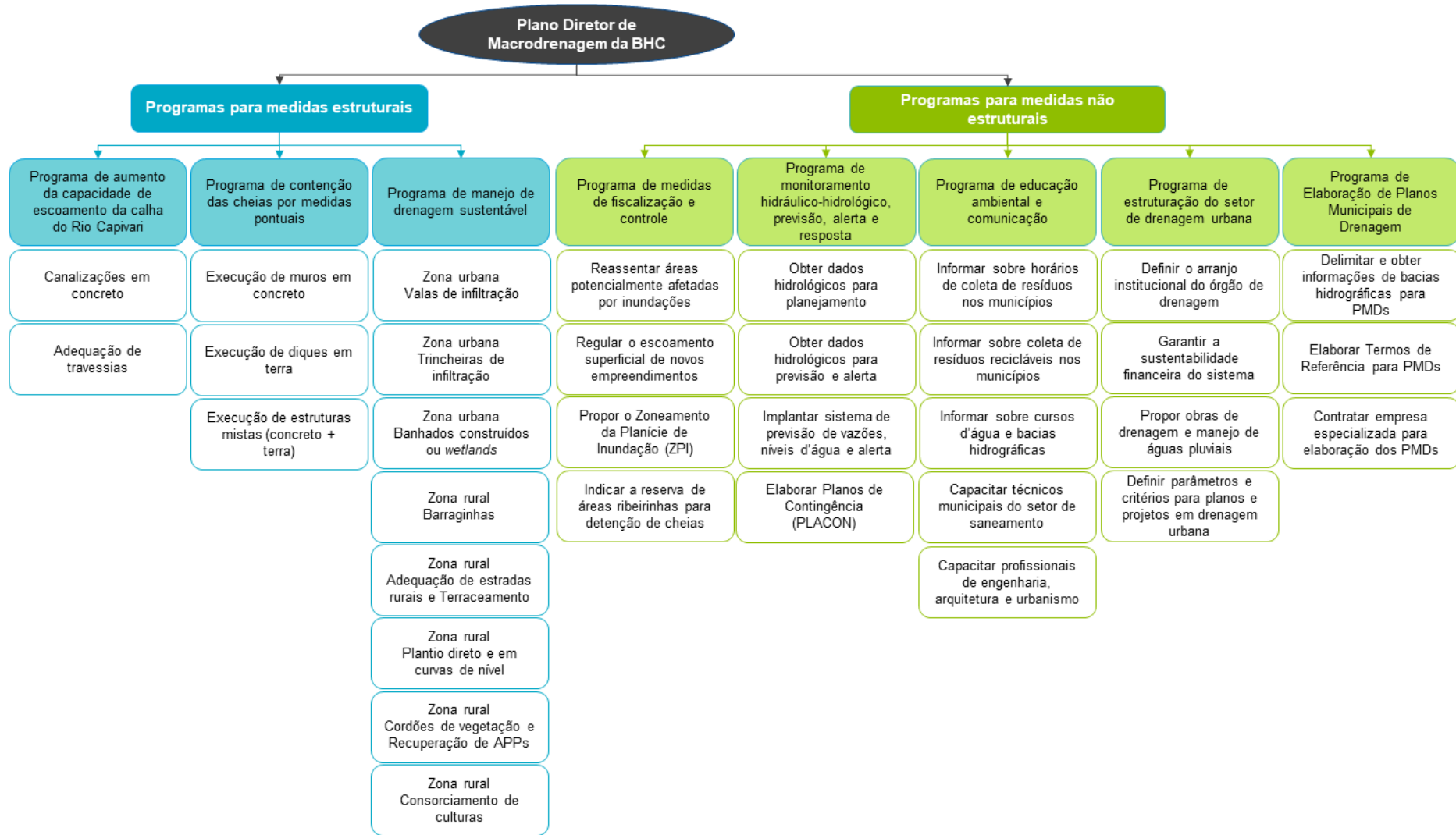


Figura 8.2. Quadro-síntese das ações propostas no conjunto de programas do Plano de Ações.

8.1. Programa de aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Capivari

Este programa visa orientar as ações de medidas estruturais para controle de cheias na região da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, cujo objetivo é aumentar a capacidade de condução do próprio Rio Capivari. Neste contexto foram indicadas obras de canalização e intervenções em travessias existentes ao longo da calha do referido curso d'água.

Ações a serem desenvolvidas

- **Canalizações em concreto:** será necessária a canalização (formato retangular) de 636,8 metros do Rio Capivari para compor esta parcela do sistema de controle do cheias, no trecho ao longo da calha que passa pelo município de Louveira; e
- **Adequação de travessias:** essa ação se constitui na alteração de 22 travessias, sendo necessária intervenção na seção hidráulica sob a estrutura em 12 dessas, localizadas ao longo de seis municípios da BHC: Campinas (5), Itupeva (1), Jundiá (5), Louveira (6), Monte Mor (3) e Vinhedo (2).

8.2. Programa de contenção das cheias por medidas pontuais

Este programa tem por finalidade orientar a implementação de estruturas de proteção pontuais, de forma a proteger (beneficiar) coletividades de edificações posicionadas próximas à calha do Rio Capivari, que potencialmente sofrem com os eventos de inundação do referido curso d'água. Assim, foram propostas ações localizadas de proteção em bairros e aglomerados de edificações, visando eliminar – para o cenário de projeto definido – os riscos ocasionados por cheias na BHC, previamente definidas no contexto deste Plano Diretor de Macrodrenagem.

Desta forma, este segundo plano de ação de medidas estruturais se configura na construção de uma série de diques e muros ao longo da calha do Rio Capivari, cujo indicativo foi realizado a partir de uma série de simulações hidráulicas para garantir a efetividade das propostas, e indicar as obras que proporcionem a melhor relação custo-benefício para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

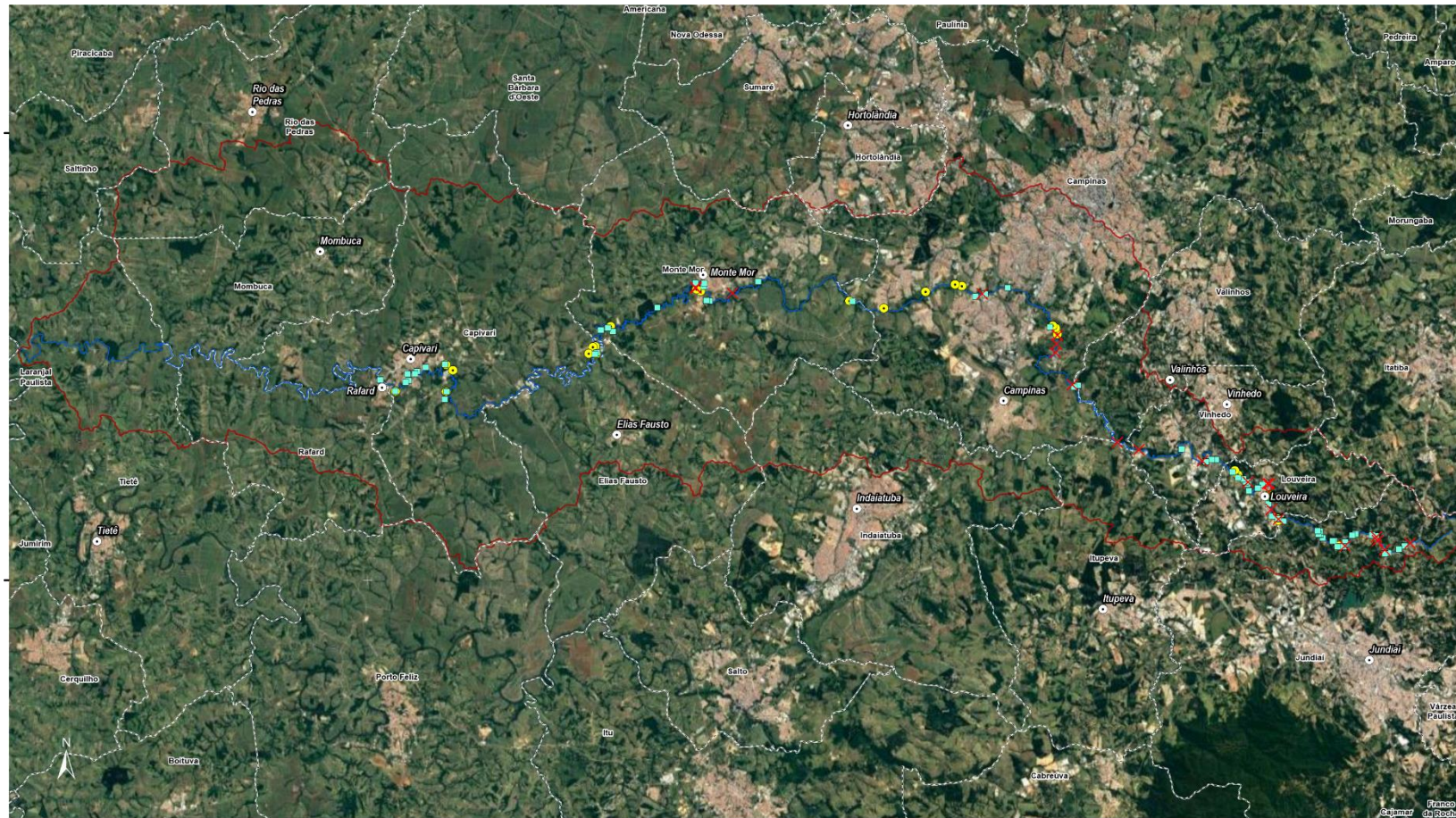
Para a região da BHC, foram considerados três tipos de estruturas de proteção:

- **Muros:** tipo de estrutura (dique) edificada em concreto, cuja base possui menor largura devido ao tipo de material utilizado em sua construção. Foram propostos apenas nos locais onde a disponibilidade de espaço é restrita;
- **Dique:** estrutura construída principalmente em terra, caracterizada por maior largura de base e topo – quando comparada ao muro em concreto. Possui menor custo de implementação, e foi proposta em locais com maior disponibilidade de espaço entre a calha do rio e as edificações a serem protegidas; e
- **Estrutura mista:** composta parte por muro (estrutura em concreto) e parte por dique (construído em terra). Foi proposta em locais onde uma parcela das edificações a serem protegidas possui restrição de espaço, e outra não; considerou-se neste caso a execução de estrutura mista visando a diminuição dos custos às obras.

Ações a serem desenvolvidas

São propostas a execução de 71 estruturas de proteção, sendo destes:

- **33 muros em concreto**, dispostos pelos municípios de Campinas, Capivari, Jundiaí, Louveira, Monte Mor, Rafard, Valinhos e Vinhedo. Ao todo, são previstos cerca de 12 km de estruturas de proteção em concreto ao longo dos oito municípios supracitados;
- **27 diques em terra**, dispostos pelos municípios de Campinas, Capivari, Jundiaí, Louveira, Monte Mor e Vinhedo. No total foram previstos aproximadamente 9 km de estruturas de proteção em terra ao longo dos seis municípios supracitados; e
- **11 estruturas mistas** (parte em concreto e parte em terra), dispostos pelos municípios de Campinas, Capivari, Jundiaí, Louveira, Monte Mor e Vinhedo. Ao todo, são previstos cerca de 7 km de estruturas de proteção com as características supracitadas, para os seis municípios acima referidos.



LEGENDA

○ Sede municipal	Medidas estruturais	■ Diques e Muros
— Rio Capivari	✗ Travessias a serem adequadas	● Canalização em concreto
○ Bacia do Rio Capivari	● Desapropriação e Reassentamento	
⊠ Limite municipal		

Figura 8.3. Intervenções estruturais propostas para a calha do Rio Capivari.

8.3. 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 Capivari de forma complementar, para controle do escoamento superficial, além das proposições apresentadas no presente relatório e indicadas nos programas anteriores (itens 8.1 e 8.2). Tais medidas, bem como outras soluções de alcance mais local, são recomendadas de ser incorporadas nos Planos Municipais de Drenagem (PMD) dos municípios da BHC, através dos cadernos de encargos.

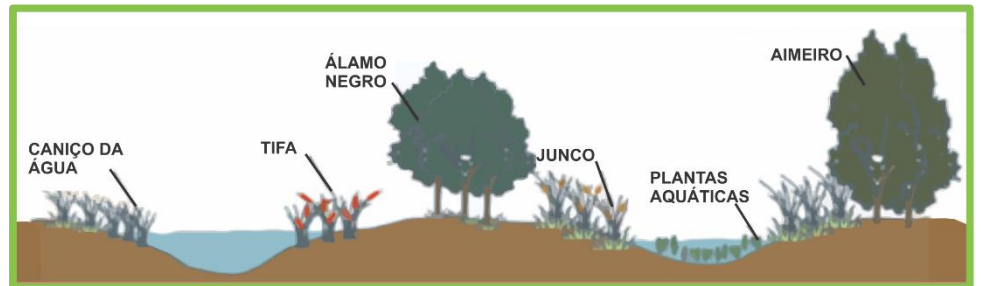
Meio urbano:

- Valas de infiltração;
- Trincheiras de infiltração; e
- Banhados construídos ou *wetlands*.

Valas de infiltração



Banhado construído (Wetland)



Trincheiras de infiltração



Figura 8.4. Ações de drenagem sustentável no meio urbano.

Meio rural:

- Barraginhas;
- Adequação de estradas rurais;
- Terraceamento;
- Plantio direto e em curvas de nível;
- Cordões de vegetação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs); e
- Consorciamento de culturas.



Figura 8.5. Ações de drenagem sustentável no meio rural.

8.4. 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.

Ações a serem desenvolvidas

- Reassentamento de áreas potencialmente afetadas por inundações;
- Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos;
- Proposição de Zoneamento da Planície de Inundação; e
- Indicação de reservação de áreas ribeirinhas para detenção de cheias.

8.5. 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 Capivari. 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. Destaca-se que o monitoramento também é utilizado para a operacionalização de sistemas de alerta contra cheias.

Assim, no contexto do PDM-BHC, as ações de implementação e/ou 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.

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.

No Plano das Bacias PCJ 2020-2035, 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).

Ações a serem desenvolvidas

- Obter dados hidrológicos para planejamento;
- Obter dados hidrológicos para previsão e alerta;
- Implantar sistema de previsão de vazões, níveis d'água e alerta; e
- Elaborar Planos de Contingência.

8.6. Programa de educação ambiental e comunicação

O Programa de educação ambiental e comunicação trata de temáticas estratégicas para a gestão de risco de inundações urbanas com vistas à redução de impactos ambientais. Este considera, além dos aspectos técnicos e de capacitação, e de informação à população, os aspectos socioeconômicos envolvidos.

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 das prefeituras.

Ações a serem desenvolvidas

- Informação sobre horários de coleta de resíduos nos municípios da BHC;
- Informação sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios da BHC;
- Informação sobre cursos d'água e bacias hidrográficas dos municípios, mesmo aqueles que se encontram fechados em galerias sob as vias de circulação;
- Capacitação de técnicos municipais do setor de saneamento;
e

- Capacitação de profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo.

8.7. 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 Municipais de Drenagem.

Conforme discutido no 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 Capivari. Mesmo os municípios que já possuem um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) necessitam de uma estruturação institucional e de sustentabilidade econômica para a prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais.

Ações a serem desenvolvidas

- Definir o arranjo institucional do órgão de drenagem;
- Garantir a sustentabilidade financeira;
- Propor obras de drenagem e manejo de águas pluviais; e
- Definir parâmetros e critérios para planos e projetos em drenagem urbana.

8.8. Programa de elaboração de Planos Municipais de Drenagem

Cumpridas as medidas não estruturais descritas anteriormente, o Plano Municipal de Drenagem (PMD) do município assume o caráter de um plano de obras. Sete dos 15 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari já possuem PMD, sendo eles: Hortolândia, Itupeva, Jundiá, Mombuca, Monte Mor, Tietê e Vinhedo. Assim, a elaboração do PMD é recomendada para os oito municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari que ainda não possuem tal instrumento: Campinas, Capivari, Elias Fausto, Indaiatuba, Louveira, Rafard, Rio das Pedras e Valinhos.

Para a contratação ou elaboração do PMD, 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; e
- 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. O plano de drenagem deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Cadastro;
- Diagnóstico;
- Alternativas; e
- 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 PMD 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 a elaboração do Plano Municipal de Drenagem de: Campinas, Capivari, Elias Fausto, Indaiatuba, Louveira, Rafard, Rio das Pedras e Valinhos;

- Concepção dos Termos de Referência (TDR) para a elaboração do Plano Municipal de Drenagem de: Campinas, Capivari, Elias Fausto, Indaiatuba, Louveira, Rafard, Rio das Pedras e Valinhos;
- Delimitação, quantificação de levantamentos e definição de bacias hidrográficas prioritárias para a revisão do Plano Municipal de Drenagem de: Hortolândia, Itupeva, Jundiaí, Mombuca, Monte Mor, Tietê e Vinhedo;
- Concepção dos Termos de Referência (TDR) para a revisão do Plano Municipal de Drenagem de: Hortolândia, Itupeva, Jundiaí, Mombuca, Monte Mor, Tietê e Vinhedo;
- Contratação de empresa especializada para execução de ambos os TDR.

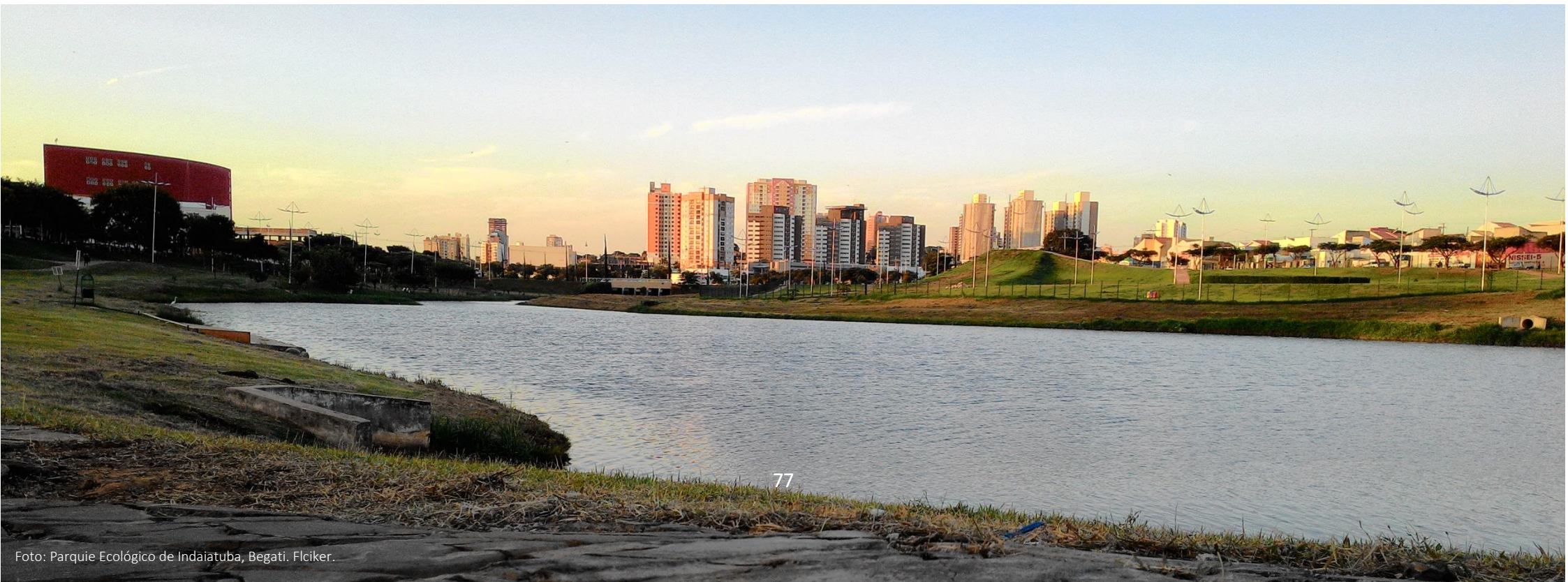


Tabela 8.1. Resumo dos Programas e Ações propostos para implementação no PDM-BHC.

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 5 anos	6 a 10 anos	11 a 15 anos	16 a 20 anos
Aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Capivari	Canalização em concreto	31.957.541,00	90.342.050,00	35,4%	34,6%			1.597.877,00	30.359.664,00
	Adequação de travessias	58.384.509,00		64,6%		440.315,00	8.540.377,00	7.225.877,00	74.135.509,00
Contenção das cheias por medidas pontuais	Construção de muros (concreto)	43.122.413,00	95.584.198,00	45,1%	36,6%	9.269.490,00	500.948,00	10.709.718,00	22.642.257,00
	Construção de diques (terra)	25.439.333,00		26,6%		234.545,00	4.783.210,00	6.920.851,00	13.500.726,00
	Construção de estruturas mistas	27.022.452,00		28,3%		5.738.001,00	2.907.915,00	11.141.552,00	7.234.982,00
Manejo de drenagem sustentável	Estudo de seleção de áreas e quantificação de benefícios	4.385.000,00	4.385.000,00	100,0%	1,7%	4.385.000,00			
	Meio urbano – Valas de infiltração	-1		-					
	Meio urbano – Trincheiras de infiltração	-1		-					
	Meio urbano – Banhados construídos ou <i>wetlands</i>	-1		-					
	Meio rural – Barraginhas	-1		-					
	Meio rural – Adequação de estradas rurais	-1		-					
	Meio rural – Terraceamento	-1		-					
	Meio rural – Plantio direto	-1		-					
	Meio rural – Plantio em curvas de nível	-1		-					
	Meio rural – Cordões de vegetação e recuperação de APPs	-1		-					
	Meio rural – Consorciamento de culturas	-1		-					
Medidas de Fiscalização e Controle	Reassentar áreas potencialmente afetadas por inundações	39.739.641,00	44.479.641,00	89,3%	17,0%			17.874.768,00	21.834.924,00

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 5 anos	6 a 10 anos	11 a 15 anos	16 a 20 anos		
	Regular o escoamento superficial de novos empreendimentos	_2		-							
	Propor o Zoneamento da Planície de Inundação	3.780.000,00		8,5%		3.780.000,00					
	Indicar a reserva de áreas ribeirinhas para detenção de cheias	960.000,00		2,2%		960.000,00					
Monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta	Obter dados hidrológicos para planejamento	2.100.000,00	10.310.000,00	20,4%	3,9%	525.000,00	525.000,00	525.000,00	525.000,00		
	Obter dados hidrológicos para previsão e alerta			79,6%		5.370.000,00	2.840.000,00				
	Implantar sistema de previsão de vazões, níveis d'água e alerta	8.210.000,00		-							
	Elaborar Planos de Contingência	_3									
Educação ambiental e comunicação	Informar sobre horários de coleta de resíduos nos municípios	1.495.000,00	1.675.000,00	89,3%	0,6%	400.000,00	400.000,00	400.000,00			
	Informar sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios										
	Informar sobre bacias hidrográficas e cursos d'água										
	Capacitar técnicos municipais do setor de saneamento	180.000,00		10,7%		45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00		
	Capacitar profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo										
Estruturação do setor de drenagem urbana	Definir o arranjo institucional do órgão de drenagem	360.000,00 ⁴	5.400.000,00	100,0%	2,1%	2.700.000,00	2.700.000,00				
	Garantir a sustentabilidade financeira do sistema										
	Propor obras de drenagem e manejo de águas pluviais	_5		-							

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 5 anos	6 a 10 anos	11 a 15 anos	16 a 20 anos
	Definir parâmetros e critérios para planos e projetos em drenagem urbana	- ⁵		-					
Elaboração de Planos Diretores de Drenagem Municipal	Delimitar e obter informações de bacias hidrográficas para PMDs	- ⁶	8.992.702,00	-	3,4%				
	Elaborar Termos de Referência para PMDs	- ⁶		-					
	Contratar empresa especializada para elaboração dos PMDs	8.992.702,00		100,0%		2.469.643,00	2.152.505,00	1.695.119,00	2.675.434,00
8 Programas	35 ações		261.168.591,00	-	100,0%	36.316.994,00	25.394.955,00	58.135.762,00	172.953.496,00
						20 anos de horizonte de execução			

-¹ Custos não considerados no âmbito do PDM-BHC, 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 Diretores de Drenagem Municipal”;

-³ Custos não previstos no PDM-BHC para esta ação, pois a responsabilidade pela execução do PLACON e o cumprimento de competências relacionadas cabe aos municípios onde estes serão implementados;

⁴ O custo apresentado é unitário, estimado para a aplicação das ações em 1 município. O valor total do Programa decorre da multiplicação do custo unitário para os 15 municípios da BHC;

-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 e manejo de águas pluviais dos próprios municípios da BHC;

-⁶ Estas ações já foram executadas no presente PDM da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, portanto não possuem custos de execução previstos neste Plano de Ações.

9

Detalhamento das ações estruturais

9. DETALHAMENTO DAS AÇÕES ESTRUTURAIS

Este item apresenta a distribuição das obras recomendadas na macrodrenagem separadas por conjunto de ações. Para cada uma das intervenções, nos três conjuntos de ações propostas, foram indicadas plantas com o detalhamento estrutural da obra, que estão apresentadas no Relatório Final (RT 10) deste PDM.

9.1. Conjunto de Ações I

O primeiro conjunto de ações apresenta, de forma resumida, as medidas estruturais previstas para os municípios de Jundiaí, Louveira, Itupeva, Vinhedo, Valinhos e Campinas.

9.2. Conjunto de Ações II

O segundo conjunto de ações apresenta, de forma resumida, as medidas estruturais previstas para os municípios de Monte Mor, Hortolândia, Elias Fausto e Indaiatuba.

9.3. Conjunto de Ações III

O terceiro conjunto de ações apresenta as medidas estruturais previstas para os municípios de Rafard, Capivari, Mombuca, Rio das Pedras e Tietê. Especificamente para este conjunto de cinco municípios supracitados, não há travessias com intervenções estruturais propostas.

As Tabelas, a seguir, apresentam a relação de intervenções propostas para os municípios que compõe os Conjuntos de Ações I, II e III, classificadas de acordo com o critério de hierarquização.

Tabela 9.1. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações I na BHC.

Município	Identificação da estrutura	Nº de beneficiados	Custo (R\$)	Custo/Benefício (R\$/beneficiado)	Prioridade
Vinhedo	TV-38	115	8.805.715,16	76.571,44	Alta
Vinhedo	Dique 40	29	661.585,43	22.813,29	Alta
Vinhedo	Dique 38	67	7.226.534,61	107.858,73	Média
Louveira	Dique 37	30	1.876.489,41	62.549,65	Média
Campinas	Dique 46	13	380.181,28	29.244,71	Média
Jundiaí	Dique 22	26	2.224.096,36	85.542,17	Média
Louveira	Dique 27	18	1.082.838,48	60.157,69	Média
Jundiaí	Dique 23	19	1.456.981,91	76.683,26	Média
Campinas	Dique 47	14	852.181,61	60.870,11	Média
Campinas	Reassentamento 10	40	7.357.714,70	183.942,87	Média
Jundiaí	Dique 11	12	662.742,34	55.228,53	Média
Jundiaí	Dique 20	11	688.925,11	62.629,56	Média
Louveira	Dique 34	11	873.100,46	79.372,77	Média
Louveira	TV-30	20	3.451.083,81	172.554,19	Média
Jundiaí	Dique 2	19	3.460.193,72	182.115,46	Média
Vinhedo	Dique 39	12	1.410.819,89	117.568,32	Média
Jundiaí	Dique 1	9	824.928,80	91.658,76	Baixa
Louveira	Canal	56	31.957.541,49	570.670,38	Baixa
Louveira	Dique 35	10	1.380.212,71	138.021,27	Baixa
Louveira	Dique 29	7	799.925,96	114.275,14	Baixa
Louveira	Dique 33	7	825.656,20	117.950,89	Baixa
Jundiaí	Dique 14	5	433.318,26	86.663,65	Baixa
Louveira	Dique 30	4	320.231,51	80.057,88	Baixa
Jundiaí	Dique 3	5	591.346,96	118.269,39	Baixa
Jundiaí	TV-19	6	872.117,41	145.352,90	Baixa
Campinas	Dique 48	7	1.295.059,78	185.008,54	Baixa
Campinas	Dique 43	4	437.672,80	109.418,20	Baixa

Município	Identificação da estrutura	Nº de beneficiados	Custo (R\$)	Custo/Benefício (R\$/beneficiado)	Prioridade
Jundiaí	Dique 7	4	439.609,81	109.902,45	Baixa
Jundiaí	Reassentamento 2	2	116.309,20	58.154,60	Baixa
Louveira	TV-32	9	2.388.549,97	265.394,44	Baixa
Jundiaí	Dique 10	5	753.981,45	150.796,29	Baixa
Jundiaí	Dique 4	4	491.940,80	122.985,20	Baixa
Louveira	Dique 24	6	1.379.971,67	229.995,28	Baixa
Jundiaí	Dique 17	4	618.323,21	154.580,80	Baixa
Louveira	Dique 26	2	155.370,57	77.685,28	Baixa
Jundiaí	Dique 8	5	997.937,19	199.587,44	Baixa
Campinas	Reassentamento 9	3	379.234,80	126.411,60	Baixa
Jundiaí	Dique 6	2	194.532,89	97.266,44	Baixa
Louveira	Dique 36	4	793.916,11	198.479,03	Baixa
Louveira	Dique 31	2	206.670,37	103.335,19	Baixa
Campinas	TV-56	3	489.470,43	163.156,81	Baixa
Louveira	Dique 25	5	1.437.414,50	287.482,90	Baixa
Jundiaí	Dique 9	2	239.590,12	119.795,06	Baixa
Jundiaí	Dique 18	5	1.638.890,24	327.778,05	Baixa
Valinhos	Dique 42	2	266.282,09	133.141,05	Baixa
Jundiaí	TV-05	3	728.089,56	242.696,52	Baixa
Jundiaí	Dique 5	3	767.554,35	255.851,45	Baixa
Louveira	Dique 32	1	86.604,46	86.604,46	Baixa
Jundiaí	TV-14	6	3.251.987,34	541.997,89	Baixa
Campinas	Reassentamento 11	3	972.931,40	324.310,47	Baixa
Louveira	Reassentamento 4	2	485.506,40	242.753,20	Baixa
Jundiaí	Dique 16	2	543.107,43	271.553,71	Baixa
Campinas	Dique 44	2	574.794,98	287.397,49	Baixa
Jundiaí	TV-12	3	1.642.135,26	547.378,42	Baixa
Louveira	Reassentamento 5	2	775.919,44	387.959,72	Baixa

RELATÓRIO SÍNTESE

Municípios	Identificação da estrutura	Nº de beneficiados	Custo (R\$)	Custo/Benefício (R\$/beneficiado)	Prioridade
	Reassentamento 1	1	205.042,60	205.042,60	Baixa
Louveira	TV-31	4	3.620.645,49	905.161,37	Baixa
Louveira	Dique 28	2	1.101.648,71	550.824,35	Baixa
Campinas	Reassentamento 14	5	7.689.619,00	1.537.923,80	Baixa
Campinas	Reassentamento 13	2	1.258.989,20	629.494,60	Baixa
Louveira	TV-34	2	1.516.432,56	758.216,28	Baixa
Jundiaí	Dique 21	1	387.402,56	387.402,56	Baixa
Louveira	TV-25	2	1.950.319,30	975.159,65	Baixa
Louveira	TV-26	1	555.391,94	555.391,94	Baixa
Jundiaí	Dique 13	1	663.111,07	663.111,07	Baixa
Campinas	TV-65	2	3.381.326,18	1.690.663,09	Baixa
Campinas	Dique 45	1	925.868,61	925.868,61	Baixa
Jundiaí	Reassentamento 3	1	1.018.253,08	1.018.253,08	Baixa
Itupeva	TV-46	1	1.143.299,96	1.143.299,96	Baixa
Vinhedo	Dique 41	1	1.229.384,71	1.229.384,71	Baixa
Vinhedo	TV-44	1	1.345.870,34	1.345.870,34	Baixa
Campinas	TV-58	1	1.498.805,98	1.498.805,98	Baixa
Jundiaí	TV-13	1	1.682.020,92	1.682.020,92	Baixa
Campinas	Reassentamento 8	1	2.045.159,20	2.045.159,20	Baixa
Campinas	TV-50	1	2.928.888,46	2.928.888,46	Baixa
Campinas	TV-57	1	3.009.313,39	3.009.313,39	Baixa
Jundiaí	Dique 12	-*	474.022,75	-*	Baixa
Jundiaí	Dique 15	-*	232.659,04	-*	Baixa
Jundiaí	Dique 19	-*	686.517,74	-*	Baixa
Louveira	Reassentamento 6	2	12.262,68	-**	Baixa
Campinas	Reassentamento 7	1	9.086,06	-**	Baixa
Campinas	Reassentamento 12	3	21.416,74	-**	Baixa

*Não foram estimados beneficiados, considerando que a estrutura protege apenas vias de trânsito.

**A relação custo/benefício não foi estimada para o reassentamento indicado, pois este localiza-se na área rural de seu município.

Tabela 9.2. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações II, na BHC.

Município	Identificação da estrutura	Nº de beneficiados	Custo (R\$)	Custo/Benefício (R\$/beneficiado)	Prioridade
Monte Mor	Dique 50	347	5.965.094,84	17.190,48	Muito Alta
Monte Mor	Dique 54	244	5.614.761,47	23.011,32	Muito Alta
Monte Mor	Dique 52	88	3.259.268,32	37.037,14	Alta
Monte Mor	Reassentamento 15	33	1.847.057,52	55.971,44	Média
Monte Mor	TV-73	3	47.873,12	15.957,71	Média
Monte Mor	Dique 57	24	4.597.525,86	191.563,58	Média
Monte Mor	Reassentamento 16	14	3.440.607,39	245.757,67	Baixa
Monte Mor	Dique 51	7	911.310,73	130.187,25	Baixa
Monte Mor	Dique 49	6	1.353.675,62	225.612,60	Baixa
Monte Mor	Dique 55	6	2.896.936,62	482.822,77	Baixa
Monte Mor	Dique 53	2	922.836,24	461.418,12	Baixa
Monte Mor	Dique 56	2	2.557.521,73	1.278.760,86	Baixa
Monte Mor	TV-75	3	5.758.009,47	1.919.336,49	Baixa
Monte Mor	TV-76	3	8.317.162,85	2.772.387,62	Baixa
Monte Mor	Dique 58	-*	2.885.966,92	-*	Baixa
Monte Mor	Reassentamento 17	8	43.399,67	-**	Baixa

*Não foram estimados beneficiados, considerando que a estrutura protege apenas vias de trânsito.

**A relação custo/benefício não foi estimada para o reassentamento indicado, pois este localiza-se na área rural de seu município.

Tabela 9.3. Hierarquização das medidas estruturais sugeridas para o Conjunto de Ações III, na BHC.

Município	Identificação da estrutura	Nº de beneficiados	Custo (R\$)	Custo/Benefício (R\$/beneficiado)	Prioridade
Capivari	Dique 64	266	3.304.394,47	12.422,54	Muito Alta
Capivari	Dique 69	37	770.044,51	20.812,01	Alta
Capivari	Dique 70	50	2.464.799,46	49.295,99	Alta
Capivari	Reassentamento 25	55	6.343.213,44	115.331,15	Média
Capivari	Dique 65	8	166.594,06	20.824,26	Média
Capivari	Reassentamento 24	24	2.326.781,76	96.949,24	Média
Capivari	Dique 66	15	924.027,22	61.601,81	Média
Capivari	Reassentamento 18	9	934.549,12	103.838,79	Baixa
Capivari	Reassentamento 19	7	768.975,68	109.853,67	Baixa
Rafard	Dique 71	9	1.453.832,27	161.536,92	Baixa
Capivari	Dique 67	7	997.370,43	142.481,49	Baixa
Capivari	Dique 60	5	1.218.281,15	243.656,23	Baixa
Capivari	Dique 63	5	1.664.490,31	332.898,06	Baixa
Capivari	Dique 59	5	1.727.087,23	345.417,45	Baixa
Capivari	Reassentamento 21	2	285.634,56	142.817,28	Baixa
Capivari	Reassentamento 22	1	78.507,52	78.507,52	Baixa
Capivari	Reassentamento 20	4	1.275.130,24	318.782,56	Baixa
Capivari	Dique 62	3	1.309.293,96	436.431,32	Baixa
Capivari	Dique 68	1	215.517,42	215.517,42	Baixa
Capivari	Dique 61	-*	1.351.435,17	-*	Baixa
Capivari	Reassentamento 23	2	18.390,26	-**	Baixa

*Não foram estimados beneficiados, considerando que a estrutura protege apenas vias de trânsito.

**A relação custo/benefício não foi estimada para o reassentamento indicado, pois este localiza-se na área rural de seu município.

10

Considerações finais

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresentou o Relatório Síntese do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. Nele, primeiramente, foi apresentada uma caracterização da área de estudo, contemplando a divisão da BHC em sub-bacias considerada para o desenvolvimento do estudo, assim como os municípios inseridos em sua área e características gerais do Rio Capivari.

Os levantamentos de campo, que culminaram na obtenção de seções topobatimétricas transversais e no cadastramento de estruturas da calha também foram apresentados, bem como as visitas aos municípios para obtenção de informações relativas à macrodrenagem da bacia.

Com base nas informações supracitadas e na análise de dados pluviométricos e fluviométricos, foi possível realizar o diagnóstico da situação atual da BHC, que, entre outras informações, culminou com a apresentação das manchas de inundação para a área, assim como uma avaliação integrada da condição atual da bacia. Posteriormente, o prognóstico também apresentou essas informações obtidas, considerando um horizonte de temporal de 20 anos de planejamento – até o ano de 2045.

Assim, foi elaborado o plano de ações do PDM-BHC. Nele foram apresentados oito programas, subdivididos em dois eixos de estruturação: três de medidas estruturais, e cinco de medidas não estruturais.

O primeiro programa de medidas estruturais propõe o aumento da capacidade de condução de escoamento da calha do Rio Capivari, através da construção de um trecho de canal retangular e da adequação da estrutura de 22 travessias.

O segundo programa, de contenção das cheias por medidas pontuais, sugere a execução de 71 estruturas de proteção, sendo 33 muros em concreto, 27 diques em terra, e 11 estruturas mistas (parte em concreto e parte em terra), totalizando 28 km de extensão.

Todas as ações estruturais supracitadas foram indicadas em planta, assim como apresentado cronograma físico-financeiro do conjunto destas medidas propostas.

Por fim, o terceiro programa de manejo de drenagem sustentável indica ações pontuais a serem adotadas ao longo de toda a BHC para controle do escoamento superficial, como: valas, trincheiras de infiltração e

banhados construídos (meio urbano); e barraginhas, terraceamento e plantio direto (meio rural), entre outras.

Os outros cinco programas de medidas não estruturais propostos envolvem a adoção de medidas de fiscalização e controle, o monitoramento hidráulico-hidrológico, previsão, alerta e resposta na bacia, ações de educação ambiental e comunicação, a estruturação do setor de drenagem

urbana dos municípios e, também, a elaboração dos Planos Municipais de Drenagem.

Desta forma, o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari cumpre todos os objetivos previstos com sua elaboração, sendo posteriormente integrado ao Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035, como um de seus Cadernos Temáticos.

11

Referências

11. REFERÊNCIAS

ANA. Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiáí. 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 05/04/2022.

ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) - HidroWeb. 2022. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf. Acesso em 06/04/2022.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. (1993) Precipitação, In: TUCCI, C. E. M. (org.), Hidrologia: Ciência e Aplicação, Editora da Universidade, Porto Alegre, p. 177-241.

CHOW, Ven. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, Inc; New York, 1959.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336p

DAEE, 2018. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH). Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. Maio de 2018.

DAEE, 2017. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Portaria DAEE nº 1.631, de 30 de maio de 2017. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Publicado no DOE em: 01/06/2017. 9p.

DAEE, 2017. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Instrução Técnica DPO nº 11, de 30 de maio de 2017. Revoga a IT-DPO nº 02, de 30/07/2007, e a IT-DPO nº 04, de 30/07/2007. 10p.

HUFF, Floyd A. Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. ISWS/CIR-173/90. Champaign, Illinois, USA: State Of Illinois Department of Energy and Natural Resources. 1990.

PROFILL/RHAMA, 2018. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí 2020 a 2035. Tomo I – Diagnóstico. Abril de 2018. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1C9r3ZU-qLx1abKUrXZ3RQrvNc4DXsi1p/view>>.

PROFILL/RHAMA, 2018. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020 a 2035. Tomo III– Prognóstico. Abril de 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/13pXyCsmoQiXDB5z5uqcaUFwsRKG7U4_A/view.

ROSSI, M., 2017. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. Inclui Mapas.

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.

SILVEIRA, A. Abatimento Espacial da Chuva em Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Porto Alegre, RS. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 6, n. 2, 2005.

USACE, 2020. River Analysis System HEC–RAS. User's Manual. Report CPD-69A. US Army Corps of Engineers. Jun, 2020.

USACE-HEC, 2015. “Hydrologic Modeling System, HEC-HMS v 4.1 – User’s Manual”, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

Contatos

Fundação Agência das Bacias PCJ

 (19) 3437-2100
opção 4 – área de projetos

 agencia.baciaspcj.org.br

  [agenciapcj](https://www.facebook.com/agenciapcj)


PROFILL


Agência das Bacias PCJ